T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRANSGLUTAMİNAZIN CHİA MÜSİLAJ BAZLI YENİLEBİLİR FİLMLE KAPLI TAVUK NUGGETLARI ÜZERİNE ETKİSİ

İlkay ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Temmuz-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İlkay ÇELİK tarafından hazırlanan "Transglutaminazın Chia Müsilaj Bazlı Yenilebilir Filmle Kaplı Tavuk Nuggetları Üzerine Etkisi" adlı tez çalışması 20/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA	……..
Danışman Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN	……..
Üye Dr. Öğretim Üyesi Durmuş Sert	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 19201082 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRANSGLUTAMİNAZIN CHİA MÜSİLAJ BAZLI YENİLEBİLİR FİLMLE KAPLI TAVUK NUGGETLARI ÜZERİNE ETKİSİ

İlkay ÇELİK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

2020, x + 100 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Dr. Öğretim Üyesi Durmuş SERT

Bu çalışmada, çıkma tavuk etinden hazırlanan nuggetlerın bazı fiziksel, kimyasal ve tekstürel özellikleri üzerine chia müsilaj bazlı yenilebilir film kaplama ve mikrobiyal transglutaminaz enzimi (TGaz) uygulamasının etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, hazırlanan nuggetlar K (film kaplama uygulanmayan ve TGaz içermeyen kontrol grubu), KF (filmle kaplanan ve TGaz içermeyen kontrol grubu), TGF1 (filmle kaplanan ve %0.5 oranında TGaz içeren grup), TGF2 (filmle kaplanan ve %1 oranında TGaz içeren grup) ve TGF3 (filmle kaplanan ve %1.5 oranında TGaz içeren grup) şeklinde 5 gruba ayrılmıştır. Analizler iki tekerrür, üç paralel olacak şekilde yürütülmüştür. Hazırlanan her bir nugget grubunun fizikokimyasal, tekstürel ve teknolojik özellikleri ile tavuk eti ve chia tohumunun kimyasal kompozisyonu belirlenmiştir. Ayrıca hazırlanan yenilebilir filmin renk ölçümleri de gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında, kontrol grubuna kıyasla TGaz ilave edilmiş ve filmle kaplanmış örneklerin pH değerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0.01$). Filmle kaplanan örneklerin, kaplanmayan örneklerden daha düşük L^* ve b^* değerine; daha yüksek a^* değerine sahip olduğu gözlenmiştir ($p<0.01$). TGaz ilavesinin örneklerin TBA sayısında artışa neden olduğu belirlenmiş ($p<0.01$); filmle kaplamanın ve TGaz kullanımının örneklerin DPPH miktarında herhangi bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ancak TGaz uygulamasının örneklerin tekstürel özelliklerini iyileştirdiği; film uygulamasıyla birlikte pişirme kaybında azalma meydana getirdiği, su tutma kapasitesini arttırdığı; filmle kaplamanın yağ tutma kapasitesini azalttığı belirlenmiştir ($p<0.01$).

Anahtar Kelimeler: Chia müsilaj, tavuk eti, transglutaminaz enzimi, *Salvia hispanica* L., yenilebilir film

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF TRANSGLUTAMINASE ON CHICKEN NUGGET COVERED WITH CHIA MUCILAGE-BASED EDIBLE FILM

İlkay ÇELİK

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

2020, x + 100 Pages

Jury
Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Assist. Prof. Dr. Durmuş SERT

In this study, the effects of chia mucilage-based edible film coating and microbial transglutaminase enzyme (TGase) application on some physical, chemical and textural properties of nuggets prepared from spent hen meat were investigated. For this purpose, prepared nuggets were divided into 5 groups as K (control group without film coating and TGase-free), KF (control group with film-coating and TGase-free), TGF1 (the group film-coated and containing 0.5% TGase), TGF2 (the group film-coated and containing 1% TGase) and TGF3 (the group film-coated and containing 1.5% TGase). The analyzes were carried out in triplicate samples with two repetitions. The physicochemical, textural and technological properties of each nugget group and the chemical composition of chicken meat and chia seeds were determined. Additionally, color measurements of the prepared edible film were also performed.

Considering the analysis results, compared to the control group, the pH of the samples that was added TGase and coated with film were detected to be lower ($p<0.01$). It was observed that the samples covered with film had lower L^* and b^* values and higher a^* value than the samples not covered with the film ($p<0.01$). It was determined that the addition of TGase caused an increase in the TBA number of the samples ($p<0.01$); it was detected that the film coating and the use of TGase had no effect on the DPPH amount of the samples ($p>0.05$). On the other hand, it has been decided that TGase application improves the textural properties of the samples, causes to decrease on cooking loss and increase water retention capacity and the film coating contributed to reduce oil retention capacity of the samples ($p <0.01$).

Keywords: Chia mucilage, chicken meat, edible film, *Salvia hispanica* L., transglutaminase enzyme

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın ve Yüksek Lisans eğitimimin her aşamasında bilgi, tecrübe ve görüşleriyle bana yol gösteren, karşılaştığım her zorlukta sabır ve hoşgörüsüyle yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN'a, lisansüstü eğitimimin başlangıcından itibaren bilgi, tecrübe ve desteği ile her zaman yanımda olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA'ya, tez çalışmam dahil olmak üzere yaptığım tüm çalışmalarda yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocalarım Arş. Gör. Ali Samet BABAOĞLU'na ve Dr. Öğretim Üyesi Kübra ÜNAL'a, Lisans ve Yüksek Lisans eğitimimde bilgi ve desteklerini esirgemeyen tüm hocalarıma, araştırmaya destek veren Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne, tavukların temin edilmesinde yardımcı olan Selet Entegre Et ve Süt Ürünleri San. ve Tic. A.Ş. yetkililerine, laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan Zir. Yük. Müh. Özcan ŞAHİN'e, değerli arkadaşlarım Gıda Yüksek Müh. Alime CABİ, Gıda Müh. Eda ALAGÖZ, Gıda Müh. Esra Sümeyye ERTÜRK, Arş. Gör. Hatice Sena OLCAY, Gıda Müh. Büşra Nur GÜNDOĞAN, Gıda Müh. Aliye AŞIKKUTLU'ya ve tüm hayatım boyunca beni her zaman destekleyip yanımda olan, haklarını asla ödeyemeyeceğim çok değerli AİLEME sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İlkay ÇELİK
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

2.1. Tavuk Eti 4

2.2. Transglutaminaz Enzimi 10

2.2.1. Transglutaminaz enzimi ile ilgili yapılan çalışmalar 15

2.3. Chia Tohumu 18

2.3.1. Chia tohumu ile ilgili yapılan çalışmalar 20

2.4. Film ve Kaplamalar 21

2.4.1. Yenilebilir film ve kaplamalar 23

2.4.1.1. Yenilebilir film ve kaplamaların tarihçesi 24
2.4.1.2. Yenilebilir film ve kaplamaların avantajları 25
2.4.1.3. Yenilebilir film ve kaplamaların dezavantajı 26
2.4.1.4. Yenilebilir film ve kaplamaların sahip olması gereken özellikler 26

2.4.2. Yenilebilir filmlerin elde edilmesi 27

2.4.3. Yenilebilir filmlerin sınıflandırılması 28

2.4.3.1. Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler 29
2.4.3.2. Protein bazlı yenilebilir filmler 29
2.4.3.3. Lipit bazlı yenilebilir filmler 30
2.4.3.4. Kompozit bazlı yenilebilir filmler 31

2.4.4. Plastikleştiriciler 31

2.4.5. Yenilebilir filmlerin gıdalara uygulanma teknikleri 32

2.4.5.1. Daldırma yöntemi 32
2.4.5.2. Püskürtme yöntemi 33
2.4.5.3. Boyama yöntemi 34
2.4.5.4. Damlatma yöntemi 34
2.4.5.5. Köpükleme yöntemi 34
2.4.5.6. Dökme yöntemi 35

2.4.6. Yenilebilir filmler ile ilgili yapılan çalışmalar 35

3. MATERYAL VE YÖNTEM 39

3.1. Materyal 39

3.2. Yöntem 39

3.2.1. Yenilebilir film üretimi 39

3.2.1.1. Chia müsilaj ekstraksiyonu 39

3.2.1.2. Film hazırlama 40

3.2.3. Nuggetların hazırlanması, yenilebilir filmle kaplanması ve deneme planı 40

3.2.4. Nem tayini 41

3.2.5. Protein tayini 42

3.2.6. Yağ tayini 42

3.2.7. Kül tayini 42

3.2.8. pH tayini 42

3.2.9. Renk tayini 43

3.2.10. Tiyobarbitürik asit (TBA) sayısının tespiti 43

3.2.11. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) miktarının tespiti 44

3.2.12. Tekstür tayini 44

3.2.13. Pişirme işlemi ve pişirme özelliklerinin belirlenmesi 45

3.2.13.1. Pişirme kaybı 45

3.2.13.2. Su tutma kapasitesi 45

3.2.13.3. Yağ tutma kapasitesi 46

3.2.14. İstatistiksel analizler 46

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 47

4.1. Tavuk Etinin Kimyasal Kompozisyonu 47

4.2. Chia Tohumunun Kimyasal Bileşimi 48

4.3. Chia Müsilaj Verimi 48

4.4. Chia Müsilaj Filmi Renk Parametreleri 48

4.5. pH Sonuçları 49

4.6. Renk Analiz Sonuçları 51

4.7. TBA Analiz Sonuçları 55

4.8. DPPH Analiz Sonuçları 59

4.9. Tekstür Analiz Sonuçları 60

4.9.1. Sertlik (Hardness) 60

4.9.2. Esneklik (Springiness) 62

4.9.3. Dış Yapışkanlık (Cohesiveness) 64

4.9.4. Sakızımsılık (Gumminess) 65
4.9.5. Çiğnenebilirlik (Chewiness) 66
4.9.6. Elastikiyet (Resilience) 67
4.10. Pişirme Özellikleri 69
4.10.1. Pişirme kaybı 69
4.10.2. Su tutma kapasitesi 71
4.10.3. Yağ tutma kapasitesi 73

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 76

5.1 Sonuçlar 76
5.2 Öneriler 77

KAYNAKLAR 79

ÖZGEÇMİŞ 99

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

*a** : Kırmızılık
*b** : Sarılık
Ca: Kalsiyum
Cu: Bakır
Da: Dalton
Fe: Demir
g: Gram
K: Potasyum
KCl: Potasyum klorür
*L** : Parlaklık
Li: Lityum
M: Molar
mg: Miligram
Mg: Magnezyum
ml: Mililitre
mm: Milimetre
Mn: Mangan
NaCl: Sodyum klorür
NaOH: Sodyum hidroksit
P: Fosfor
Pb: Kurşun
Zn: Çinko
µl: Mikrolitre

Kısaltmalar

Cys: Sistein
DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
EC: Enzim Komisyonu
FAO: Gıda ve Tarım Örgütü
FDA: Gıda ve İlaç Dairesi
Gln: Glutamin
GRAS: Genel Olarak Güvenilir Kabul Edilen
HDL: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
IP: İzoelektrik nokta
IU: Uluslararası Birim
LDL: Düşük yoğunluklu lipoprotein
LDPE: Düşük yoğunluklu polietilen
Lys: Lisin
PE: Polietilen
Rpm: dakikadaki devir sayısı
SDS-PAGE: sodyum dodesil sülfat poliakrilamid elektroforez
STPP: sodyum tripolifosfat
TBA: Tiyobarbütirik asit
TG: Trigliserit
TGaz: Transglutaminaz

1. GİRİŞ

Sağlıklı yaşam biçimi; bireylerin hayat boyu sağlığının korunması ve geliştirilmesi, yaşam kalitesinin artırılması, sağlıklı yaşamın (sağlıklı beslenme, fiziksel aktivite alışkanlığı, sigara içmeme) benimsenmesi, hayat kalitesini olumsuz etkileyen beslenme sorunlarının (şişmanlık, anemi, protein-enerji yetersizliği, iyot yetersizliğine bağlı rahatsızlıklar, diş çürükleri, raşitizm gibi) azaltılması, diyete bağlı kronik rahatsızlıkların (hipertansiyon, diyabet, osteoporoz, koroner kalp hastalıkları, kanser vb.) önlenmesi, çevre şartlarının düzeltilmesi ve geliştirilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Yücecan, 2008). Sağlıklı yaşam biçimi, beslenme ile sağlanmaktadır. Beslenme, insanın büyümesi, gelişmesi ve sağlıklı bir şekilde yaşamına devam edebilmesi için gerekli olan besin öğelerini yeterli ve dengeli olarak vücuda alması olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2020a). Besin öğeleri karbonhidrat, protein, yağ, vitamin, mineral ve sudur.

Protein, vücudun büyüme ve gelişimi ile hücrelerin sürekliliği için gerekli olan en önemli besin ögesidir. Ayrıca vücudun savunma sisteminin, bazı hormonların ve enzimlerin esas yapısı proteindir (Anonymous, 2015). Proteinler, içerdikleri esansiyel amino asit bileşimine ve vücutta sindirilebilme durumlarına göre sınıflandırılmaktadır. Esansiyel amino asitleri yeterli miktarda içeren proteinler, iyi kaliteli proteinlerdir ve sindirim sisteminde fazla kayba uğramayarak, vücuda alınıp gerekli yerlerde kullanılırlar (Ekinciler ve Yücecan, 1973).

Sığır, keçi, koyun, balık ve kümes hayvanlarının yenilebilen kasları olan etin sahip olduğu proteinler, iyi kaliteli protein olarak adlandırılmıştır (Ekinciler ve Yücecan, 1973). Kırmızı ete kıyasla, kanatlı eti, besleyicilik açısından daha sağlıklı yağ asidi profili içermektedir. Doymuş yağ asidi miktarı daha düşük; tekli ve çoklu doymamış yağ asidi miktarı ve protein içeriği ise yüksektir. Ayrıca günümüzde, kanatlı eti endüstrisi, kaliteli hayvansal proteinlerin daha ucuz bir şekilde temin edilmesi konusunda büyük bir öneme sahiptir (Kaur ve ark., 2015).

Kümes hayvanları endüstrisi, genel olarak, çıkma tavukların değerlendirilmesi konusunda sorunlar yaşamaktadır. Dünya çapında yumurta üreticileri, yumurtlama döngüleri biten ve çıkma tavuk diye adlandırılan 2.6 milyar tavuğu elden çıkarmaktadır (Singh ve ark., 2001; Kala ve ark., 2007; Navid ve ark., 2010). Bu tavukların çoğu insan gıdası olarak tüketilmek yerine, evcil hayvan gıdası olarak kullanılmaktadır. Bu tavuklardan elde edilen etler sert ve yağ oranı düşük etlerdir. Birçok gelişmekte olan

ülkede, bu etler daha düşük gelirli insanlar tarafından tüketilmektedir (Navid ve ark., 2010).

Günümüzde, canlı ve organize bir şekilde işleyen sektörlerden biri olan kümes hayvanları endüstrisi, özellikle çıkma tavuk etinden, kaliteli hayvansal proteinlerin daha ucuz bir şekilde temin edilmesinde önemli bir rol oynayabilir. Çıkma tavuk etinin farklı katma değerli ürünlere işlenmesi, bu etlerin hem akıllıca kullanılması hem de ekonomik durumu iyi olmayan insanların hayvansal kaynaklı proteinlere kolayca ulaşabilmeleri anlamına gelmektedir (Bhat ve ark., 2013). Çıkma tavuk etleri tavuk çorbası, köfte, sosis ve nugget gibi ürünlerin hazırlanmasında kullanılabilir (Umaraw ve Chauhan, 2018).

İşlenmiş et endüstrisi, artan kentleşme, kişi başı gelirin artması, yaşam tarzının değişimi gibi faktörlerin etkisiyle giderek büyümektedir. Yemeye hazır et ürünleri, çoğu insan için gıda tüketim alışkanlıklarının bir parçası olmuştur. Böyle gıdaların üretimi, et ve et dışı bileşenlerden oluşur. Bu ürünlerden biri olan nugget, tüm dünyada tüketilen bir yiyecektir ve basit işlemlerle üretilerek yemeye hazır olan bir üründür. Nuggetların tüketici tarafından kabulü, ürünün besin değeri, protein kalitesi, lezzeti, ürün stabilitesi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Besin değeri yüksek, düşük kolesterole sahip, tekstürel özellikleri iyi olan, hoş lezzet ve tada sahip olan nuggetlar tüketicilerin tercih sebebidir (Sharma ve ark., 2018). Çıkma tavuk etleri, yüksek kalitede nugget üretimi için iyi bir tercihtir.

Çıkma tavuk etlerinin değerlendirilmesi ve verimli bir şekilde kullanılması amacıyla birkaç farklı yöntem uygulanmıştır. Fosfat, enzim, inorganik tuz ve basınç kullanımı bu yöntemlerden bazılarıdır (Kang ve ark., 2012). Et ürünlerinin değerlendirilmesi için kullanılan enzimlerden biri de; proteinlerin fonksiyonel özelliklerini geliştiren transglutaminaz enzimidir. Bu enzim, proteinler arasında çapraz bağ oluşumunu arttırır ve böylece ürünün jel yapısı ve tekstürünü geliştirir (Motoki ve Seguro, 1998).

Transglutaminaz; çeşitli proteinlerde molekül içi ve moleküller arası çapraz bağ oluşumunu katalize etmek için sıklıkla kullanılan bir enzimdir (Kester ve Richardson, 1984). Bu sayede proteinlerin kimyasal, fiziksel ve besleyici özelliklerinde değişikliğe yol açan kompleks bileşikler oluşmaktadır (Özçelik, 2018).

Enzim tarafından katalizlenen reaksiyonlar, pH, lezzet, renk veya besleyici özelliğinde olumsuz değişimler meydana gelmeden, proteinlerde önemli değişikliklere yol açarak tekstür ve stabilitesinde (jelleşme, sineresis, emülsifikasyon ve artan su bağlama kapasitesi açısından) iyileşmelere neden olur. Dahası enzim tarafından

gerçekleştirilen reaksiyonların sonucunda esansiyel amino asitlerin yapıya katılmasıyla özellikle aminoasit içeriği bakımından zengin olmayan gıdalar, besleyici hale getirilebilir (Gaspar ve de Góes-Favoni, 2015).

Yeni işlevlere sahip yeni proteinler üretmek için, iki veya daha fazla sayıdaki farklı proteinlerin kovalent olarak bağlanmasında mikrobiyal transglutaminaz enzimi kullanılabilmektedir. Ayrıca söz konusu enzim, amino asit veya peptitleri kovalent bağlarla proteinlere dahil edebilmektedir. Bu sayede proteinlerinin besleyici değeri artabilir, çünkü kovalent olarak bağlanan aminoasit veya peptitler, bir protein içindeki doğal amino asitler gibi davranırlar (Motoki ve Seguro, 1998).

Günümüzde pek çok gıda tüketiciye, çevresel etkenlerden, kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik bozulmalardan korunmak amacıyla ambalaj içinde sunulmaktadır. Ancak bu ambalajların çevrede yol açtığı kirlilikten dolayı, yenilebilir filmler üzerine gerçekleştirilen çalışmalar artmıştır. Son yıllarda hidrokolloidlerden, yenilebilir film üretim imkanları araştırılmıştır. Hidrokolloidler, gıda endüstrisinde ürünün nem miktarını koruma, su akışkanlığını kontrol etme, tekstürü düzenleme ve ürünün kalitesini koruma amacıyla da yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Ribotta ve ark., 2004).

Müsilaj, yüksek molekül ağırlıklı bir hidrokolloid türüdür. Jelleştirici ajan, gıda katkı maddesi olarak gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılmıştır (Behbahani ve Fooladi, 2018). Chia tohumu, suda müsilaj özelliği gösteren gıdalardan biridir. Chia tohumları yaklaşık %5-6 seviyesinde müsilaj içerir ve ağırlığının 27 katına kadar su tutabilme özelliğine sahiptir (Reyes-Caudillo ve ark., 2008; Muñoz ve ark., 2012b).

Yüksek su ve yağ tutma kapasitesi göz önüne alındığında, chia tohumunun, fonksiyonel bileşen olarak fırıncılık ürünleri, sosis gibi et ürünleri ve diğer gıda emülsiyonları gibi çeşitli gıdalarda kullanılabileceği belirtilmiştir (Olivos-Lugo ve ark., 2010). Chia müsilajı, çeşitli gıda uygulamalarında çalışılabilir bir konudur, fakat literatüre bakıldığında özellikle ülkemizde yeterli sayıda çalışma yapılmadığı görülmektedir.

Bu çalışmada, yumurtlama yeteneği azalan ve yumurta verimi düşen, 72 hafta üzerinde yaşta olan yumurtacı tavuk etlerinin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini ve piyasa değerini arttırmak amacıyla ileri işlenmiş bir ürün olan nuggetta kullanımı araştırılmıştır. Fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla, transglutaminaz enzimi ilave edilerek hazırlanan nuggetlar, kalite kayıplarını önlemek amacıyla chia müsilaj bazlı yenilebilir film ile kaplanmış, ürünlerin fiziksel, kimyasal, tekstürel ve teknolojik özellikleri incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tavuk Eti

Et, hayvansal gıdalardan en yaygın olarak tüketilen ürünüdür. Dengeli beslenmeye yardımcı esansiyel yağ asitleri ve mikro besin öğelerinin yanı sıra protein, karbonhidrat, yağ ve vitaminleri de içermektedir. Vücudu sağlıklı ve enerjik tutmak, dinçlik sağlamak için oldukça önemli rol oynamaktadır. Ayrıca fiziksel ve zihinsel gelişim için de önemlidir. Et; ayrıca demir, bakır, çinko, magnezyum, sodyum, potasyum ve fosfor gibi mineralleri önemli miktarda içerir. Riboflavin, niasin, tiamin, B_6 ve B_{12} vitamini gibi B kompleks vitaminleri için mükemmel bir gıda kaynağıdır (Sharma ve ark., 2018).

Beslenmede etin önemi, sadece proteinlerin biyolojik değerinin yüksek olmasından kaynaklanmaz, aynı zamanda bitkisel proteinlerin tamamlayıcısı özelliğine sahip olan amino asit bileşiminden de kaynaklanmaktadır (Bender, 1992).

Çizelge 2.1'de farklı türlere ait olan karkas ve yağların kimyasal bileşimi ve kalori miktarı gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Çeşitli türlere ait karkas ve yağların bileşimi ve kalori değeri (Heinz ve Hautzinger, 2007)

Ürün	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Kalori (g/100 g)
Sığır eti (çiğ ve yağsız)	75.0	22.3	1.8	1.2	116
Sığır karkası	54.7	16.5	28.0	0.8	323
Domuz eti (çiğ ve yağsız)	75.1	22.8	1.2	1.0	112
Domuz karkası	41.1	11.2	47.0	0.6	472
Dana eti	76.4	21.3	0.8	1.2	98
Tavuk eti	75.0	22.8	0.9	1.2	105
Geyik eti	75.7	21.4	1.3	1.2	103
Sığır kabuk yağı	4.0	1.5	94.0	0.1	854
Domuz yağı	7.7	2.9	88.7	0.7	812

Çizelge 2.2'de farklı tür etlerinin besin maddesi içerikleri; Çizelge 2.3'te ise pişmemiş tavuk etinin besin içerikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. Farklı tür etlerinin 100 gramındaki besin değerleri (Ekinciler ve Yücecan, 1973)

Et Çeşidi	Su (mg)	Kalori	Protein (g)	Yağ (g)	Karbonhidrat (g)	Kalsiyum (mg)	Demir (mg)	A Vitamini (IU)	Tiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niasin (mg)	C Vitamini (mg)
Sığır eti, orta yağlı	62.1	240	18.7	18.2	0	8	2.6	0	0.06	0.16	4.3	0
Koyun, orta yağlı	61.0	267	17.0	21.0	0	7	2.2	0	0.10	0.20	2.0	0
Tavuk	72.0	149	19.0	8.0	0	15	1.5	-	0.08	0.16	9.0	0
Domuz	50.0	377	13.0	36.0	0	6	1.6	0	0.60	0.20	3.0	0
Tavşan	72.0	137	21.0	5.8	0	17	1.6	0	0.05	0.15	9.0	0
Keçi	71.5	157	18.4	9.2	-	11	2.2	0	0.17	0.32	5.6	0
Beyin	78.5	125	10.3	8.6	1.2	12	3.2	500	0.25	0.24	3.2	14
Kalp	76.0	116	16.5	4.5	2.0	10	4.5	40	0.30	0.90	6.0	4
Böbrek	75.0	131	16.0	7.0	0.8	13	6.0	1000	0.35	2.50	7.0	12
Karaciğer	70.0	136	20.0	4.0	4.5	10	8.0	25000	0.30	3.00	13.0	20
Akciğer	82.0	81	14.6	2.4	0	16	6.6	165	0.09	0.40	3.3	2
Dil	68.5	194	16.2	14.0	0.5	12	2.0	0	0.10	0.30	4.0	0
Balık, orta yağlı	72.0	149	19.0	8.0	0	50	1.1	100	0.10	0.20	3.0	0

Çizelge 2.3. Pişmemiş tavuk etinin besin değerleri (Anonim, 2020b)

Besin içeriği	**Göğüs eti (derisiz-kemiksiz)**	**Göğüs eti (derili-kemikli)**	**Baget (derisiz)**	**Baget (derili)**	**But (derisiz)**	**But (derili)**	**Kanat (derili)**	**Kanat (derisiz)**	**Tüm tavuk**	**Tüm tavuk (derili)**
Kalori	114	172	119	161	119	211	222	126	119	215
Protein (g)	21.2	20.8	20.6	19.3	19.7	17.3	18.3	222	21.4	18.7
Toplam yağ (g)	2.6	9.3	3.4	8.7	3.9	15.3	16	3.5	3.1	15.1
Doymuş yağ (g)	0.6	2.7	0.9	2.4	1	4.3	4.5	0.9	0.8	4.3
Tekli doymamış yağ (g)	0.8	3.8	1.1	3.4	1.2	6.3	6.4	0.8	0.9	6.2
Çoklu doymamış yağ (g)	0.4	2	0.8	1.9	1	3.3	3.4	0.8	0.8	3.2
Kolesterol (mg)	64	64	77	81	83	84	77	57	70	75
Sodyum (mg)	116	63	88	83	86	76	73	81	77	75
Demir (mg)	0.4	0.7	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9

Hayvansal gıdalar, sağlıklı beslenme açısından son derece önemli gıdalardır. Esansiyel amino asitlerin vücuda alınabilmesi için, diyetle alınan toplam proteinin, yaklaşık %20-25'inin hayvansal kaynaklı gıda olması gerekmektedir (Behbahani ve Fooladi, 2018).

Bitkisel kaynaklı gıdalara (soya fasulyesi ürünleri hariç) kıyasla, et ve diğer hayvansal gıdalar, içerdikleri proteinin kalitesi bakımından daha iyi gıda kaynaklarıdır. Ette bulunan esansiyel amino asitler, dengeli oranda ve konsantrasyondadır. Bitkisel kaynaklı gıdalarda B_{12} vitamini bulunmamaktadır, bu nedenle hayvansal gıdalar, özellikle çocuklar için B_{12} vitamini açısından mükemmel bir kaynaktır. Ayrıca hayvansal gıdalar içerisinde özellikle et, çocuk ve hamileler başta olmak üzere bireylerde anemiyi engellemede büyük bir öneme sahip olan demir bakımından zengindir (Heinz ve Hautzinger, 2007).

Gelişmekte olan ülkelerde kentleşme ve düşük gelire sahip kırsal nüfusa kıyasla, gıda üzerine daha fazla harcama yapma eğiliminin sonucu olarak, ete olan talep artmaktadır. Tüketim alışkanlığından yola çıkarak, kentlerde hakim olan beslenme tarzının kalorisinin, kırsal bölgelerde hakim olan beslenme tarzına kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Kent sakinlerinin, bitkisel kökenli gıdalar yerine yumurta, et, balık ve süt gibi hayvansal kaynaklı, daha düşük kalorili ve daha yüksek maliyetli gıdalarla beslendiği belirlenmiştir (Heinz ve Hautzinger, 2007).

Gelişmekte olan ülkelerdeki et tüketimi, 1960'lı yıllarda kişi başı yıllık ortalama 10 kg'dan 2000 yılında 26 kg'a yükselmiştir. FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) tahminlerine göre 2030 yılında ise; 37 kg'a yükselecektir. Bu tahmin, gelişmekte olan ülkelerin et tüketiminin, önümüzdeki yıllarda, et tüketiminin yüksek düzeyde olduğu gelişmiş ülkelerin tüketim miktarına doğru ilerleyeceğini göstermektedir (Heinz ve Hautzinger, 2007). Diğer tür etlerine göre son on yılda kümes hayvanları eti üretimi daha fazla artış göstermiştir ve toplam et tüketiminin %30'unu oluşturmaktadır (Kostadinović ve ark., 2016).

Kişi başına düşen yıllık kümes hayvanları eti miktarı 2019 verileri incelendiğinde; ilk üç sırada İsrail (65.1 kg), ABD (50.1 kg) ve Malezya (49 kg) bulunmaktadır. Türkiye (19.4 kg) 42 ülkenin bulunduğu bu sıralamada 20. sıradadır (OECD, 2020).

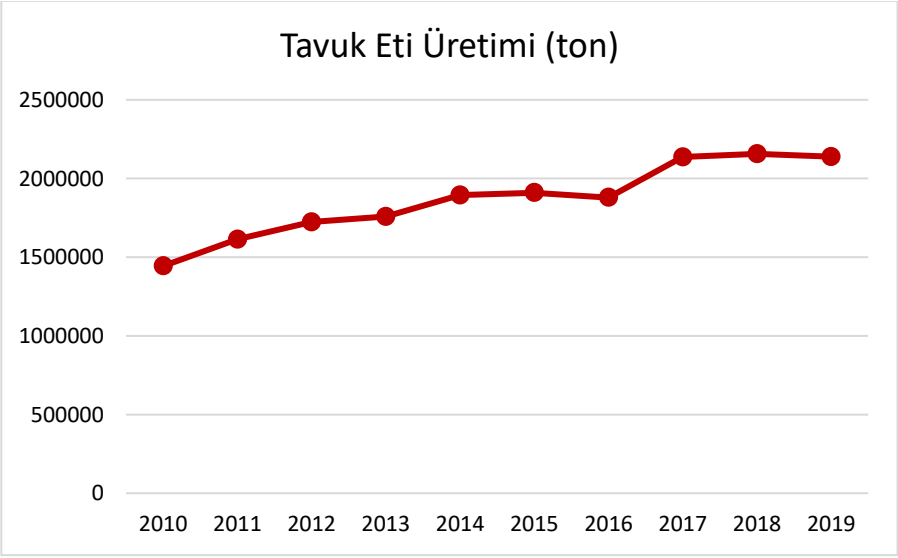
Tavuk eti, sağlıklı beslenmede, bedensel ve zihinsel gelişimde oldukça önemli bir yere sahiptir. Tavuk eti proteini, beslenme için gerekli olan tüm aminoasitleri yeterli ve dengeli miktarda içermektedir. Tavuk eti, doymamış yağ asidi bakımından kırmızı ete göre daha zengindir. Bu nedenle tavuk etiyle zengin beslenme, ateroskleroz riskini

azaltmaktadır. Sodyum içeriği düşük olduğundan, düşük sodyumlu diyetle beslenenler için son derece uygundur. B vitamini bakımından zengindir. Fibrilleri kısa olduğu için sindirimi kolaydır. Yeterli ve dengeli beslenmede, hastalıklardan korunmada, obezite, diyabet, kalp-damar hastalıkları, kanser gibi hastalık risklerini azaltmada, vitamin ve mineral yetersizliği gibi sorunların azaltılmasında son derece öneme sahiptir. Tavuk eti, kırmızı etle kıyaslandığında daha düşük enerjilidir, doymuş yağ ve kolesterol içeriği daha düşüktür. B_2, B_3, B_6 ve B_{12} vitamini açısından iyi bir kaynaktır (Anonim, 2020a).

