

T.C
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULTRASES DESTEKLİ OZMOTİK DEHİDRASYON
İŞLEMİNİN KAPLANMIŞ TAVUK ÜRÜNÜNÜN KALİTE
KRİTERLERİNE ETKİSİ**

Tezi Hazırlayan
Nuray KARATAŞ

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Cem Okan ÖZER

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Mayıs, 2022
NEVŞEHİR

T.C
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULTRASES DESTEKLİ OZMOTİK DEHİDRASYON
İŞLEMİNİN KAPLANMIŞ TAVUK ÜRÜNÜNÜN KALİTE
KRİTERLERİNE ETKİSİ**

Tezi Hazırlayan
Nuray KARATAŞ

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Cem Okan ÖZER

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Mayıs, 2022
NEVŞEHİR

TEŞEKKÜR

Üniversiteye başladığım ilk günden bu yana ve ayrıca yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tez çalışmam da büyük emeği olan, aynı zamanda kişilik olarak da bana çok şey katan Sayın Hocam Doç. Dr. Cem Okan ÖZER'e,

Laboratuvar çalışmalarım da yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. K. Emre GERÇEKASLAN'a, lisans ve yüksek lisans sürecinde bilgisini ve desteğini her zaman benimle paylaşan Sayın Doç. Dr. Kemal ŞEN'e, tezimi inceleyerek bilgilerini benimle paylaşan Sayın Doç. Dr. Cem BALTACIOĞLU'na

Tez çalışmamın laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını eksik etmeyen arkadaşım Gıda Yüksek Mühendisi Merve ÇAKIR'a,

Maddi ve manevi olarak her zaman desteklerini hissettiren sevgileriyle yanımda olan babam Cemal KARATAŞ'a, amcam Kemal KARATAŞ'a, annem Filiz KARATAŞ'a, sevgisiyle ve bilgisiyle bu dönem sürecinde beni yalnız bırakmayan ablam Rezzan KARATAŞ'a ve her şekilde desteklerini esirgemeyen güzel kalpli kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Nuray KARATAŞ

Nevşehir, 2022

ULTRASES DESTEKLİ OZMOTİK DEHİDRASYON İŞLEMİNİN KAPLANMIŞ TAVUK ÜRÜNÜNÜN KALİTE KRİTERLERİNE ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nuray KARATAŞ

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAYIS

2022

ÖZET

Bu çalışmada kaplamalı tavuk ürünleri üretiminde farklı konsantrasyonlarda (%10, %20 ve %30) hazırlanan ozmotik sıvılar içerisinde belirli sürelerde (1, 2 ve 3 saat) ultrases işlemine tabi tutulan (5dk/saat) tavuk parçalarının ürün kalite parametrelerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kaplamalı tavuk örneklerinde pH, renk, nem, kül, yağ ve protein miktarı, TBARS ve tekstür analizleri gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar ozmotik dehidrasyon işleminin pH değerini düşürdüğünü göstermiştir. Her ne kadar kızartma işlemi sonrasında gruplar arasında farklılıklar oluşmuşsa da 21 günlük depolama sonunda bütün grupların pH değerleri birbirleri ile benzer seviyede tespit edilmiştir. Renk değerlerinde ise L* değerinde genel olarak kızartma sonrası örneklerde bir artış söz konusu olmuştur. Depolama sürecinde örneklerin tamamının L* değeri kontrol grubundan daha düşük olarak belirlenmiştir ($P<0.05$). Kızartma sonrası da dâhil olmak üzere a* ve b* değerleri incelendiğinde bütün depolama günlerinde dehidrasyon sonrası örneklere nazaran bu değerlerde bir artış söz konusu olmuştur ($P<0.05$). Kızartma işlemi ile örneklerin protein ve tuz içerikleri önemli seviyede artmıştır ($P<0.05$). Dehidrasyon işlemi ise örneklerin tuz içeriklerini önemli seviyede arttırmıştır ($P<0.05$). Dehidrasyon işlemi örneklerin TBARS değerlerinde önemli değişime sebep olmazken, kızartma işlemi sonrasında en düşük TBARS değerinin %30 konsantrasyonda ozmotik dehidrasyon işlemi yapılan grupların sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca kontrol ve %10 konsantrasyonda ozmotik dehidrasyon işlemine

tabi tutulan örneklerin en düşük sertlik, esneklik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin kaplamalı tavuk ürünleri üretiminde bir ön işlem olarak kullanılmasının ürün kalite parametrelerine olumsuz bir etkisi olmadan daha fonksiyonel ve sağlıklı ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlayabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ozmotik dehidrasyon, Tavuk, Derin yağda kızartma, Ultrases.*

Danışman: Doç. Dr. Cem Okan ÖZER

Sayfa Sayısı: 72 sayfa

THE EFFECT OF ULTRASOUND-ASSISTED OSMOTIC DEHYDRATION PROCESS ON QUALITY CRITERIA OF COATED CHICKEN PRODUCT

(M. Sc. Thesis)

Nuray KARATAŞ

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

MAY

2022

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the effect of chicken pieces, which were subjected to ultrasound treatment (5 minutes/hour) for certain periods (1, 2 and 3 hours) in osmotic liquids prepared in different concentrations (10, 20% and 30%) in the production of coated chicken products, on product quality parameters. In the study, pH, color, moisture, ash, fat, and protein content, TBARS and texture analyzes were performed on coated chicken samples.

The results showed that the osmotic dehydration process decreased the pH value ($P<0.05$). Although there were differences between the groups after frying, the pH values of all groups were found to be similar to each other at the end of 21 days of storage. In the color values, there was an increase in the L^* value in the samples after frying in general. During the storage period, the L^* value of all samples was lower than the control group ($P<0.05$). When the a^* and b^* values were examined, including after frying, there was an increase in these values compared to the samples after dehydration on all storage days ($P<0.05$). Protein and salt contents of the samples increased significantly with the frying process ($P<0.05$). Dehydration process significantly increased the salt content of the samples ($P<0.05$). While the dehydration process did not cause a significant change in the TBARS values of the samples, it was observed that the groups that underwent osmotic dehydration at 30% concentration had the lowest TBARS value after frying ($P<0.05$). In addition, it was determined that the control and

samples subjected to osmotic dehydration at 10% concentration had the lowest hardness, flexibility, stickiness and chewiness values ($P<0.05$).

The results obtained from the study showed that the use of ultrasound-assisted osmotic dehydration process as a pre-treatment in the production of coated chicken products can contribute to the development of more functional and healthy products without a negative effect on product quality parameters.

Keywords: *Osmotic dehydration, Chicken, Deep-frying, Ultrasound*

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cem Okan ÖZER

Page number: 72 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
1.BÖLÜM	
GİRİŞ	1
2.BÖLÜM	
KAYNAK ÖZETİ	4
2.1. Kaplamalı Et Ürünleri.....	4
2.2. Kaplamalı Et Ürünleri Üretim Yöntemleri	5
2.2.1. Sıvı kaplama.....	7
2.2.2. Kuru kaplama.....	8
2.2.3. Pişirme	8
2.3. Kaplanmış Et Ürünlerine Yönelik Yapılan Çalışmalar.....	9
2.4. Ozmotik Dehidrasyon	13
2.5. Ozmotik Dehidrasyon Yöntemleri ve Mekanizması.....	13
2.6. Ozmotik Dehidrasyona Etki Eden Faktörler	16
2.7. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Uygulama Alanları ve Gerçekleştirilen Çalışmalar	19
2.8. Ultrases İşlemi	22

2.9. Ultrases Uygulamasının Etki Mekanizması	23
2.9.1. Mikroorganizmalar üzerine etkisi	24
2.9.2. Gıda enzimleri üzerine etkisi	26
2.9.3. Homojenizasyon ve emülsifikasyon uygulamalarına etkisi	26
2.9.4. Et teknolojisinde ultrases uygulamaları	27
2.10. Ultrases İle İlgili Gerçekleştirilen Diğer Çalışmalar	28
2.11. Ozmotik Dehidrasyon ve Ultrases Uygulamasının Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar	29

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1. Materyal	31
3.2. Yöntem	31
3.2.1. Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemi	31
3.3. Kaplamalı Tavuk Üretimi	33
3.4. Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler (TBARS) Analizi	36
3.5. pH Analizi	36
3.6. Renk Tayini	36
3.7. Protein Analizi	37
3.8. Kül Miktarı Analizi	37
3.9. Nem Miktarı Analizi	38
3.10. Yağ Miktarı Analizi	38
3.11. Serbest Yağ Asidi Analizi	38
3.12. Peroksit Tayini	39
3.13. Tuz Tayini	39
3.14. Tekstür Profil Analizi	40
3.15. İstatistiksel Analizler	40

4.BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1. Hammadde Analizleri	41
4.2. pH Analiz Sonuçları	42
4.3. Renk Analiz Sonuçları	43
4.4. Protein Miktarı Analiz Sonuçları	46
4.5. TBARS Analiz Sonuçları	47
4.6. Tuz Miktarı Analiz Sonuçları.....	49
4.7. Nem Miktarı Analiz Sonuçları	50
4.8. Kül Miktarı Analiz Sonuçları.....	51
4.9. Yağ Miktarı Analiz Sonuçları	52
4.10. Tekstür Analiz Sonuçları.....	54

5. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKÇA	59

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. 1.Çeşitli etlerin ortalama besin değeri [2].....	1
Tablo 1. 2.Dünya ve Türkiye tavuk eti üretimi miktarları [3]	2
Tablo 1. 3.Dünyada ve Türkiye’de tavuk eti tüketimi miktarları [3].....	2
Tablo 3.1. Deneme düzeni formülasyonunda yer alan ozmotik sıvı yüzdeleri ve ultrases süresi	33
Tablo 4. 1. Tavuk örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları.....	41
Tablo 4. 2. Kaplamalı tavuk örneklerinde pH değerlerinin değişimi.....	42
Tablo 4. 3. Tavuk örneklerinin depolama süresince renk (L*, a* ve b*) değerlerindeki değişimler	44
Tablo 4. 4. Tavuk örneklerinin protein analiz sonuçları (P<0.05).....	46
Tablo 4. 5. Depolama süresince tavuk örneklerinin TBARS analiz sonuçları.....	48
Tablo 4. 6. Tavuk örneklerinin tuz miktarı analiz sonuçları	50
Tablo 4. 7. Tavuk örneklerinin nem miktarı analiz sonuçları	51
Tablo 4. 8. Tavuk örneklerinden elde edilen kül miktarı analiz sonuçları.....	52
Tablo 4.9. Tavuk örneklerinde oluşan yağ miktarı analiz sonuçları	53
Tablo 4.10. Tavuk örneklerinde oluşan tekstür analiz sonuçları	55

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Kaplamalı et ürünleri üretim akış şeması [16].....	6
Şekil 2.2. Hücresel bir madde ozmotik bir çözelti içine daldırıldığı zaman meydana gelen kütle transfer modeli [47]	15
Şekil 2.3. Ozmotik çözelti içerisine hücresel madde daldırıldığında su uzaklaştırılması ve ozmotik çözünen kazanımı [47]	15
Şekil 3.1. Kaplamalı tavuk ürün üretim akış şeması	34



RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. 5x2x1 cm boyutunda kesilen tavuk parçaları.....	32
Resim 3.1. Ultrases işlemi uygulanmış ve uygulanmamış ozmotik dehidrasyon sıvıları içerisindeki tavuk parçaları	32
Resim 3.2. Kızartma işleminden sonraki tavuk örnekleri.....	35
Resim 3.3. Depolanmak üzere vakum ambalajlanan tavuk örnekleri.....	35



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	Santigrat Derece
MC	Metil selüloz
HDM	Yüksek Dekstroz Eşdeğerlikli Maltodekstrin
TBARS	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri
HPMC	Hidroksipropil Metilselüloz
kHz	Kiloherz
TCA	Trikloroasetik Asit
TBA	Tiyobarbitürik Asit
TPA	Tekstür Profil Analizi
PME	Pektin Metil Esteraz
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

1.BÖLÜM

GİRİŞ

Büyüyen, gelişen ve hızla değişim gösteren dünyada tüketicilerin yapay bileşen içermeyen, doğal, sağlıklı, uzun ömürlü, besin değeri yüksek ve fonksiyonel özellikleri bulunan ürünlere olan talebi gün geçtikçe artmaktadır. İnsanlar, az çaba ile kolay ve hızlı hazırlanan gıda ürünlerine yönelmektedir. Ortaya çıkan gelişmeler ile birlikte gıda endüstrisi kolay ve pratik bir şekilde hazırlanan, ürünlerin yapısını ve bileşimini olumsuz etkileyen işlemleri ortadan kaldırmaya veya azaltmaya yönelik proseslerin en uygun hale getirilmesinde ilerlemeler kaydetmektedir. İstenilen miktarda ve çeşitlilikteki ürünlerin kolay temin edilebilmesi sektörde tüketime hazır gıdalara olan ilgiyi ve bu sektörün pazar payını önemli ölçüde artırmaktadır. Gıda üreticileri de bu durumları göz önünde bulundurarak zamanla daha kaliteli ve çeşitli ürünlerin üretimini gerçekleştirmeye yönelmektedir [1].