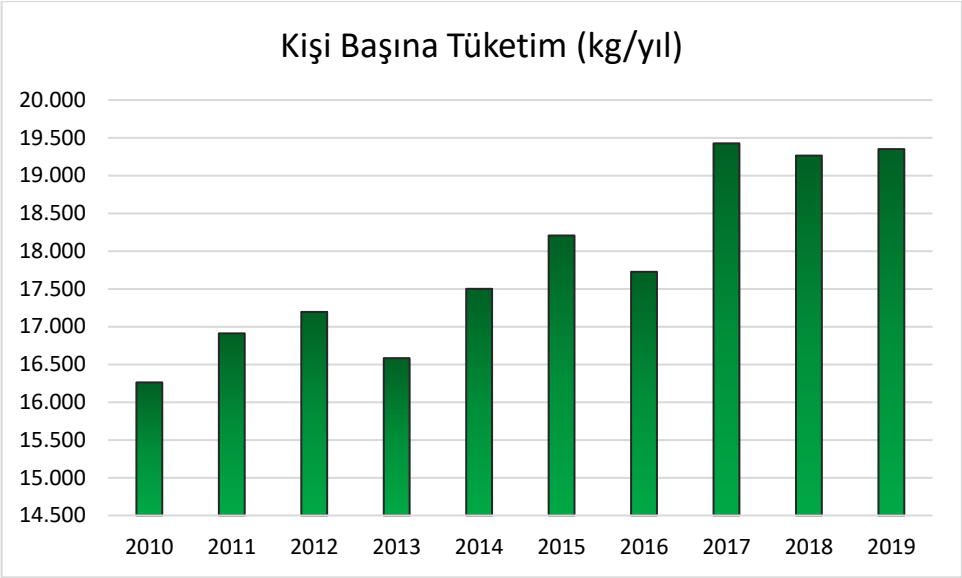
Tavuk etinin ucuz, besleyici ve sağlıklı bir gıda maddesi olmasından dolayı, tavuk eti ve tavuk etinden üretilen ürünlerin tüketimi günümüzde giderek artmaktadır (Şener ve Temiz, 2004). Düşük miktarda yağ, yüksek miktarda protein içermesi ve doymamış yağ asidi içeriği sayesinde tavuk etinin besleyici değeri yüksektir. Ayrıca tavuk etinin hazırlama ve pazarlama süreci de kolaydır, bu nedenle özellikle fast-food restoranlarında tavuk etine sıklıkla yer verilmektedir. Önceki yıllarda kırmızı etlerden hazırlanan birçok ürünün, bugün tavuk etinden de üretilebiliyor olması, tavuk eti tüketimini de olumlu yönde etkilemiş, talebi arttırmıştır. Bu doğrultuda ülkemizde oldukça çok sayıda tavuk işletmeleri kurularak üretim yapılmaktadır (Şener ve Temiz, 2004).

Ülkemizde tavuk üretimi, kümes hayvanları eti üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır ve son 10 yılda %48 oranında artış göstermiştir (Anonim, 2020c).

Şekil 2.1'de ve Şekil 2.2'de sırasıyla, son on yılda Türkiye'deki tavuk üretim miktarındaki değişim ve kişi başı kümes hayvanları eti tüketimi ile Çizelge 2.4'te Türkiye ve dünya genelindeki kümes hayvanları eti tüketimi görülmektedir.



Şekil 2.1. Türkiye'de yıllara göre tavuk eti üretimi (Anonim, 2020c)



Şekil 2.2. Türkiye'de yıl bazlı kişi başı kümes hayvanları eti tüketimi (OECD, 2020)

Çizelge 2.4. Türkiye ve dünyada kanatlı eti tüketimi (OECD, 2020)

Yıllar	Türkiye (bin ton)	Dünya Geneli (bin ton)
2009	1211.0	94474.4
2010	1336.5	100493.6
2011	1410.7	104751.8
2012	1457.1	107302.1
2013	1428.2	109598.0
2014	1532.0	112044.1
2015	1619.4	115544.0
2016	1601.7	118998.6
2017	1782.6	120288.1
2018	1793.3	122172.9
2019	1824.4	124637.1

Çıkma tavuklar, tavukçuluk endüstrisinin yan ürünü olarak kabul edilir (Singh ve ark., 2001; McIvor ve ark., 2002; Kala ve ark., 2007; Kalaikannan ve ark., 2007). Bu tavuklar, genellikle 80-100 haftalık, ekonomik yumurtlama süreci sona ermiş, içerdikleri yüksek miktarlarda kolajenden dolayı meydana gelen sertleşmiş eti nedeniyle doğrudan tüketilmeyen hayvanlardır (Nowsad ve ark., 2000c). Çıkma tavuk etleri, yaşlanmaya bağlı olarak oluşan protein çapraz bağları ve kolajen içeriği sonucu gelişen sertlik ile karakterize edilmektedir (Udenigwe ve ark., 2017).

Çıkma tavuk etleri; yüksek kolajen içerdiğinden dolayı, broiler tavuklara göre çok daha sert etlerdir ve tüketiciler tarafından çok fazla kabul görmemektedir (Lee ve ark.,

2003). Bu etlerin direkt olarak kullanımı, yaşla birlikte artan kolajen içeriğinden dolayı bazı problemlere yol açmaktadır (Wu ve ark., 1996; Li, 2006).

Çıkma tavuk eti ω-3 yağ asidi ve miyofibriler proteinler açısından zengindir (Nowsad ve ark., 2000b). Özellikle göğüs etlerinde kolesterol içeriği daha düşüktür, bu nedenle tüketimi sağlık için oldukça faydalıdır (Bhaskar ve ark., 2017). Ancak yüksek oranda doymamış yağ asitleri içermesi nedeniyle işleme ve depolama esnasında broiler etlerine göre daha hızlı okside olabilmektedir (Reshi ve ark., 2017).

Kanatlı eti işleme endüstrisinde, çıkma tavukların daha ileri işlemlerde kullanılması, en fazla ihmal edilen alanlarından biridir (McIvor ve ark., 2002). Çıkma tavuklar, sert tekstürleri nedeniyle daima et endüstrisinde bir sorun olmuştur (Sarkar ve ark., 2019). Bu özelliği, bu etleri doğrudan tüketime uygunsuz hale getirmekte ve pazar değerini düşürmektedir. Bu nedenle bu tavuklardan elde edilen etlerin kârlı, kullanışlı ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bu tavukların değerlendirilmesi, kümes hayvanı üretim ekonomisinin gelişimi konusunda, hem de kanatlı eti tedarikinin artması konusunda oldukça öneme sahiptir (Kala ve ark., 2007). Bu nedenle, çıkma tavuk etleri, kârlı bir şekilde değerlendirilme amacıyla, yeni ürünlerin işlenmesinde kullanılabilir (Ensoy ve ark., 2004). Kıyılmış et ürünlerinin geliştirilmesi, bu konuda önemli bir yoldur. Bu etler düşük maliyetli kıyma ürünleri için potansiyel bir kaynaktır (Nowsad ve ark., 2000b; Kang ve ark., 2012; Reshi ve ark., 2017).

2.2. Transglutaminaz Enzimi

Proteinlerin fonksiyonları, diğer protein veya protein dışındaki bileşenlerle etkileşimine, gıdanın içinde bulunduğu çevresel koşullara ve fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır. Proteinlerin fonksiyonel özelliklerini değiştirmek veya artırmak amacıyla yapılan modifikasyon, bu özelliklerin bir veya birkaçının değiştirilmesi işlemidir. Fonksiyonelliğin geliştirilmesinin yanında, besleyici değerini arttırmak, istenmeyen reaksiyonları önlemek (maillard gibi) veya fiziksel değişiklik (tekstür gelişimi gibi) sağlamak da amaçlanmaktadır (Kester ve Richardson, 1984).

Önemli miktarda protein içeren gıdaların besleyiciliği, jel oluşturma kabiliyeti, su tutma kapasitesi gibi çeşitli karakteristikleri, içerdikleri proteinlerin özellikleriyle ilgilidir. Bu nedenle proteinlerin modifiye edilmesi, bu özelliklerin geliştirilmesinde etkili

olmaktadır (Kurt ve Zorba, 2004). Modifikasyon işlemi fiziksel, kimyasal veya enzimatik yöntemlerle gerçekleştirilmektedir (Kester ve Richardson, 1984).

Proteinlerin modifikasyonunda enzim kullanımının birkaç avantajı vardır. Enzimler katalize ettikleri reaksiyonlara spesifiktir (Kester ve Richardson, 1984). Yüksek özgüllüğe sahip oldukları ve daha düşük olasılıkla toksik ürün ürettikleri için, gıdaların fonksiyonel özelliklerini değiştirme amacıyla enzimler çoğunlukla kullanılır (Gerrard, 2002). Gıda endüstrisinde proteinleri modifiye etme ve bu sayede fonksiyonel özelliklerini geliştirme amacıyla kovalent çapraz bağlanma reaksiyonunu katalize eden enzimler kullanılmaktadır (Sezgin ve Eren, 2018).

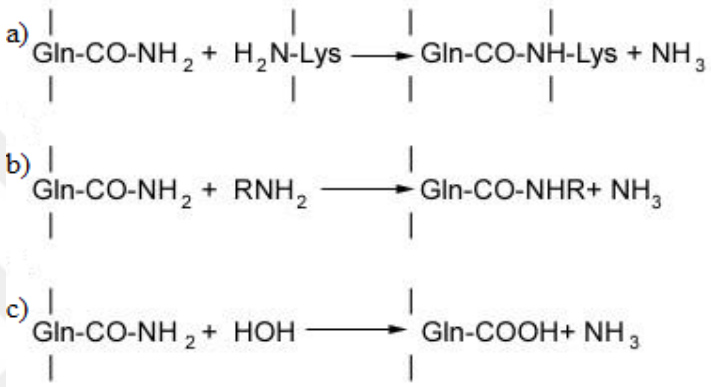
Proteinlerin çapraz bağlanması; bir proteindeki polipeptit zincirleri arasında (molekül içi çapraz bağ) veya proteinler arasında kovalent bağ (moleküller arası çapraz bağ) oluşumudur (Feeney ve Whitaker, 1987).

Transglutaminazlar (EC 2.3.2.13), transferaz grubunda bulunan enzimlerdir (Kieliszek ve Misiewicz, 2014). Lisin ve glutamin aminoasitleri arasında, izopeptid bağı oluşumunu katalize etmektedirler (Özçelik, 2018). Transglutaminaz enzimi peptide bağlı olan glutamin kalıntılarının (açil verici) γ -karboksiamid grupları ile primer amin grupları (açil alıcı) arasındaki açil transfer reaksiyonlarını katalize etmektedir (Folk ve Finlayson, 1977; Motoki ve Seguro, 1998; Sharma ve ark., 2001; Kieliszek ve Misiewicz, 2014). Peptid bağındaki lisin kalıntısı ε-amino grubu, substrat işlevini üstlendiğinde, bu iki peptid zinciri ε-(γ-glutamil)lisin bağı ile çapraz bağ oluşturur (Folk ve Finlayson, 1977). Amin substratlarının olmadığı durumda transglutaminaz, su moleküllerini açil yakalayıcı olarak kullanır ve glutamin kalıntısının deaminasyonunu katalizler (Motoki ve ark., 1986; Sharma ve ark., 2001; Saguer ve ark., 2007). ε-(γ-Gln)Lys çapraz bağı, protein içeren gıdalarda, diğer reaksiyonlardan önce ve hızlı gerçekleşir. Reaksiyon, ortamdaki glutamin veya lisin tükeninceye dek sürer (Kuraishi ve ark., 2001).

İnsanların sahip olduğu mide enzimleri, gıdalardaki proteinleri aminoasitlere parçalayabilmesine rağmen, transglutaminazın katalizlediği reaksiyonlar sonucu oluşan Gln-Lys çapraz bağlarını kıramamaktadır. Bu çapraz bağ, bir böbrek enzimi olan γ-glutamilamin siklotransferaz ile lisin ve 5-oxoproline (piroglutamat) parçalanarak, lisinin vücutta kullanılabilmesi sağlanmaktadır (Motoki ve Seguro, 1998). Vücutta, lisin sindirilebilirliğe ve biyoyararlılığa sahip olduğu için, bu çapraz bağları içeren gıdaların vücuda alımı sonucunda herhangi bir olumsuz etki rapor edilmemiştir (Seguro ve ark., 1996).

Proteinlerin modifiye edilmesinde kullanılan transglutaminazların üç reaksiyonu katalize ettiği bildirilmiştir (Kurt ve Zorba, 2004):

a) Peptite veya proteine bağlı olan glutaminin γ-karboksiamidi ve primer amin arasındaki açil transfer reaksiyonunun meydana gelmesi
b) Protein ve peptitlerin glutamin ve lisin kalıntıları arasındaki Gln-Lys bağının [ε-(γ-Gln)Lys] oluşturulması
c) Ortamda uygun bir primer amin olmaması veya lisinin ε-amin grubunun bağlı olması durumunda suyun kullanımı



Şekil 2.3. Transglutaminaz tarafından katalizlenen genel reaksiyonlar: a) Açil-transfer reaksiyonu, b) Çapraz bağ reaksiyonu, c) Deamidasyon reaksiyonu (Kuraishi ve ark., 2001)

Transglutaminaz; doğada yaygın bir şekilde, bitkisel ve hayvansal dokularda, balıklarda ve mikroorganizmalarda bulunmaktadır (Zhu ve ark., 1995; Kuraishi ve ark., 2001). Kanın pıhtılaşması, epidermal keratinizasyon, yaraların iyileşmesi ve eritrosit membranın sertleşmesi gibi birçok biyolojik olayda faydası söz konusu olan transglutaminaz enziminin ayrıca hücresel büyüme, bölünme ve farklılaşmadan da sorumlu olduğu belirtilmiştir (Motoki ve Seguro, 1998).

Yıllar boyunca domuz karaciğeri esaslı hayvansal kökenli Ca^{2+}'a bağımlı transglutaminaz enziminin saflaştırılması, karakterizasyonu ve gıdalara uygulanması araştırılmıştır. Kaynakların sınırlı olması ve transglutaminaz eldesinde karmaşık ayırma ve saflaştırma işlemleri, maliyetin yükselmesine yol açmıştır. Bu nedenle, bu yolla enzim üretimi, endüstriyel açıdan mümkün olmamıştır ve mikroorganizmalardan transglutaminaz üretilmesi yoluna gidilmiştir. Mikrobiyal fermantasyon yoluyla daha ucuz şekilde transglutaminaz üretilebilmiştir (Zhu ve ark., 1995). Mikroorganizmalar içerisinde en uygun mikroorganizmanın *Streptoverticillium mobaraense*'nin bir çeşidi olduğu belirlenmiştir (Yüksel ve Erdem, 2007).

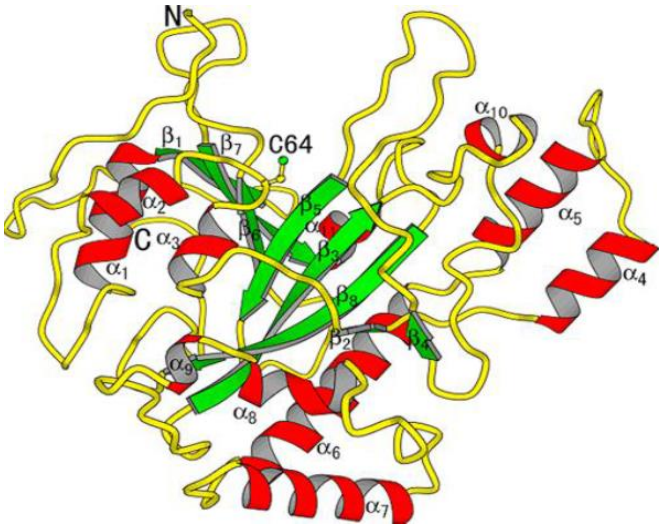
Ando ve ark. (1989), farklı yerlerden alınan toprak örneklerinden izole ettikleri binlerce mikrobiyal suşu tarayarak, *Streptoverticillium S*-8112'nin, *in vitro* şartlarda transglutaminaz üretme kapasitesini belirlemişlerdir. Üretilen bu transglutaminaz, hayvansal olmayan bir kaynaktan izole edilmiş ilk transglutaminazdır ve memeli transglutaminazın aksine Ca^{2+}'a bağımlı değildir (Luciano ve Arntfield, 2012). Gıdalarda kullanım amacıyla, Ajinomoto Co.(Japonya) Şirketi enzimi ticari olarak üretmiştir (Kurt ve Zorba, 2004). Mikroorganizmalardan elde edilen enzim, mikrobiyal transglutaminaz olarak adlandırılmıştır (Kurt ve Zorba, 2004; Özçelik, 2018).

Mikrobiyal transglutaminazın aminoasit kompozisyonu, diğer kaynaklardan elde edilen transglutaminazla karşılaştırıldığında birbirinden farklıdır. Fakat aktiviteleri, biyokimyasal özellikleri ve Cys kalıntısının bulunduğu aktif bölgenin konformasyonel yapıları çok benzerdir (Luciano ve Arntfield, 2012).

Mikrobiyal transglutaminaz, tek sistein kalıntısı içermektedir ve bu sisteinin tiyol grubu (-SH) serbesttir. Bu yapı mikrobiyal transglutaminazın, tiyol grubu enzim ailesinde olduğunu göstermektedir (Kanaji ve ark., 1993; Motoki ve Seguro, 1998; Yokoyama ve ark., 2004). Sistein kalıntısı mikrobiyal transglutaminazın aktif bölgesinde bulunmaktadır (Motoki ve Seguro, 1998; Yokoyama ve ark., 2004). Mikrobiyal transglutaminaz, disk benzeri şeklinde bir enzimdir. Sistein kalıntısının bulunduğu aktif bölge, bu diskin kenarındaki bir yarığın altında bulunmaktadır (Yokoyama ve ark., 2004) (Şekil 2.4).

Ağır metaller, tek sistein kalıntısının tiyol grubunu bağladıkları için, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+} ve Li^{2+} gibi elementler mikrobiyal transglutaminazı inhibe etmektedir (Motoki ve Seguro, 1998; Yokoyama ve ark., 2004).

Enzim; sistein kalıntısı içerdiğinden, belirli şartlar altında okside olup aktivitesi zamanla azalabilmektedir. Bu nedenle genel olarak maltodekstrin veya başka bir inert taşıyıcı ile standardize halde ve oksijen tutucu içeren yüksek bariyerli folyo paketlerde satılmaktadır. Ayrıca uygulamalar arasında, enzimin kullanılmayan kısmı kapatılıp soğuk bir ortamda depolanmalıdır (Tarté, 2009).

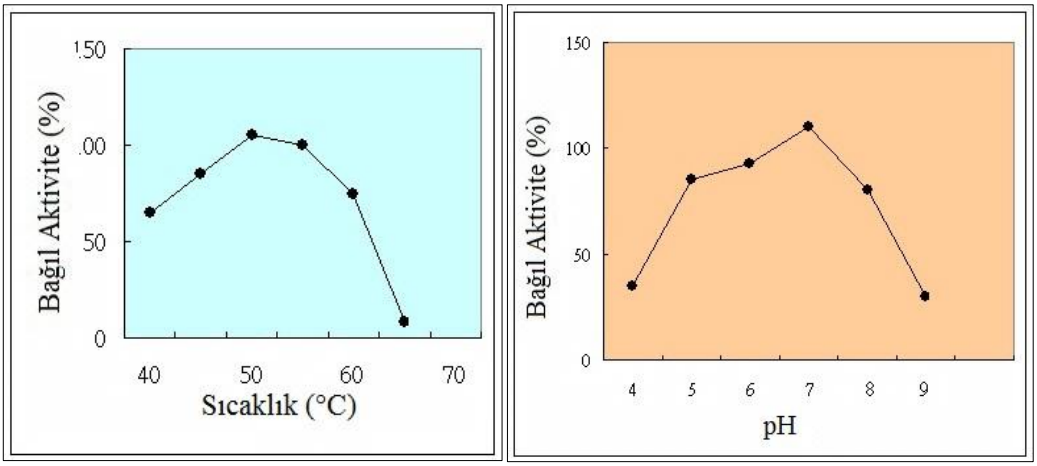


Şekil 2.4. Mikrobiyal TGaz enziminin genel yapısı (Yokoyama ve ark., 2004)

Mikrobiyal transglutaminaz; 11 adet α-heliks ve 8 adet β-plakaları içermektedir (Yokoyama ve ark., 2004). Enzim 331 aminoasitten oluşmaktadır, aminoasit dizisinde sistein, 64. sıradadır (Motoki ve Seguro, 1998).

Mikrobiyal transglutaminazın moleküler ağırlığının hem SDS-PAGE (sodyum dodesil sülfat poliakrilamid elektroforez) hem de jel kromatografi üzerinde 40000 Da olduğu belirlenmiştir. Daha duyarlı analizlerde ise moleküler ağırlığının 38000 Da olduğu bulunmuştur (Motoki ve Seguro, 1998).

Mikrobiyal transglutaminazın sahip olduğu optimum pH=5 ila 8 arasındadır. Ayrıca, pH=4 veya 9'da bile bazı aktivitelerini gösterebilmektedir. Böylece geniş bir pH aralığında kararlılık gösterebilmektedir. Enzimin izoelektrik noktası (IP); yaklaşık olarak 8.9'dur. Enzimatik aktivite için optimum sıcaklık 50 °C'dir. 50 °C'de; 10 dakika süreyle aktivitesini tamamen sürdürebilmektedir. Ancak, 70 °C sıcaklıkta birkaç dakika içerisinde aktivitesini kaybetmektedir. Enzim 10 °C' de aktivitesini sürdürebilir ve ayrıca donma noktasının hemen üzerindeki sıcaklıkta bile bir miktar aktivitesini koruyabilmektedir (Motoki ve Seguro, 1998).



Şekil 2.5. Transglutaminaz enziminin optimum sıcaklık derecesi ve pH değeri (Anonim, 2020d).

Mikrobiyal transglutaminaz enzimi, tüketim açısından 1998 yılından itibaren, FDA (Gıda ve İlaç İdaresi) tarafından GRAS olarak tanınmasıyla birlikte, gıda endüstrisi için dikkat çekici bir enzim haline gelmiştir (Aalami ve Leelavathi, 2008; Gaspar ve de Góes-Favoni, 2015). Ayrıca birçok gıda kodeksi, mikrobiyal transglutaminaz konusunda, istenilen etkinin elde edilmesi için kullanımına izin vermekte ve miktarı konusunda maksimum sınır belirtilmemektedir (Gaspar ve de Góes-Favoni, 2015).

2.2.1. Transglutaminaz enzimi ile ilgili yapılan çalışmalar

Transglutaminaz kullanımı, gıdanın tekstürel özelliklerinin geliştirilmesi için iyi bir yöntemdir (Katayama ve ark., 2005). Mikrobiyal transglutaminazın temel uygulamalarından biri; et ve et ürünleridir. Enzim sayesinde oluşturulan çapraz bağlar nedeniyle, et ürünlerinde protein ağı yapısı güçlendirilir (Kuraishi ve ark., 2001). Ürünün stabilite ve mekanik özelliklerinde (tekstür gibi) gelişmeler ile birlikte pişirme sırasında daha az kayıplar meydana gelmektedir.

Enzim sayesinde, sağlam kas dokusu yapısına benzeyen, yeniden yapılandırılmış et örnekleri oluşturulabilmektedir (Gaspar ve de Góes-Favoni, 2015).

Mikrobiyal transglutaminaz ilavesi, yeniden yapılandırılmış biftek, balık, döner ve sosis gibi et ürünlerinin mekanik kuvvetini, tekstürel özelliklerini (elastikiyet ve sertlik), su tutma kapasitesini önemli ölçüde artırmaktadır (Basaran ve ark., 2010).

Transglutaminaz ilavesinin, hazırlanan tavuk köftelerin tekstürel değerlerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir (Uran, 2013).

Muguruma ve ark. (1999); transglutaminaz enziminin, oluşturduğu çapraz bağlar sayesinde, domuz ve tavuk etlerinden üretilen sosislerin tekstürünü geliştirdiğini tespit etmişlerdir.

Carballo ve ark. (2006); tekstür analizinde (sertlik, dış yapışkanlık ve çiğnenebilirlik parametrelerinde), bağlayıcı ajan olarak transglutaminaz ve kazeinat kompleksinin kullanıldığı örneklerin, diğer örneklere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Katayama ve ark. (2005), düşük kaliteli domuz eti filetosundan üretilen sosislerin jel kuvveti ve tekstür özelliklerinin, transglutaminaz ilavesiyle iyileştiğini bildirmiştir.

Uran ve Yilmaz (2018), transglutaminaz uygulamasıyla üretilen tavuk burgerlerin tekstür değerinin, artan enzim konsantrasyonuna paralel olarak arttığını bildirmişlerdir.

Et parçalarının tuz ve fosfat ilave edilmeden transglutaminaz kullanımıyla bağlanabileceği ve bu sayede sağlıklı etlerin üretilebileceği yapılan bir çalışmada belirtilmiştir (Motoki ve Seguro, 1998).

Tüketici tarafından arzu edilen jel kuvvetine sahip tavuk sosis üretmek amacıyla, sıklıkla katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerinden birisi olan STPP (sodyum tripolifosfat), sentetik bir maddedir. Ancak tüketiciler tarafından gıdalarda daha az sentetik katkı maddesi kullanımına yönelik bir talep vardır. Bu konuyla ilgili yapılan bir çalışmada transglutaminaz enziminin sosis karışımına eklenmesinin, tekstürü iyileştirdiği, bu sayede üründe tekstürel kayıplar olmadan STPP kullanımının azaltılmasının mümkün olduğu sonucuna varılmıştır (Muguruma ve ark., 2003).

Ahhmed ve ark. (2007), mikrobiyal transglutaminaz kullanarak hazırladıkları tavuk ve sığır eti sosislerinde, transglutaminaz ile MHC (miyosin ağır zincir) molekülleri arasındaki reaksiyonu incelemek için SDS-PAGE analizi yapmışlardır. SDS-PAGE deseninde, enzim ilave edildikten sonra, enzimin MHC (miyosin ağır zincir) bant yoğunluğunda, özellikle sığır etinden yapılan sosiste önemli ölçüde azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Enzimin fonksiyonel etkisinin, miyosin ağır zincir proteinleri üzerinde olmasından dolayı, MHC bant yoğunluğunda azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmada aynı zamanda, transglutaminaz enzimi uygulamasının Gln-Lys bant miktarını önemli bir şekilde arttırdığını, sonuç olarak ürün dokusunun iyileşmesinde, iyi bir katkı maddesi olabileceğini belirtmişlerdir.

Ahhmed ve ark. (2009a); tavuk ve sığır eti jeli örneklerinde Gln-Lys bağı içeriklerinin, 1 ml mikrobiyal transglutaminaz çözeltisi ilavesiyle, enzim ilave edilmeyen kontrol grubuna kıyasla sırasıyla %25 ve %46 arttığını belirtmişlerdir.

Tseng ve ark. (2000), farklı seviyelerde (%0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 ve 1) transglutaminaz ilave ederek, tavuk göğüs etinden, düşük tuz içerikli köfteler hazırlamışlardır. Transglutaminaz enziminin, moleküller arası glutamil-lisin çapraz bağ oluşumunu katalizleme özelliğinden dolayı, üretilen köftelerin jel kuvvetinin, artan enzim konsantrasyonuyla birlikte arttığı belirlenmiştir. Jel kuvvetinin %0.2'nin üzerindeki oranlarda transglutaminaz içeren örneklerde önemli ($p<0.05$) düzeyde arttığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada %0.4 ve 1.0 seviyesinde enzim ilave edilen örneklerin veriminde artış olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiş ve enzim içeren köftelerin hidrasyon ve emülsiyon stabilitesi özelliğinin kontrol grubundan daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

%0.5 seviyesinde mikrobiyal transglutaminaz ilavesiyle yeniden yapılandırılan tavuk, somon ve alabalık üzerine yapılan bir çalışmada, ticari pişirme yöntemiyle pişirilen örneklerde enzim ilavesiyle ağırlık kayıplarının azaldığı belirlenmiştir (Basaran ve ark., 2010).

Pietrasik ve ark. (2007) domuz eti jelinin, hidrasyon ve tekstürel özellikleri üzerine, et dışı proteinlerin (sodyum kazeinat, kan plazması, soya protein izolatı ve jelatin) ve transglutaminaz enziminin sinerjist etkisinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, soya protein izolatı ve kan plazması içeren grupların hidrasyon yeteneği üzerine, transglutaminazın etkisinin olmadığı ancak kontrol grubu, sodyum kazeinat ve jelatin içeren gruplarda pişirme kaybı üzerinde önemli derecede iyileşme meydana geldiği belirlenmiştir.

Lesiow ve ark. (2017); domuz eti karışımının kırılma kuvveti, sertlik değeri ve pişirme kaybı değerlerini belirlemişlerdir. STPP ve transglutaminaz içeren grupların en düşük pişirme kaybı ile en yüksek kırılma kuvveti ve sertlik değeri sergilediği belirlenmiştir.

Aktomiyosinin; miyosin kısmı, önemli bir jelleştirici protein olarak kabul edilmektedir. Ahhmed ve ark. (2009b), yürüttükleri çalışmada, tavuk ve sığır etinde, aktomiyosin proteini ile transglutaminaz arasındaki etkileşim farkını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre kontrol numunelerinin, enzimle muamele edilen numunelere kıyasla daha düşük jel kırılma kuvveti gösterdiği görülmüştür. Ayrıca sığır etinin, tavuk etinden önemli ölçüde daha yüksek jel kırılma kuvveti gösterdiği belirlenmiştir. Bunun nedeninin aktomiyosinin; türler arasında benzer olmayan bir şekilde reaksiyona girmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

2.3. Chia Tohumu

Chia (*Salvia hispanica* L.), nane familyasının (*Lamiaceae*) üyesi olan, Meksika ve Guatemala'ya özgü otsu, tek yıllık bir bitkidir (Ixtaina ve ark., 2010; Olivos-Lugo ve ark., 2010; Zettel ve Hitzmann, 2016).

Tarihsel kayıtlara bakıldığında, chia tohumunun, Maya ve Aztek uygarlıkları da dahil olmak üzere Amerika'daki birçok Kolomb öncesi medeniyetin temel gıdasını oluşturduğu belirtilmiştir (Ayerza Jr ve Coates, 2007).

Tropikal ve subtropikal enlemlerde en iyi şekilde büyümektedir ve günümüzde Arjantin, Bolivya, Avustralya, Meksika, Ekvador, Guatemala ve Nikaragua'da ticari olarak yetiştirilmektedir (Cassiday, 2017).

Chia tohumları siyah, kahverengi ve beyaz renkte olan, yaklaşık 1 mm çapında, oval şekilli tohumlardır (Timilsena ve ark., 2017). Siyah ve beyaz renkteki chialaın besleyici değeri açısından farkı yoktur, ancak kahverengi chialar olgunlaşmamıştır ve besleyici değer bakımından yetersizdir (Anonim, 2020e).



Şekil 2.6. Chia tohumu (Anonim, 2020f)



Şekil 2.7. Chia tohumlarının görünüşü (Anonim, 2020g)

Önemi dünya çapında giderek artan chia; yüksek oranda protein, diyet lifi, vitamin, mineral, α-linolenik asit ve antioksidan maddeler bakımından zengin bir kaynak olduğu için "süper gıda" olarak kabul edilmektedir (Cassiday, 2017; Chavan ve ark., 2017).

Chia tohumu (*S. hispanica* L.) yaklaşık olarak %17-24 protein (Timilsena ve ark., 2016a), %25-38 yağ (Ixtaina ve ark., 2011), %25-41 karbonhidrat (Orona-Tamayo ve ark., 2017) ve %18–30 lif (Timilsena ve ark., 2016b) içermektedir. Kuru madde içeriği %90-93'tür (Ixtaina ve ark., 2008).

Chia tohumu yağ asidi bileşimini, yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oluşturduğu için sağlıklı gıdalar konusu bakımından ilgi çekicidir (Ixtaina ve ark., 2010). Neredeyse %55-60 seviyesinde α-linolenik asit (ω-3), %18-20 linoleik asit (ω-6), %6 tekli doymamış yağ (ω-9) ve %10 doymuş yağ (palmitik ve stearik asit) içermektedir (Ixtaina ve ark., 2010; Orona-Tamayo ve ark., 2017). Birçok çalışma, koroner kalp hastalıkları ile doymuş ve çoklu doymamış yağ asidiyle zengin beslenme arasında yakın bir ilişki olduğunu ve bu yağ asitleriyle zengin lipitleri tüketmenin bu hastalığı azalttığını göstermiştir. Chia tohumu tüketilmesinin, kan değerlerinde HDL (yüksek yoğunluklu lipoprotein) seviyesini arttırdığı; TG (trigliserid=triaçilgliserol) ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) seviyesini azalttığı belirtilmiştir (Ayerza Jr ve Coates, 2007).