Artan dünya nüfusu ile birlikte beslenmede yeri oldukça önemli olan protein miktarı yüksek ve elzem bileşenlere sahip ekonomik gıda ürünlerine talep de artmaktadır. Ülkemizde, hayvansal protein tüketim miktarı oldukça düşüktür ve insanların beslenmesi için gerekli olan hayvansal protein açığının karşılanabilmesi için tavuk eti üretimi önemlidir [1]. Tavuk eti insan beslenmesi için önemli olan tüm aminoasitleri içermektedir ve ayrıca tavuk etinin protein içeriği sığır ve koyun etine kıyasla oldukça zengindir. Bu nedenle protein kalitesi bakımından da oldukça değerli olduğu söylenebilmektedir. Tablo 1.1’de farklı etlerin ortalama besin değeri görülmektedir [2].

Tablo 1.1. Çeşitli etlerin ortalama besin değeri [2]

Et çeşidi	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji miktarı (kkal/kg)
Domuz	16.0	29.3	0.3	3390
Dana	19.7	8.5	0.4	1610
Koyun	17.1	22.0	0.2	2750
Keçi	20.7	6.2	0.3	1440
Tavuk	20.1	4.7	0.0	1260

Besin değerinin yüksek, sindirilebilirliğinin kolay, az yağlı ve rahat temin edilebilir olmasının yanı sıra, üretim şartlarının nispeten daha kolay olmasından dolayı tavuk etine olan talep sürekli olarak artmaktadır. Bu durum dünya tavuk eti üretimine de yansımış olup, 2014-2018 yılları arasında tavuk eti üretim miktarları sürekli olarak artış göstermiştir (Tablo 1.2). Ülkemizde de 2014-2018 yılları arasında tavuk eti üretimi oldukça gelişme kaydetmiş ve ülkemiz iç tüketimini karşılamamanın yanında önemli seviyede ihracat gerçekleştiren ülkelerden birisi haline de gelmiştir [3].

Tablo 1. 2. Dünya ve Türkiye tavuk eti üretimi miktarları [3]

Üretim miktarı	2014	2015	2016	2017	2018
Dünya (Bin Ton)	97.610	100.675	103.866	106.925	109.056
Türkiye (Bin Ton)	1.895	1.909	1.879	2.137	1.985

Tavuk eti tüketim miktarı da üretim miktarına benzer bir eğilim içerisinde. Dünyada ve ülkemizde 2014-2018 yıllarında tavuk eti tüketim miktarı önemli bir artış göstermiştir (Tablo 1.3). Bu yıllarda ülkemizde yıllık tavuk eti tüketimi ortalama kişi başına 20 kg düzeyinde olmuştur. Dünyada 2000 yılında kişi başına düşen kanatlı eti tüketim miktarı 6.7 kg iken, 2015 yılında %39.2 oranında artarak 13.5 kg'a yükselmiştir. 2000 yılında dünyada kişi başına düşen toplam et miktarının %32.9'unu kanatlı eti oluştururken, 2015 yılında bu oran %39.6'ya yükselmiştir. OECD ve FAO'nun 2016 yılında yayınladıkları raporda; gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kanatlı eti tüketiminin ilerleyen dönemlerde de artmaya devam edeceği, 2016-2025 döneminde dünya genelinde kişi başına düşen toplam et tüketiminin yaklaşık yarısının kanatlı eti tüketimi tarafından karşılanacağı öngörülmektedir [3].

Tablo 1. 3. Dünyada ve Türkiye'de tavuk eti tüketimi miktarları [3]

Tüketim miktarları	2014	2015	2016	2017	2018
Dünya (Bin Ton)	95.628	98.555	102.596	105.259	106.999
Türkiye (Bin Ton)	1.498	1.576	1.564	1.736	1.574
Türkiye, kişi başına tüketim (kg)	19.3	20.0	19.6	21.4	20.9

İnsanların oldukça önemli olan bu besin kaynağından faydalanabilmeleri için tüketimi arttırıcı yönde yeni uygulamalar gerçekleştirilirken ürün çeşitliliği de sağlanmaktadır.

Daha önceleri çoğunlukla bütün bir karkas şeklinde satışa sunulan piliçler günümüzde katma değerleri ve karlılığı yüksek olan belli başlı ürünlere dönüştürülerek tüketicilere sunulmaktadır. Kullanılan karkasın farklı kısımlarına parçalanması, kemiksiz hale getirilmesi, marine edilmesi, soslanması, kürlenmesi ve farklı bileşenler ile kaplanması bu işlemlerden bazılarıdır. Tavuk etinin kaplama bileşenleri ile kaplanarak, çoğunlukla derin yağda kızartılarak üretilen farklı şekil ve özelliklerdeki kaplamalı tavuk ürünleri bu ürünler içerisindeki en önemli kısmı oluşturmaktadır. En çok tercih edilen kaplamalı tavuk ürünleri cordon bleu, nuget, burger, schnitzel, kievsk, kroket vb. ürünlerdir [3].

Ozmotik dehidrasyon ve ultrases uygulamalarının et ve et ürünlerinde farklı amaçlar için uygulanmasına yönelik çalışmalar bulunmasına karşın iki uygulamanın birlikte kullanıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Kurutma işleminden önce etlere bir ön işlem olarak ozmotik dehidrasyon işleminin uygulandığı işlemlerde ürünün kuruma süresinin kısaldığı belirlenmiştir. Bununla beraber tazelik parametrelerinin bir göstergesi olan a^* değerinin kullanılan ozmotik ajanın çeşidine göre değişmekle birlikte genellikle geliştirdiği ve tüketicinin beğenisini arttırdığı ifade edilmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada; iki uygulamanın bir arada kullanılması ile tüketici taleplerini karşılamak, kaliteli ürün elde edilmesini sağlamak, endüstriyel çaplı üretimler için alternatif bir yöntem geliştirmek amaçlanmıştır. Bu nedenlerle, yarı işlenmiş ve orta nem düzeyine sahip ürünlerin sıkça tüketiliyor olması, kısa işleme süresi ve düşük maliyeti gibi avantajlarından dolayı ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin kaplanmış tavuk ürünlerinin üretiminde ön işlem olarak kullanılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda kaplanmış tavuk ürünü üretiminde kullanılan tavuk göğüs etleri uygun formda kesildikten sonra hazırlanan dehidrasyon sıvısı içerisinde ultrases destekli ozmotik dehidrasyona tabi tutulmuştur. Ön denemeler sonucunda dehidrasyon sıvısı içerisine konan tavuk parçaları 1, 2, 3, saat olacak şekilde bu süre zarfında dehidrasyon sıvıları içerisinde marine edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon sıvısı içerisinde bekletilen tavuk parçaları her bir saatte beş dakika olacak şekilde yani üç saatte toplam 15 dk, iki saatte toplam 10 dk ve bir saatte toplam 5 dk ultrases işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem sonrasında kaplanmış tavuk üretimi gerçekleştirilmiş ve ürün kalite parametrelerinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

2.BÖLÜM

KAYNAK ÖZETİ

2.1. Kaplamalı Et Ürünleri

Sağlıklı ve dengeli beslenme açısından tüketilmesi gereken gıdaların başında hayvansal protein kaynakları olan gıda ürünleri gelmektedir. Et, yapısında birçok esansiyel aminoasit ve yağ asitlerini içeren biyolojik değeri yüksek bir gıdadır ve insanların yeterli ve dengeli beslenebilmesi için diyetlerinde mutlaka bulunması gerekir [4]. Bedensel ve zihinsel gelişim açısından insanların tüketmesi gereken hayvansal protein kaynaklarının başında tavuk eti gelmektedir [5]. Protein değeri yüksek ve az yağlı olan tavuk eti, özellikle niasin aminoasidi bakımından oldukça zengin bir kaynaktır [6]. Ayrıca tavuk eti, vitamin ve mineral açısından yeterli olup kırmızı ete kıyasla maliyetinin düşük olması gibi bazı avantajlara sahip olmasından dolayı önemli bir besin kaynağıdır [7].

İnsanların bu değerli besin kaynağından daha fazla faydalanmaları için tüketimini arttırıcı yönde yeni uygulamalar yapılmalıdır. Bu uygulamalar ise tüketicilerin istekleri doğrultusunda yeni ürünler üretilmesi, üretilen ürün yelpazesinin genişletilmesi ayrıca daha geniş bir tüketici kitlesine ulaşmaya çalışmakla sağlanabilmektedir. Bu nedenle bütün şekilde satılan piliçler son yıllarda çeşitli formlarda işlenmeye başlamıştır. Gerçekleştirilen işleme yöntemleri ile ürün belli parçalar haline getirilebilmekte, kemiklerinden ayrılabilen, oluşturulan karışımlar ile soslanabilmekte, karışımlardan oluşan sıvılar içerisinde bekletilerek farklı lezzet ve aromalar katılabilmekte ve yapılan karışımlar sonucunda ürünün dış yüzeyi bir kaplama materyali ile kaplanabilmektedir. Bu sayede özellikle ürün çeşitliliği ve kâr payı yüksek yeni ürünler elde edilebilmektedir [6]. Kolay hazırlanabilir olması ve zaman kazandırması sayesinde kaplamalı ürünler et ürünleri pazarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Genellikle ön pişirme işlemi uygulandıktan sonra dondurularak sunulan kaplamalı ürünler kolaylıkla tüketime hazır hale getirilmektedir. Kaplamalı ürünler lezzet, renk ve tekstür bakımından kendine özgü özelliklere sahip ürünlerdir [8].

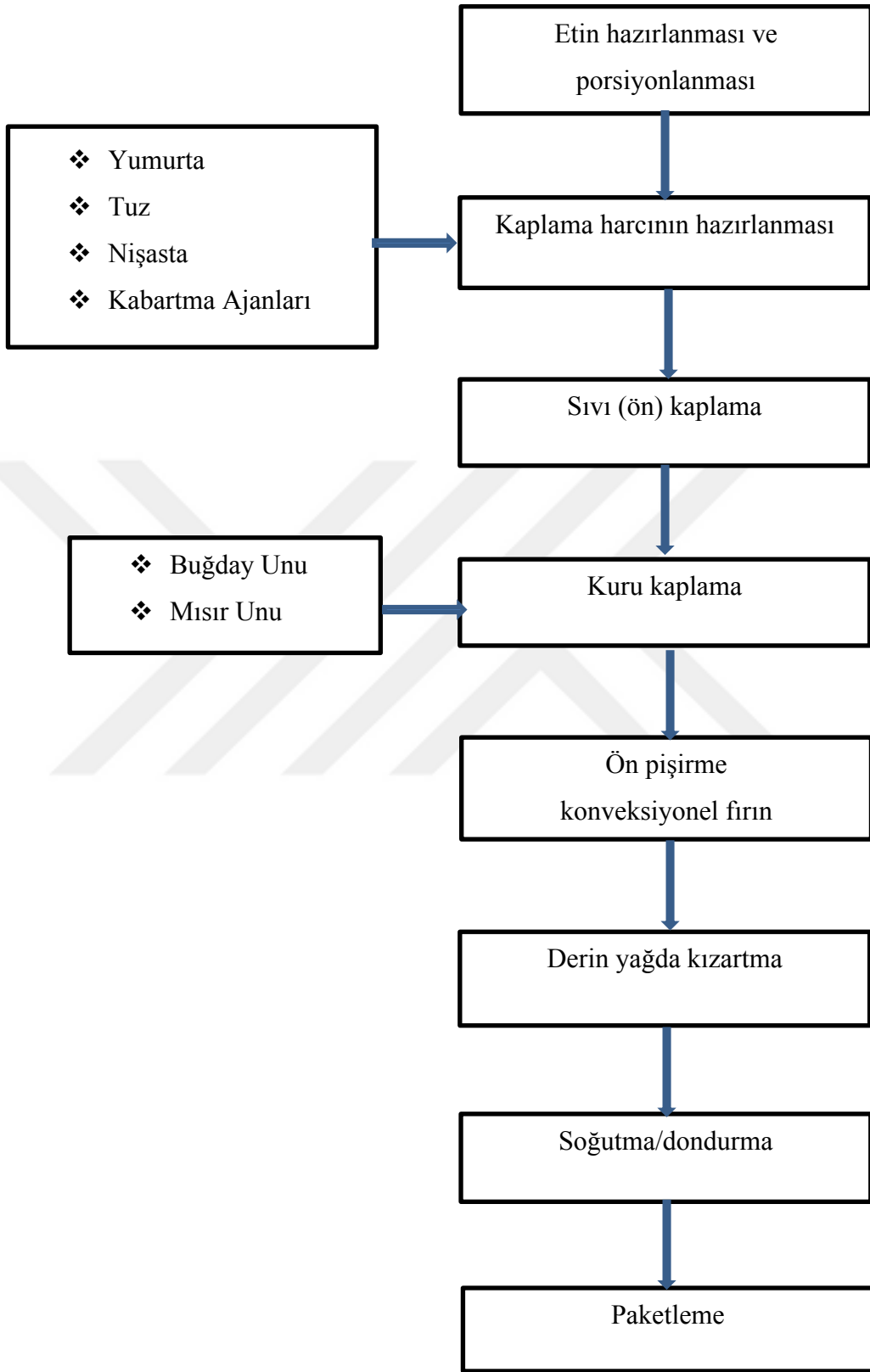
Altunakar [9]; gıdanın kızartılmadan önce çeşitli formülasyonlarla hazırlanıp daldırılması işleminde kullanılan karışımları kaplama olarak adlandırmaktadır. Kaplama

işlemi iki aşamadan oluşur; genellikle ilk aşama, gıda ürünlerinin (et balık tavuk ve bazı sebzeler) su, yumurta, un, nişasta ve çeşitli baharatlardan oluşan sıvı karışımlara daldırılması ile gerçekleştirilmektedir. İkinci aşamada ise un, nişasta, galeta unu ve baharatlardan oluşan katı karışımlarla kaplama işlemi gerçekleştirilmektedir [10]. Günümüzde kaplama işlemleri tüketici isteğine bağlı olarak farklı formülasyonlar ve teknikler kullanılarak uygulanmaktadır [10-12].