Chia tohum ağırlığının %35'inden fazlasını, yüksek oranda çözünür ve çözünmez diyet lifi oluşturmaktadır ve B vitaminleri ve mineraller (magnezyum, demir, çinko ve bakır) açısından zengin bir kaynaktır. 100 g sütten 11 kat daha fazla fosfor, 6 kat daha fazla kalsiyum ve 4 kat daha fazla potasyum içermektedir. Yüksek miktarda fenolik bileşikler gibi doğal antioksidanlara sahiptir (Orona-Tamayo ve ark., 2017). Chianın bir diğer önemli özelliği de gluten içermemesi ve bu sayede çölyak hastaları tarafından rahatlıkla tüketilebilir olmasıdır (Bueno ve ark., 2010; Orona-Tamayo ve ark., 2017). Chia tohumlarının, mikotoksin içermediği, gıda güvenliği açısından ağır metal içeriğinin güvenilir kabul edilen seviyede olduğu belirlenmiştir (Erdoğdu ve Geçgel, 2019).

Chia tohumu, bir süre suda bekletildiğinde, üronik asit bakımından zengin olan, tohuma güçlü bir şekilde bağlı, şeffaf bir müsilaj jeli yaymaktadır (Lin ve ark., 1994; Muñoz ve ark., 2012b). Sakızımsı bu yapı aslında, glikoz, ksiloz ve metil glukuronik asitten oluşan dallı bir polisakkarittir (Lin ve ark., 1994).

Chia tohumu, sulu çözelti içinde düşük konsantrasyonda bile olağanüstü müsilaj özelliği göstermesinden dolayı, 1996 yılında FAO tarafından potansiyel bir polisakkarit gam kaynağı olarak tanımlanmıştır (Muñoz ve ark., 2012a).

Chia müsilajı emülgatör, bağlayıcı, köpük stabilizatörü, süspansiyon ajanı olarak gıda endüstrisinde kullanılabilir (de la Paz Salgado-Cruz ve ark., 2013).

2.3.1. Chia tohumu ile ilgili yapılan çalışmalar

Literatürde, chia tohumunun farklı gıdalarda çalışmaya uygun bir bitki olduğu görülmüştür. Kekte (Borneo ve ark., 2010; Pizarro ve ark., 2013; Felisberto ve ark., 2015; Fernandes ve de las Mercedes Salas-Mellado, 2017); bisküvi-kurabiyede (Divyashree ve ark., 2016; Mesías ve ark., 2016; Ivan ve ark., 2017; Goyat ve ark., 2018); ekmekte (Ribotta ve ark., 2004; Iglesias-Puig ve Haros, 2013; Costantini ve ark., 2014; Pizarro ve ark., 2015; Steffolani ve ark., 2015; Verdú ve ark., 2015; Verdú ve ark., 2017); et ürünlerinde (Cofrades ve ark., 2014; Silva ve ark., 2015; Souza ve ark., 2015; Pintado ve ark., 2016; Heck ve ark., 2017; Barros ve ark., 2018; Pintado ve ark., 2018; Erdoğdu, 2019); cipste (Coorey ve ark., 2012); yoğurtta (Pop ve ark., 2015; Ayaz ve ark., 2017; Faid, 2017; Darwish ve ark., 2018); dondurmada (Campos ve ark., 2016; Chavan ve ark., 2017; Ullah ve ark., 2017); peynirde (Faid, 2017; Ullah ve ark., 2018; Muñoz-Tébar ve ark., 2019); marmelatta (Díaz-Ramírez ve ark., 2018; Özbek ve ark., 2019); salata sosunda (Akcicek ve Karasu, 2018); margarinde (Nadeem ve ark., 2017); makarnada (Menga ve ark., 2017; Aranibar ve ark., 2018); atıştırmalık barlarda (Singh ve ark.; Iuliano ve ark., 2019); yenilebilir film üretiminde (Chierentin ve ark.; Muñoz ve ark., 2012a; Dick ve ark., 2015; Dick ve ark., 2016; Luo ve ark., 2019) kullanım imkanları araştırılmıştır.

Pintado ve ark. (2018); kırmızı etlerden ürettikleri sosislerde, hayvansal yağ ikamesi olarak chia unu kullanmışlardır. Yapılan bu çalışmada chia unu ilavesinin pişirme kaybını azalttığı ve chianın, sıklıkla tüketilen et ürünlerinin duyusal ve tekstürel özelliklerinde herhangi bir olumsuz etkiye sebep olmadan, yağ ikamesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Pintado ve ark. (2016); chia ilavesinin domuz etinden üretilen frankfurter tipi sosislerin besin öğeleri, teknolojik ve duyusal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda araştırmacılar, chia ilavesinin; sosislerin protein, mineral (Ca, K, Mg, Fe, Mn, P), diyet lifi ve doymamış yağ asidi içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir. Duyusal

olarak kabul edilebilir nitelikte olan bu sosislerin, sertlik değerinin chia ilavesiyle arttığı gözlenmiştir.

Heck ve ark. (2017), hayvansal yağ ikamesi olarak chia kullanarak hazırladıkları burgerlerin pişirme kaybında azalmaya neden olduğunu, doymamış yağ asidi miktarında artışa neden olduğunu ve tekstüründe herhangi bir olumsuzluğa yol açmadığını tespit etmişlerdir.

Chia tohumu müsilajı, yenilebilir film ve kaplama üretiminde de kullanılabilecek bir polisakkarit kaynağıdır (Muñoz ve ark., 2012a).

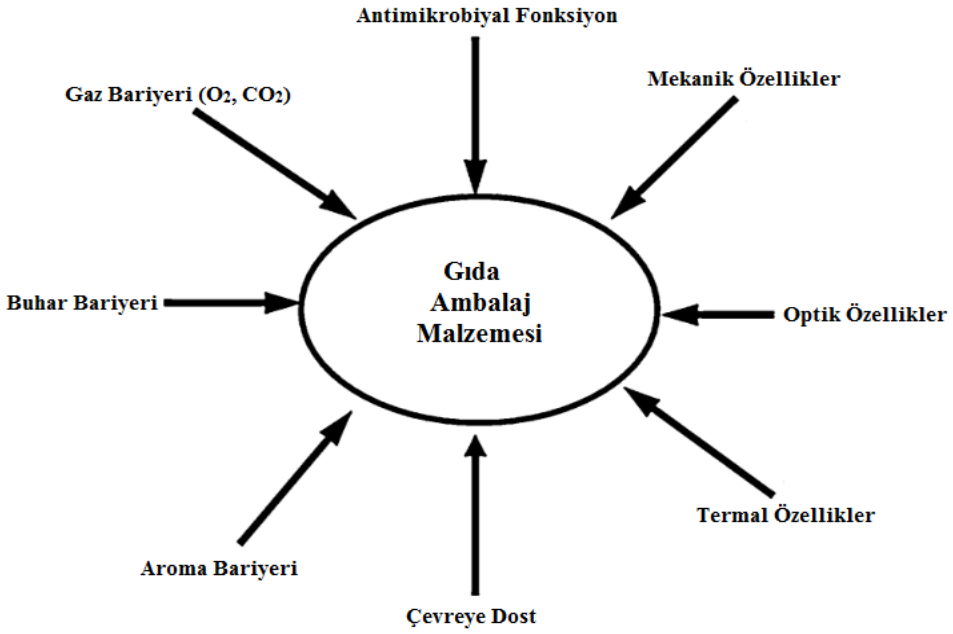
2.4. Film ve Kaplamalar

Ambalaj, gıda kalitesi ve güvenliğinin sağlanması, raf ömrünün uzatılması konusundaki olağanüstü etkileri sayesinde gıda endüstrisinin önemli bir parçasıdır (Yekta ve ark., 2020). Gıda endüstrisinin temel amaçlarından biri, gıdanın en az miktarda kalite kaybına uğraması ve tüketiciye güvenli bir şekilde ulaştırılmasıdır. Gıdalar üretim, depolama ve taşıma esnasında çeşitli nedenlerle bozulabilmektedir. Gıda bütünlüğünü sağlama, kalite kayıplarını engelleme ve tüketiciyi bilgilendirme gibi çeşitli amaçlarla farklı ambalajlar kullanılmaktadır (Topuz ve Boran, 2018).

Gıda ambalajının temel işlevi, gıdaları mikroorganizma, nem, oksijen, toz, koku, ışık, kimyasal kirletici ve dış kuvvetlerin neden olacağı bozulmalara karşı korumaktır (Rhim ve ark., 2013; Sung ve ark., 2013). Bu işlevlerin dışında ambalaj, gıdaları ihtiva etmekte ve tüketicileri gıdanın bileşen ve besin içeriği hakkında bilgilendirmektir. Gıda ambalajının temel amacı, tüketici talebini ve endüstrinin gereksinimlerini karşılamayı, gıda güvenliğini sağlamayı ve çevreye olan olumsuz etkiyi azaltmayı ve bu işlevleri düşük maliyetle sağlamayı içermektedir. Gıda ambalajı, ürünün bozulmasını geciktirerek ürünün raf ömrünü uzatabilir ve gıda güvenliği ve kalitesini artırabilir (Marsh ve Bugusu, 2007).

İşlevlerini yerine getirebilmesi için ambalajın bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. İnert olmalı, toksik olmamalı, çevresel kirleticiler için iyi bir bariyer olmalıdır. Su buharı, aroma maddeleri, oksijen ve karbondioksit gibi bileşikler ile mikroorganizmaların geçişine izin vermemeli ve mekanik kuvvetlere karşı dayanıklı olmalıdır (Rhim ve ark., 2013; Sung ve ark., 2013). Bu özelliklere ek olarak gıda

ambalajı, gıdanın daha kullanışlı ve elverişli olmasını sağlamalı ve gıdanın iyi bir şekilde reklamını yapmalıdır (Sung ve ark., 2013).



Şekil 2.8. Gıda ambalaj malzemesinin sahip olması gereken genel özellikler (Rhim ve ark., 2013)

Ambalaj endüstrisinde sıklıkla cam, kalay, alüminyum ve fosil türevli plastik malzemeler kullanılmaktadır, ancak bu malzemeler yüksek bariyer özellik gösterse de çevresel ve ekonomik bakımdan endişeye yol açmaktadır. Ayrıca kırılganlık, sürdürülemezlik ve ağırlık (taşımada zorluk oluşturur, enerji maliyetini arttırır) gibi dezavantajlara da sahiptirler (Ferrer ve ark., 2017).

Plastikler, en önemli ambalaj malzemesi sınıfındadır. İçinde bulunduğu çevreden gelebilecek maddeler için göreceli olarak sızdırmazlıkları, gıdanın raf ömrü ve kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Piringer ve Baner, 2008). Nispeten ucuz fiyatlı olması, bol miktarda bulunması, metal ve camla kıyaslandığında düşük ağırlıkta olması ve konteyner, film, şişe gibi farklı türdeki ürünlere dönüştürülebilir olmaları nedeniyle plastikler endüstride sıklıkla ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır (Yekta ve ark., 2020). Ayrıca, petrol kaynaklı poliamid, polistiren ve polietilen gibi plastik materyallerin, performans ve yapısal özelliklerinin çok iyi olması, gaz ve su buharı için iyi bir bariyer olması ve yapılarının esnek olması gibi çeşitli faktörler, ambalaj malzemesi olarak kullanımını artırmaktadır (Topuz ve Boran, 2018).

Gıda ambalajı olarak kullanılan plastiklerin çok az bir miktarı geri dönüşümle geri kazandırılabilmekteyken çoğu, gıda tüketiminin ardından atılmaktadır. Geri

dönüştürülmeyen plastikler depolama alanlarına dökülerek uzun bir süre orada bırakılmakta ya da yakılmaktadır (Jeevahan ve Chandrasekaran, 2019). Doğada biyobozunur olmamasından dolayı, bu ürünler bazı bölgelerde önemli atık bertaraf sorunları oluşturabilmektedir. Ayrıca sınırlı miktarda olmalarından dolayı, petrol türevli plastik malzeme kaynaklarının kullanımı zamanla mevcudiyetinin azalmasına ve hammadde maliyetinin artmasına da yol açacaktır (Johansson ve ark., 2012).

Doğada plastik kullanımının yol açtığı kirlilik miktarı giderek artmaktadır. Gıda endüstrisi tüketici sağlık ve refahını koruma amacıyla yenilikçi ürün geliştirilmesi konusunda çalışmalara yönelmektedir. Diğer yandan tüketiciler de çevre kirliliği ve sağlıklı gıda konusunda bilinçlenmekte ve plastik ambalaj kullanımını azaltmak için doğada biyolojik olarak parçalanabilen malzeme üretimini talep etmektedir (Giosafatto ve ark., 2014). Bu nedenle, araştırmalar, bu sentetik polimerlerin yerine biyopolimer bazlı yeni ambalaj materyalleri geliştirmeye yönelmeye başlamıştır (Chaichi ve ark., 2017). Gıda ambalajlamada biyo-bazlı polimerik filmlerin kullanımı, plastik ambalajların doğada oluşturduğu kirlilik sorunuyla başa çıkma konusunda alternatif bir yaklaşımdır (Muppalla ve ark., 2014).

2.4.1. Yenilebilir film ve kaplamalar

Biyolojik olarak bozunabilir özellikteki ambalaj materyalleri, yenilenebilir kaynaklardan üretilmekte ve “biyopolimerler” olarak isimlendirmektedir. Biyopolimerler, doğada mikroorganizmaların salgıladıkları enzimler sayesinde su, karbondioksit, metan ve inorganik bileşikler gibi çeşitli moleküllere kadar parçalanmaktadır. Plastiklere kıyasla doğada oldukça hızlı bozunabilmektedirler. Petrol bazlı plastikler, doğada yaklaşık 30 yılda bozunabilirken; biyopolimerler en fazla birkaç ay içinde bozunmaktadır (Söbeli ve ark., 2019).

Son yıllarda protein, polisakkarit ve lipit gibi doğal kaynaklardan doğada bozunabilir ambalaj filmlerinin üretilebilirliği birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Yekta ve ark., 2020).

Yenilebilir film ve kaplamalar, doğal kaynaklardan üretilen, gıdaları korumak amacıyla ince bir tabaka şeklinde gıdanın yüzeyinde oluşturulan ve kapladığı gıda ile birlikte tüketilebilen, maddelerdir (Dursun ve Erkan, 2009). Kalınlıkları genellikle 0.3 mm'den fazla değildir (Ustunol, 2009). Bu tabaka direkt olarak gıdanın yüzeyinde oluşturulursa kaplama; ayrı bir şekilde üretilip gıdanın yüzeyi sonradan sarılırsa film

olarak isimlendirilir. Bu malzeme gıda bileşeni arasında bir tabaka şeklinde yerleştirilebilir veya tam bir gıda kaplaması olabilir (Bourtoom, 2008). Gıda ile birlikte tüketilebildiği için çevreye herhangi bir atık oluşturmamaktadır. Bu nedenle sentetik plastiklere alternatif olarak üretilen bu ambalajlar birçok araştırmacının dikkatini çekmektedir (Jeevahan ve Chandrasekaran, 2019).

Yenilebilir film ve kaplamalar meyve ve sebzeler, et, kümes hayvanları, deniz ürünleri, şekerler, tahıllar, heterojen ve kompleks haldeki gıdalar, taze, dondurulmuş, kürlenmiş ve işlenmiş gıdalar üzerine uygulanmaktadır (Debeaufort ve ark., 1998).

2.4.1.1. Yenilebilir film ve kaplamaların tarihçesi

Gıdada yenilebilir film ve kaplamalar yıllar önce uygulaması olan bir yöntemdir ve son yıllarda giderek önem kazanmaktadır. Mumlar, 12. ve 13. yüzyıllardan beri Çin'de narenciyede nem kaybını geciktirmek amacıyla kullanılmıştır (Debeaufort ve ark., 1998; Uçan ve Mercimek, 2013; Bharti ve ark., 2020). 15. yüzyıldan beri Japonya'da haşlanmış soya sütünden yapılan Yuba ismi verilen yenilebilir bir film, bazı gıdaların görünümünü geliştirmek ve kalitesini korumak için geleneksel olarak kullanılmıştır (Debeaufort ve ark., 1998; Cagri ve ark., 2004; Bharti ve ark., 2020). 16. yüzyılda İngiltere'de etlerde nem kaybını azaltmak ve büzülmeyi önlemek için yağlarla kaplama uygulaması yapılmıştır (Debeaufort ve ark., 1998; Uçan ve Mercimek, 2013; Bharti ve ark., 2020). 19. yüzyılda, depolama esnasında, fındık, ceviz, badem gibi kuruyemişler üzerine, meydana gelebilecek olan oksidasyon ve ransiditeyi engellemek amacıyla yenilebilir bir kaplama olarak sükroz uygulanmıştır (Debeaufort ve ark., 1998). Yine aynı yüzyılda jelatin ve yağın birlikte kullanılması yenilebilir kaplamalar için ilk örneklerdir (Uçan ve Mercimek, 2013). 1930'lardan günümüze kadar olan süreçte yenilebilir film ve kaplamaların kullanımı, gıdada renk, parlaklık, yumuşama, olgunlaşmanın kontrolü, su kaybını geciktirme gibi gıdanın görünüşünü iyileştirme amacıyla mum ve yağdan elde edilen emülsiyonun kullanımıyla ilgilidir (Debeaufort ve ark., 1998). 1950'lerden beri ise su içinde yağ emülsiyonları ve karnauba mumu meyve ve sebzelerin kaplanmasında kullanılmıştır (Cagri ve ark., 2004). Son yüzyılda et ve diğer gıdaların korunmasında jelatin film uygulaması önerilmiştir. Ek olarak depolanan etlerin kalitesini geliştirmek için karragenan, aljinat, nişasta, pektin gibi yenilebilir polisakkarit kaplamalar kullanılmıştır (Debeaufort ve ark., 1998).

2.4.1.2. Yenilebilir film ve kaplamaların avantajları

Yenilebilir film ve kaplamalar, sentetik filmlerle karşılaştırıldığında sahip oldukları avantajları sebebiyle büyük ilgi görmektedir. Yenilebilir filmlerin en büyük avantajı, kapladıkları gıda ile birlikte tüketilebilir olmalarıdır. Tüketiciler filmleri tüketmeseler bile doğa dostudurlar ve bu sayede çevre kirliliğinin oluşumunu azaltma potansiyeline sahiptirler. Bu filmler, yenilenebilir ve yenilebilir bileşenlerden üretilmektedir (Bourtoom, 2008; Bharti ve ark., 2020). Ayrıca yenilebilir filmler, antimikrobiyal, antioksidan ve vitamin gibi katkı maddeleri ile birleştirilerek de kullanılabilir (Manrich ve ark., 2017).

Tarımsal kökenli olan bu ambalajlar, cam, alüminyum, teneke gibi ambalaj maddelerine alternatif olarak üretilmişlerdir. En önemli fonksiyonlarından biri su buharına karşı iyi bir bariyer olmalarıdır. Böylece depolama sırasındaki ağırlık kayıpları azaltılabilmektedir. Yenilebilir filmlerle kaplı et ürünlerinde oksidasyonu önledikleri için, acı tat oluşmamış, tazeliğini muhafaza eden et ürünleri sağlanabilmektedir. Yenilebilir filmler ayrıca pigmentler, aroma bileşikleri, vitamin gibi maddelerin de üründe tutulmasını sağlamaktır. En önemli özelliği ise plastik ambalaj materyalleri gibi kanserojen risk barındırmaması ve atık problemi oluşturmamasıdır (Dursun ve Erkan, 2009).

Yenilebilir filmler, kullanılan ambalajın miktar ve maliyetinin azaltılmasında da etkili olurlar (Debeaufort ve ark., 1998). Etilen, oksijen ve karbondioksit gibi gazların kontrollü bir şekilde alışverişine izin verirken, yüzey sterilizasyonunu da sağlayabilirler (Ustunol, 2009). Gaz, nem ve lipit göçünü kontrol ederek besin kaybının önlenmesini desteklerler, işlenmiş gıdalarda raf ömrünü uzatırlar (Campos ve ark., 2011; Bharti ve ark., 2020). Ayrıca düşük maliyetlidirler (Chaichi ve ark., 2017). Kaplamalar ürünün tekstürünü iyileştirir, nem ve ağırlık kaybını azaltır, lezzeti geliştirir, tüketici kabul edilebilirliğini arttırır, gıdanın besleyici değerini korur ve maliyeti önemli derecede azaltırlar. Ürünün kızartılması esnasında su kaybını azaltır, bu sayede yağ emiliminin azalmasını sağlarlar (Bhat ve ark., 2013).

Gıdanın yüzeyinde yapışkan ve yağlı olmayan bir tabaka meydana getiren yenilebilir film ve kaplamalar, kırılma, ezilme gibi durumlara karşı mekanik bir direnç oluşturarak gıdayı korumakta ve bütünlüğünü sağlamaktadır (Oğuzhan ve Yangılar, 2016). Ayrıca küçük porsiyonlar halindeki gıdaların birbirine yapışmasını engellemektedirler (Akbaba, 2006).

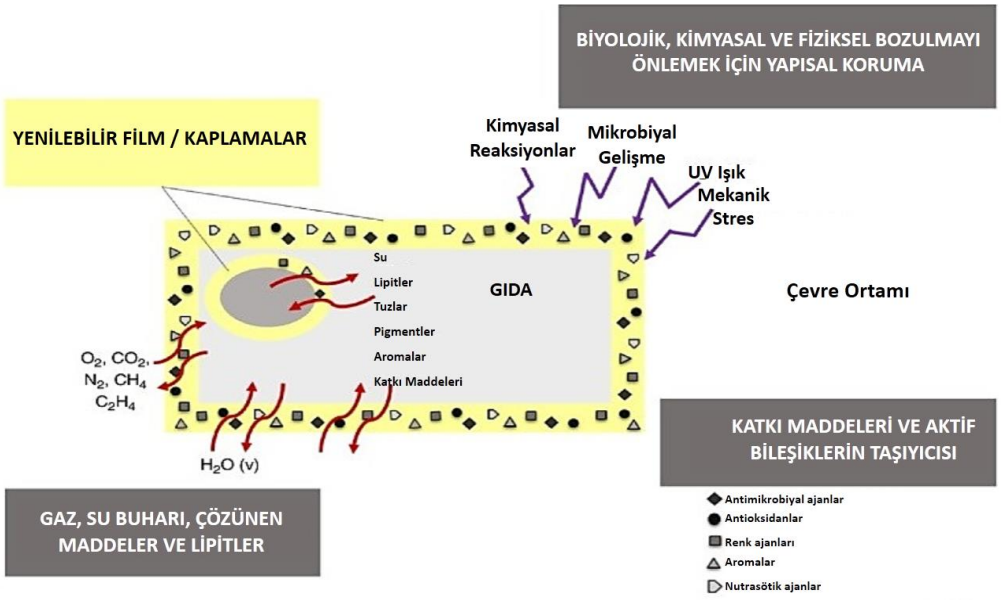
Et ve et ürünlerinde kullanılan yenilebilir film kaplamalar lipit oksidasyonu nedeniyle meydana gelen ransiditeyi ve miyoglobin oksidasyonu nedeniyle görülen kahverengileşme durumunun azalmasını sağlarlar (Oğuzhan ve Yangılar, 2016). Plastik tepsilerde sunulan et, tavuk ya da balıklarda su sızmasını önleyerek, ürünün görselini geliştirirler (Dursun ve Erkan, 2009).

2.4.1.3. Yenilebilir film ve kaplamaların dezavantajı

Yenilebilir film ve kaplamalar, geleneksel ambalaj malzemelerinin yerini tutmamaktadır, fakat gıdaların dış etkenlerden korunmasında ek bir stres faktörü oluştururlar (Campos ve ark., 2011). Bu filmlerin mekanik ve geçirgenlik özellikleri, PE (polietilen), LDPE (düşük yoğunluklu polietilen), PET (polietilen teraftalat) ve selofan gibi sentetik filmlerle kıyaslandığında daha zayıftır. Bu sorun nanomalzemelerin filmlere ilavesiyle giderilebilmektedir (Bourtoom, 2008; Yekta ve ark., 2020).

2.4.1.4. Yenilebilir film ve kaplamaların sahip olması gereken özellikler

Ambalaj olmanın yanı sıra sağlıklı bir bileşen olan yenilebilir filmler ve kaplamalar bazı özelliklere sahip olmalıdır. Gıdayı dışardan gelebilecek herhangi etkilerden korumalı, farklı teknolojilerle üretimi mümkün olmalı, gıdanın olgunlaşma sürecini düzenlemeli, gıdaya yapısal olarak bütünlük sağlamalıdır (Işık ve ark., 2013). Renk ve lezzet bakımından nötr olmalıdır (Campos ve ark., 2011). İyi duyusal özelliklere sahip olmalı, yüksek bariyer özelliği göstermeli, basit bir teknoloji ile üretilebilmeli, çevre için atık oluşturmamalı, hammadde ve proses maliyeti düşük olmalı, yeterli fizikokimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyal stabiliteye sahip olmalı, toksik madde içermemeli ve sağlık için güvenli olmalıdır (Debeaufort ve ark., 1998). Yenilebilir film ve kaplamalar, FDA (Gıda ve İlaç İdaresi) tarafından GRAS onayına sahip olmalıdır (Bharti ve ark., 2020). Ayrıca mekanik ve fiziksel koruma sağlamalı, nem absopsiyonunu, yüzey dehidrasyonunu, aroma kaybını, kızartma yağının absorpsiyonunu, bileşenlerin oksidasyonunu, gıdaların olgunlaşmasını ve mikrobiyal bozulmayı geciktirebilmelidir (Šuput ve ark., 2015). Bununla birlikte, ambalaj üretim hattına entegre edilebilir olmalıdır (Söbeli ve ark., 2019).



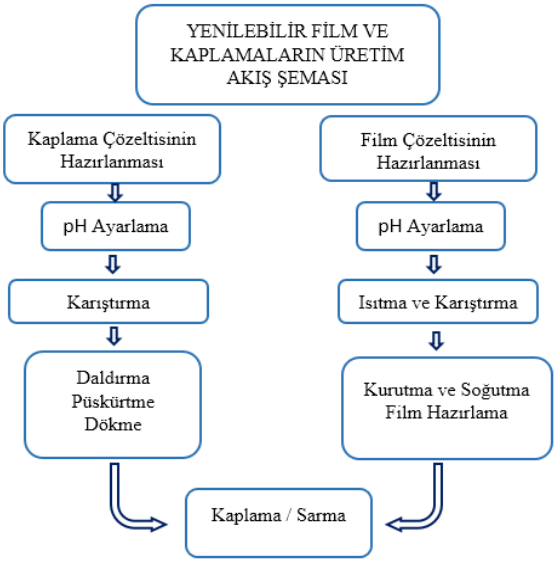
Şekil 2.9. Yenilebilir film ve kaplamanın temel fonksiyonu (Salgado ve ark., 2015)

2.4.2. Yenilebilir filmlerin elde edilmesi

Yenilebilir film oluşumunda, film oluşturma yeteneğine sahip malzemeler, su, alkol, su-alkol karışımı veya başka çözücülerde çözündürülürler. Plastikleştirici maddeler, renk veya aroma maddeleri ile antimikrobiyal ajanlar, bu esnada ilave edilebilmektedir (Bourtoom, 2008).

Polimerin dispersiyonu kolaylaştırma amacıyla solüsyonun pH'sı ayarlanabilir. Ardından film solüsyonu belirli bir sıcaklık ve bağıl neme maruz bırakılarak kurutulur (Bourtoom, 2008).

Şekil 2.10'da yenilebilir film ve kaplamaların üretim akış şeması verilmiştir.



Şekil 2.10. Yenilebilir film ve kaplamaların üretim akış şeması (Topuz ve Boran, 2018)

Yenilebilir filmler, protein, polisakkarit, lipit gibi polimerlerden üretilirler (Topuz ve Boran, 2018; Jeevahan ve Chandrasekaran, 2019). Bu bileşenlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri birbirinden farklı olduğundan, üretilen filmlerin de özellikleri ve işlevsellikleri bu durumdan etkilenmektedir (Salgado ve ark., 2015).

Yenilebilir özellikteki ambalajlar temel olarak gıdanın özelliklerine ve depolama koşullarına bağlı olarak seçilir (Debeaufort ve ark., 1998).

2.4.3. Yenilebilir filmlerin sınıflandırılması



Şekil 2.11. Yenilebilir film ve kaplamaların kompozisyonu (Salgado ve ark., 2015)

2.4.3.1. Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler

Polisakkaritler doğada yaygın bir şekilde bulunan ve toksik olmayan maddelerdir (Cha ve Chinnan, 2004). Polisakkarit bazlı yenilebilir film ve kaplama üretiminde nişasta (mısır, patates, pirinç, buğday gibi), gam (keçiboynuzu, karragenan, aljinat, pektin gibi), selüloz ve kitin gibi karbonhidrat kaynakları kullanılmaktadır (Topuz ve Boran, 2018).

Polisakkarit filmler, çok iyi yapısal ve mekanik özelliklere sahip olmalarına karşın nem transferi bakımından iyi bir bariyer değillerdir (Šuput ve ark., 2015). Ancak bariyer özellikleri proteinlerden üretilen filmlere göre daha iyidir (Jeevahan ve Chandrasekaran, 2019).

Yapılan araştırmalarda aljinat, selüloz ve karragenanın kapladıkları ürünün nem kaybını engellediği, aljinat ve selülozun ayrıca üründe oksidasyon sonucu ortaya çıkan acılaşma üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Akbaba, 2006).

Polisakkarit bazlı filmler et ve et ürünleri ile meyve-sebze gibi gıdaların korunmasında etkili sonuçlar gösterirler. Su ürünlerinde su kaybı ve oksidasyonu engellerler (Topuz ve Boran, 2018). O_2 ve CO_2'ye karşı seçici geçirgendirler ve O_2 mevcudiyetini sınırlandırarak, meyve ve sebzenin solunumunu ve olgunlaşmasını geciktirirler (Cha ve Chinnan, 2004).

2.4.3.2. Protein bazlı yenilebilir filmler

Protein bazlı filmler, kazein, kolajen, jelatin, peynir altı suyu proteini gibi hayvansal kökenli proteinler ile glüten, zein, soya proteini gibi bitkisel kökenli proteinlerden elde edilmekte (Topuz ve Boran, 2018) ve kapladıkları gıdanın besinsel kalitesini arttırmaktadır (Akbaba, 2006).

Protein bazlı filmlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri, ısı, mekanik hasar, basınç, ışınlama, alkali, asit, tuz, metal iyonu nedeniyle ikincil, üçüncül ve kuaterner yapıdaki değişimlerin yanı sıra proteinin sahip olduğu amino asit bileşimine, amfifilik özelliklerine, elektrostatik yüküne bağlı olarak değişmektedir (Šuput ve ark., 2015).

100'den fazla amino asit kalıntısına sahip olan proteinlerden film üretmek için proteinlerin asit, alkali ve/veya solvent ve ısı ile birlikte denatüre edilmesi gerekmektedir (Šuput ve ark., 2015).

Protein bazlı filmler, polisakkaritlerden elde edilen filmlere göre daha iyi mekanik kuvvete sahiplerdir (Šuput ve ark., 2015; Jeevahan ve Chandrasekaran, 2019). Proteinler, özellikle düşük nispi nemde O_2, lipit ve CO_2 için iyi bariyer özelliği gösteren filmler oluştururlar. Çoğunlukla hidrofilik karaktere sahip olduklarından, su bariyeri özellikleri zayıftır (McHugh, 2000).

Proteinlerin kimyasal (formaldehit, glutaraldehit, glioksal, gliseraldehit), fiziksel (ışınlama ve ısıtma) veya enzimatik (transglutaminaz) yollarla çapraz bağlanması ile filmlerin su buharı bariyer özelliğinin geliştiği ve proteolize karşı direncinin arttığı belirtilmiştir (Šuput ve ark., 2015).

Bitkisel protein olan zeinden elde edilen filmle kaplamanın, örneklerde mikroorganizma gelişimini engellediği, nem kaybını azalttığı belirtilmiştir. Buğday gluteninden, suya oldukça dayanıklı ve sağlam filmler elde edildiği rapor edilmiştir (Akbaba, 2006).

Hayvan bağırsağından elde edilen doğal kolajen kılıflar, protein kaynaklı yenilebilir ambalajlar için temsil niteliğindedir. Kolajen filmler, üründe lipit oksidasyonunu ve nem kaybını azaltma, etlerde sızıntı suyunu azaltma, renk bozulmasını önlemede etkili olmuştur. Kaplamalar ayrıca derin yağda kızartma esnasında etin yağ alımını ve somon balığının çözülmesi esnasında kayıpları azaltmak amacıyla da kullanılabilmektedir (Šuput ve ark., 2015).

2.4.3.3. Lipit bazlı yenilebilir filmler

Yenilebilir film üretiminde, çok iyi su bariyer özelliklerinden dolayı, lipitlerin hidrofobik özelliklerinden faydalanılır (Karbowiak ve ark., 2007). Vakslar, çapraz bağlı gliseritler ile yağlar, yenilebilir film üretiminde yararlanılan lipit gruplarıdır (Topuz ve Boran, 2018).

Asetillenmiş monogliserit, mum ve yağlı bileşiklerden üretilen filmler, nem kaybını önlemeleri nedeniyle özellikle et ürünlerinde kullanılmaktadır. Yağlar, gıda ürününün solunumunu azaltır ve böylece raf ömrünü uzatırlar. Bu filmlerin yüzey parlaklığını sağlamak amacıyla meyve ve sebzelerde kullanımı önerilmektedir. Ayrıca meyvelerin küflenmesini de önlemektedirler (Akbaba, 2006).

Lipitlerin yenilebilir filmler ve kaplamalardaki etkinlikleri, kullanılan lipitin yapısına, doğasına, hidrofobikliğine, kimyasal düzenlemesine, fiziksel haline (katı ya da sıvı) bağlı olarak değişkenlik gösterir (Šuput ve ark., 2015).

Filmin fonksiyonel özelliklerini, lipitlerin yapısı, zincir uzunluğu, fiziksel durumu, doygunluk derecesi, kristalin şekli ve boyutu, lipitlerin film içinde dağılımı etkilemektedir (Cha ve Chinnan, 2004).

2.4.3.4. Kompozit bazlı yenilebilir filmler

Kompozit filmler, üstün mekanik ve bariyer özelliklerin elde edilmesi için farklı bileşenlerin avantajları kullanılarak üretilmektedir (McHugh, 2000). Genel olarak, tek ana maddeden üretilen filmler ya iyi bir mekanik özelliğe sahiptir ya da iyi bariyer özellik sergilerler, ancak her iki özelliğe de sahip değillerdir. Polisakkarit ve protein bazlı filmler etkili oksijen bariyeridir, fakat hidrofilik doğaları nedeniyle, su buharı iletimine karşı dirençleri sınırlıdır. Lipid bazlı filmlerin nem bariyer özellikleri iyidir, ancak film yüzeyinde çatlaklar, ürüne yapışmada zorluklar, homojen olmama ve mumsu tada sahip olma gibi olumsuzluklar içerirler. İstenilen özellikte film elde edilmesi için farklı malzemeler birleştirilebilmektedir. Birçok çalışma, yağ asitleri/yağ ile protein ya da polisakkarit kombinasyonundan kompozit film üretimini araştırmıştır (Cha ve Chinnan, 2004).

2.4.4. Plastikleştiriciler

Filmin özelliklerini iyileştirmek amacıyla film çözeltisine eklenen plastikleştiriciler, polimerlerle uyumlu olan, uçucu olmayan, ortalama moleküler ağırlığı 300 ila 600 arasında olan, düşük moleküler ağırlığa ve yüksek kaynama noktasına sahip sıvılardır (Cagri ve ark., 2004; Bharti ve ark., 2020).

Film üretiminde doğrusal veya halkalı karbon zincirli (14-40 karbon) maddeler olan plastikleştiriciler, kullanılmaktadırlar. Plastikleştiriciler, polimerik zincirlerin hareketliliğini arttırma, moleküller arası kuvvetleri azaltma ve hidrojen bağlanmasını bozma yoluyla polimerlerin esnekliğini arttırmak amacıyla yenilebilir filmlere çoğunlukla ilave edilirler (Bharti ve ark., 2020).

Plastikleştiricinin eklenmesi iyi bir yenilebilir film üretmek amacıyla oldukça önemlidir. İlave edilen plastikleştiriciler, komşu polimerik zincirler arasında moleküller arası çekim kuvvetini azaltır, üç boyutlu yapıyı değiştirir, zincir hareketliliğini arttırır. Bu değişikliklerle birlikte filmin uzama, gerilme ve esneklik özellikleri gelişir, sertliği azalır, bariyer özellikleri gelişir (García ve ark., 2000; Swain ve ark., 2004; Seol ve ark., 2009).

Filmlerin iş kabiliyetini ve esnekliğini arttırmak amacıyla plastikleştirici olarak genellikle polioller kullanılmaktadır (Dick ve ark., 2015). Gliserol, sorbitol gibi polioller nişasta bazlı üretilen filmlerde sıklıkla kullanılan plastikleştirici ajanlardır. Hidrofilik özellikteki filmlerin mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla genellikle gliserol kullanılır (Bharti ve ark., 2020).

Plastikleştiriciler arasında gliserolün kullanımı polisakkarit bazlı yenilebilir filmlerde başarıyla sonuçlanmıştır. Gliserol düşük molekül ağırlıklı, uçucu olmayan, polar ve suda çözünür bir maddedir, bu nedenle suda çözünür bir polimerle birlikte kullanıma uygundur (Dick ve ark., 2015).

Kullanılan plastikleştiricinin türü ve kullanıldığı konsantrasyon protein bazlı filmlerin özelliklerini etkilemektedir; plastikleştiricinin yüksek oranda kullanılması mekanik kuvveti, elastikiyeti ve bariyer özelliklerini olumsuz etkiler (Cagri ve ark., 2004).

2.4.5. Yenilebilir filmlerin gıdalara uygulanma teknikleri

Yenilebilir film ve kaplamalar daldırma, püskürtme, boyama, damlatma, dökme, köpükleme ve damlatma yöntemleri ile gıdaya uygulanmaktadır.

En uygun kaplama yöntemi, gıda türüne göre belirlenir. Örneğin püskürtme, meyve ve sebzeleri kaplamak için kullanılırken; peynir, genellikle daldırma ya da fırçayla boyama metoduyla kaplanır (Embuscado ve Huber, 2009).

2.4.5.1. Daldırma yöntemi

Daldırma yöntemi düzensiz şekildeki gıdaların kaplanması için en uygun olan yöntemdir (Embuscado ve Huber, 2009). Bu yöntemde gıda, sıvı haldeki kaplama solüsyonuna daldırılıp, solüsyonun fazlası gıda yüzeyinden uzaklaştırıldıktan sonra kurutucu kullanılarak ya da oda sıcaklığında bekletilerek kurutulmaktadır (Akbaba, 2006; Işık ve ark., 2013). Tam olarak kaplama yapılabilmesi için çoklu daldırma işlemleri (daldırma işlemleri arasında yüzeydeki fazla solüsyonu arındırma ve kurutma) yapılabilmektedir (Embuscado ve Huber, 2009).

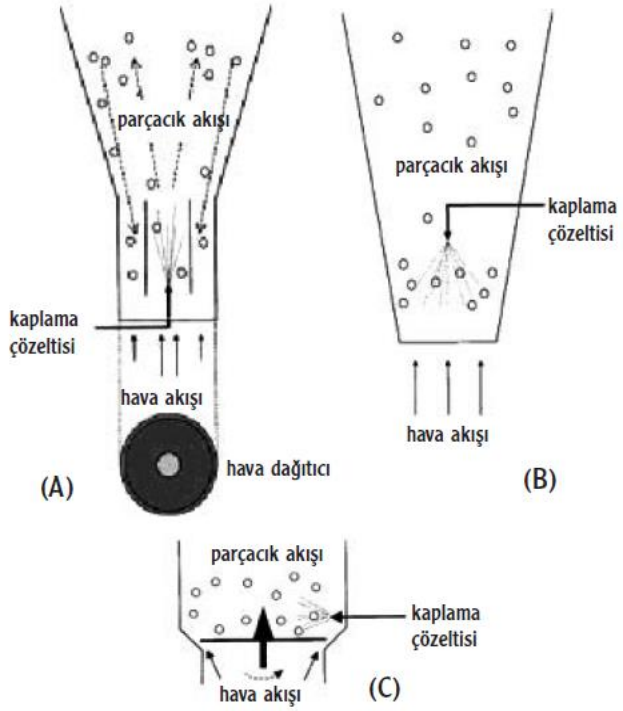
2.4.5.2. Püskürtme yöntemi

Püskürtme tekniği, gıda kaplama amacıyla en yaygın şekilde uygulanan tekniklerden biridir (Embuscado ve Huber, 2009). Gıdanın belirli bir yeri kaplanacağı zaman veya ince bir tabaka şeklinde kaplama yapılmak istendiği zaman püskürtme yöntemi ile kaplama yapılır. Özellikle meyve ve sebzelerin kaplanmasında sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Bu kaplama yöntemi farklı şekillerde yapılabilmektedir (Akbaba, 2006):

-Alttan püskürtme yöntemi (A); tank içerisindeki parçacıkların, hava yardımıyla tankta asılı tutulması ve sıvı haldeki kaplama çözeltisinin, tankın alt kısmındaki enjektörden, parçacıklar üzerine püskürtülmesi şeklinde uygulanan yöntemdir.

-Sprey yöntemi (B); parçacıklar üzerine, kaplama çözeltisinin tankın üst tarafından püskürtülmesi şeklinde uygulanmaktadır. Ancak bu yöntemde, kaplama çözeltisi fazla miktarda kullanılmaktadır.

-Teğet yöntemi (C); kaplama çözeltisinin parçacıklar üzerine yandan püskürtülerek verildiği yöntemdir, verim düşüktür, bu nedenle fazla tercih edilmemektedir.



Şekil 2.12. Püskürtme yöntemi (Akbaba, 2006)

Kaplama işleminde püskürtme başlığı büyük bir öneme sahiptir. Püskürtme başlığının şekli ve tasarımı ile kaplama solüsyonun viskozitesi, yüzey gerilimi, sıcaklığı, basınç gibi faktörler püskürtme verimliliğini etkilemektedir (Embuscado ve Huber, 2009).

2.4.5.3. Boyama yöntemi

Gıdanın belirli bir yerinin kaplanmak istendiği ya da homojen ve ince bir tabaka oluşturulacağı zaman boyama yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntem, sıvı haldeki kaplama solüsyonunun fırça kullanılarak gıdaya sürülmesi şeklinde uygulanmaktadır (Polat, 2007).

2.4.5.4. Damlatma yöntemi

Damlatma yöntemi, film kaplama amacıyla sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Film kaplama solüsyonu gıda üzerinden damlalar şeklinde uygulanır. Kaplamanın gıda üzerine eşit olarak yayılması için dönen fırça yataklarına alınır. Fırça üzerinde bulunan fanlar sayesinde kaplama kurutulur. Kaplamanın gereğinden kalın ya da ince olması durumunda depolama sürecinde, yapışma, kırılma çatlama gibi çeşitli sorunlar yaşanabilmektedir. Bu nedenle fırçalarla, kaplama kalınlığı ayarlanabilmektedir (Işık ve ark., 2013).

2.4.5.5. Köpükleme yöntemi

Köpükleme yönteminde, silindir üzerinde hareketli haldeki gıdaların üzerine köpük uygulanmakta ve fırçalar ile emülsiyon ürün yüzeyine dağıtılmaktadır. Üründeki fazla kaplama materyali uzaklaştırılarak tekrar kullanılabilmektedir. Emülsiyonun su içeriğinin düşük olmasından dolayı kaplamanın hızlı kuruması yöntemin avantajıyken, ürünün yeterince kaplanamaması sorunu yöntemin dezavantajıdır. Bu nedenle çok sık tercih edilmemektedir (Işık ve ark., 2013).

2.4.5.6. Dökme yöntemi

Dökme yöntemi, fazla miktarda yüzeyin kaplanmasına ve bu nedenle üründe gaz geçirgenliğinin kısıtlanmasına yol açtığı için, gıda endüstrisinde doğrudan kullanılmayan, diğer kaplama yöntemleriyle birlikte kullanılan bir yöntemdir (Akbaba, 2006). Bu metot, daldırma ve püskürtme yöntemlerine yardımcı olarak uygulanmaktadır (Kayaardi ve ark., 2016).

2.4.6. Yenilebilir filmler ile ilgili yapılan çalışmalar

Muñoz ve ark. (2012a), farklı oranlarda chia müsilaj ve peynir altı suyu protein konsantresinden kompozit bir film üretmişlerdir. Peynir altı suyu protein oranının artması, her iki pH değerinde de (pH=7 ve 10) filmlerin *L** ve *a** değerinde az da olsa artışa; *b** değerinde azalışa neden olmuştur. Çalışmada chia müsilaj oranı ve pH değerinin, filmlerin opaklık değerini oldukça etkilediği belirlenmiştir. En düşük pH değeri ve en yüksek chia müsilaj oranına sahip filmlerin opaklık değerinin en yüksek olduğu görülmüştür. Filmlerin, gıdalardaki uygulamasına bağlı olarak, arzu edilen ışık bariyer özelliği gösterebileceği tespit edilmiştir. Ayrıca pH=10'da üretilen filmlerin su buhar bariyer özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ancak müsilaj oranı en yüksek olan filmlerin su buhar geçirgenlik değerinin de daha yüksek olduğu görülmüştür.

Dick ve ark. (2015), temel bileşen olarak sadece chia müsilaj kullanarak ürettikleri biyo-bozunabilir özellikteki yenilebilir filmlerin fiziksel, bariyer gibi çeşitli özellikleri üzerine farklı gliserol oranlarının etkisini incelemişlerdir. Artan gliserol konsantrasyonunun filmlerin su buhar geçirgenliği ve suda çözünürlük değerini arttırdığı belirlenmiş, filmlerin iyi bir su bariyer ile UV ışık bariyeri ve termal direnç özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonunda chia müsilajın yenilebilir film ve kaplama alanında kullanım potansiyeli olduğu belirtilmiştir.

Mujtaba ve ark. (2019), elde ettikleri chia müsilaja %3 ve %6 oranında nişasta nanokristali ilave ederek kompozit film hazırlamışlardır. Nişasta nanokristal ilavesinin, filmlerin mekanik ve termal stabilitelerini, antioksidan ve antimikrobiyal etkilerini artırdığı belirlenmiştir.

Seol ve ark. (2009), tavuk göğüs etini, antimikrobiyal ajan olarak EDTA (etilendiamin tetraasetik asit) ile kombine edilmiş ovotransferrin içeren kappa-karragenan bazlı yenilebilir film ile kaplamışlar ve 7 gün boyunca 5 °C'de muhafaza etmişlerdir.

Kappa-karragenan bazlı yenilebilir filmin, tavuk göğüs etinin toplam aerobik bakteri ve *E.coli*'ye karşı inhibisyon etkisini belirlemişlerdir.

Muppalla ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, 1:2 oranında karboksimetil selüloz ve polivinilalkol içeren çözeltilerden, antimikrobiyal madde olarak %3 karanfil yağı ilavesiyle film hazırlanmış ve bu filmle tavuk eti kıyması kaplanarak 4 °C'de depolanmıştır. Filmle kaplı örneklerde, toplam canlı sayısının, filmle kaplanmayan kontrol gruplarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kontrol numuneleri 4 gün içinde bozulurken; filmle kaplı örnekler 12 günlük raf ömrü sergilemiştir. Ayrıca örneklere *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* inoküle edilmiş ve hazırlanan filmlerin, kullanılan gram pozitif bakteriler üzerine etkisi incelenmiştir. Depolama süresi boyunca, filmle kaplanan örneklerdeki bakteri sayısının sıfırlandığı, sonuç olarak film uygulamasının tavuk etinin güvenliğini arttırdığı sonucu elde edilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada sodyum aljinat bazlı yenilebilir film hazırlanmış ve grupların birine antioksidan madde olarak %1 oranında yeşil çay ekstraktı ilave edilmiştir. Tavuk etinden hazırlanan nuggetlar bu filmlerle kaplanarak 4 °C'lik sıcaklıkta depolanmıştır. Yeşil çay ekstraktı ile zenginleştirilmiş filmle kaplı örneklerin, yeşil çay ekstraktı içermeyen filmle kaplı ve filmle kaplanmayan örneklere göre daha düşük TBA (tiyobarbütirik asit) ve peroksit değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca film kaplamanın ürünlerdeki su kaybı değerini azalttığı belirlenmiştir (Kristam ve ark., 2016).

Mona ve Waleed (2017), yürüttükleri çalışmada tavuk göğüs etlerini şeritler halinde kesmişler ve sodyum ajinat, karboksimetil selüloz ve patates nişastası solüsyonları ile kaplamışlar, bir grubu ise kaplamadan kontrol grubu olarak ayırmışlardır. Örnekleri 4 °C ve -18 °C'de 20 gün boyunca depolamışlardır. Kaplanmış örneklerin nem kaybı ve yağ alımı değerlerinin, kontrol grubundan daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Kullanılan üç kaplamanın da tavuk etinin raf ömrünü uzatmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

El-Sheikh (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada tavuk göğüs eti, gam arabik ve sinir otu tohumu müsilajı ile kaplanmış ve 4 °C'de 21 gün boyunca depolanmıştır. Her iki solüsyonla kaplamanın da tavuk etlerinin TBA değerini, kaplama uygulanmayan örneklere kıyasla düşürdüğü belirlenmiştir. Çalışma sonunda gam arabik ve sinir otunun, gıdaların raf ömrünü uzatmada kullanılabilecek bir kaplama olduğu belirlenmiştir.

Mahdavi ve ark. (2018), antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak, farklı konsantrasyonlarda anason esansiyel yağı ile zenginleştirdikleri kitosan bazlı yenilebilir filmi tavuk burgerlere uygulamışlar ve örnekleri 4 °C'de 12 gün boyunca depolamışlardır.

Esansiyel yağ ilavesinin, filmlerin nem, su buhar geçirgenliği ve suda çözünürlük özelliklerini geliştirdiği, ayrıca tavuk burgerlerde lipit oksidasyonunu geciktirdiği, burgerlerin kimyasal özelliklerini geliştirdiği, filmle kaplanmayan kontrol gruplarına kıyasla mikrobiyal bozulmayı azalttığı belirtilmiştir.

Alak ve ark. (2019), gökkuşağı alabalığı filetolarını, %2 oranında iki farklı esansiyel yağ (adaçayı ve limon yağı) ile zenginleştirilmiş kinoa yenilebilir filmle kaplamışlar ve buzdolabı şartlarında 15 gün boyunca depolamışlardır. Örneklerin mikrobiyolojik (toplam aerobik mezofilik, psikrotrofik, *Enterobacteriaceae*, laktik asit, *Pseudomonas*) ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Limon yağı ilaveli kinoa filmin, lipit oksidasyonunu önlemede en etkili film olduğu, adaçayı yağı ilaveli kinoa filmin ise en güçlü antimikrobiyal özellik sergilediği belirlenmiştir.

Behbahani ve ark. (2017), sinir otu tohumu müsilajından ürettikleri kaplama solüsyonuna farklı oranlarda (%0, %0.5, %1 ve %1.5) dereotu yağı ilave etmişler ve sığır eti kaplamada kullanmışlardır. Esansiyel yağ ilaveli solüsyonla kaplı sığır eti örneklerinde TBA değerinin, kaplama yapılmayan örnek ile esansiyel yağ içermeyen solüsyonla kaplı örneğe göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. %1.5 oranında esansiyel yağ ilaveli solüsyonla kaplamanın, sığır eti örneklerinin kimyasal, duyusal ve mikrobiyolojik açıdan kalitesini daha iyi koruduğunu ve raf ömrünü uzatmada daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Behbahani ve Fooladi (2018), farklı oranlarda (%0, %1, %1.5 ve %2) *Allium hirtifolium* esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş *Lallemantia royleana* tohumu müsilajından ürettikleri yenilebilir film ile sığır etini kaplayarak 4 °C'de 18 gün boyunca depolamışlardır. Yapılan analizler sonucunda filme esansiyel yağ ilavesinin, örneklerin oksidatif stabilitesini, mikrobiyolojik açıdan raf ömrünü ve duyusal özelliklerini geliştirdiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan bir başka araştırmada kitosan ve keten tohumu müsilajı bazlı yenilebilir filme, antioksidan ve antibakteriyel ajan olarak farklı oranlarda (%0, %0.25 ve %0.5) *Z. clinopodioides* esansiyel yağı (ZEO) ve susam yağı (SO) (%0, %0.5 ve %0.75) ilave edilmiştir. Kıyma halindeki alabalık filetolarına bakteri süspansiyonu (*S. aureus, L. monocytogenes, E. coli* O157:H7 ve *S. typhimurium*) inoküle edilerek, filmle kaplandıktan sonra buzdolabı şartlarında iki hafta boyunca depolanmıştır. Araştırma sonunda ZEO ve SO ile zenginleştirilmiş filmlerin, özellikle ZEO'nun içerdiği timol ve karvakrol sayesinde antioksidan etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca filme ZEO ve SO uygulamasının, alabalığa inoküle edilen patojen bakterilere karşı antibakteriyel

etkiye sahip olduğu, gelişimlerini azalttığı ve kıyılmış alabalık filetolarının güvenliğini sağlamada etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Karami ve ark., 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

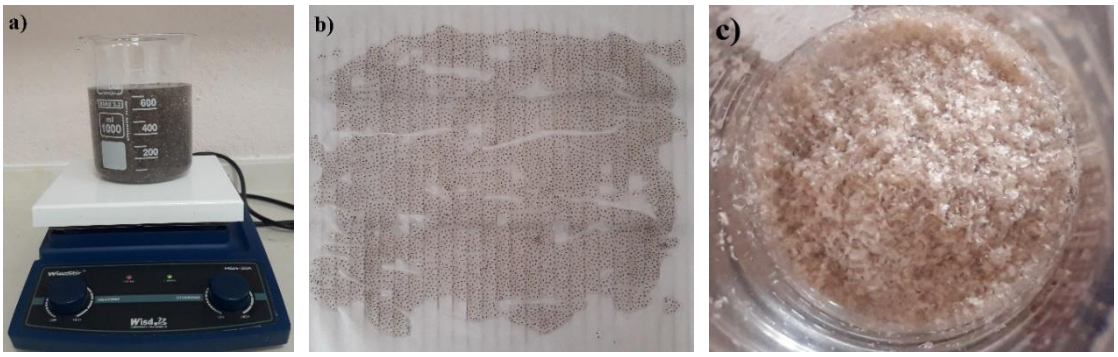
Araştırmada kullanılan ekonomik verimini tamamlamış yumurtacı tavuklar 72 hafta üzerinde yaşta olan H&N Brown Nick cinsi olup, Selet Entegre Et ve Süt Ürünleri San. ve Tic. A.Ş. (Konya) firmasından temin edilmiştir. Kesimi yapılan tavuk karkasları, Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilmiş, ardından fazla yağ dokuları ayrılmıştır. Ardından kıyma haline getirmek için 3 mm çaplı aynaya sahip kıyma makinası kullanılmıştır. Nugget formülasyonunda kullanılan baharatlar (kimyon, karabiber, soğan tozu, sarımsak tozu, zerdeçal), un, tuz Konya piyasasındaki marketlerden temin edilmiştir. Kullanılan transglutaminaz enzimi ise Tito (Smart Kimya Tic. ve Dan. Ltd. Şti., İzmir, aktivite:100-100 g) firmasından temin edilmiştir. Film üretme amacıyla kullanılan chia tohumu, Konya piyasasındaki bir marketten temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Yenilebilir film üretimi

3.2.1.1. Chia müsilaj ekstraksiyonu

Müsilaj ekstraksiyonu için Muñoz ve ark. (2012b) tarafından önerilen yöntem, bazı modifikasyonlarla uygulanmıştır. 10 g chia tohumu beher içine tartılmış ve üzerine 1:40 oranında distile su ilave edilmiştir. Süspansiyon pH’sı, 0.2 M NaOH çözeltisi ile 8'e ayarlanmıştır. Ekstraksiyon sırasındaki sıcaklık, 80 °C'de tutulmuştur. Süspansiyon, mekanik olarak karıştırılarak 2 saat süreyle hidratlanmıştır. Daha sonra sulu süspansiyon bir kurutma tepsisine yayılarak 10 saat boyunca 50 °C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Kurutulmuş müsilaj, gözenekli elek kullanılarak tohumdan ayrılmıştır.



Şekil 3.1. Chia müsilaj ekstraksiyonu (a), chia müsilajın kurutma tepsisine yayılması (b) ve elde edilen kuru müsilaj (c)

3.2.1.2. Film hazırlama

Yenilebilir film solüsyonu, Dick ve ark. (2015)'nın yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Film çözeltisi hazırlamak için kurutulmuş chia müsilaj, distile su (%1 w/v) içinde çözülmüştür. Çözelti, 25 °C'de 3 saat boyunca mekanik olarak karıştırılmıştır. Her çözeltinin pH değeri, 0.1 M NaOH ile 9' a ayarlanmıştır. Chia müsilaj ağırlığının %80'i oranında gliserol, çözelti içerisine eklenmiştir. Film çözeltileri daha sonra 30 dakika boyunca sürekli karıştırılarak 80 °C'de ısıtılmıştır. Hazırlanan çözeltiler petri kaplarına 22±0.1 g tartılarak, 35 °C'de 15-20 saat boyunca etüvde (Nüve FN 120, Türkiye) kurutulmuştur.



Şekil 3.2. Yenilebilir film solüsyonunun petrilerde kurutulması

3.2.3. Nuggetların hazırlanması, yenilebilir filmle kaplanması ve deneme planı

Nugget hazırlama aşamasında, ağırlıkça %90 kıyma üzerine %5.5 su, %1 tuz, %0.1 kimyon, %0.1 karabiber, %0.05 sarımsak tozu, %0.1 soğan tozu, %0.15 zerdeçal ve %3 un ilave edilmiştir. Nugget hamuru iyice yoğrulduktan sonra, 5 farklı gruba

ayrılmıştır. İlk iki grup transglutaminaz enzimi ilave edilmeden K ve KF grubu olarak ayrılmış, diğer gruplara sırasıyla %0.5 (TGF1), %1 (TGF2) ve %1.5 (TGF3) seviyesinde enzim ilavesi yapılmıştır. K grubu dışında diğer tüm gruplar, chia müsilaj bazlı yenilebilir filmle kaplanmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Nugget formülasyonu

İçerik (%)	Gruplar				
	Filmle Kaplanmamış	Filmle Kaplanmış			
	K	KF	TGF1	TGF2	TGF3
Tavuk kıyma	90	90	90	90	90
Su	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Kimyon	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Karabiber	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sarımsak tozu	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Soğan tozu	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Zerdeçal	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Buğday unu	3	3	3	3	3
Tuz	1	1	1	1	1
Transglutaminaz (kıyma ağırlığı üzerinden)	0	0	0.5	1	1.5

K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: % 1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: % 1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Hazırlanan örnekler 4 ℃'de kapalı bir kapta 7 gün boyunca muhafaza edilmiştir. 0. gün tavuk etinin kimyasal kompozisyonunu belirlemek amacıyla nem, yağ, protein ve kül analizleri ile renk ve pH analizleri; chia tohumunun nem, yağ ve protein analizleri yapılmıştır, hazırlanan filmin renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Depolamanın ilk günü nugget örnekleri pişirilerek pişirme kaybı (PK), su tutma kapasitesi (STK) ve yağ tutma kapasitesi (YTK) analizleri yapılmıştır. Ayrıca pişirme sonrası örneklerin tekstür profil analizi (TPA) gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 1., 4. ve 7. günlerinde pH, renk, TBA ve DPPH analizleri yapılmıştır. Analizler 2 tekerrür, 3 paralel olacak şekilde yürütülmüştür.

3.2.4. Nem tayini

Kurutma kaplarına, örneklerden 5-10 g arasında tartım yapılarak 105±2 ℃'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar tutularak örnekteki suyun tamamen uzaklaşması sağlanmıştır. Örnekler etüvde kurutulduktan sonra desikatörde soğutulmuş, ardından aşağıdaki formüle göre hesaplama yapılarak nem miktarı (%) tespit edilmiştir (AOAC, 2000).

% Nem=[(M_1-M_2)/m]×100

M_1= Örnek miktarı + sabit ağırlığa getirilen kurutma kabının ağırlığı (g)

M_2= Kurutulmuş örnek miktarı + sabit ağırlığa getirilen kurutma kabının ağırlığı (g)

m= Örnek miktarı (g)

3.2.5. Protein tayini

Her bir örnekten 1-2 g tartılarak Kjeldahl tüplerine aktarılmıştır. Tüp içerisine katalizör tablet (K_2SO_4:$CuSO_4$) atılmış ve 25 ml derişik sülfürik asit ilave edilerek renk tamamen berraklaşıncaya kadar yakma ünitesinde, örneğin asitle parçalanması sağlanmıştır. Yakma işleminden sonra distilasyon ünitesine yerleştirilen örnek borik asit (%3) ve sodyum hidroksit (%32) çözeltileri ile distile edilmiştir. Daha sonra toplanan distilat hidroklorik asit çözeltisi ile titre edilmiştir. Elde edilen azot miktarı 6.25 faktörü ile çarpılarak % protein miktarı belirlenmiştir (AOAC, 2000).

3.2.6. Yağ tayini

Örneklerin yağ miktarının belirlenmesi için 5 g örnek tartılarak ekstraksiyon kartuşuna yerleştirilmiştir. 5-6 defa dietileterle sirkülasyonundan sonra darası alınmış balona toplanan dietileter+yağ, rotary evaporatör yardımıyla birbirinden ayrılmıştır. Balon+yağ 60 ℃'deki bir etüvde 30 dk bekletilerek balonda kalmış dietileter uçurulmuştur. Balonlar soğutulduktan sonra tartılmış ve örneklerdeki yağ miktarı (%) hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.2.7. Kül tayini

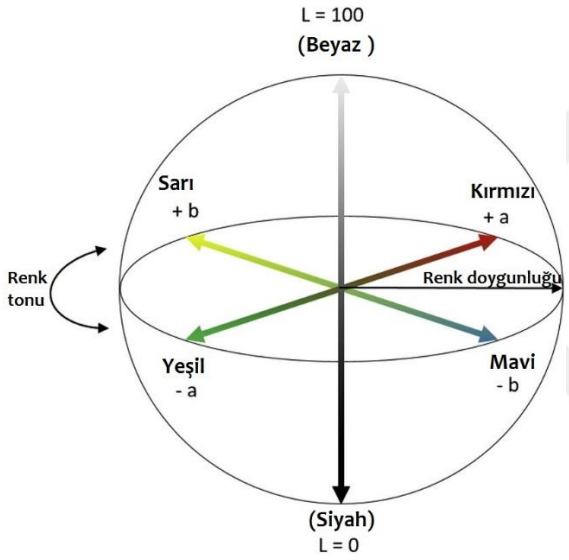
Tavuk örneklerinden porselen krozeye 2.0-2.5 g arasında tartım yapılmış ve 550±2 ℃'deki kül fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar yakıldıktan sonra toplam kül miktarı (%) belirlenmiştir (AOAC, 2000).

3.2.8. pH tayini

Her bir örneğin pH değeri saplamalı pH-metre (Testo 205, Almanya) kullanımıyla farklı noktalardan okumalar yapılarak belirlenmiştir.

3.2.9. Renk tayini

Örneklerin renk parametrelerini belirlemek için kromametre cihazı (CR-400 model, Konica Minolta, Osaka, Japonya) kullanılmıştır. *L** (parlaklık), *a** (± kırmızı-yeşil) ve *b** (± sarı-mavi) renk koordinatları, üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELab (Commission Internationale de I'EClairage) tarafından verilen kriterlere göre belirlenmiştir (Hunt ve ark., 1991). Ölçümler örneklerin 3 farklı noktasından okumalar yapılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. CIELab renk diyagramı (Ly ve ark., 2020)

3.2.10. Tiyobarbitürik asit (TBA) sayısının tespiti

Nugget örneklerinden 10 g tartılarak üzerine 50 °C'deki 50 ml saf su ilave edilmiş ve 2 dk boyunca homojenize edilmiştir. Ardından karışım, 250 ml'lik şilifli balona, 47.5 ml 50 ºC'deki saf su ile aktarılmıştır. Üzerine 2.5 ml HCl çözeltisi, kaynamayı kolaylaştırmak amacıyla birkaç adet kaynama boncuğu ve 3-5 damla köpük kırıcı ilave edildikten sonra balon distilasyon ünitesine yerleştirilmiştir ve 50 ml distilat toplanmıştır. Ardından 5'er ml distilat pipetlenerek deney tüplerine aktarılmıştır. Şahit için ise ayrı bir deney tüpüne distilat yerine 5 ml saf su aktarılmıştır. Distilat ve saf suyun üzerine 5 ml TBA reajantı (0.02 M 2-tiyobarbütirik asit) ilave edilerek tüm deney tüpleri 35 dakika sıcak su banyosunda (Nüve BM 402, Türkiye) bekletilmiştir. Süre sonunda su

banyosundan çıkarılıp soğutulan örnekler, spektrofotometre küvetlerine aktarılmış ve UV-Visible spektrofotometrede (Optizen POP UV/VIS, Daejeon, South Korea) 530 nm dalga boyunda, şahit numuneye karşı absorbansları okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri 7.03 sabit değeri ile çarpılarak 1 kg örnekteki malonaldehit miktarı mg olarak hesaplanmıştır (Ockerman, 1985).