Değişik kaplama teknikleri, kaplama formülasyonları, farklı et çeşidi ile üretilen çok sayıda kaplamalı et ürünleri vardır. Bu kaplamalı et ürünlerinden genel olarak en fazla tercih edilen ürün tavuk lokmaları (nugget)'dir. Nugget dış tarafında kuru, gevrek, sıkı bir kaplama tabakasından, iç kısmında ise etten oluşmaktadır. 2012 yılında ülkemizde tavuk eti ürünleri tüketim miktarlarını belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada kişi başına 19.3 kg tavuk eti tüketildiği tespit edilmiştir. Bu değer Amerika Birleşik Devletlerinde ortalama 43.2 kg ve Rusya da 22.9 kg'dır [13]. Aynı araştırmanın bir diğer sonucu kaplamalı ürünlerin %82.1 oranında genç ve yalnız yaşayan bireyler tarafından tüketildiğidir. Tüketilen kaplamalı ürünlerin %20.2'sini nugget oluştururken, ürünlerin haftada 0.5-1 kg arasında tüketildiği belirlenmiştir [13]. Bir başka çalışmada, Amerika'da kaplanmış tavuk ürünleri sıklıkla tüketen kişi sayısının 180 milyon civarında olduğu belirtilmiştir [14].

2.2. Kaplamalı Et Ürünleri Üretim Yöntemleri

Kaplama; bir gıdanın yüzeyinde oluşturulmuş ince tabakalı ve yenilebilen özellikteki materyal olarak ifade edilmektedir [15]. Kaplamalı ürünler ise, arzu edilen formülasyonlar ile oluşturulan kaplama materyalleri kullanılarak ve farklı teknikler uygulanarak ürünlerin dış yüzeyinin kaplanması ile üretilen ürünler olarak adlandırılabilir. Kaplamalı ürünlerin hazırlanma aşamasından depolama sürecine kadar olan işlemler şekil 2.1'de sunulmuştur [16].



Şekil 2.1. Kaplamalı et ürünleri üretim akış şeması [16]

Kaplama işleminde yaygın olarak sıvı ve kuru kaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Uygulanan kaplama yöntemine bağlı olarak ürünün başta tekstürel özellikleri olmak üzere birçok parametresinde farklılıklar olmaktadır.

2.2.1. Sıvı kaplama

Sıvı kaplama, (battering) su içinde oluşturulan un süspansiyonu olarak ifade edilebilmektedir. İstenilen kaplama kıvamı, ürün tekstürü, rengi ve lezzetini sağlamak için kaplama formülasyonunun da farklı miktarlarda yumurta, tuz, nişasta, kabartma ajanı gibi malzemeler kullanılır. Sıvı kaplamalar balık ve tavuk etinden hazırlanan ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aslında sıvı kaplamanın temel görevi bir sonraki işlemde yapılacak olan kuru kaplama işleminin etkinliğini arttırmak için uygun bir zemin hazırlamaktır. Sıvı kaplama uygulaması, özellikle tekstürü kuvvetlendirirken aynı zamanda ürünün besin değerini ve lezzetini zenginleştirir. Ayrıca ürünün çevresinde belli bir nem bariyeri oluşturarak kızartma sırasında ürünün kurummasını engellemiş olur [17].

Sıvı kaplamalar ürüne iki şekilde uygulanabilmektedir. Bu uygulamalar adhezyon ve tempura olarak ikiye ayrılmaktadır. Bilinen en eski kaplama çeşidi adhezyon tipi sıvı kaplamalardır. Bu kaplamalar birbiri ile karışmayan farklı özellikteki bileşenlerin aynı ortamda birbirine bağlı olmasını sağlamaktadır ve kimyasal olarak kullanılan kabartma ajanlarının ürün içerisinde kullanılmadığı kaplamalardır [9, 18]. Genel olarak süt, yumurta, buğday unu, mısır unu, nişasta vb. ürünler ile hazırlanmaktadır. Adhezyon tipi kaplamalara benzer olarak bir diğer kaplama tipi tempura sıvı kaplamalardır. Tempura kaplamayı adhezyon tipi kaplamalardan ayıran en önemli özellik ise bileşiminde kullanılan kabartma ajanlarıdır. Bu tip kaplamalar endüstriyel anlamda çok fazla kullanım alanı bulmuş olup, özellikle ürün yüzeyinde görsellik açısından zenginlik katmak ve kaliteyi geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır [9, 18-20].

Sıvı kaplama sistemlerinde oluşan nem kaybı ve yağ absorpsiyonunun azaltılması ayrıca bu sistemlerde istenilen renk, lezzet ve tekstürün oluşması amacıyla kaplama formülasyonlarında kullanılan mısır unu ve türevlerinin kullanımı sıvı kaplama gibi sistemlerde fonksiyonel avantajlar sağlamaktadır. İfade edilen avantajlarının yanında

kullanılan mısır ununun yüzey görünümüne ve kaplama adhezyonuna olumlu etkileri bulunmaktadır. Özellikle mısır unu kaplamaya gevreklik kazandırmada ve kaplama karışımının viskozite kontrolünde önemli rol oynamaktadır [10, 18].

2.2.2. Kuru kaplama

Kuru kaplamalar, gıdayı dış etkenlere karşı korumak ve ürüne katma değer oluşturması amacıyla özellikle galeta unu veya mısır unu gibi parçacıklı (partiküllü) yapıya sahip karışımlarla hazırlanmaktadır. Geleneksel kaplama yöntemi olarak da ifade edilen kuru karışımlar sert yapıda, tekstürel olarak kırılğan ve kıtırmsı olarak nitelendirilebilecek granüler yapıya sahiptir ve ürüne tutunma dereceleri oldukça fazladır. Bazı özel tip olarak adlandırılan kaplamalar çok yumuşak olup, damakta güzel bir his oluşturur ve büyük partikül boyutuna sahiptir. Çok fazla rağbet gören diğer kaplamalar ise orta büyüklükte partiküler yapıya sahip olup ürüne gevreklik kazandıran kaplamalardır. Ayrıca ürüne tutunma yüzdesinin oldukça fazla olduğu ve maliyet açısından da uygun olan kaplamalardır [10, 18].