3.2.11. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) miktarının tespiti

Örneklerin antioksidan kapasitesi Brand-Williams ve ark. (1995) tarafından uygulanan yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Her bir grup nugget örneğinden tüplere 5 g tartılıp, 25 ml metanol ile homojenize edilmiştir. Ardından 4 °C'de 5000 rpm'de santrifüjlenip, süzülmüştür. Süpernatant, metanol ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Bir test tüpüne, metanol ile hazırlanan 0.1 mM DPPH çözeltisinden 2950 µl ve süpernatanttan 50 µl deney tüpüne aktarılmıştır. Şahit olarak örnek yerine metanol kullanılmıştır. Karışım oda sıcaklığında 30 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda oluşan kompleksin absorbansı UV-Visible spektrofotometre (Optizen POP UV/VIS, Daejeon, South Korea) ile 517 nm'de şahide karşı okunmuştur. Serbest radikal inhibisyonu oransal (%) olarak hesaplanmıştır.

3.2.12. Tekstür tayini

Her bir nugget örneğinin tekstürel özellikleri (hardness-sertlik (N), springiness-esneklik (mm), cohesiveness-dış yapışkanlık, gumminess-sakızımsılık (N), chewiness-çiğnenebilirlik (Nxmm) ve resilience-elastikiyet), tekstür profil analiz cihazında (TA-HD Plus Texture Analyser, UK) belirlenmiştir. Testlerde silindirik 36 mm çapında paslanmaz piston kullanılmıştır. Ölçümler sırasında oda sıcaklığındaki her bir nugget örneğine 50 N'luk kuvvet uygulanmıştır. Örneklere orijinal yüksekliğinin %50'sine kadar 2 kademeli kompresyon (sıkıştırma) testi uygulanmıştır. Sonuçlar cihaza ait yazılım programı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Nugget örneğinin tekstür profil analizi

3.2.13. Pişirme işlemi ve pişirme özelliklerinin belirlenmesi

Her nugget numunesi, 180 °C'ye ayarlanmış fritözde (Blue House, BH570DF, P.R.C.) 4-5 dakika boyunca Ayçiçek yağında kızartılmıştır. Pişirme öncesi ve sonrası ağırlıklar kaydedilmiştir.

3.2.13.1. Pişirme kaybı

Örneklerin pişirme kaybı değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Gujral ve ark., 2002):

Pişirme kaybı (%)=[(Pişmemiş köfte ağırlığı-Pişmiş köfte ağırlığı)/Pişmemiş köfte ağırlığı]×100

3.2.13.2. Su tutma kapasitesi

Örneklerin su tutma kapasitesi El-Magoli ve ark. (1996) tarafından kullanılan formülle hesaplanmıştır:

Su Tutma Kapasitesi (%)= (% Pişirme Verimi × Pişmiş Örnekteki Nem)/100

Pişirme Verimi (%)= 100- Pişirme Kaybı (%)

3.2.13.3. Yağ tutma kapasitesi

Örneklerin yağ tutma kapasitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Murphy ve ark., 1975):

Yağ Tutma Kapasitesi (%)= [(Pişirme Verimi × Pişmiş Örnekteki % Yağ)/(Pişmemiş Örnekteki % Yağ)] ×100

3.2.14. İstatistiksel analizler

Elde edilen veriler, deneme desenine uygun olarak hazırlanan çizelgeler halinde MINITAB® release 16.0 programı kullanılarak Varyans Analizine tabi tutulmuş, grup ortalamaları arasındaki farkların önemli olup olmadığını kontrol etmek için Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Tavuk Etinin Kimyasal Kompozisyonu

Araştırmada kullanılan çıkma tavuk etinin kimyasal bileşimini belirlemek için nem, protein, yağ ve kül analizleri yapılmış, pH ve renk değerleri ölçülmüştür.

Tavuk etinin nem miktarı %75.18, protein miktarı %20.82, yağ miktarı %1.95, kül miktarı %1.23; pH değeri ise 5.41 bulunmuştur. Renk ölçüm sonuçlarına göre tavuk etinin *L**, *a** ve *b** değerleri sırasıyla 51.21, 10.99 ve 9.52 olarak ölçülmüştür. Ünal (2012) tarafından çıkma tavuk göğüs ve but eti üzerine yapılan bir çalışmada, göğüs etinin kuru madde içeriği %25.14, protein içeriği %22.45, yağ içeriği %1.84 ve kül içeriği %1.14 bulunurken; but etinin kuru madde içeriği %25.75, protein içeriği %20.09, yağ içeriği %4.24 ve kül içeriği %1.018 olarak bulunmuştur. Ensoy ve ark. (2004), çıkma tavuk etinden ürettikleri suriminin kalite özelliklerini inceledikleri çalışmada çıkma tavuk etinin nem içeriğini %73.9, protein içeriğini %20.7, yağ içeriğini %3.9 ve kül içeriğini de %1 olarak tespit etmişlerdir. McIvor ve ark. (2002), yürüttükleri çalışmada çıkma tavuk etinin %73.9 nem, % 20.64 protein, %4.59 yağ ve %0.88 kül içeriğine sahip olduğunu bulmuşlardır. Yapılan başka bir çalışmada çıkma tavuk göğüs etinin nem miktarı %73.05, pH değeri ise 6.06 bulunmuştur (Naveena ve Mendiratta, 2001). Sarıçoban ve Karakaya (2000), yumurta tavuğu üzerinde yaptıkları çalışmada, tavuk etinin %72.35 nem içeriğine, %19.70 protein içeriğine ve %7.95 yağ içeriğine sahip olduğunu tespit etmişler, pH değeri ise 5.90 olarak ölçmüşlerdir. Nowsad ve ark. (2000c), çıkma tavuk etinden elde ettikleri kıyma ve suriminin jelleşme özelliklerini inceledikleri çalışmada, tavuk kıymasının %76.2 nem, %18.7 protein, %4.4 yağ, %0.73 kül ve 6.5 pH değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Nowsad ve ark. (2000b) tarafından yürütülen diğer bir çalışmada ise çıkma tavuk etinin %76.2 nem, %18.7 protein, %4.42 yağ ve %0.73 kül içeriğine sahip olduğu, etin pH değerinin ise 6.5 olduğu tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada nem %76.22, protein %18.74 ve yağ %4.43 olarak bulunmuştur (Nowsad ve ark., 2000a). Lee ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, kullanılan çıkma tavuk etinin nem içeriği %64.46, protein içeriği %24.36, yağ içeriği %7.15 ve kül içeriği ise %1.04 olarak tespit edilmiştir.

4.2. Chia Tohumunun Kimyasal Bileşimi

Chia tohumunun kimyasal bileşimini belirlemek amacıyla kuru madde, yağ ve protein analizleri yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan chia tohumunun nem miktarı %5.55, protein miktarı %23.97, yağ miktarı %28.72 olarak tespit edilmiştir. Felisberto ve ark. (2015); chia tohumunun nem içeriğini %6.52, protein içeriğini %24.36, yağ içeriğini %34.09, kül içeriğini %3.70, toplam diyet lifi içeriğini %14.78 ve sindirilebilir karbonhidrat miktarını % 16.55 olarak tespit etmişlerdir. Steffolani ve ark. (2015); chia tohumunun nemini %3.78, proteini %23.90, yağı %32.86 şeklinde bulmuşlardır. Yürütülen bir diğer çalışmada chia tohumunun %6.61 nem, %34.90 yağ, %21.49 protein, %4.29 kül ve %32.71 karbonhidrat içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Koç, 2018). da Silva Marineli ve ark. (2014); chia tohumunun %5.82 nem, %25.32 protein, %30.22 yağ, %4.07 kül, %34.57 karbonhidrat (%35.07 çözünmeyen diyet lifi + %2.43 çözünür diyet lifi) içeriğine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

4.3. Chia Müsilaj Verimi

Film üretimi amacıyla kullanılan chia müsilaj %3 verimle elde edilmiştir. Capitani ve ark. (2015), yürüttükleri çalışmada iki farklı yöntem kullanarak chia müsilajı elde etmişler ve verimi %3.8 ve %3.7 olarak hesaplamışlardır.

4.4. Chia Müsilaj Filmi Renk Parametreleri

Chia müsilaj bazlı üretilen yenilebilir filmin *L** değeri 73.07, *a** değeri 2.11 ve *b** değeri ise 13.58 olarak belirlenmiştir. Dick ve ark. (2015), farklı oranlarda gliserol ilavesiyle hazırladıkları chia müsilaj bazlı yenilebilir filmlerin *L** değerini; 79.97-82.71, *a** değerini; 0.69-0.84, *b** değerini; 23.81-28.28 olarak ölçmüşlerdir. Yapılan başka bir çalışmada tere tohumu gamından üretilen yenilebilir filmin renk ölçümlerinde *L** değeri 63.44 ile 73.53, *a** değeri -0.89 ile -0.93, *b** değeri ise 3.89 ile 5.29 arasında bulunmuştur (Jouki ve ark., 2013).

4.5. pH Sonuçları

Transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan ve chia müsilaj bazlı filmle kaplamanın ardından 4 ℃'de depolanan nuggetların 1., 4. ve 7. günlerde elde edilen pH değerlerine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.1'de ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetların pH'ları üzerine oran ve depolamanın etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunurken, oran×depolama interaksiyonunun etkisi önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Çizelge4.1. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların 4 ℃'de depolama boyunca elde edilen pH'larına ait Varyans Analizi Test sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran (A)	4	0.014746	11.46**
Depolama (B)	2	0.017468	13.58**
AxB	8	0.001237	0.96
Hata	75	0.001286	-
Genel	89	-	-

(**)$p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.2. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların 4 ℃'de depolama boyunca elde edilen ortalama pH'larına ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

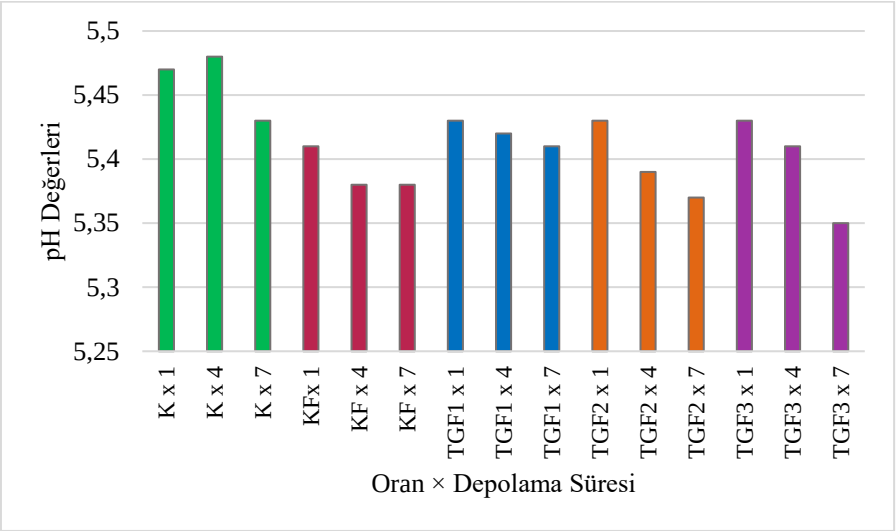
Faktör	n	pH
Oran (A)		
K	18	$5.46^{a}\pm0.05$
KF	18	$5.39^{b}\pm0.03$
TGF1	18	$5.42^{b}\pm0.03$
TGF2	18	$5.40^{b}\pm0.04$
TGF3	18	$5.39^{b}\pm0.05$
Depolama (B)		
1.Gün	30	$5.43^{a}\pm0.03$
4. Gün	30	$5.42^{a}\pm0.04$
7.Gün	30	$5.39^{b}\pm0.05$

$^{a-b}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: % 0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: % 1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: % 1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Çizelge 4.2'ye göre enzim içermeyen gruplar (K ve KF) kendi arasında incelendiğinde, film kaplama uygulamasının, örneklerin pH değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Filmle kaplı örnekler kendi aralarında incelendiğinde ise %0.5 enzim

ilavesinin pH değerini arttırdığı, enzim oranının artmasıyla örneklerin pH değerinin düştüğü tespit edilmiştir.

Örneklerin pH değerleri, depolama süresi açısından incelendiğinde, pH değerlerinin depolama süresi boyunca azalış gösterdiği görülmektedir. Bu azalmanın, aldehitler ve ketonlar gibi oksidasyon ürünlerinin oluşmasına neden olan azotlu malzemelerin reaksiyonundan dolayı olduğu düşünülmektedir (Kilincceker ve ark., 2009).



K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: % 0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: % 1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: % 1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Şekil 4.1. Farklı seviyelerde transglutaminaz enzimi ilavesiyle hazırlanan chia müsilaj bazlı filmle kaplanan nuggetların pH değeri üzerine Oran×Depolama süresi interaksiyonunun etkisi

Yapılan bir çalışmada, transglutaminaz enzimi kullanımının, çalışmamıza benzer şekilde, örneklerin pH değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. %0.5 oranında enzim ilaveli grup ile kontrol grubu arasındaki fark istatistiki açıdan önemliyken ($p<0.05$); %1 enzim ilaveli grup arasındaki fark önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Uran, 2013).

Çalışmamıza benzer şeklide Trespalacios ve Pla (2007a) yürüttükleri çalışmada, transglutaminaz enzimi ilaveli tavuk eti jellerinin, enzim içermeyen jellerden daha asidik olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bazı çalışmalar, transglutaminaz enziminin çıkma tavuktan üretilen köfte (Baytar, 2010), domuz eti jeli (Pietrasik ve Li-Chan, 2002b), tavuk burger (Uran ve Yilmaz, 2018), hindi döner (Askin ve Kilic, 2009) örneklerinin pH değerini etkilemediğini ($p>0.05$) belirlemişlerdir.

Wulandari ve Yuliatmo (2018), farklı jelatin konsantrasyonu ilavesiyle hazırladıkları filmle, sığır eti köftelerini kaplamışlar ve örnekleri 9 gün boyunca

depolamışlardır. Jelatin konsantrasyonu ile depolama süresinin, örneklerin pH değerini önemli düzeyde etkilediğini tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Çalışmada jelatin konsantrasyonunun artmasıyla, pH değerinin düştüğü görülmüştür. Ayrıca depolama süresi boyunca, örneklerin pH değerleri düşmüştür.

Chaparro-Hernández ve ark. (2019), kitosan ve domates bitki ekstraktı ilavesiyle hazırladıkları yenilebilir kaplamanın, domuz etinin kalitesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, kaplama uygulamasının, örneklerin pH değerleri üzerine önemli etkide bulunduğunu ($p <0.05$) tespit etmişlerdir. Kaplanmış örneklerin pH değeri, kaplanmamış kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Ayrıca depolama süresi boyunca örneklerin pH değerleri yükselmiştir.

Sosisin kalite özellikleri üzerine jelatin kaplamanın etkisinin incelendiği bir çalışmada, jelatin kaplamanın, örneklerin pH değerini etkilemediği, sekiz haftalık depolama sürecinde pH değerlerinin 2. haftaya kadar arttığı, 4. haftadan itibaren düştüğü belirlenmiştir. Bu düşüşün ise örneklerin bozulmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Shon ve ark., 2011).

Shukla ve ark. (2019), kitosan çözeltisine daldırma yöntemiyle kapladıkları tavuk köfte örneklerinin pH değerini ölçmüşler ve ilk gün gruplar arasında pH bakımından önemli bir fark tespit etmemişler ($p>0.05$) ancak depolama süresi boyunca pH değerlerinde artış gözlemlemişlerdir ($p<0.05$).

4.6. Renk Analiz Sonuçları

Transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan ve chia müsilaj bazlı filmle kaplamanın ardından 4 ℃'de depolanan nuggetların 1., 4. ve 7. günlerde gerçekleştirilen renk analizinin *L**, *a** ve *b** parametrelerine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.3'te ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, nuggetların *L** değerleri üzerine, oran parametresinin etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$), depolama parametresinin etkisi istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunurken; depolama×oran interaksiyonunun etkisi ise önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Nuggetların *a** değerleri üzerine oran ve depolama parametrelerinin etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunurken; oran×depolama interaksiyonunun etkisi ise önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Örneklerin *b** değerleri üzerine oran parametresinin etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunurken; depolama ve oran×depolama interaksiyonunun etkisi ise önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların 4 ℃'de depolama boyunca ölçülen renk parametrelerine (*L**, *a**, *b**) ait Varyans Analizi Test sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Oran (A)	4	183.759	59.21**	6.0623	8.84**	51.088	20.38**
Depolama (B)	2	9.881	3.18*	13.5830	19.82**	5.650	2.25
A x B	8	2.540	0.82	0.9625	1.40	3.436	1.37
Hata	75	3.104	-	0.6854	-	2.507	-
Genel	89	-	-	-	-	-	-

(*) $p < 0.05$ seviyesinde önemli, (**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.4.'te gruplar arasındaki fark incelendiğinde, K grubunun diğer gruplardan daha yüksek *L** ve *b** değerlerine sahip olduğu görülmektedir. TGF1 grubunda en yüksek *a** ve en düşük *L** değerinin ölçüldüğü belirlenmiştir. En düşük *b** değeri ise TGF2 grubunda ölçülmüştür.

Depolamayla birlikte *L** ve *a** değerinde azalma olduğu görülürken; *b** değerinde önce artma daha sonra da azalma meydana gelmiştir. *a** değerindeki düşüşün, oksidasyondan kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Yılmaz ve Kılınççeker, 2006).

Çizelge 4.4. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların 4 ℃'de depolama boyunca ölçülen ortalama renk parametrelerine (*L**, *a**, *b**) ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	n	*L**	*a**	*b**
Oran (A)				
K	18	$50.83^{a}\pm1.27$	$5.33^{b}\pm1.36$	$21.50^{a}\pm1.00$
KF	18	$44.46^{b}\pm2.11$	$6.52^{a}\pm0.83$	$18.54^{b}\pm1.62$
TGF1	18	$42.80^{c}\pm1.68$	$6.90^{a}\pm0.72$	$17.97^{b}\pm1.06$
TGF2	18	$43.55^{bc}\pm1.84$	$6.36^{a}\pm0.90$	$17.17^{b}\pm1.46$
TGF3	18	$44.76^{b}\pm1.95$	$6.27^{a}\pm1.10$	$17.89^{b}\pm2.55$
Depolama(B)				
1.Gün	30	$45.91^{a}\pm3.25$	$6.94^{a}\pm0.77$	$18.53^{ö.siz}\pm2.31$
4. Gün	30	$45.14^{ab}\pm3.41$	$6.30^{b}\pm0.99$	$19.08^{ö.siz}\pm1.71$
7.Gün	30	$44.79^{b}\pm3.45$	$5.59^{c}\pm1.14$	$18.23^{ö.siz}\pm2.49$

$^{a-c}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p < 0.05$, $p<0.01$) birbirinden farklıdır.
$^{ö.siz}$: Önemsiz
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Kontrol grupları kendi arasında incelendiğinde film uygulamasının *L** ve *b** değerlerini düşürdüğü; *a** değerini ise arttırdığı belirlenmiştir. Enzim uygulanan gruplarının birbirine yakın *L** değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Literatüre bakıldığında transglutaminaz enzimi ilavesinin, örneklerin rengi üzerindeki etkilerine dair sonuçlar çelişkilidir (Pietrasik, 2003). Yapılan bazı çalışmalarda transglutaminazın örneklerin rengi üzerinde önemli etkiye sahip olduğu; bazı çalışmalarda ise etkisinin olmadığı savunulmuştur.

Yapılan bazı çalışmalar transglutaminaz enziminin tavuk köftesi (Tseng ve ark., 2000; Uran ve ark., 2013) döner kebap (Kilic, 2003) ve yeniden yapılandırılmış pişmiş domuz etinin (Dimitrakopoulou ve ark., 2005) renk parametreleri üzerinde etkisiz olduğunu ($p>0.05$) göstermiştir.

Pietrasik (2003), sığır eti jellerine mikrobiyal transglutaminaz ilavesinin, örneklerin *L**, *a** ve *b** değerinde artışa neden olduğunu, ancak bu artışın sadece *b** değerinde önemli olduğunu ($p<0.05$) belirtmişlerdir. Hammer (1998) yürüttüğü bir araştırmada enzim oranının artmasıyla sarılık değerinin arttığını belirlemiştir.

Askin ve Kilic (2009), ürettikleri dönerlerin özellikleri üzerine mikrobiyal transglutaminaz, sodyum kazeinat ve yağsız süt tozunun etkisini araştırdıkları çalışmada, enzim ilavesinin dönerlerin *L**, *a** ve *b** değerlerini azalttığını belirlemişlerdir ($p<0.05$).

Etin satın alınmasında, tüketici kararı, etin paketlenmesi, et türü ve etin yaşından dolayı oluşan renkten etkilenmektedir (Suman ve ark., 2014; Takma ve Korel, 2019). Yenilebilir filmlerin rengi, filmin hazırlanışında kullanılan malzemeye bağlı olarak değiştiği için, filmlerin optik özellikleri, gıdanın görünüşünü de değiştirmektedir (Vital ve ark., 2016). Ayrıca, ürünün genel görünüşü ve tüketici tarafından ürünü satın alma kararında etkili olması bakımından önemli bir husustur (Srinivasa ve ark., 2007; Alotaibi ve Tahergorabi, 2018).

Chaparro-Hernández ve ark. (2019), soğukta (4 °C'de) depolanmış domuz etlerinin kalite özellikleri üzerine domates ekstaktı ilaveli kitosan kaplamanın etkisini araştırdıkları çalışmada, çalışmanın 0. gününde kaplanmamış grupların *L** değerlerinin, kaplanmış gruplardan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ancak depolama boyunca kontrol grubunun *L** değerinin düştüğü, diğer grupların *L** değerinin ise arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Grupların *a** değerlerinin 8. güne kadar arttığı daha sonra azaldığı belirlenmiştir. Her grubun *b** değerleri de 8. güne kadar artış gösterip, daha sonra azalmıştır ve kaplanmış gruplar kontrol grubuna kıyasla daha düşük *b** değeri sergilemiştir ($p<0.05$).

Kodal Coşkun ve ark. (2014), 4 °C'de depolanan örneklerin, depolamanın ilk günlerinde muameleler arasında *L** değeri bakımından bir fark ($p>0.05$) gözlemlememiştir. Depolamanın son gününde en düşük *L** değerinin C-EF (esansiyel yağ içermeyen yenilebilir filmle kaplı kontrol grubu) grubunda; en yüksek *L** değerinin ise OR-EF (oregano esansiyel yağ içeren yenilebilir filmle kaplı grup) grubunda ölçüldüğünü belirtmişlerdir ($p <0.05$). Depolama süreci boyunca esansiyel yağ içeren filmlerle kaplı örneklerin *a** değerinde düşüş gözlenmiştir ($p <0.05$) ve bu örneklerin *a** değerlerinin depolamanın son gününde filmle kaplanmamış kontrol grubu ve esansiyel yağ içermeyen filmle kaplı gruba göre daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Örneklerin *b** değerine bakıldığında filmle kaplanmış örneklerin sarılık değerlerinin depolama süresiyle birlikte azaldığı görülmüştür ($p<0.05$).

Küçüközet ve Uslu (2018), tarafından üretilen sodyum kazeinat ve sodyum kazeinat-patates nişastası bazlı filmlerle kaplanan broiler etlerde, renk ölçümü, pişirilmiş örneklerin üzerindeki filmler uzaklaştırıldıktan sonra yapılmıştır ve örneklerin *L **, *a** ve *b** değerlerinin ambalajdan etkilenmediği ($p<0.05$) belirlenmiştir. En yüksek *L** değerinin filmle kaplanmamış kontrol grubunda; en yüksek *a** değerinin sodyum kazeinat-nişasta bazlı filmle kaplanan grupta; en yüksek *b** değerinin ise oleoresin içeren sodyum kazeinat- nişasta bazlı filmde ölçüldüğü belirtilmiştir.

Öztürk ve Candoğan (2009), yaptıkları çalışmada farklı oranlarda (%0, 1, 2 ve 3) likopen ilave edilen soya bazlı yenilebilir filmle kaplanmış kıymaların renk değerlerinde gruplar arası önemli bir farklılık meydana gelmediğini tespit etmişlerdir ($p>0.05$).

Khazaei ve ark. (2016), farklı oranlarda (%0, 6, 8, 10) timol içeren fesleğen tohumu gamı bazlı yenilebilir kaplama ile kapladığı karideslerin kızartma sonrası renk parametrelerini belirlemişlerdir. Timol içermeyen filmle kaplı grupta en düşük *L** ve *b** değeri ($p<0.05$) belirlenmiştir. %8 timol içeren filmle kaplı grupta ise en yüksek *L** değeri ve en düşük *b** değeri ölçülmüş, ancak diğer gruplar arasında istatistiki bakımdan fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Grupların *a** değeri bakımından birbirinden farklı olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Yılmaz ve Kılınççeker (2016) farklı konsantrasyondaki jelatin çözeltilerinin tavuk köftelerin özellikleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, gruplar arasında sadece *a** değerinin istatistiki açıdan önemli olduğunu ($p<0.05$), *L** ve *b** değerlerinin gruplar arasında önemsiz olduğunu ($p>0.05$) tespit etmişlerdir. En yüksek *L**, *a** ve *b** değerleri depolamanın ilk günü ölçülmüştür. En düşük *L** ve *a** değeri depolamanın 10. gününde; en düşük *b** değeri ise 15. günde belirlenmiştir.

Shon ve ark. (2011), buzdolabı sıcaklığında, vakum altında 8 hafta boyunca depolanan, jelatin kaplama uygulanmış sosis örnekleri ile kontrol grubu olarak ayrılan kaplama uygulanmamış sosis örnekleri arasında renk değerleri (*L**, *a**, *b**) bakımından fark gözlemlememişlerdir ($p>0.05$). Depolamanın etkisi renk parametreleri üzerinde önemli etkiye sahip olmuştur ($p<0.05$). *a** değeri iki hafta boyunca artmış, daha sonra nitrozomiyoglobinin denatürasyonu nedeniyle depolama sonuna kadar azalmıştır. Örneklerin *b** değerinde depolama boyunca artış meydana gelmiştir ($p<0.05$).

Vital ve ark. (2016), yürüttükleri çalışmada sığır etinin özellikleri üzerine biberiye ve oregano esansiyel yağ içeren kaplama solüsyonlarının etkisini incelemişlerdir. Araştırmalarında *L** değerinin kaplanmış ve kaplanmamış bütün gruplarda depolamayla azaldığını ($p<0.05$) gözlemlemişlerdir. Örneklerin yenilebilir solüsyonla kaplanması, *L** değerinin azalmasına; *a** ve *b** değerinin ise artmasına neden olmuştur ($p<0.05$).

Alotaibi ve Tahergorabi (2018) farklı oranlarda kekik esansiyel yağı ilaveli, tatlı patates nişastası bazlı kaplamanın karides örneklerinin özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, kaplama uygulamasının örneklerin *L** değerini arttırdığını ($p<0.05$) tespit etmişlerdir. Ayrıca kekik esansiyel yağı ilavesinin de *L** değerini arttırdığı ($p<0.05$) belirlenmiştir. Depolamayla örneklerin *L** değeri azalmış, bu azalma kaplama uygulanmamış örnekte daha hızlı gerçekleşmiştir. Kekik yağı oranının artması örneklerin *b** değerinde artışa neden olmuştur ($p<0.05$).

4.7. TBA Analiz Sonuçları

TBA analizi, yağ içeren gıdalarda ikincil lipit oksidasyonunun derecesinin ölçülmesi için bir göstergedir ve lipitlerin oksidasyonu ile oluşan malonaldehit miktarı ile ilgilidir (Khazaei ve ark., 2016; Behbahani ve ark., 2017). Lipitlerde oksidatif bozulma, et ve et ürünlerinde renk, tekstür, lezzet, besleyici değer ve gıdanın güvenliği gibi birçok faktörü etkilemektedir (Gray ve Monahan, 1992).

Et ve et ürünlerinde TBA analizi, gıdalarda bulunan lipitlerin oksidatif bozulma derecesini belirlemek amacıyla sıklıkla yapılmaktadır (Wu ve ark., 2001). Lipid oksidasyonu, depolama süresi ile sıcaklıktan etkilenir ve et ve et ürünlerinde meydana gelen olumsuz değişikliklerin temel nedeni olarak düşünülmektedir (Pathera ve ark., 2016). Depolama sırasında TBA sayısındaki artış, et ve et ürünlerindeki doymamış yağ asitlerinde meydana gelen artan oksidasyona dayandırılabilir. TBA miktarı arttığında etin

acılığı de artar. Ürünün renginde değişikliklere neden olabilir, duyusal özellikler de olumsuz etkilenebilir (Varlık ve ark., 1993).

Transglutaminazın ilave edildiği ürünlerin tekstüründe gelişmelere neden olduğu bilinmektedir. Ancak lipit oksidasyonunu nasıl etkilediğine dair çok az bilgi mevcuttur (Kellerby ve ark., 2006).

Transglutaminaz enzimi ilavesiyle hazırlanan ve chia müsilaj bazlı filmle kaplamanın ardından 4 ℃'de depolanan nuggetların 1., 4. ve 7. günlerde gerçekleştirilen TBA analizine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.5.'te ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, nuggetların TBA miktarları üzerine oran, depolama ve oran×depolama interaksiyonunun etkisinin istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge4.5. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların TBA miktarlarına ait Varyans Analizi Test sonuçları

Varyasyon Kaynağı	**SD**	**KO**	**F**
Oran (A)	4	0.023539	38.60**
Depolama (B)	2	0.538818	883.48**
AxB	8	0.017567	28.80**
Hata	75	0.000610	-
Genel	89	-	-

(**)$p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.6'ya göre, kontrol gruplarının (K ve KF) kendi arasında ve enzim ilaveli grupların (TGF1, TGF2 ve TGF3) kendi arasında birbirinden farklı olmadıkları görülmektedir. En düşük TBA sayısı KF grubunda; en yüksek TBA sayısı ise TGF1 ve TGF2 grubunda ölçülmüştür. Depolama süresiyle birlikte, örneklerin TBA sayılarında artış ($p<0.01$) meydana gelmiştir.

Çizelge 4.6. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama TBA miktarlarına ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	n	TBA (mg MA/kg)
Oran (A)		
K	18	0.51^{b}±0.15
KF	18	0.49^{b}±0.15
TGF1	18	0.57^{a}±0.10
TGF2	18	0.57^{a}±0.11
TGF3	18	0.55^{a}±0.08
Depolama (B)		
1.Gün	30	0.42^{c}±0.08
4. Gün	30	0.52^{b}±0.04
7.Gün	30	0.68^{a}±0.04
AxB		
K x 1	6	0.33^{f}±0.01
K x 4	6	0.51^{cd}±0.02
K x 7	6	0.70^{a}±0.02
KFx 1	6	0.32^{f}±0.01
KF x 4	6	0.48^{de}±0.02
KF x 7	6	0.67^{a}±0.01
TGF1 x 1	6	0.47^{de}±0.01
TGF1 x 4	6	0.54^{bc}±0.01
TGF1 x 7	6	0.70^{a}±0.01
TGF2 x 1	6	0.44^{e}±0.04
TGF2 x 4	6	0.58^{b}±0.04
TGF2 x 7	6	0.69^{a}±0.07
TGF3 x 1	6	0.52^{cd}±0.02
TGF3 x 4	6	0.49^{de}±0.01
TGF3 x 7	6	0.66^{a}±0.03

$^{a-f}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: % 0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: % 1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: % 1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Oran×depolama interaksiyonu incelendiğinde, en düşük TBA miktarı (0.32 mg MA/kg) KF grubunun 1. gün ölçümünde; en yüksek TBA miktarı (0.70 mg MA/kg) ise K ve TGF1 grubunun 7. gün ölçümlerinde belirlenmiştir. Enzim ilaveli grupların kontrol grubuna kıyasla daha yüksek TBA sayısına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, transglutaminaz enziminin prooksidan etkiye sahip olabileceğini düşündürmektedir (Moreno ve ark., 2010b). Benzer bir sonuç da Moreno ve ark. (2010a) tarafından yapılan, transglutaminazla yeniden yapılandırılmış alabalık ve barlam balığının TBARS ölçümlerinde elde edilmiştir. Transglutaminaz içeren örneklerin, enzim içermeyen kontrol grubundan daha yüksek TBARS değerlerine ($p<0.05$) sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak Hazar (2018), transglutaminaz enzimi ilavesiyle hazırladığı farklı

pastırma çeşitlerinin TBARS miktarlarının, enzim uygulamasıyla azaldığını ($p<0.01$) belirlemiştir.