Kuru kaplamalar, sıvı kaplamalar, sıvı olmayan kaplamalar ve özel tip sıvı ile hazırlanan büyük partiküllü kaplamalar olmak üzere farklı uygulama şekilleri ile ürüne uygulanır. Akıcı olmayan kaplama ürünlerinin tamamı çok fazla kırılğandır, bu nedenle hassas bir işleme tekniği uygulanmalıdır ve gerekli kalitenin sağlanabilmesi için makinelerde parçalanma oranının oldukça düşük olması gerekir. Ancak bu yöntem ile pürüzsüz bir şekilde kaplanmış ürünler oluşturulabilmektedir [10, 19].

2.2.3. Pişirme

Kaplamalı ürünlerin pişirilmesi için uygulanan en yaygın pişirme metodu derin yağda kızartma işlemidir. Derin yağda kızartma işlemi için çoğunlukla sıcaklık kontrollü fritözler tercih edilmektedir. Hazırlanan ürünler genel olarak 180-200 °C sıcaklığa ısıtılmış olan yağlar içerisinde kızartılmaktadır. Kızartma süresi ise ürünün şekil ve boyutuna bağlı olarak değişebilmektedir. Derin ve sıcak yağ içerisine konulan kaplanmış ürün ve yağ arasında, ısı-kütle transferi gerçekleşirken aynı zamanda pişirme ve kurutma işlemleri de bir arada gerçekleşir [21-24]. Kızgın yağın sıcaklığı kademeli

olarak arttırılırken gıdanın dış kısmından iç yüzeyine doğru ısı transferi ilerlemektedir. Kızartma işlemi sırasında ürünün içerisinde sıvı fazda su bulunur. Ürün içerisinde olan su dış kısma doğru iletilir ve iletilen su ürünün dış yüzeyinden buhar fazında uzaklaşır. Daha sonra bu suyun uzaklaşması ile boşluklar oluşur bu oluşan boşlukların bir kısmına yağ yerleşir [25, 26].

Kaplamalı ürünlerde derin yağda kızartma işlemi sırasında bazı kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelir. Ortaya çıkan bu değişiklikler reaksiyonlar halinde ardı ardına gerçekleşen karmaşık olaylardır. Nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu ile üründe gerçekleşen önemli bir değişim kabuk oluşumudur. Kızartılmış ürünlerde genellikle yüzeyden yani kabuk kısmından iç kısma doğru bir yağ difüzyonu gerçekleşir [27].

Kızartma yağının kalitesi, kızartma işleminin süresi ve sıcaklığı, kızartma öncesinde uygulanan işlemler, ürün şekli ve kompozisyonu, kaplama şekli ve formülasyonu yağın ve suyun hareketine etki eder [15]. Üründe gerçekleştirilen derin yağda kızartma işlemi sırasında yağda bazı değişimler oluşur. Oluşan bu değişimler son ürün kalitesinin yanında kızartma işleminin performansını da etkilemektedir. Derin yağda kızartma işleminde kullanılan yağlarda termal ve oksidatif dekompozisyon reaksiyonları gerçekleşmektedir. Oluşan bu reaksiyonlar ise nem ve havanın etkisiyle ortaya çıkar. Gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda yağda yıkımlar başlar ve dekompozisyon ürünleri oluşur, bu olay ile birlikte yağ viskozitesi de değişmektedir. Oluşan reaksiyonlar ile ürün içerisine yağ difüzyonu gerçekleşir. Ortaya çıkan ve istenmeyen özelliklerin ortaya çıkmasına neden olan bu durumlar iki şekilde azaltılabilir. Kızartma işlemi sırasında yağın periyodik olarak değiştirilmesi ve kızartma süresinin kontrol altında tutulmasıdır [28].

2.3. Kaplanmış Et Ürünlerine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Kaplamalı ürünlerde kızartma işlemi sırasında esmerleşme ve dehidrasyon gibi temel reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar istenilen tekstür, aroma ve renk gibi özelliklerin üründe oluşmasında önem arz etmektedir. Gerçekleşen işlemler sırasında ise yağ ile ürün arasında oluşan ısı transferi yavaşlar ve ürün daha fazla yağ çeker [29]. Kaplanmış et ürünleri üzerinde gerçekleştirilen birçok çalışmada amaç ilk olarak derin

yağda kızartılan kaplamalı ürünlerde yağ çekme oranının düşürülmesini sağlamak ve bununla birlikte üründe tekstür ve renk kalitesini artırmaktır [30].

Yüksek miktarda yağ tüketiminin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin kanıtlanması ile birlikte tüketicilerin yağ içeriği azaltılmış ürünlere olan talepleri de artış göstermiştir. Kaplamalı ürünlerde özellikle kızartma sırasında yağ çekiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar hızlanmıştır [31]. Kaplamalı ürünlerde kullanılan kızartma yağının özellikleri, kızartma sıcaklığı, kızartma süresi, etin ve kaplamanın bileşimi ve ürünün yüzey özellikleri kızartma sırasında ürünün çektiği yağ miktarını önemli seviyede etkilemektedir.

Gıdaların yüzey özellikleri yağ çekimine etki etmekte olup, kaplama uygulaması yağ çekimini azaltmak amacıyla oldukça uygun bir yöntemdir. Bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinler yağ içeriğini düşürmek amacıyla kaplama materyali formülasyonunda kullanılabilir. Derin yağda kızartılmış yiyeceklerde oluşan yağ çekimini, protein bazlı kaplamaların diğer hidrokoloidlerden daha fazla azalttığı belirtilmektedir [32]. Bu durum göz önüne alınarak kızartılmış tavuk parçaları üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada Mazı [33], kontrol hamurunda kullandığı buğday ve mısır ununun %30'unu pirinç, nohut veya soya unu ile ikame etmiştir. Araştırma sonucunda nohut ve pirinç unu ile üretilen örnekler kontrol grubu örnekleri ile benzer miktarda yağ çekmiştir. Fakat soya unu kullanılarak yapılan kaplama hamurunun ise daha az yağ çektiği ifade edilmiştir.

Bir başka çalışmada göğüs ve but eti kullanarak hazırlanan köftelerin farklı formülasyonlar da hazırlanan kaplamalar ile kaplanmasının yağ çekim miktarları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Köftelerde kullanılan buğday, mısır, çavdar ve soya unlarının yağ çekimini önemli seviyede etkilediği ve en az yağ çekiminin buğday unu ile yapılan kaplamalı köfte örneklerinde olduğu belirtilmiştir [15].

Kalamar parçalarını değişik oranlarda metil selüloz içeren kaplama harçlarıyla kaplayan Sanz vd. [34] farklı sıcaklıklarda pişirilen kalamar parçalarının su tutma kapasiteleri, yağ ve nem miktarı ile kaplamanın akış özelliklerindeki değişimi incelemiştir. Metil selüloz (MC) oranlarının artışına bağlı olarak kaplama harcının konsistensinin ve ürünlerin su tutma kapasitesinin arttığı, yağ emiliminin ise azaldığı belirlenmiştir.

Ayrıca düşük sıcaklıklarda pişirilen örneklerin su tutma kapasitelerinin yüksek sıcaklıklarda pişirilen örneklere kıyasla çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kaplama işleminde kullanılan metil selülozun performansının incelendiği bir başka çalışmada ön kızartma işleminin ürünlerin yağ ve nem içeriği ile duyusal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda kaplanan tüm ürünlerin kabul edilebilir duyusal özelliklerde olduğu ve ön kızartma işlemi uygulanmadan pişirilen örneklerin daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir [35].

Soya unu (%5) ve pirinç unu (%5) içeren kaplama materyalleri ile kaplanan ve derin yağda farklı sürelerde (3, 6, 9 ve 12 dakika) kızartılan tavuk nugget örneklerinin renk özellikleri, yağ ve nem içeriği ile tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda kaplama materyali bileşiminde kullanılan soya ununun renk parametreleri ve gevreklik özelliklerinde önemli bir etkisi olduğu belirlenirken, soya unu ve pirinç ununun birlikte kullanıldığı örneklerde ise kontrol grubuna göre daha az yağ çekiminin sağlandığı belirlenmiştir [12].

Mikro dalgada ön pişirme işleminin kütle transfer mekanizması ve ürün kalite parametreleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada, mikrodalga pişirme işleminin ön pişirme olarak kullanılmasının (6,7 W/g) ve sonrasında 170 °C’de kızartma işlemlerinin birlikte uygulanmasının yağ çekimini azalttığı belirlenmiştir [36].

Eşit oranda tavuk but ve göğüs eti karıştırılarak üretilen nuggetların 180 °C’de ayçiçek yağında kızartılması durumunda mısır unu içeren kaplama materyali ile kaplanan ürünlerin pişirme verimi, kaplama kalınlığı, kaplama tutunma yüzdesi ve ürün sarılık renk değerinin (+b*) en yüksek olduğu tespit edilmiştir [37].

Kaplamalı ürünlerde kaplamanın ve ürünün gevrekliği, sertliği ile et ürünlerinin dokusal özellikleri, esas olarak karakterize edilmektedir. Kaplanan numunelerin sertlik değerinin düşük olması genellikle kızartılan numunelerde ortaya çıkan yumuşak kabuk oluşumu ve yüksek nem içeriğinden kaynaklanır [31].

Tekstürel özelliklerden biri olan gevreklik özelliği kaplanmış ve kızartılmış ürünlerde her zaman ön planda olmuştur. Gıdanın kolay bir şekilde ısırılıp tüketilmesi şeklinde ifade edilen özellik gevreklik; ısırma sırasında ürünün parçalanması için gerekli kuvvet

ise sertlik olarak tanımlanmaktadır. Ürünün ağızda parçalandığı sırada çıkardığı ses gevrekliğin duyuşsal olarak değerdendirilmesi esnasında bir değerdendirme kriteri olabilmektedir [28]. Ürünün dış yüzeyinde oluşan pürüzlülük tekstürü etkileyen bir başka faktördür. Kızartma prosesinde oluşan son üründe tekstür karakteristikleri ve arzu edilen yapının oluşabilmesi için hızlı kuruma olarak adlandırılan işlem basamağı en kritik basamak olarak ifade edilebilir. Kızartma prosesi aşamasında yüksek sıcaklıkta yağ kullanıldığında üründe kabuk oluşumu ve yağ absorpsiyonu artmaktadır. Kızartma süresi uzun olduğu takdirde kızarmış olan ürünün iç kısmı yumuşak ve iri gözenekli iken dış kısmı ise sert ve gevrek bir hal alır. Gözenekler iri bir hal aldığından ürün içerisine yağ girişi de fazla olmaktadır [15, 34].

Altunakar vd. [9]'ın kaplanmış tavuk köfteleri üzerine geręekleřtirdiđi bir araştırmada oluşturulan kaplama hamuru formülasyonlarında HPMC ve ksantam gam kullanılmıştır. Araştırma sonucunda HPMC ve ksantam gam kullanılarak hazırlanan örneklerin daha yumuşak bir tekstüre sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer bir başka ęalıřmada, Akgün [15] farklı kaplama formülasyonları ile üretilen kaplanmış tavuk köftelerinde en yumuşak köfte örneklerinin soya unu, en sert olanların ise buğday unu ile hazırlandığını belirlemiştir.

Farklı un ęeřitlerinin bir arada (pirinę-buğday, pirinę-mısır, buğday-mısır) kullanıldığı bir ęalıřmada, Xue ve Ngadi [38] kullanılan mısır ununun ęeřitli etkileri olduğunu ve formülasyonda mısır ununun bulunması ile birlikte buğday ve pirinę unu kullanılan formülasyonlarında viskoelastik özelliklerinin arttığı belirtilmiştir.

Altunakar vd., [9]'ın geręekleřtirdiđi ęalıřmada kaplama işlemi geręekleřtirilen tavuk ürünlerinin kontrol grubu ile (mısır ve buğday unları tuz kabartıcı ajan) guar gam veya ksantam gam ilave edilmiş örneklerin renk değerdeleri kıyaslanmıştır. Araştırma sonucunda guar gam veya ksantam gam kullanımının renk gelişimini azalttığı ve kontrol grubu ile istenilen rengin daha iyi sağlandığı belirlenmiştir. Bir başka ęalıřmada kızartma sırasında oluşan renk değerişiminin protein içeriğiyle doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir [33].

2.4. Ozmotik Dehidrasyon

Bir çeşit kurutma tekniği olan ozmotik dehidrasyon ilk defa Ponting ve ark.[39] tarafından öne sürülmüş ve 90'lı yıllarda büyük bir merak uyandırmıştır. Ozmotik dehidrasyon, gıda içerisindeki suyun uzaklaştırılmasını sağlamak için ürünün doğrudan hazırlanan ozmotik (hipertonik) çözelti içerisine konulması ya da şeker ve tuz gibi ozmotik ajanların gıdaya direk olarak katılması şeklinde uygulanan bir kurutma işlemidir. Ozmotik kurutma olarak ifade edilen bu yöntem gıdaların parçalar halinde ya da tek bir parça olarak yüksek derişimli olan çözeltiler içerisine konması ve böylece üründen suyun uzaklaştırılması işlemi olarak da adlandırılabilir [39].