Kellerby ve ark. (2006) transglutaminaz gibi enzimlerle proteinlerde meydana getirilen çapraz bağlanmanın, protein yapısında, demir gibi prooksidatif maddelerin proteinlerin üzerindeki bağlanma yerlerini değiştirdiğini ve bu maddelerle peroksitleri birbirine daha da yakınlaştıran ve oksidasyona neden olan değişimlere yol açtığını iddia etmiştir.

Gökalp ve ark. (1999)'na göre taze ve işlenmiş et ürünlerinde TBA miktarının 1.0 mg malonaldehit/kg örnek üzerinde olması ürünün okside olduğunu göstermektedir. Çalışma sonuçlarımız, belirtilen maksimum TBA sayısını aşmamaktadır.

Biswas ve ark. (2006), çıkma tavuktan ürettikleri köftelerin TBA miktarını 21 gün boyunca belirli aralıklarla ölçmüşlerdir. TBA miktarının 0.168 ila 0.563 mg/kg arasında değiştiği ve depolama süresi boyunca artan eğilimde olduğunu ($p<0.01$) belirlemişlerdir.

Go ve Song (2019), çalışmalarında iki farklı oranda (%0 ve 1) kuşburnu ekstraktı ilave ederek hazırladıkları çavdar nişastası bazlı yenilebilir filmle tavuk göğüs etini kaplamışlardır. Filmle kaplanmamış kontrol grubu ile kuşburnu ekstraktı ilave edilmeyen filmle kaplı grubun TBA sayıları birbirine yakın çıkarken; %1 kuşburnu ekstraktı ilaveli filmle kaplı grubun TBA sayılarının daha düşük çıktığı belirlenmiştir.

Kenawi ve Petrovic (2012), dondurulmuş bufalo et ürününün stabilitesi üzerine adaçayı ve kekik ekstraktı ile kitosan yenilebilir ambalajlamanın etkisini araştırdıkları çalışmada, baharat ekstraktıyla muamelenin, kontrol örneklerine kıyasla TBA sayısındaki artışı engellediği, aynı şekilde kitosanla kaplanan örneklerin, kaplanmamış örneklere göre daha düşük TBA sayısına sahip olduğu bildirilmiştir.

Akcan (2013), peynir altı suyu proteininden defne ve adaçayı ekstraktı ilaveli yenilebilir film hazırlamışlar ve köfte örneklerini kaplamada kullanmışlardır. Örneklerin TBA sayısı 0.13 ila 0.96 mg malonaldehit/kg arasında değişmiştir. Filmle kaplanan köftelerin TBA sayısındaki artış, filmle kaplanmayan kontrol grubuna kıyasla daha yavaş gerçekleşmiştir ($p<0.05$). En düşük TBA sayısı, adaçayı ekstraktı ilaveli filmle kaplı grupta görülmüştür.

Öztürk ve Candoğan (2009), yaptıkları çalışmada farklı oranlarda (%0, 1, 2 ve 3) likopen ilave edilen soya bazlı yenilebilir filmle kaplanmış kıymaların TBA sayılarını ölçmüşlerdir. Depolama boyunca değerlerde dalgalanmalar olduğu görülmüş, bunun nedenin de malonaldehitin stabil bileşik olmamasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Depolamanın 0. gününde kontrol grubu ile filmle kaplı grupların TBA sayılarının aynı

olduğu görülmüş ancak kontrol grubunda, filmle kaplı gruplara kıyasla depolama sürecinde daha yüksek bir artış meydana gelmiştir.

Sosisin kalite özellikleri üzerine jelatin kaplamanın etkisinin incelendiği bir çalışmada, kaplanmamış kontrol grubunun, jelatinle kaplanmış gruplara kıyasla daha yüksek TBARS sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Değerler altıncı haftaya kadar artmış ($p<0.05$), sonrasında azalma meydana gelmiştir. TBARS sayısındaki artışın kontrol grubunda daha fazla olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$) (Shon ve ark., 2011).

Vital ve ark. (2016), yürüttükleri çalışmada sığır etinin özellikleri üzerine biberiye ve oregano esansiyel yağı içeren kaplama solüsyonlarının etkisini incelemişlerdir. TBARS sayılarının esansiyel yağ içeren solüsyonla kaplı örneklerde, kaplanmamış ve esansiyel yağ içermeyen solüsyonla kaplanmış örneklere kıyasla daha düşük ($p<0.01$) olduğunu belirlemişlerdir. 14 günlük depolama boyunca en yüksek değerin kaplanmamış grupta; en düşük değerin ise oregano yağı içeren solüsyonla kaplı grupta ölçüldüğü belirtilmiştir.

4.8. DPPH Analiz Sonuçları

Transglutaminaz enzimi ilavesiyle hazırlanan ve chia müsilaj bazlı filmle kaplamanın ardından 4 ℃'de depolanan nuggetların 1., 4. ve 7. günlerde gerçekleştirilen DPPH miktarlarına ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.7'de ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların DPPH miktarlarına ait Varyans Analizi Test sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran (A)	4	0.4106	2.18
Depolama (B)	2	12.6070	66.85**
AxB	8	0.1223	0.65
Hata	75	0.1886	-
Genel	89	-	-

(**)$p < 0.01$ seviyesinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetların DPPH miktarı üzerine depolamanın etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunurken, oran ve oran×depolama interaksiyonunun etkisi önemsiz ($p>0.05$) düzeyde olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama DPPH miktarlarına ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	N	DPPH (%)
Depolama (B)		
1.Gün	30	$3.45^{c}\pm0.35$
4. Gün	30	$4.13^{b}\pm0.36$
7.Gün	30	$4.74^{a}\pm0.57$

$^{a-c}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Çizelge 4.8'e göre örneklerin DPPH miktarlarının depolama süreciyle birlikte, artış gösterdiği ($p<0.01$) belirlenmiştir.

Felix ve ark. (2017), kerevit protein jellerinin mekanik ve biyoaktif özellikleri üzerine transglutaminaz enziminin farklı pH'lardaki (2, 6.5 ve 8) etkisini inceledikleri bir çalışmada, enzim kullanımının pH=8'deki jelin DPPH miktarını düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Farklı seviyelerde (%0, 0.1, 0.3) domates ekstraktı ile zenginleştirilmiş kitosan bazlı yenilebilir kaplamaların, tavuk filetoların kalitesi ve raf ömrüne etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kaplanmamış kontrol grubu filetoların DPPH miktarlarının, kaplanmış gruplara kıyasla daha düşük bulunduğu belirtilmiştir (Ruiz-Cruz ve ark., 2019).

Akcan (2013); %2 ve %4 defne ve adaçayı ekstraktı ilave edilmiş peynir altı suyu proteininden hazırladığı yenilebilir film ile sığır eti köftelerini kaplamıştır. Tüm analiz günlerinde, en yüksek DPPH miktarının %4 seviyesinde defne ekstraktı ilaveli filmle kaplı örnekte ölçüldüğü ve depolama boyunca tüm gruplarda DPPH miktarının azalma gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$).

4.9. Tekstür Analiz Sonuçları

4.9.1. Sertlik (Hardness)

Transglutaminaz ilaveli ve chia müsilaj bazlı filmle kaplı nuggetların tekstür analizinin sertlik parametresine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.9'da ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetlara ilave edilen enzim oranı ve film kaplamanın örneklerin sertlik değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.9. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların sertlik/hardness değerine ait Varyans Analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	7527.4	267.6**
Hata	25	28.1	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.10'da, ilave edilen enzim konsantrasyonunun artmasıyla örneklerin sertlik değerinin de arttığı görülmektedir. En düşük değer KF grubunda tespit edilirken; en yüksek değer TGF3 grubunda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10 Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama sertlik/hardness değerlerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	n	Sertlik (Hardness) (N)
Oran		
K	6	$170.40^{c}\pm1.67$
KF	6	$101.51^{d}\pm2.79$
TGF1	6	$177.23^{bc}\pm4.91$
TGF2	6	$182.88^{ab}\pm3.65$
TGF3	6	$187.27^{a}\pm9.62$

$^{a-d}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Yürütülen önceki çalışmalarda tavuk eti jeli (Trespalacios ve Pla, 2007b), sığır eti jeli (Pietrasik ve Li-Chan, 2002a; Pietrasik, 2003) ve domuz eti jeli (Pietrasik ve ark., 2007) örneklerinin sertlik değerinin transglutaminaz enzimi ilavesiyle arttığı ($p<0.05$) belirlenmiştir.

Nielsen ve ark. (1995), transglutaminaz ile yeniden yapılandırılmış etin tekstür analizini gerçekleştirmişler ve 10 °C'de ve 37 °C'de beklettikleri örneklerin sertlik değerinin enzim ilavesiyle arttığını, fakat istatistiki açıdan bu artışın önemli olmadığını ($p>0.05$) belirlemişlerdir.

Colmenero ve ark. (2005), düşük sodyumlu frankfurterlerde tuz ikamesi olarak kazeinat, KCl ve diyet lifi ile kombine edilmiş transglutaminaz enziminin etkisinin araştırıldığı çalışmada, sertlik değerinin en yüksek kontrol grubunda, ardından transglutaminaz ve sodyum kazeinat içeren grupta; en düşük değerin ise sadece enzim içeren grupta olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir.

Aşkın ve Kılıç (2009), hindi dönerlerin özellikleri üzerine mikrobiyal transglutaminaz, sodyum kazeinat ve yağsız süt tozunun etkisini araştırdıkları çalışmada, dönerlerde en düşük sertlik değerinin %1 NaCl içeren dönerde ölçüldüğü; en yüksek sertlik değerinin ise %0.5 enzim ve %0.5 sodyum kazeinat içeren dönerde ölçüldüğü belirtilmiştir ($p<0.05$).

Alotaibi ve Tahergorabi (2018), tatlı patates nişastası bazlı kaplamanın karideslerin kalite özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, ilk günün dışında, kaplanmamış örneklere kıyasla, kaplanmış örneklerde daha yüksek sertlik değeri elde etmişlerdir. 4. günde örneklerin sertlik değerinde genel olarak azalma meydana gelirken, depolamanın son günü değerlerde biraz artış olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Noshad ve ark. (2017), ayva çekirdeği müsilajından elde ettikleri kaplama solüsyonuyla karidesleri kaplamışlar ve tekstür ölçümünde kaplanmamış karideslere kıyasla kaplanmış karideslerin daha düşük bir sertliğe sahip olduğunu ancak istatistiki açıdan önemsiz olduğunu ($p>0.05$) tespit etmişlerdir. Bu durumun artan nem içeriğinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.9.2. Esneklik (Springiness)

Transglutaminaz ilaveli ve chia müsilaj bazlı filmle kaplı nuggetların tekstür analizinin esneklik parametresine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.11'de ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetlara ilave edilen enzim oranının esneklik değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.11. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların esneklik/springiness değerine ait Varyans Analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	0.02193	10.75**
Hata	25	0.00204	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.12'ye göre enzim ilaveli gruplar arasında, enzim konsantrasyonunun artması örneklerin esneklik değerini arttırmıştır; en düşük değer TGF1 grubunda, en yüksek değer ise TGF3 grubunda belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama esneklik/springiness değerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	**N**	**Esneklik (Springiness) (mm)**
Oran		
K	6	$0.77^{a}\pm0.01$
KF	6	$0.79^{a}\pm0.02$
TGF1	6	$0.67^{b}\pm0.09$
TGF2	6	$0.76^{a}\pm0.02$
TGF3	6	$0.83^{a}\pm0.03$

$^{a-b}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Yapılan bazı çalışmalarda sığır eti jeli (Pietrasik ve Li-Chan, 2002a; Pietrasik, 2003), tavuk eti jeli (Trespalacios ve Pla, 2007b) ve domuz eti jeline (Pietrasik ve ark., 2007) transglutaminaz enzimi ilavesinin, örneklerin esneklik değerlerini arttırdığı ($p<0.05$) belirlenmiştir.

Colmenero ve ark. (2005), düşük sodyumlu frankfurterlerde tuz ikamesi olarak kazeinat, KCl ve diyet lifi ile kombine edilmiş transglutaminaz enziminin (MTG) etkisinin araştırıldığı çalışmada, en yüksek esneklik değerinin kontrol grubunda, daha sonra MTG/KCl grubunda olduğu; en düşük değerin ise sadece transglutaminaz ilave edilmiş grupta olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir.

Trespalacios ve Pla (2007a), aynı sıcaklık ve basınçta muamele edilen örneklerde enzim uygulamasının örneklerin esneklik değerini arttırdığı belirlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek değer 40 °C'de, yüksek basınç (500 MPa) uygulanan, enzim ilave edilmiş örnekte tespit edilmiştir.

Heck ve ark. (2019), chia ve keten tohumundan ürettikleri emülsiyonu, burgerlerde, domuz eti yağı ikamesi olarak kullandıkları çalışmada, emülsiyonun örneklerin esneklik değeri üzerinde istatistiki açıdan farklılık oluşturmadığını ($p>0.05$) belirlemişlerdir.

Alotaibi ve Tahergorabi (2018), yürüttükleri çalışmada, tatlı patates nişastası bazlı solüsyonla kaplanmış örneklerin, kaplanmamış örneklere göre esneklik değeri bakımından istatistiki açıdan farklı olmadıklarını belirlemişlerdir ($p>0.05$).

4.9.3. Dış Yapışkanlık (Cohesiveness)

Transglutaminaz ilaveli ve chia müsilaj bazlı filmle kaplı nuggetların tekstür analizinin dış yapışkanlık parametresine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.13'te ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetlara ilave edilen enzim oranı ve film kaplamanın dış yapışkanlık değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların dış yapışkanlık/cohesiveness değerine ait Varyans Analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	0.012433	20.79**
Hata	25	0.000598	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.14'e göre film uygulaması kontrol grupları arasında, örneklerin dış yapışkanlık değerinde azalmaya neden olmuştur. En düşük değer KF grubunda; en yüksek değer TGF1 grubunda belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama dış yapışkanlık değerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	n	Dış Yapışkanlık (Cohesiveness)
Oran		
K	6	$0.57^{b}\pm0.02$
KF	6	$0.51^{c}\pm0.02$
TGF1	6	$0.62^{a}\pm0.05$
TGF2	6	$0.52^{c}\pm0.01$
TGF3	6	$0.53^{c}\pm0.01$

$^{a-c}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Yapılan önceki çalışmalarda, transglutaminaz enzimi ilavesinin sığır eti jeli (Pietrasik ve Li-Chan, 2002a; Pietrasik, 2003) ve tavuk eti jeli (Trespalacios ve Pla, 2007a; 2007b) örneklerinin dış yapışkanlık değerini arttırdığı ($p<0.05$) tespit edilmiştir.

Nielsen ve ark. (1995), transglutaminaz ile yeniden yapılandırılmış etin tekstür analizini gerçekleştirmişler ve 10 °C'de bekletilen örneklerde enzim ilave edilmesiyle dış yapışkanlık değerinin azaldığını ($p<0.05$); 37 °C'de bekletilen örneklerde enzim ilavesiyle dış yapışkanlık değerinin arttığını ($p<0.05$) belirlemişlerdir.

Colmenero ve ark. (2005), düşük sodyumlu frankfurterlerde tuz ikamesi olarak kazeinat, KCl ve diyet lifi ile kombine edilmiş transglutaminaz enziminin etkisini araştırdıkları çalışmada, dış yapışkanlık değerini en yüksek MTG/KCl, ardından kontrol grubunda gözlemlediklerini ($p<0.05$), diğer örneklerin birbirinden önemli ölçüde farklı olmadığını belirtmişlerdir.

Heck ve ark. (2019), chia ve keten tohumundan ürettikleri emülsiyonu, burgerlerde, domuz eti yağı ikamesi olarak kullanmışlar ve emülsiyonun, örneklerin dış yapışkanlık değerini istatistiki açıdan etkilemediğini ($p>0.05$) tespit etmişlerdir.

Alotaibi ve Tahergorabi (2018), yürüttükleri çalışmada, tatlı patates nişastası bazlı solüsyonla kaplanmış örneklerin, kaplanmamış örneklere göre dış yapışkanlık değeri bakımından istatistiki açıdan farklı olmadıklarını tespit etmişlerdir ($p>0.05$).

4.9.4. Sakızımsılık (Gumminess)

Transglutaminaz ilaveli ve chia müsilaj bazlı filmle kaplı nuggetların tekstür analizinin sakızımsılık parametresine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.15'te ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetlara ilave edilen enzim ve film kaplamanın örneklerin sakızımsılık değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.15. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların sakızımsılık/gumminess değerine ait Varyans Analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	2338.5	57.07**
Hata	25	41.0	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.16'da, enzim ilavesinin, örneklerin sakızımsılık değerini arttırdığı görülmektedir. En düşük değer KF grubunda; en yüksek değer TGF1 grubunda belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama sakızımsılık/gumminess değerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	N	Sakızımsılık (Gumminess) (N)
Oran		
K	6	91.45^{b}±5.88
KF	6	55.52^{c}±6.77
TGF1	6	106.80^{a}±8.08
TGF2	6	93.69^{b}±4.97
TGF3	6	98.66^{ab}±5.87

$^{a-c}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Alotaibi ve Tahergorabi (2018), yürüttükleri çalışmada, tatlı patates nişastası bazlı solüsyonla kaplanmış örneklerin, kaplanmamış örneklere göre sakızımsılık değeri bakımından istatistiki açıdan farklı olmadığını belirtmişlerdir ($p>0.05$).

4.9.5. Çiğnenebilirlik (Chewiness)

Transglutaminaz ilaveli ve chia müsilaj bazlı filmle kaplı nuggetların tekstür analizinin, çiğnenebilirlik parametresine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.17'de ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetlara ilave edilen enzim oranı ve film kaplamanın çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların çiğnenebilirlik/chewiness değerine ait Varyans Analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	1236.6	31.60**
Hata	25	39.1	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.18'e göre enzim içeren gruplar arasında, enzim konsantrasyonunun artması örneklerin çiğnenebilirlik değerinde artışa neden olmuştur. Kontrol grupları arasında film uygulaması, çiğnenebilirlik değerinde azalmaya yol açmıştır. En düşük değer KF grubunda gözlenirken; en yüksek değer TGF3 grubunda belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama çiğnenebilirlik/chewiness değerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	n	Çiğnenebilirlik (Chewiness) (N×mm)
Oran		
K	6	72.86^{ab}±6.27
KF	6	43.77^{c}±4.46
TGF1	6	65.80^{b}±8.96
TGF2	6	71.22^{b}±4.15
TGF3	6	82.21^{a}±6.25

$^{a-c}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Yürütülen bazı çalışmalarda tranasglutaminaz enziminin örneklerin çiğnenebilirlik değerini arttırdığı ($p<0.05$) belirtilmiştir (Pietrasik ve Li-Chan, 2002a; Pietrasik, 2003; Pietrasik ve ark., 2007; Trespalacios ve Pla, 2007a; 2007b).

Colmenero ve ark. (2005), düşük sodyumlu frankfurterlerde tuz ikamesi olarak kazeinat, KCl ve diyet lifi ile kombine edilmiş transglutaminaz enziminin etkisini araştırdıkları çalışmada, en yüksek çiğnenebilirlik değerinin kontrol grubunda; en düşük değerin ise sadece enzim içeren grupta ($p<0.05$) ölçtüklerini belirtmişlerdir

Kılıç (2003), ürettikleri tavuk dönerlerin kalitesi üzerine sodyum kazeinat ve mikrobiyal transglutaminaz enzimi ilavesini araştırdıkları çalışmada, en yüksek çiğnenebilirlik değerini tuz, yoğurt, sodyum kazeinat ve transglutaminaz ilaveli grupta; en düşük değeri ise enzim ilave edilmeyen grupta tespit etmişlerdir ($p<0.05$).

Heck ve ark. (2019) yürüttükleri çalışmada, kontrol grubuna kıyasla, chia ve keten tohumundan ürettikleri emülsiyonun ilave edildiği örneklerin çiğnenebilirlik değerinin daha yüksek ($p<0.001$) olduğunu belirlemişlerdir.

Alotaibi ve Tahergorabi (2018), yürüttükleri çalışmada, tatlı patates nişastası bazlı solüsyonla kaplanmış örneklerin, kaplanmamış örneklere göre çiğnenebilirlik değeri bakımından istatistiki açıdan farklı olmadıklarını belirtmişlerdir ($p>0.05$).

4.9.6. Elastikiyet (Resilience)

Transglutaminaz ilaveli ve chia müsilaj bazlı filmle kaplı nuggetların tekstür analizinin elastikiyet parametresine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.19'da ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, nuggetlara ilave edilen enzim oranı ve film kaplamanın örneklerin elastikiyet değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların elastikiyet/resilience değerine ait Varyans Analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	0.004811	14.71**
Hata	25	0.000327	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.20'ye göre filmle kaplama, kontrol grupları arasında elastikiyet değerinin azalmasına neden olmuştur. En yüksek elastikiyet değeri TGF1 grubunda ölçülürken; en düşük değerler TGF2 ve TGF3 grubunda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama elastikiyet/resilience değerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	N	Elastikiyet (Resilience)
Oran		
K	6	0.22^{b}±0.01
KF	6	0.19^{bc}±0.01
TGF1	6	0.25^{a}±0.04
TGF2	6	0.18^{c}±0.00
TGF3	6	0.18^{c}±0.00

$^{a-c}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: %1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.

Baytar (2010), tavuk köftelerin elastikiyet parametresi üzerinde transgulutaminaz enzimi ve NaCl ilavesinin istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0.05$) tespit etmişlerdir.

Alotaibi ve Tahergorabi (2018), yürüttükleri çalışmada, tatlı patates nişastası bazlı solüsyonla kaplanmış örneklerin, kaplanmamış örneklere göre elastikiyet değeri bakımından istatistiki açıdan farklı olmadığını ($p>0.05$) belirlemişlerdir.

4.10. Pişirme Özellikleri

4.10.1. Pişirme kaybı

Transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan ve chia müsilaj bazlı filmle kaplanan nuggetların pişirme kaybına (%) ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.21'de ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre nuggetlara ilave edilen enzim oranı ve film kaplamanın pişirme kaybı üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların pişirme kaybına (%) ait Varyans Analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	57.703	142.59**
Hata	25	0.405	-
Genel	29	-	-

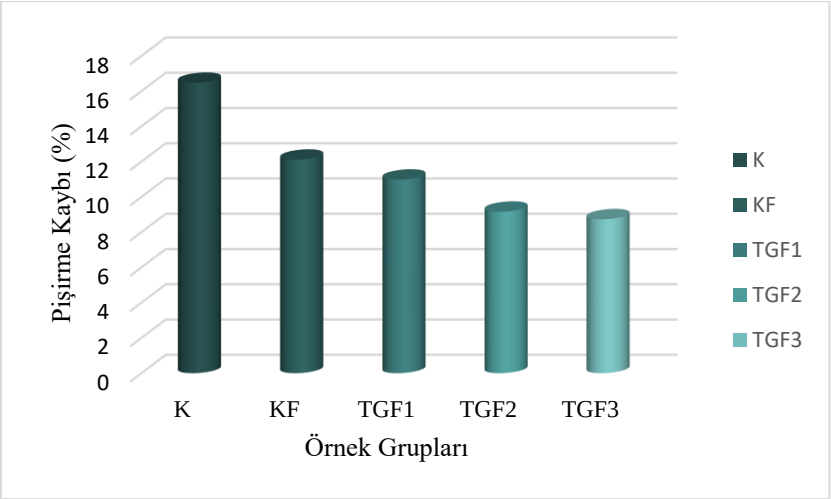
(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.22. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama pişirme kaybına (%) ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	N	Pişirme kaybı (%)
Oran		
K	6	$16.47^{a}\pm0.44$
KF	6	$12.11^{b}\pm1.07$
TGF 1	6	$10.98^{c}\pm0.38$
TGF 2	6	$9.16^{d}\pm 0.31$
TGF 3	6	$8.73^{d}\pm 0.66$

$^{a-d}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim ilave edilmemiş filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş filmle kaplanmış grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup, TGF2: %1 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup.

Çizelge 4.22'ye göre ilave edilen enzim oranının artmasıyla pişirme kaybında azalma gözlenmiştir. Kontrol grupları kendi arasında karşılaştırıldığında filmle kaplanan grup, filmle kaplanmamış gruba göre daha düşük pişirme kaybına sahiptir.



K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: % 0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: % 1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: % 1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.
Şekil 4.2. Örneklerin pişirme kaybı sonuçları

Uran ve Yilmaz (2018), transglutaminaz enzimi ilave ederek ürettikleri tavuk burgerlerde, enzim oranının artmasıyla örneklerin pişirme kaybı değerlerinin de azaldığını tespit etmişlerdir. Pişirme kaybı bakımından enzim ilave edilmeyen kontrol grubu ile en yüksek oranda enzim ilave edilen grup arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Martínez ve ark. (2011), lipit ve diyet lifi ile zenginleştirilmiş sığır köftesi formülasyonunda transglutaminaz ve kazeinat ilavesinin etkisini araştırdıkları çalışmada, ürünler arasında istatistiksel bir fark gözlememişlerdir ($p>0.05$).

Tseng ve ark. (2000), transglutaminaz ilavesiyle hazırladıkları tuzu azaltılmış tavuk köftelerinde enzim ilavesi ile örneklerde pişirme kaybının azaldığını ($p<0.05$) bildirmişlerdir. Transglutaminaz ilave edilerek hazırlanmış tavuk köftesi üzerine enzimin etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada da, enzim ilavesi örneklerin pişirme kaybını azaltmıştır ($p<0.05$) (Uran, 2013).

Dimitrakopoulou ve ark. (2005), tuz ve transglutaminaz seviyesi ile işleme koşullarının fosfat ilave edilmemiş, pişmiş, yeniden yapılandırılmış domuz etinin kalite özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada tuz seviyesi ve işleme koşullarının, pişirme kaybını etkilediği ($p<0.05$), ancak transglutaminaz seviyesinin etkisinin olmadığını ($p>0.05$) tespit etmişlerdir. Çalışmada tuz seviyesinin düşmesi ve pişirme sıcaklığının yükselmesi, üründe pişirme kaybını arttırmıştır.

Pietrasik (2003), enzim ilave ederek (%0.5) ve ilave etmeden hazırladıkları sığır eti jellerinin kalite özellikleri üzerine, kappa-karragenan ve yumurta albüminin (akı) etkisini inceledikleri çalışmada enzimin, karragenan içermeyen örneklerin pişirme kaybı üzerinde olumlu etkide bulunduğunu bildirmişlerdir.

Lantto ve ark. (2007), farklı miktarda et, tuz ve transglutaminaz ilavesiyle ürettikleri tavuk eti ürünlerinde, transglutaminaz varlığında en yüksek pişirme kaybının, düşük et ve tuz içeriğine sahip olan örnekte meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Choi ve ark. (2016), tavuk sosislerin özellikleri üzerine *Laminaria japonica* ve transglutaminazın etkisini inceledikleri çalışmada, gruplar arasında pişirme kaybı farkının önemli olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir. En yüksek pişirme kaybının enzim ve *Laminaria japonica* içermeyen kontrol grubunda olduğunu, %1 enzim ve %1 *Laminaria japonica* içeren grubun pişirme kaybının en düşük olan grup olduğunu belirtmişlerdir. Enzim oranının artması ve *Laminaria japonica* oranının azalmasıyla pişirme kaybı da artmıştır.

Küçüközet ve Uslu (2018) tarafından üretilen sodyum kazeinat ve sodyum kazeinat-patates nişastası bazlı filmlerle kaplanan broiler etlerde, filmle kaplanmamış örneklere kıyasla pişirme kaybının daha az ($p<0.05$) olduğu belirtilmiştir.

4.10.2. Su tutma kapasitesi

Transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan ve chia müsilaj bazlı filmle kaplanan nugget örneklerinin su tutma kapasitesine (%) ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.23'te; Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların su tutma kapasitesine (%) ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	24.773	51.45**
Hata	25	0.482	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.24. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama su tutma kapasitesine (%) ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

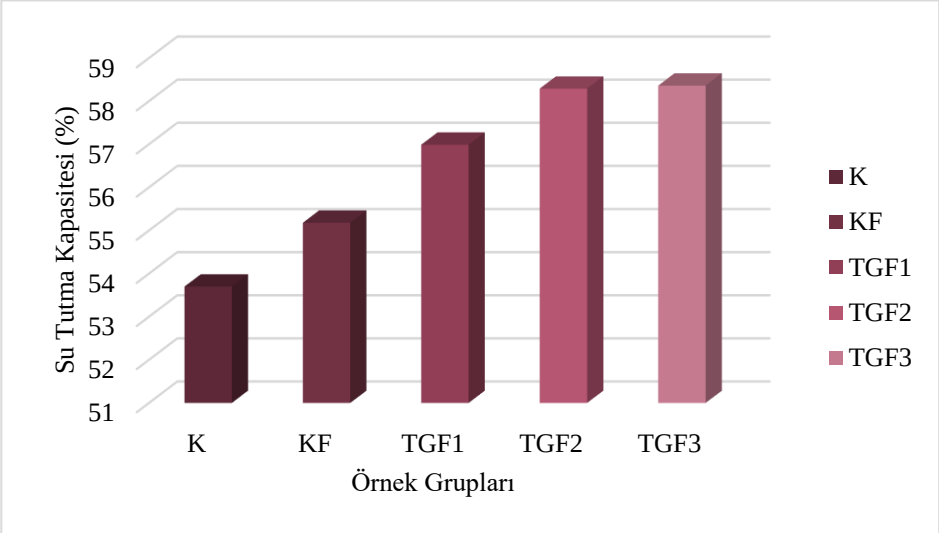
Faktör	n	Su tutma kapasitesi (%)
Oran		
K	6	$53.70^{d}\pm 0.47$
KF	6	$55.18^{c}\pm 1.09$
TGF1	6	$56.99^{b}\pm 0.29$
TGF2	6	$58.29^{a}\pm 0.64$
TGF3	6	$58.36^{a}\pm 0.71$

$^{a-d}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim ilave edilmemiş filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş filmle kaplanmış grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup, TGF2: %1 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup.

Varyans analiz sonuçlarına göre nuggetlara ilave edilen enzim oranı ve film kaplamanın su tutma kapasitesi üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Transglutaminaz enziminin, et ürünlerinde bağlama özellikleri üzerine etkisi çelişkilidir (Trespalacios ve Pla, 2007a). Yapılan bazı çalışmalarda, enzimin proteinlerin su bağlama kapasitesini arttırdığı ifade edilmiştir (Motoki ve ark., 1984; Kuraishi ve ark., 1996).

Çizelge 4.24'e göre artan enzim oranıyla örneklerin su tutma kapasitesi de artmıştır. TGF2 ve TGF3 grupları arasında istatistiki açıdan fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ayrıca filmle kaplanan grupların, filmle kaplanmamış kontrol grubundan daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.



K: Enzim içermeyen filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş film kaplamalı grup, TGF1: % 0.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF2: % 1 enzim ilaveli film kaplamalı grup, TGF3: % 1.5 enzim ilaveli film kaplamalı grup.
Şekil 4.3. Örneklerin su tutma kapasitesi sonuçları

Pietrasik ve Li-Chan (2002a), yürüttükleri çalışmada sığır eti homojenatlarına enzim ilavesinin, jellerin su tutma kapasitesini önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir ($p<0.001$).

Ruiz-Carrascal ve Regenstein (2002) yaptıkları çalışmada enzim ilavesiyle, emülsiyon stabilitesi ve su tutma kapasitesinin arttığını göstermişlerdir. Ancak, Hammer (1998) mikrobiyal transglutaminazın (%0.2) sosisler üzerinde su bağlama özelliği açısından önemli bir etkisini belirlememiştir.

Dimitrakopoulou ve ark. (2005) tuz, transglutaminaz ve işleme koşullarının etkisini inceledikleri araştırmasında, tuz seviyesinin artmasıyla ürünün nem içeriğinin de arttığını tespit etmiştir ($p<0.05$). Ayrıca su tutma özelliğini geliştirmek amacıyla et ürünlerinde tuz (NaCl) kullanıldığını belirtmişlerdir.

Wulandari ve Yuliatmo (2018), yaptıkları çalışmada üç farklı konsantrasyonda sığır derisi jelatini ve gliserolle film hazırlayarak köfte kaplamada kullanmışlar ve örnekleri 10 °C'de üç farklı sürede (3, 6 ve 9 gün) depolamışlardır. Depolama süresi ve film jelatin konsantrasyonunun su tutma kapasitesi üzerine önemli etkide ($p<0.05$) bulunduğunu tespit etmişlerdir. Su tutma kapasitesinin artan jelatin oranıyla arttığı, jelatin içermeyen filmle kaplı örneğin su tutma kapasitesinde, depolama günü boyunca düşüş olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir.

Kenawi ve Petrovic (2012), dondurulmuş bufalo etlerin stabilitesi üzerine baharat ekstraktı ve yenilebilir ambalajlamanın etkisini araştırdıkları çalışmada, kitosanla muamele edilmiş örneklerde su tutma kapasitesi değerinin daha yüksek olduğu ve depolama süresiyle su tutma kapasitesi değerinin düştüğünü gözlemlemişlerdir.

4.10.3. Yağ tutma kapasitesi

Transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan ve chia müsilaj bazlı filmle kaplanan nuggetların yağ tutma kapasitesine (%) ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.25'te; Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre nuggetlara ilave edilen enzim oranı ve film kaplamanın yağ tutma kapasitesi üzerine etkisi istatistiki açıdan oldukça önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.25 Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların yağ tutma kapasitesine ait **V**aryans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Oran	4	14118.61	1743.48 **
Hata	25	8.10	-
Genel	29	-	-

(**) $p < 0.01$ seviyesinde önemli

Çizelge 4.26. Transglutaminaz enzimi ilave edilmiş chia müsilaj bazlı filmle kaplanmış nuggetların ortalama yağ tutma kapasitesine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Faktör	n	Yağ Tutma Kapasitesi (%)
Oran		
K	6	384.26^{c}±2.02
KF	6	366.40^{d}±4.48
TGF1	6	380.68^{c}±1.63
TGF2	6	467.68^{a}±1.59
TGF3	6	461.82^{b}±3.35

$^{a-d}$: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.
K: Enzim ilave edilmemiş filmle kaplanmamış grup, KF: Enzim ilave edilmemiş filmle kaplanmış grup, TGF1: %0.5 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup, TGF2: %1 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup, TGF3: %1.5 enzim ilaveli filmle kaplanmış grup.

Çizelge 4.26'ya göre en düşük yağ tutma kapasitesi KF grubunda belirlenirken; en yüksek değer de TGF2 grubunda gözlenmiştir. Kontrol grupları arasında filmle kaplı grubun, filmle kaplanmayan gruptan daha düşük yağ tutma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.

Derin yağda kızartma işlemi, gıdanın sıcak yağa daldırılıp pişirilmesi olayıdır. Kızartma işlemi sırasında gıdada ısı-kütle transferi meydana gelir. Esas itibarıyla kızartma işlemi, yüksek yağ sıcaklığında, hızlı ısı transferiyle kısa bir pişirme işleminin gerçekleştiği dehidrasyon işlemidir (Dana ve Saguy, 2006).

Filmle kaplanan ya da kaplanmayan kızartılmış örnekler arasındaki nem ve yağ içeriği bakımından farklılıklar, kızartma işlemi esnasında buharlaşmayla suyun yağ ile yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır (Khazaei ve ark., 2016). Kızartma işlemi sırasında meydana gelen ısı transferi ile su buharlaşır ve suyun buharlaşmasıyla oluşan boşluklara yağ dolar. Böylece kızartılan yiyeceklerin yağ içeriği artar (Kim ve ark., 2011). Bununla birlikte gıdada nem kaybı ile yağ alımı arasında ters ilişki vardır (Noshad ve ark., 2017). Kızartma işlemi esnasında düşük nem kaybı sonucu düşük yağ emilimi meydana gelir (Pinthus ve ark., 1993). Kaplama materyali olarak hidrokolloidlerin kullanılması, numunenin nem tutmasını arttırarak, kızartma sırasında daha az yağ alımına neden olmaktadır (Freitas ve ark., 2009).

Gıdanın yüzey alanı, kızartma sırasında yağ alımına etki eden faktörlerden biridir. Derin yağda kızartma esnasında gıdaların yağ alımını azaltmak amacıyla onları hidrokolloidlerle kaplamak etkili bir yöntem olabilmektedir (Mona ve Waleed, 2017).

Film ve kaplamalarda, müsilaj gibi hidrofilik ve ısıyla jelleşme özelliği gösteren bileşenlerin eklenmesi, kızartılan gıdaların yağ alımını azaltabilmektedir. Kaplamalar, gıda yağa daldırıldığında, daha güçlü bir yüzey oluşturur ve gıdanın gevrekliğinin ve iç neminin artmasına yol açar, bu durum da gözenek sayısı, boyutu ve suyun buharlaşmasını azaltabilmektedir (Beikzadeh ve ark., 2020).

Farklı oranlarda (%6-8-10) timol içeren fesleğen tohumu gamından yapılan yenilebilir kaplamaların, derin yağda kızartılan karideslerin yağ alımına etkisinin incelendiği bir çalışmada, kaplanmamış örneklerin kaplanmış örneklere nazaran daha yüksek yağ tutma kapasitesine sahip olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir. Timol oranının örneklerin yağ tutma kapasitesine etkileri istatistiki açıdan önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Khazaei ve ark., 2016).

Noshad ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, ayva çekirdeği bazlı solüsyonla kaplamanın örneklerin yağ tutma kapasitesini düşürdüğü belirlenmiştir ($p>0.05$).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, artan kentleşme, yaşam tarzının değişimi, hızlı tüketim alışkanlıklarının benimsenmesi gibi çeşitli faktörlerin etkisiyle tüketimi giderek artan nugget ürününde, yumurtlama verimi düşen ve direkt olarak tüketilmeyen yumurtacı tavuk etlerinin değerlendirilme imkânı araştırılmıştır. Çalışmamızda 72 hafta üzerinde yaşta olan yumurtacı tavuklardan hazırlanan nuggetların çeşitli kalite özellikleri üzerine transglutaminaz enzimi ilavesi ve chia müsilaj bazlı yenilebilir filmle kaplamanın etkisi belirlenmiş ve elde edilen bulgular istatistiki analiz sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

Kullanılan tavuk etinin nem içeriğinin %75.18, protein içeriğinin %20.82, yağ içeriğinin %1.95 ve kül içeriğinin %1.23 ve pH değerinin 5.41 olduğu belirlenmiştir. Tavuk etlerinin renk parametrelerine bakıldığında ise *L** değeri 51.21, *a** değeri 10.99 ve *b** değeri 9.52 olarak ölçülmüştür. Film üretiminde kullanılan chia tohumunun ise %5.55 nem, % 23.97 protein ve % 28.72 yağ içeriğine sahip olduğu tespit edilmiş, üretilen filmin *L** değerinin 73.07, *a** değerinin 2.11 ve *b** değerinin de 13.58 olduğu gözlenmiştir.

pH analizi sonuçlarına göre, enzim kullanımı ve film kaplamanın tüm gruplarda pH değerini düşürdüğü belirlenmiştir ($p<0.01$). Örneklerin pH değerlerinin 5.35 ile 5.48 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Filmle kaplı tüm gruplarda depolama boyunca, pH değeri devamlı olarak azalış göstermiştir.

Örneklerin renk değerleri üzerine, film kaplamanın etkisinin oldukça önemli olduğu ($p<0.01$) belirlenmiştir. Filmle kaplanmamış kontrol grubuna kıyasla, filmle kaplı örneklerin parlaklık ve sarılık değerinin daha düşük olduğu; kırmızılık değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Renk ölçümlerine göre örneklerin; *L** değerinin 42.47-51.41, *a** değerinin 4.12-7.30, *b** değerinin 17.06-22.34 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

TBA analiz sonuçlarına bakıldığında transglutaminaz enzimi kullanımının oldukça önemli etkide bulunduğu ($p<0.01$) belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kontrol grubuna kıyasla transglutaminaz enzimi kullanılan gruplarda TBA değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar; transglutaminazın prooksidan etki gösterdiğini düşündürmüştür. En düşük TBA değeri 0.32 (mg MA/kg örnek), en yüksek TBA değeri ise 0.70 (mg MA/kg örnek) olarak bulunmuştur.

DPPH analiz sonuçları, film kaplama uygulamasının ve transglutaminaz enzimi kullanımının, nuggetların antioksidan kapasitesi üzerine etkisinin önemsiz ($p>0.05$) olduğunu göstermiştir.

Transglutaminaz enzimi kullanımının tekstürel açıdan etkisine bakıldığında enzim kullanımının örneklerin sertlik değerini arttırdığı ($p<0.01$), esneklik ve çiğnenebilirlik değerlerinin artan enzim konsantrasyonuna paralel olarak artış ($p<0.01$) gösterdiği tespit edilmiştir.

Örneklerin teknolojik özellikleri üzerine transglutaminaz enzimi ve filmle kaplamanın etkisi oldukça önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Örneklerin pişirme kaybı değeri filmle kaplama ve transglutaminaz enzimi kullanımıyla azalma göstermiştir. Su tutma kapasitelerinde ise artış meydana gelmiştir. Örneklerin yağ tutma kapasitesi bakımından, kontrol grupları arasında kıyaslama yapıldığında; film kaplamanın yağ tutma kapasitesini düşürdüğü belirlenmiştir. Artan enzim konsantrasyonuyla birlikte örneklerin yağ tutma kapasitesi artış göstermiştir.

5.2 Öneriler

Yumurta verimi düşen yumurtacı tavuk etleri, düşük kaliteli ve tüketici tarafından direkt olarak tüketim talebi olmayan, çok düşük fiyatlarla satılan tavuklardır. Zaman zaman satılmayan bu tavuklar üretici için çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Bunun haricinde protein ve doymamış yağ asidi açısından oldukça zengin olan bu tavuk etleri, oldukça sağlıklı ve besleyicidir. Bu etlerin katma değerli ürünlere işlenerek tüketiciye sunulma imkanları değerlendirilmelidir. Bu amaçla son yıllarda tüketimi giderek artan nuggetta, transglutaminaz enzim ilavesiyle çıkma tavuk etlerinin kullanım imkanları araştırılmıştır.

Çıkma tavuk etleri, yüksek oranda doymamış yağ asidi içermesi nedeniyle, oksidasyona daha açık gıdalardır. Gıdalar oksidasyon gibi çeşitli etkenlerden korunma amacıyla ambalajlanmaktadır. Ancak ambalajların plastik türevli olması, çevre kirliliğini arttırmakta ve bilinçlenen tüketicilerin bu duruma çözüm getirecek yöntemlere karşı olan talebine yol açmaktadır. Bu nedenle yenilebilir ambalajlara yönelik yapılan çalışmalar üzerine yoğunlaşılmıştır. Bu doğrultuda çalışmamızda chia müsilaj bazlı yenilebilir film üretilmiş ve nuggetların kaplanmasında kullanılmıştır.

Yağda kızartılarak pişirilen ürünlerde meydana gelen istenmeyen durumlardan biri de ürünün fazla yağ absorbe etmesidir. Bunun önlenmesinde yenilebilir kaplamalar

etkili sonuçlar göstermektedir. Nitekim yaptığımız çalışmada da; filmle kaplı örneklerin yağ tutma kapasitesinin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca araştırmamızda kullanılan transglutaminaz enziminin örneklerin pişirme kaybı, su tutma kapasitesi gibi teknolojik özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Diğer yandan örneklerin soğukta depolanma aşamasında meydana gelebilecek oksidasyonun önlenmesinde daha etkili sonuçların elde edilmesi amacıyla doğal antioksidan etkili ekstraktlarla zenginleştirilmiş chia müsilaj bazlı filmlerin kullanımının daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aalami, M. ve Leelavathi, K., 2008, Effect of microbial transglutaminase on spaghetti quality, *Journal of Food Science*, 73 (5), C306-C312.

Ahhmed, A. M., Kawahara, S., Ohta, K., Nakade, K., Soeda, T. ve Muguruma, M., 2007, Differentiation in improvements of gel strength in chicken and beef sausages induced by transglutaminase, *Meat Science*, 76 (3), 455-462.

Ahhmed, A. M., Kuroda, R., Kawahara, S., Ohta, K., Nakade, K., Aoki, T. ve Muguruma, M., 2009a, Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking, *Food Chemistry*, 112 (2), 354-361.

Ahhmed, A. M., Nasu, T., Huy, D. Q., Tomisaka, Y., Kawahara, S. ve Muguruma, M., 2009b, Effect of microbial transglutaminase on the natural actomyosin cross-linking in chicken and beef, *Meat Science*, 82 (2), 170-178.

Akbaba, G., 2006, Yenilebilir ambalajlar, *Bilim ve Teknik Dergisi*, 30-32.

Akcan, T., 2013, Doğal Antioksidan Katkılı Yenilebilir Filmlerin Köfte Tipi Et Ürünlerinde Kullanımının Araştırılması, *Ege Üniversitesi*, *Fen Bilimleri Enstitüsü,* Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Akçiçek, A. ve Karasu, S., 2018, Utilization of cold pressed chia seed oil waste in a low-fat salad dressing as natural fat replacer, *Journal of Food Process Engineering*, 41 (5), 1-10.

Alak, G., Güler, K., Uçar, A., Parlak, V., Kocaman, E. M., Yanık, T. ve Atamanalp, M., 2019, Quinoa as polymer in edible films with essential oil: Effects on rainbow trout fillets shelf life, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (12), 1-11.

Alotaibi, S. ve Tahergorabi, R., 2018, Development of a sweet potato starch-based coating and its effect on quality attributes of shrimp during refrigerated storage, *LWT*, 88, 203-209.

Ando, H., Adachi, M., Umeda, K., Matsuura, A., Nonaka, M., Uchio, R., Tanaka, H. ve Motoki, M., 1989, Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms, *Agricultural and Biological Chemistry*, 53 (10), 2613-2617.

Anonim, 2020a, http://www.sagliklitavuk.org [19.05.20].

Anonim, 2020b, https://www.nationalchickencouncil.org/chicken-the-preferred-protein-for-your-health-and-budget/the-nutritional-value-of-chicken/, [15.05.2020].

Anonim, 2020c, www.tuik.gov.tr, T.C. Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, www.tuik.gov.tr: [25.05.2020].

Anonim, 2020d, http://www.bansertra.com/en/food.html [15.04.20].

Anonim, 2020e, https://thechiaco.com/au/ [22.04.20].

Anonim, 2020f, http://www.google.com.tr/images, [20.04.2020].

Anonim, 2020g, https://en.wikipedia.org/wiki/Chia_seed [20.04.2020].

Anonymous, 2015, Türkiye Beslenme Rehberi TÜBER, T.C. *Sağlık Bakanlığı* No: 1031, ISBN : 978-975-590-608-9, Ankara.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC Int. (17th ed.). AOAC Int. Suite 500, 481 North Frederick Avenue Gaithersburg, Maryland 20877-2417 USA.

Aranibar, C., Pigni, N. B., Martinez, M., Aguirre, A., Ribotta, P., Wunderlin, D. ve Borneo, R., 2018, Utilization of a partially-deoiled chia flour to improve the nutritional and antioxidant properties of wheat pasta, *LWT- Food Science and Technology*, 89, 381-387.

Aşkın, O. O. ve Kılıç, B., 2009, Effect of microbial transglutaminase, sodium caseinate and non-fat dry milk on quality of salt-free, low fat turkey döner kebab, *LWT-Food Science and Technology*, 42 (10), 1590-1596.

Ayaz, A., Akyol, A., İnan-Eroğlu, E., Kabasakal Çetin, A., Samur, G. ve Akbıyık, F., 2017, Chia seed (*Salvia Hispanica* L.) added yogurt reduces short-term food intake and increases satiety: randomised controlled trial, *Nutrition Research and Practice*, 11 (5), 412-418.

Ayerza Jr, R. ve Coates, W., 2007, Effect of dietary α-linolenic fatty acid derived from chia when fed as ground seed, whole seed and oil on lipid content and fatty acid composition of rat plasma, *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51 (1), 27-34.

Barros, J. C., Munekata, P. E. S., Pires, M. A., Rodrigues, I., Andaloussi, O. S., da Costa Rodrigues, C. E. ve Trindade, M. A., 2018, Omega-3-and fibre-enriched chicken nuggets by replacement of chicken skin with chia (*Salvia hispanica* L.) flour, *LWT-Food Science and Technology*, 90, 283-289.

Başaran, P., Başaran-Akgül, N. ve Rasco, B., 2010, Dielectric properties of chicken and fish muscle treated with microbial transglutaminase, *Food Chemistry*, 120 (2), 361-370.

Baytar, B., 2010, Transglutaminaz enzimi ve NaCl'nin tavuk köftelerinin çeşitli özellikleri üzerindeki etkilerinin yanıt yüzeyi yöntemi ile modellenmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Yüksek Lisans Tezi, Van.

Behbahani, B. A., Shahidi, F., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A. ve Mohebbi, M., 2017, Use of Plantago major seed mucilage as a novel edible coating incorporated with Anethum graveolens essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage, *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 515-526.

Behbahani, B. A. ve Fooladi, A. A. I., 2018, Shirazi balangu (*Lallemantia royleana*) seed mucilage: chemical composition, molecular weight, biological activity and its evaluation as edible coating on beefs, *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 882-889.

Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S. M., Pilevar, Z. ve Mortazavian, A. M., 2020, Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry, *Advances in Colloid and Interface Science*, 102164.

Bender, A., 1992, Meat and meat products in human nutrition in developing countries, FAO Rome, p.

Bharti, S., Pathak, V., Alam, T., Arya, A., Basak, G. ve Awasthi, M., 2020, Materiality of Edible Film Packaging in Muscle Foods: A Worthwhile Conception, *Journal of Packaging Technology and Research*, 1-16.

Bhaskar, K., Abraham, R., Rao, V. A., Babu, R. N. ve Pandian, A. S. S., 2017, Functional Properties of Spent Hen Meat Injected with Ultra Refined Papain Powder, *Journal of Meat Science and Technology*, 5 (1), 16-19.

Bhat, Z. F., Kumar, P. ve Kumar, S., 2013, Effect of skin, enrobing and refrigerated storage on the quality characteristics of chicken meat balls, *Journal of Food Science and Technology*, 50 (5), 890-899.

Biswas, S., Chakraborty, A. ve Sarkar, S., 2006, Comparison among the qualities of patties prepared from chicken broiler, spent hen and duck meats, *The Journal of Poultry Science*, 43 (2), 180-186.

Borneo, R., Aguirre, A. ve León, A. E., 2010, Chia (Salvia hispanica L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations, *Journal of the American Dietetic Association*, 110 (6), 946-949.

Bourtoom, T., 2008, Edible films and coatings: characteristics and properties, *International Food Research Journal*, 15 (3), 237-248.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E. ve Berset, C., 1995, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *LWT-Food Science and Technology*, 28 (1), 25-30.

Bueno, M., Sapio, O. d., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M. ve Severin, C., 2010, Quality tests of *Salvia hispanica* L.(Lamiaceae) fruits marketed in the city of Rosario (Santa Fe province, Argentina), *Boletin Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9 (3), 221-227.

Çağrı, A., Üstünol, Z. ve Ryser, E. T., 2004, Antimicrobial edible films and coatings, *Journal of Food Protection*, 67 (4), 833-848.

Campos, B. E., Ruivo, T. D., da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S. ve Bergamasco, R. d. C., 2016, Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier, *LWT-Food Science and Technology*, 65, 874-883.

Campos, C. A., Gerschenson, L. N. ve Flores, S. K., 2011, Development of edible films and coatings with antimicrobial activity, *Food and Bioprocess Technology*, 4 (6), 849-875.

Capitani, M. I., Corzo-Rios, L., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D., Nolasco, S. M. ve Tomás, M. C., 2015, Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage, *Journal of Food Engineering*, 149, 70-77.

Carballo, J., Ayo, J. ve Colmenero, F. J., 2006, Microbial transglutaminase and caseinate as cold set binders: Influence of meat species and chilling storage, *LWT-Food Science and Technology*, 39 (6), 692-699.

Cassiday, L., 2017, Chia: superfood or superfat, *Inform*, 28 (1), 6-13.

Cha, D. S. ve Chinnan, M. S., 2004, Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44 (4), 223-237.

Chaichi, M., Hashemi, M., Badii, F. ve Mohammadi, A., 2017, Preparation and characterization of a novel bionanocomposite edible film based on pectin and crystalline nanocellulose, *Carbohydrate Polymers*, 157, 167-175.

Chaparro-Hernández, S., Ruiz-Cruz, S., Márquez-Ríos, E., Ornelas-Paz, J. d. J., Del-Toro-Sánchez, C. L., Gassos-Ortega, L. E., Ocaño-Higuera, V. M., López-Mata, M. A. ve Devora-Isiordia, G. E., 2019, Effect of Chitosan–Tomato Plant Extract Edible Coating on the Quality, Shelf Life, and Antioxidant Capacity of Pork during Refrigerated Storage, *Coatings*, 9 (12), 827.

Chavan, V., Gadhe, K., Dipak, S. ve Hingade, S., 2017, Studies on extraction and utilization of chia seed gel in ice cream as a stabilizer, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6 (5), 1367-1370.

Chierentin, G. S., Teixeira, B. S. ve Del Mastro, N. L., The effect of gamma radiation on Chia (*Salvia hispanica* L.) edible film, 48 (1), 22-27.

Choi, Y.-S., Jeong, T.-J., Hwang, K.-E., Song, D.-H., Ham, Y.-K., Kim, H.-W., Kim, Y.-B. ve Kim, C.-J., 2016, Combined effects of *Laminaria japonica* and transglutaminase on physicochemical and sensory characteristics of semi-dried chicken sausages, *Poultry Science*, 95 (8), 1943-1949.

Cofrades, S., Santos-López, J., Freire, M., Benedí, J., Sánchez-Muniz, F. ve Jiménez-Colmenero, F., 2014, Oxidative stability of meat systems made with W1/O/W2 emulsions prepared with hydroxytyrosol and chia oil as lipid phase, *LWT-Food Science and Technology*, 59 (2), 941-947.

Colmenero, F. J., Ayo, M. ve Carballo, J., 2005, Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers, *Meat Science*, 69 (4), 781-788.

Coorey, R., Grant, A. ve Jayasena, V., 2012, Effect of chia flour incorporation on the nutritive quality and consumer acceptance of chips, *Journal of Food Research*, 1 (4), 85-95.

Costantini, L., Lukšič, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L. ve Merendino, N., 2014, Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients, *Food Chemistry*, 165, 232-240.

da Silva Marineli, R., Moraes, É. A., Lenquiste, S. A., Godoy, A. T., Eberlin, M. N. ve Maróstica Jr, M. R., 2014, Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.), *LWT-Food Science and Technology*, 59 (2), 1304-1310.

Dana, D. ve Saguy, I. S., 2006, Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth, *Advances in Colloid and Interface Science*, 128, 267-272.

Darwish, A. M., Khalifa, R. E. ve El Sohaimy, S. A., 2018, Functional properties of chia seed mucilage supplemented in low fat yoghurt, *Alexandria Science Exchange Journal*, 39 (3), 450-459.

de la Paz Salgado-Cruz, M., Calderón-Domínguez, G., Chanona-Pérez, J., Farrera-Rebollo, R. R., Méndez-Méndez, J. V. ve Díaz-Ramírez, M., 2013, Chia (Salvia hispanica L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study, *Industrial Crops and Products*, 51, 453-462.

Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.-A. ve Voilley, A., 1998, Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review, *Critical Reviews in Food Science*, 38 (4), 299-313.

Díaz-Ramírez, M., Beltrán-Orozco, M. d. C., Calderón-Domínguez, G., Cortés-Sánchez, A. d. J., Téllez-Medina, D., Ramos-Monroy, O. ve Salgado-Cruz, M., 2018, Effect of chia seed (*Salvia hispánica* L.) use in the elaboration of strawberry jam (Fragaria× ananassa Duch.) as jelling agent, *Agroproductividad*, 11 (11), 41-47.

Dick, M., Costa, T. M. H., Gomaa, A., Subirade, M., de Oliveira Rios, A. ve Flôres, S. H., 2015, Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties, *Carbohydrate Polymers*, 130, 198-205.

Dick, M., Henrique Pagno, C., Haas Costa, T. M., Gomaa, A., Subirade, M., de Oliveira Rios, A. ve Hickmann Flôres, S., 2016, Edible films based on chia flour: Development and characterization, *Journal of Applied Polymer Science*, 133 (2), 42455-42464.

Dimitrakopoulou, M., Ambrosiadis, J., Zetou, F. ve Bloukas, J., 2005, Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder, *Meat Science*, 70 (4), 743-749.

Divyashree, K., Kumar, A. K., Sharma, G. ve Semwal, A., 2016, Development and Storage Stability of Buckwheat-Chia Seeds Fortified Biscuits, *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 6 (1), 103-110.

Dursun, S. ve Erkan, N., 2009, The use of edible protein films in seafood, *Journal of Fisheries Sciences*, 3 (4), 352-373.

Ekinciler, T. ve Yücecan, S., 1973, Etin Beslenmemizdeki Yeri ve Kullanılması, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 2 (2), 138-147.

El-Magoli, S. B., Laroia, S. ve Hansen, P., 1996, Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate, *Meat Science*, 42 (2), 179-193.

El-Sheikh, D. M., 2014, Efficiency of using arabic gum and plantago seeds mucilage as edible coating for chicken boneless breast, *Food Sci Quality Mgmt*, 32, 28-33.

Embuscado, M. E. ve Huber, K. C., 2009, Edible films and coatings for food applications, 9, *Springer*, London, 1-56.

Ensoy, Ü., Kolsarıcı, N. ve Candoğan, K., 2004, Quality characteristics of spent layer surimi during frozen storage, *European Food Research and Technology*, 219 (1), 14-19.

Erdoğdu, M., 2019, Chia (*Salvia hispanica* L.) tohumu ilave edilmiş köftelerin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, *Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.

Erdoğdu, M. ve Geçgel, Ü., 2019, Chia Tohumu (*Salvia hispanica* L.) ve Yağının Fizikokimyasal Özellikleri ve Gıda Sektöründe Değerlendirilmesi, *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (21), 9-17.

Faid, S. M., 2017, Evaluation of yogurt and soft cheese fortified with chia seeds, *World Journal of Dairy & Food Sciences,* 12 (1), 01-12.

Feeney, R. E. ve Whitaker, J. R., 1987, Importance of cross-linking reactions in proteins, *Advances in Cereal Science and Technology (USA)*, 9, 21-46

Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K. ve Steel, C. J., 2015, Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes, *LWT-Food Science and Technology*, 63 (2), 1049-1055.

Felix, M., Romero, A., Rustad, T. ve Guerrero, A., 2017, Influence of Transglutaminase (TGase) enzyme on mechanical and bioactive properties of crayfish protein gels, *Food Biophysics*, 12 (3), 348-355.

Fernandes, S. S. ve de las Mercedes Salas-Mellado, M., 2017, Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes, *Food Chemistry*, 227, 237-244.

Ferrer, A., Pal, L. ve Hubbe, M., 2017, Nanocellulose in packaging: Advances in barrier layer technologies, *Industrial Crops and Products*, 95, 574-582.

Folk, J. ve Finlayson, J., 1977, The ε-(γ-glutamyl) lysine crosslink and the catalytic role of transglutaminases, In: Advances in protein chemistry, Eds: Elsevier, p. 1-133.

Freitas, D. D. G. C., Berbari, S. A. G., Prati, P., Fakhouri, F. M., Queiroz, F. P. C. ve Vicente, E., 2009, Reducing fat uptake in cassava product during deep-fat frying, *Journal of Food Engineering*, 94 (3-4), 390-394.

García, M. A., Martino, M. N. ve Zaritzky, N. E., 2000, Microstructural characterization of plasticized starch-based films, *Starch-Stärke*, 52 (4), 118-124.

Gaspar, A. L. C. ve de Góes-Favoni, S. P., 2015, Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review, *Food Chemistry*, 171, 315-322.

Gerrard, J. A., 2002, Protein–protein crosslinking in food: methods, consequences, applications, *Trends in Food Science & Technology*, 13 (12), 391-399.

Giosafatto, C. V. L., Di Pierro, P., Gunning, P., Mackie, A., Porta, R. ve Mariniello, L., 2014, Characterization of citrus pectin edible films containing transglutaminase-modified phaseolin, *Carbohydrate Polymers*, 106, 200-208.

Go, E. J. ve Song, K. B., 2019, Antioxidant properties of rye starch films containing rosehip extract and their application in packaging of chicken breast, *Starch-Stärke*, 71 (11-12), 1-8.

Goyat, J., Passi, S., Suri, S. ve Dutta, H., 2018, Development of chia (*Salvia hispanica*, L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa*, L.) seed flour substituted cookies-physicochemical, nutritional and storage studies, *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6 (3), 757-769.

Gökalp, H., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö., 1999, Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuar uygulama kılavuzu, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 318, Ders Kitabı: 69, Erzurum.

Gray, J. I. ve Monahan, F. J., 1992, Measurement of lipid oxidation in meat and meat products, *Trends in Food Science & Technology*, 3, 315-319.

Gujral, H. S., Kaur, A., Singh, N. ve Sodhi, N. S., 2002, Effect of liquid whole egg, fat and textured soy protein on the textural and cooking properties of raw and baked patties from goat meat, *Journal of Food Engineering*, 53 (4), 377-385.

Hammer, G., 1998, Microbial transglutaminase and diphosphate in finely comminuted cooked sausage, *Fleischwirtschaft (Germany)*, 78 (11), 1155–1156, 1159–1162, 1186.

Hazar F. Y., 2018, Pastırma üretiminde transglutaminaz enziminin kullanılması, *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Heck, R. T., Vendruscolo, R. G., de Araújo Etchepare, M., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Barin, J. S., Lorenzo, J. M., Wagner, R. ve Campagnol, P. C. B., 2017, Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n− 6/n− 3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties?, *Meat Science*, 130, 16-25.

Heck, R. T., Saldaña, E., Lorenzo, J. M., Correa, L. P., Fagundes, M. B., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Wagner, R. ve Campagnol, P. C. B., 2019, Hydrogelled emulsion from chia and linseed oils: A promising strategy to produce low-fat burgers with a healthier lipid profile, *Meat Science*, 156, 174-182.

Heinz, G. ve Hautzinger, P., 2007, Meat processing technology for small to medium scale producers, FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAP), Maliwan Mansion, 39 Phra Atit Road, Bangkok 10200, Thailand, 1-16.

Hunt, M., Acton, J., Benedict, R., Calkins, C., Cornforth, D., Jeremiah, L., Olson, D., Salm, C., Savell, J. ve Shivas, S., 1991, Guidelines for meat color evaluation, *44th Annual Reciprocal Meat Conference*, 9-12.

Iglesias-Puig, E. ve Haros, M., 2013, Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.), *European Food Research and Technology*, 237 (6), 865-874.

Işık, H., Dağhan, Ş. ve Gökmen, S., 2013, Gıda endüstrisinde kullanılan yenilebilir kaplamalar üzerine bir araştırma, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1), 26-35.

Iuliano, L., Gonzalez, G., Casas, N., Moncayo, D. ve Cote, S., 2019, Development of an organic quinoa bar with amaranth and chia, *Food Science and Technology*, 39, 218-224.

Ivan, Š., Marie, H. ve Barbora, B., 2017, Chia and teff as improvers of wheat-barley dough and cookies, *Czech Journal of Food Sciences*, 35 (1), 79-88.

Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M. ve Tomas, M. C., 2008, Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Industrial Crops and Products*, 28 (3), 286-293.

Ixtaina, V. Y., Vega, A., Nolasco, S. M., Tomás, M. C., Gimeno, M., Bárzana, E. ve Tecante, A., 2010, Supercritical carbon dioxide extraction of oil from Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.): Characterization and process optimization, *The Journal of Supercritical Fluids*, 55 (1), 192-199.

Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W., Nolasco, S. M. ve Tomás, M. C., 2011, Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (2), 166-174.

Jeevahan, J. ve Chandrasekaran, M., 2019, Nanoedible films for food packaging: a review, *Journal of Materials Science*, 54 (19), 12290-12318.

Johansson, C., Bras, J., Mondragon, I., Nechita, P., Plackett, D., Simon, P., Svetec, D. G., Virtanen, S., Baschetti, M. G. ve Breen, C., 2012, Renewable fibers and bio-based materials for packaging applications–a review of recent developments, *BioResources*, 7 (2), 2506-2552.

Jouki, M., Khazaei, N., Ghasemlou, M. ve HadiNezhad, M., 2013, Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum, *Carbohydrate Polymers*, 96 (1), 39-46.

Kala, R. K., Kondaiah, N., Anjaneyulu, A. S. ve Thomas, R., 2007, Evaluation of quality of chicken emulsions stored refrigerated (4±1 C) for chicken patties, *International Journal of Food Science & Technology*, 42 (7), 842-851.

Kalaikannan, A., Anjaneyulu, A. ve Santhi, D., 2007, Effect of egg proteins on the quality and refrigerated storage life of chicken patties made with broiler-spent hen meat and by-products, *International Journal of Food Science & Technology*, 42 (5), 579-586.

Kanaji, T., Ozaki, H., Takao, T., Kawajiri, H., Ide, H., Motoki, M. ve Shimonishi, Y., 1993, Primary structure of microbial transglutaminase from *Streptoverticillium* sp. strain s-8112, *Journal of Biological Chemistry*, 268 (16), 11565-11572.

Kang, G., Kim, S., Kim, J., Kang, H., Kim, D., Seong, P., Cho, S., Park, B. ve Kim, D., 2012, Effect of Flammulina velutipes on spent-hen breast meat tenderization, *Poultry Science*, 91 (1), 232-236.

Karami, N., Kamkar, A., Sahbazi, Y. ve Misaghi, A., 2019, Edible films based on chitosan-flaxseed mucilage: in vitro antimicrobial and antioxidant properties and their application on survival of food-borne pathogenic bacteria in raw minced trout fillets, *Pharmaceutical and Biomedical Research*, 5 (2), 10-16.

Karbowiak, T., Debeaufort, F. ve Voilley, A., 2007, Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films, *Food Hydrocolloids*, 21 (5-6), 879-888.

Katayama, K., Chin, K., Yoshihara, S. ve Muguruma, M., 2005, Microbial transglutaminase improves the property of meat protein and sausage texture manufactured with low-quality pork loins, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19 (1), 102-108.

Kaur, S., Kumar, S. ve Bhat, Z., 2015, Utilization of pomegranate seed powder and tomato powder in the development of fiber-enriched chicken nuggets, *Nutrition & Food Science*, 45 (5), 793-807

Kayaardı, S., Söbeli, C., Uyarcan, M. ve Uyanık, B., 2016, Yenilebilir Ambalajlar, *Plastik&Ambalaj Teknolojisi Dergisi*, 224, 60-63.

Kellerby, S. S., Gu, Y. S., McClements, D. J. ve Decker, E. A., 2006, Lipid oxidation in a menhaden oil-in-water emulsion stabilized by sodium caseinate cross-linked with transglutaminase, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (26), 10222-10227.

Kenawi, M. A. ve Petrovic, M. P., 2012, The combined effect of edible packaging and spices extract on stability of frozen buffalo meat product, *Lucrări Ştiinţifice-Universitatea de Ştiinţe Agricole şi Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*, 57, 12-18.

Kester, J. ve Richardson, T., 1984, Modification of whey proteins to improve functionality, *Journal of Dairy Science*, 67 (11), 2757-2774.

Khazaei, N., Esmaiili, M. ve Emam-Djomeh, Z., 2016, Effect of active edible coatings made by basil seed gum and thymol on oil uptake and oxidation in shrimp during deep-fat frying, *Carbohydrate Polymers*, 137, 249-254.

Kieliszek, M. ve Misiewicz, A., 2014, Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review, *Folia Microbiologica*, 59 (3), 241-250.

Kılıç, B., 2003, Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab, *Meat Science*, 63 (3), 417-421.

Kılınççeker, O., Doğan, İ. S. ve Küçüköner, E., 2009, Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets, *LWT-Food Science and Technology*, 42 (4), 868-873.

Kim, D. N., Lim, J., Bae, I. Y., Lee, H. G. ve Lee, S., 2011, Effect of hydrocolloid coatings on the heat transfer and oil uptake during frying of potato strips, *Journal of Food Engineering*, 102 (4), 317-320.

Koç, S., 2018, Farklı model sistemlerinde ve koşullarında çiya tohumunun jelleşme özelliklerinin incelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kodal Coşkun, B., Çalıkoğlu, E., Karagöz Emiroğlu, Z. ve Candoğan, K., 2014, Antioxidant active packaging with soy edible films and oregano or thyme essential oils for oxidative stability of ground beef patties, *Journal of Food Quality*, 37 (3), 203-212.

Kostadinović, L., Popović, S., Čolović, D., Vukmirović, Đ., Tasić, T., Puvača, N. ve Lević, J., 2016, Effect of extruded flaxseed in broiler diets on blood oxidative stability and meat fatty acid composition, *European Poultry Science (EPS)*, 80 (1), 1-14.

Kristam, P., Eswarapragada, N. M., Bandi, E. R. ve Tumati, S. R., 2016, Evaluation of edible polymer coatings enriched with green tea extract on quality of chicken nuggets, *Veterinary World*, 9 (7), 685.

Kuraishi, C., Sakamoto, J. ve Soeda, T., 1996, The usefulness of transglutaminase for food processing, In, Eds: ACS Publications, 637, 29-38.

Kuraishi, C., Yamazaki, K. ve Susa, Y., 2001, Transglutaminase: its utilization in the food industry, *Food Reviews International*, 17 (2), 221-246.

Kurt, Ş. ve Zorba, Ö., 2004, Transglutaminaz ve proteinlerin modifikasyonunda kullanımı, *GIDA*, 29 (5), 357-364.

Küçüközet, A. O. ve Uslu, M. K., 2018, Cooking loss, tenderness, and sensory evaluation of chicken meat roasted after wrapping with edible films, *Food Science and Technology International*, 24 (7), 576-584.

Lantto, R., Puolanne, E., Katina, K., Niemistö, M., Buchert, J. ve Autio, K., 2007, Effect of laccase and transglutaminase on the textural and water-binding properties of cooked chicken breast meat gels, *European Food Research and Technology*, 225 (1), 75-83.

Lee, S., Min, J., Kim, I. ve Lee, M., 2003, Physical evaluation of popped cereal snacks with spent hen meat, *Meat Science*, 64 (4), 383-390.

Lesiow, T., Rentfrow, G. K. ve Xiong, Y. L., 2017, Polyphosphate and myofibrillar protein extract promote transglutaminase-mediated enhancements of rheological and textural properties of PSE pork meat batters, *Meat Science*, 128, 40-46.

Li, C.-T., 2006, Myofibrillar protein extracts from spent hen meat to improve whole muscle processed meats, *Meat Science*, 72 (3), 581-583.

Lin, K.-Y., Daniel, J. R. ve Whistler, R. L., 1994, Structure of chia seed polysaccharide exudate, *Carbohydrate Polymers*, 23 (1), 13-18.

Luciano, F. B. ve Arntfield, S., 2012, Use of transglutaminases in foods and potential utilization of plants as a transglutaminase source–Review, *Biotemas*, 25 (4), 1-11.

Luo, M., Cao, Y., Wang, W., Chen, X., Cai, J., Wang, L. ve Xiao, J., 2019, Sustained-release antimicrobial gelatin film: Effect of chia mucilage on physicochemical and antimicrobial properties, *Food Hydrocolloids*, 87, 783-791.

Ly, B. C. K., Dyer, E. B., Feig, J. L., Chien, A. L. ve Del Bino, S., 2020, Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement, *Journal of Investigative Dermatology*, 140 (1), 3-12.

Mahdavi, V., Hosseini, S. E. ve Sharifan, A., 2018, Effect of edible chitosan film enriched with anise (*Pimpinella anisum* L.) essential oil on shelf life and quality of the chicken burger, *Food Science & Nutrition*, 6 (2), 269-279.

Manrich, A., Moreira, F. K., Otoni, C. G., Lorevice, M. V., Martins, M. A. ve Mattoso, L. H., 2017, Hydrophobic edible films made up of tomato cutin and pectin, *Carbohydrate Polymers*, 164, 83-91.

Marsh, K. ve Bugusu, B., 2007, Food packaging—roles, materials, and environmental issues, *Journal of Food Science*, 72 (3), R39-R55.

Martínez, B., Miranda, J. M., Franco, C. M., Cepeda, A. ve Vázquez, M., 2011, Evaluation of transglutaminase and caseinate for a novel formulation of beef patties enriched in healthier lipid and dietary fiber, *LWT-Food Science and Technology*, 44 (4), 949-956.

McHugh, T., 2000, Protein-lipid interactions in edible films and coatings, *Food/Nahrung*, 44 (3), 148-151.

McIvor, D., Baccus-Taylor, G. ve Comissiong, E., 2002, Manufacture of spent hen ayami and its utilisation in meatloaf and fresh sausage, *British Poultry Science*, 43 (2), 218-222.

Menga, V., Amato, M., Phillips, T. D., Angelino, D., Morreale, F. ve Fares, C., 2017, Gluten-free pasta incorporating chia (Salvia hispanica L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility, *Food Chemistry*, 221, 1954-1961.

Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G. ve Morales, F. J., 2016, Risk/benefit considerations of a new formulation of wheat-based biscuit supplemented with different amounts of chia flour, *LWT-Food Science and Technology*, 73, 528-535.

Mona, A. ve Waleed, Z. B., 2017, Effect of edible coating on oil uptake and shelf life of fried chicken strips, *Sciences*, 7 (03), 410-420.

Moreno, H. M., Borderías, A. J. ve Baron, C. P., 2010a, Evaluation of some physico-chemical properties of restructured trout and hake mince during cold gelation and chilled storage, *Food Chemistry*, 120 (2), 410-417.

Moreno, H. M., Carballo, J. ve Borderías, A. J., 2010b, Use of microbial transglutaminase and sodium alginate in the preparation of restructured fish models using cold gelation: Effect of frozen storage, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11 (2), 394-400.

Motoki, M., Nio, N. ve Takinami, K., 1984, Functional properties of food proteins polymerized by transglutaminase, *Agricultural and Biological Chemistry*, 48 (5), 1257-1261.

Motoki, M., Seguro, K., Nio, N. ve Takinami, K., 1986, Glutamine-specific deamidation of α S1-casein by transglutaminase, *Agricultural and Biological Chemistry*, 50 (12), 3025-3030.

Motoki, M. ve Seguro, K., 1998, Transglutaminase and its use for food processing, *Trends in Food Science & Technology*, 9 (5), 204-210.

Muguruma, M., Tsuruoka, K., Fujino, H., Kawahara, S., Yamauchi, K., Matsumura, S. ve Soeda, T., 1999, Gel strength enhancement of sausages by treating with

microbial transglutaminase, *Proceedings of the 45th International Congress of Meat Science and Technology*, 138-139.

Muguruma, M., Tsuruoka, K., Katayama, K., Erwanto, Y., Kawahara, S., Yamauchi, K., Sathe, S. ve Soeda, T., 2003, Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate, *Meat Science*, 63 (2), 191-197.

Mujtaba, M., Koc, B., Salaberria, A. M., Ilk, S., Cansaran-Duman, D., Akyuz, L., Cakmak, Y. S., Kaya, M., Khawar, K. M. ve Labidi, J., 2019, Production of novel chia-mucilage nanocomposite films with starch nanocrystals; An inclusive biological and physicochemical perspective, *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 663-673.

Muñoz-Tébar, N., De la Vara, J., de Elguea-Culebras, G. O., Cano, E., Molina, A., Carmona, M. ve Berruga, M., 2019, Enrichment of sheep cheese with chia (*Salvia hispanica* L.) oil as a source of omega-3, *LWT-Food Science and Technology*, 108, 407-415.

Muñoz, L., Aguilera, J., Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A. ve Diaz, O., 2012a, Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate, *Journal of Food Engineering*, 111 (3), 511-518.

Muñoz, L., Cobos, A., Diaz, O. ve Aguilera, J., 2012b, Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration, *Journal of Food Engineering*, 108 (1), 216-224.

Muppalla, S. R., Kanatt, S. R., Chawla, S. ve Sharma, A., 2014, Carboxymethyl cellulose–polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat, *Food Packaging and Shelf Life*, 2 (2), 51-58.

Murphy, E. W., Criner, P. E. ve Gray, B. C., 1975, Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23 (6), 1153-1157.

Nadeem, M., Imran, M., Taj, I., Ajmal, M. ve Junaid, M., 2017, Omega-3 fatty acids, phenolic compounds and antioxidant characteristics of chia oil supplemented margarine, *Lipids in Health and Disease*, 16 (1), 102.

Naveena, B. ve Mendiratta, S., 2001, Tenderisation of spent hen meat using ginger extract, *British Poultry Science*, 42 (3), 344-349.

Navid, S., Hilmi, M., Sazili, A. ve Sheikhlar, A., 2010, Effects of papaya leaf meal, pineapple skin meal and vitamin D3 supplementation on meat quality of spent layer chicken, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (22), 2873-2876.

Nielsen, G., Petersen, B. ve Møller, A., 1995, Impact of salt, phosphate and temperature on the effect of a transglutaminase (F XIIIa) on the texture of restructured meat, *Meat Science*, 41 (3), 293-299.

Noshad, M., Nasehi, B. ve Anvar, A., 2017, Evaluating the effect of active edible coating of quince seed mucilage and green tea extract on the quality of fried shrimps: physicochemical and sensory properties, *Nutrition and Food Sciences Research*, 4 (4), 31-36.

Nowsad, A., Huang, W., Kanoh, S. ve Niwa, E., 2000a, Washing and cryoprotectant effects on frozen storage of spent hen surimi, *Poultry Science*, 79 (6), 913-920.

Nowsad, A., Kanoh, S. ve Niwa, E., 2000b, Thermal gelation characteristics of breast and thigh muscles of spent hen and broiler and their surimi, *Meat Science*, 54 (2), 169-175.

Nowsad, A. A., Kanoh, S. ve Niwa, E., 2000c, Thermal gelation properties of spent hen mince and surimi, *Poultry Science*, 79 (1), 117-125.

Ockerman, H. W., 1985, Quality control of post-mortem muscle tissue, Vol.3. Ed. *The Ohio State Univ. Department of Anim. Sci*. Columbus, OH. USA.

OECD, 2020, Meat Consumption.

Oğuzhan, P. ve Yangılar, F., 2016, Yenilebilir film ve kaplamaların gıda endüstrisinde kullanımı, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 27-35.

Olivos-Lugo, B., Valdivia-López, M. ve Tecante, A., 2010, Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.), *Food Science and Technology International*, 16 (1), 89-96.

Orona-Tamayo, D., Valverde, M. ve Paredes-Lopez, O., 2017, Chia—The New Golden Seed for the 21st Century: Nutraceutical Properties and Technological Uses, In: Sustainable protein sources, Eds: Elsevier, p. 265-281.

Özbek, T., Şahin-Yeşilçubuk, N. ve Demirel, B., 2019, quality and nutritional value of functional strawberry marmalade enriched with chia seed (*Salvia hispanica* L.), *Journal of Food Quality*, 1-8.

Özçelik, A. T., 2018, His-etiketli pro-Mikrobiyal Transglutaminaz Enziminin Pichia pastoris' te Üretim ġartlarının Optimizasyonu, 9 (2), 666-673.

Öztürk, G. Y. ve Candoğan, K. T. D., 2009, Likopen içeren yenilebilir filmlerin sığır kıymasının oksidatif stabilitesine etkisi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara*.

Pathera, A. K., Riar, C., Yadav, S. ve Singh, P., 2016, Effect of cooking methods on lipid oxidation, microbiological and sensory quality of chicken nuggets under refrigerated storage, *Cogent Food & Agriculture*, 2 (1), 1-8.

Pietrasik, Z. ve Li-Chan, E., 2002a, Response surface methodology study on the effects of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties, *Food Research International*, 35 (4), 387-396.

Pietrasik, Z. ve Li-Chan, E., 2002b, Binding and textural properties of beef gels as affected by protein, κ-carrageenan and microbial transglutaminase addition, *Food Research International*, 35 (1), 91-98.

Pietrasik, Z., 2003, Binding and textural properties of beef gels processed with κ-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase, *Meat Science*, 63 (3), 317-324.

Pietrasik, Z., Jarmoluk, A. ve Shand, P., 2007, Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase, *LWT-Food Science and Technology*, 40 (5), 915-920.

Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F. ve Ruiz-Capillas, C., 2016, Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient, *Meat Science*, 114, 75-84.

Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., Cavalheiro, C. P. ve Ruiz-Capillas, C., 2018, Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation, *Meat Science*, 135, 6-13.

Pinthus, E. J., Weinberg, P. ve Saguy, I. S., 1993, Criterion for oil uptake during deep-fat frying, *Journal of Food Science*, 58 (1), 204-205.

Piringer, O. G. ve Baner, A. L., 2008, Plastic Packaging Materials for Food: Barrier Function, Mass Transport, Quality Assurance, and Legislation, John Wiley & Sons, Weinheim, 338.

Pizarro, P. L., Almeida, E. L., Sammán, N. C. ve Chang, Y. K., 2013, Evaluation of whole chia (*Salvia hispanica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake, *LWT-Food Science and Technology*, 54 (1), 73-79.

Pizarro, P. L., Almeida, E. L., Coelho, A. S., Sammán, N. C., Hubinger, M. D. ve Chang, Y. K., 2015, Functional bread with n-3 alpha linolenic acid from whole chia (*Salvia hispanica* L.) flour, *Journal of Food Science and Technology*, 52 (7), 4475-4482.

Polat, H., 2007, İşlenmiş et ürünlerinde yenilebilir filmlerin ve kaplamaların uygulamaları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.

Pop, C., Vlaic, R., Fărcaş, A., Salanță, L., Ghicăşan, D., Semeniuc, C. ve Rotar, A. M., 2015, Influence of pollen, chia seeds and cranberries addition on the physical and probiotics characteristics of yogurt, *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 72 (1), 141-142.

Reshi, M. U., Bhat, R. A., Dobi, M. R., Pirzada, R., Beigh, S. A., Ahad, W. A., Firdos, W. ve Malik, A. H., 2017, Enhancement of shelf life of spent hen meat sausages with incorporation of ginger extract, *International Journal of Current Microbiology Applied Sciences*, 6, 1124-1130.

Reyes-Caudillo, E., Tecante, A. ve Valdivia-López, M., 2008, Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Food Chemistry*, 107 (2), 656-663.

Rhim, J.-W., Park, H.-M. ve Ha, C.-S., 2013, Bio-nanocomposites for food packaging applications, *Progress in Polymer Science*, 38 (10-11), 1629-1652.

Ribotta, P., Perez, G., Leon, A. ve Anon, M., 2004, Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough, *Food Hydrocolloids*, 18 (2), 305-313.

Ruiz-Cruz, S., Valenzuela-López, C. C., Chaparro-Hernandez, S., Ornelas-Paz, J. D. J., Toro-Sánchez, C. L. D., Marquez-Rios, E., López-Mata, M. A., Ocaño-Higuera, V. M. ve Valdez-Hurtado, S., 2019, Effects of chitosan-tomato plant extract edible coatings on the quality and shelf life of chicken fillets during refrigerated storage, *Food Science and Technology*, 39 (1), 103-111.

Ruiz-Carrascal, J. ve Regenstein, J., 2002, Emulsion stability and water uptake ability of chicken breast muscle proteins as affected by microbial transglutaminase, *Journal of Food Science*, 67 (2), 734-739.

Saguer, E., Fort, N., Pares, D., Toldra, M. ve Carretero, C., 2007, Improvement of gelling properties of porcine blood plasma using microbial transglutaminase, *Food Chemistry*, 101 (1), 49-56.

Salgado, P. R., Ortiz, C. M., Musso, Y. S., Di Giorgio, L. ve Mauri, A. N., 2015, Edible films and coatings containing bioactives, *Current Opinion in Food Science*, 5, 86-92.

Sarıçoban, C. ve Karakaya, M., 2000, Sığır etine farklı oranlarda karıştırılan yumurta tavuğu etinin Türk tipi sucuk üretiminde kullanılabilme olanakları üzerine bir araştırma, *GIDA*, 26 (2), 109-113.

Sarkar, B., Upadhyay, S., Gogoi, P., Das, A., Hazarika, M., Rahman, Z. ve Datta, A., 2019, Development and quality evaluation of instant soup mix incorporated with spent hen meat shred, 7 (2), 24-30.

Seguro, K., Kumazawa, Y., Kuraishi, C., Sakamoto, H. ve Motoki, M., 1996, The ε-(γ-glutamyl) lysine moiety in crosslinked casein is an available source of lysine for rats, *The Journal of Nutrition*, 126 (10), 2557-2562.

Seol, K.-H., Lim, D.-G., Jang, A., Jo, C. ve Lee, M., 2009, Antimicrobial effect of κ-carrageenan-based edible film containing ovotransferrin in fresh chicken breast stored at 5 °C, *Meat Science*, 83 (3), 479-483.

Sezgin, A. C. ve Eren, F. Y., 2018, Gastronomi Alanında Transglutaminaz Enzimi Kullanım Olanakları, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6 (2), 578-591.

Sharma, R., Lorenzen, P. C. ve Qvist, K. B., 2001, Influence of transglutaminase treatment of skim milk on the formation of ε-(γ-glutamyl) lysine and the susceptibility of individual proteins towards crosslinking, *International Dairy Journal*, 11 (10), 785-793.

Sharma, S., Pathak, V., Singh, V., Goswami, M. ve Bharti, S., 2018, Comparative quality assessment of meat nuggets prepared from meat of different food animals, *International Journal of Livestock Research*, 8(1), 139-148.

Shon, J.-H., Eo, J.-H. ve Choi, Y.-H., 2011, Gelatin coating on quality attributes of sausage during refrigerated storage, *Food Science of Animal Resources*, 31 (6), 834-842.

Shukla, V., Mendiratta, S., Zende, R., Agarwal, R. ve Badhe, S., 2019, Enhancement of quality and shelf life of chicken patties using an edible coating of chitosan, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 8 (8), 406-417.

Silva, A., Schimdt, M., Scapin, G., Prestes, R., Ferreira, S. ve Da Rosa, C., 2015, Effect of extract of chia seed (*Salvia hispanica*) as an antioxidant in fresh pork sausage, 22 (3), 1195-1202.

Singh, J., Sharma, B., Madaan, M., Sharma, P., Kaur, T., Kaur, N., Bhamra, I. K., Kaur, S. ve Rasane, P., 2020, Chia seed based nutri bar: optimization, analysis and shelf life, 118 (9), 1394-1400.

Singh, R., Rao, K., Anjaneyulu, A. ve Patil, G., 2001, Moisture sorption properties of smoked chicken sausages from spent hen meat, *Food Research International*, 34 (2-3), 143-148.

Souza, A. H., Gohara, A. K., Rotta, E. M., Chaves, M. A., Silva, C. M., Dias, L. F., Gomes, S. T., Souza, N. E. ve Matsushita, M., 2015, Effect of the addition of chia's by-product on the composition of fatty acids in hamburgers through chemometric methods, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95 (5), 928-935.

Söbeli, C., Uyarcan, M., Kayaardı, S. ve Bayar, M. C., 2019, Biyobozunur Ambalaj Materyallerinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı, *Plastik&Ambalaj Teknolojisi*, 57-64.

Srinivasa, P., Ramesh, M. ve Tharanathan, R., 2007, Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films, *Food Hydrocolloids*, 21 (7), 1113-1122.

Steffolani, E., Martinez, M. M., León, A. E. ve Gómez, M., 2015, Effect of pre-hydration of chia (*Salvia hispanica* L.), seeds and flour on the quality of wheat flour breads, *LWT-Food Science and Technology*, 61 (2), 401-406.

Suman, S. P., Hunt, M. C., Nair, M. N. ve Rentfrow, G., 2014, Improving beef color stability: Practical strategies and underlying mechanisms, *Meat Science*, 98 (3), 490-504.

Sung, S.-Y., Sin, L. T., Tee, T.-T., Bee, S.-T., Rahmat, A., Rahman, W., Tan, A.-C. ve Vikhraman, M., 2013, Antimicrobial agents for food packaging applications, *Trends in Food Science & Technology*, 33 (2), 110-123.

Šuput, D. Z., Lazić, V. L., Popović, S. Z. ve Hromiš, N. M., 2015, Edible films and coatings: Sources, properties and application, *Food and Feed Research*, 42 (1), 11-22.

Swain, S., Biswal, S., Nanda, P. ve Nayak, P. L., 2004, Biodegradable soy-based plastics: opportunities and challenges, *Journal of Polymers and the Environment*, 12 (1), 35-42.

Şener, A. ve Temiz, A., 2004, Tavuk kesimhane ve işletmelerinde kullanılan ticari dezenfektanlar ve etkinlikleri, *Orlab On-Line Mikrobiyolojisi Dergisi*, 2 (10), 1-28.

Takma, D. K. ve Korel, F., 2019, Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat, *Food Packaging and Shelf Life*, 19, 210-217.

Tarté, R., 2009, Ingredients in meat products: properties, functionality and applications, *Springer Science Business Media LLC*, New York, USA, 187.

Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Barrow, C. J. ve Adhikari, B., 2016a, Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds, *Food Chemistry*, 212, 648-656.

Timilsena, Y. P., Wang, B., Adhikari, R. ve Adhikari, B., 2016b, Preparation and characterization of chia seed protein isolate–chia seed gum complex coacervates, *Food Hydrocolloids*, 52, 554-563.

Timilsena, Y. P., Vongsvivut, J., Adhikari, R. ve Adhikari, B., 2017, Physicochemical and thermal characteristics of Australian chia seed oil, *Food Chemistry*, 228, 394-402.

Topuz, F. C. ve Boran, G., 2018, Jelatin Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar, *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 16 (3), 332-339.

Trespalacios, P. ve Pla, R., 2007a, Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels, *Food Chemistry*, 100 (1), 264-272.

Trespalacios, P. ve Pla, R., 2007b, Synergistic action of transglutaminase and high pressure on chicken meat and egg gels in absence of phosphates, *Food Chemistry*, 104 (4), 1718-1727.

Tseng, T.-F., Liu, D.-C. ve Chen, M.-T., 2000, Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls, *Meat Science*, 55 (4), 427-431.

Uçan, F. ve Mercimek, H., 2013, Gıda endüstrisinde kitosan filmlerin önemi, *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (2), 79-85.

Udenigwe, C. C., Girgih, A. T., Mohan, A., Gong, M., Malomo, S. A. ve Aluko, R. E., 2017, Antihypertensive and bovine plasma oxidation-inhibitory activities of spent hen meat protein hydrolysates, *Journal of Food Biochemistry*, 41 (4), 1-8.

Ullah, R., Nadeem, M. ve Imran, M., 2017, Omega-3 fatty acids and oxidative stability of ice cream supplemented with olein fraction of chia (*Salvia hispanica* L.) oil, *Lipids in Health and Disease*, 16 (34), 1-8.

Ullah, R., Nadeem, M., Imran, M., Taj Khan, I., Shahbaz, M., Mahmud, A. ve Tayyab, M., 2018, Omega fatty acids, phenolic compounds, and lipolysis of cheddar cheese supplemented with chia (*Salvia hispanica* L.) oil, *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (4), 1-11.

Umaraw, P. ve Chauhan, G., 2018, Quality characteristics of spent hen meat powder incorporated whole wheat breads, *Nutrition & Food Science*, 48 (4), 579-588.

Uran, H., Aksu, F., Yılmaz, İ. ve Durak, M. Z., 2013, Transglutaminaz enziminin tavuk köftesinin kalite özelliklerine etkisi, 19 (2), 331-335.

Uran, H. ve Yilmaz, I., 2018, A research on determination of quality characteristics of chicken burgers produced with transglutaminase supplementation, *Food Science and Technology*, 38 (1), 19-25.

Ustunol, Z., 2009, Edible films and coatings for meat and poultry, In: Edible films and coatings for food applications, Eds: Springer, p. 245-268.

Ünal, K., 2012, Ekonomik verim dönemini tamamlamış yumurta tavuğu göğüs ve but etleri üzerine ultrasonik dalgaların etkileri, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*.

Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N. ve Gün, H., 1993, Principles and methods in sea food quality control, *Food Tech Ass, İstanbul*.

Verdú, S., Vásquez, F., Ivorra, E., Sánchez, A. J., Barat, J. M. ve Grau, R., 2015, Physicochemical effects of chia (*Salvia hispanica*) seed flour on each wheat bread-making process phase and product storage, *Journal of Cereal Science*, 65, 67-73.

Verdú, S., Barat, J. M. ve Grau, R., 2017, Improving bread-making processing phases of fibre-rich formulas using chia (*Salvia hispanica*) seed flour, *LWT- Food Science and Technology*, 84, 419-425.

Vital, A. C. P., Guerrero, A., de Oliveira Monteschio, J., Valero, M. V., Carvalho, C. B., de Abreu Filho, B. A., Madrona, G. S. ve do Prado, I. N., 2016, Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability, *PloS one*, 11 (8), 1-15.

Wu, F.-G., Tsao, P.-H., Lee, Y.-C. ve Guo, S.-F., 1996, Effects of acid or alkaline treatment on thermal denaturation of connective tissue from spent hen, *Journal-Chinese Society Of Animal Science*, 25, 335-346.

Wu, Y., Weller, C., Hamouz, F., Cuppett, S. ve Schnepf, M., 2001, Moisture loss and lipid oxidation for precooked ground-beef patties packaged in edible starch-alginate-based composite films, *Journal of Food Science*, 66 (3), 486-493.

Wulandari, D. ve Yuliatmo, R., 2018, The effect of coating of edible film from bovine split hide gelatin on beef meatballs properties, *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 43 (2), 177-183.

Yekta, R., Mirmoghtadaie, L., Hosseini, H., Norouzbeigi, S., Hosseini, S. M. ve Shojaee-Aliabadi, S., 2020, Development and characterization of a novel edible film based on *Althaea rosea* flower gum: Investigating the reinforcing effects of bacterial nanocrystalline cellulose, *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 327-337.

Yılmaz, M. T. ve Kılınççeker, O., 2016, Tavuk köftelerinin kalite ve duyusal özellikleri üzerine yenilebilir kaplama materyali olarak jelatin çözeltilerinin etkileri, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (3), 20-24.

Yokoyama, K., Nio, N. ve Kikuchi, Y., 2004, Properties and applications of microbial transglutaminase, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64 (4), 447-454.

Yücecan, S., 2008, Optimal Beslenme, 726, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı. Beslenme Bilgi Serisi- 1. Ankara: Klasmat Matbaacılık, Ankara.

Yüksel, Z. ve Erdem, Y. K., 2007, Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları: 1. Enzimin genel özellikleri, *GIDA*, 32 (6), 287-292.

Zettel, V. ve Hitzmann, B., 2016, Chia (*Salvia hispanica* L.) as fat replacer in sweet pan breads, *International Journal of Food Science & Technology*, 51 (6), 1425-1432.

Zhu, Y., Rinzema, A., Tramper, J. ve Bol, J., 1995, Microbial transglutaminase—a review of its production and application in food processing, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 44 (3-4), 277-282.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	İlkay ÇELİK
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Eskişehir, 16.05.1993
Telefon	**:**	0507 497 36 99
e-mail	**:**	ilky.clk.26@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Peyami Safa Anadolu Lisesi, Polatlı / ANKARA	2011
Üniversite	:	Erciyes Üniversitesi, Melikgazi / KAYSERİ	2016
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu / KONYA	2020
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2019-2020	Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü	Bursiyer

UZMANLIK ALANI

Et Bilimi ve Teknolojisi

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

1. Celik, I., Saricoban, C., 2020, Transglutaminaz Enziminin Çıkma Tavuk Etinden Üretilen Köfteler Üzerine Etkisi**,** *2. Uluslararası Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi,* Konya, 320-327 (Tam metin bildiri / Sözlü sunum).

2. Celik, I., Saricoban, C., 2020, Chia Müsilaj Bazlı Yenilebilir Filmin Fiziksel Özellikleri**,** *2. Uluslararası Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi,* Konya, 46-52 (Tam metin bildiri / Sözlü sunum).

3. Celik, I., Erturk, E. S., Alagoz, E., Olcay, H. S., Babaoglu, A. S. ve Saricoban, C., 2018, The Determination of Antioxidant Activity of Different Levels of Grapevine

Extract on Chicken Broth, *4th International Agriculture Congress*, Nevşehir, 157 (Poster Sunumu).

4. Olcay, H. S., **Celik, I**., Alagoz, E., Erturk, E. S. ve Saricoban, C., 2018, The Effects of Antioxidant Activity and Viscosity Properties of Chia Seed Mucilage on Chicken Broth, *4th International Agriculture Congress*, Nevşehir, 185 (Poster Sunumu).

5. Alagoz, E., Olcay, H. S., **Celik, I**., Erturk, E. S. ve Saricoban, C., 2018, The Use of Natural Antioxidants as Alternative to Synthetic Antioxidants in Meat and Meat Products, *4th International Agriculture Congress*, Nevşehir, 194 (Poster Sunumu).

6. Erturk, E. S., Alagoz, E., Olcay, H. S., **Celik, I**. ve Saricoban, C., 2018, The Determination of Antioxidant Activity and Viscosity Properties of Iota Carrageenan on Chicken Broth, *4th International Agriculture Congress*, Nevşehir, 178 (Poster Sunumu).