Ozmotik dehidrasyon işleminin en önemli parametresi olan şeker/tuz konsantrasyonu ürünün kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Oluşan su kaybının yanında ozmotik çözelti ve ürün arasındaki konsantrasyon farkı sebebiyle gıdada çözünmüş olan maddeler ters bir akım göstererek ürüne dahil olmaktadır. Bu nedenle ozmotik kurutma olarak bilinen bu yöntem “ozmotik konsantrasyon” (osmotic concentration) yada “su uzaklaştırma doygun hale getirme işlemi” (impregnation soaking process) olarak isimlendirilmektedir [40].

Ozmotik dehidrasyon yalnızca gıdalardaki suyun uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaz. Aynı zamanda ürünün duyusal, kimyasal ve besinsel içeriğini zenginleştirmek için koruyucu, antioksidan, vitamin, mineral ve su aktivitesini düşürücü ajanlarında katılması için gerekli ortamı oluşturur. Diğer taraftan ozmotik dehidrasyon dondurma veya konvektif kurutma olarak ifade edilen kurutma işlemi için gerekli olan enerji ihtiyacını azaltan bir ön işlem olarak da düşünülebilir [41, 42].

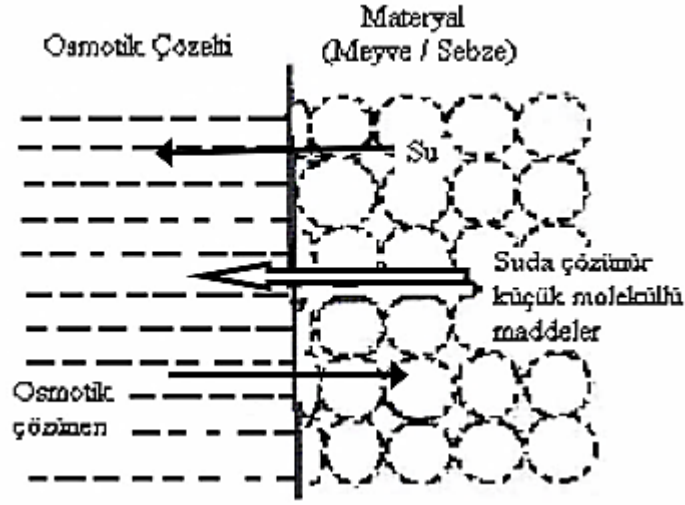
2.5. Ozmotik Dehidrasyon Yöntemleri ve Mekanizması

Ozmotik dehidrasyon işlemi, belli bir aşamadan sonra ozmotik ajanlar arasında (su ve şeker/tuz) oluşan denge ile gerçekleşebilmektedir. Sistem boyunca dokudaki suyun uzaklaştırılması işlemi ve şeker/tuz aktarımı (katılımı) gerçekleştirilirken kullanılan her iki yöntem arasında su aktivitesi dengesi oluştuğunda dehidrasyon son bulur. Ozmotik dehidrasyon değişkenleri, şeker veya tuz çeşidi ve konsantrasyonu gibi parametreler oluşan ürünün en önemli özelliği olan kalitesi açısından oldukça belirleyicidir. Ozmotik

dehidrasyon sırasında gerçekleşen üç ana mekanizma; ozmotik ajanın gıda içerisine taşınımı, gıdadaki çözünenlerin ozmotik çözeltiliye taşınımı ve gıda içerisinde bulunan suyun difüzyon yöntemi ile ozmotik çözeltiliye aktarımı şeklinde sıralanabilmektedir [42, 43].

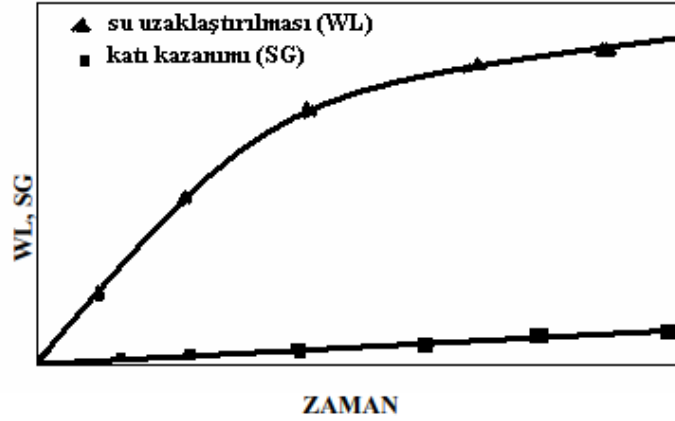
Ozmotik dehidrasyonun çalışma prensibi tam olarak bilinmemekte ve genellikle, iki yaklaşım ile çalışma prensibi açıklanmaktadır; makroskobik ve mikroskobik kütle transfer mekanizmaları [44]. Bu mekanizmalar Panades ve arkadaşları [45] tarafından difüzyon ve kapilarite teorisi şeklinde iki farklı yöntem ile incelenmiştir. Yapılan incelemede transfer mekanizması olarak adlandırılan difüzyon mekanizması konsantrasyon gradientine bağılı olup, kapilarite teorisinin ise basınç gradientine bağılı hidrodinamik mekanizma olduğu ifade edilmiştir.

Makroskobik yaklaşım; yarı geçirgen nitelikte hücre duvarına sahip olan, bunun yanı sıra hücresel yapıda ve tarımsal olan ürünler, hipertonic çözeltilerin içerisine daldırıldıkları zaman çözeltili ve ürün arasındaki ozmotik basınç farkı sebebiyle üründeki suyun difüzyon ile ozmotik çözeltiliye geçmesini sağlar. Difüzyonun mekanizmasında itici olan güç, konsantrasyon ve basınç farkından kaynaklanır. Söz konusu fark ne derece fazla ise geçişler belirli aşamaya kadar istenilen oranda hızlı bir şekilde gerçekleşir [46]. Suyun kimyasal potansiyel gradienti ozmotik dehidrasyonda suyun uzaklaşmasına yol açar ve doğal çözünenler gıda maddesinde su ile taşınarak ozmotik çözeltiliye geçer. Daldırmadan sonra dehidrasyonun birinci, ikinci veya üçüncü saatinde katı gıdadan ozmotik çözeltiliye bir su ve çözünen akışı gerçekleşir. Daha sonra katı ürün ve ozmotik çözeltili arasındaki oluşan fark sifıra yaklaşır, su bakımından sistem dengeye ulaşır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Hüresel bir madde ozmotik bir çözelti içine daldırıldığı zaman meydana gelen kütle transfer modeli [47]

Böyle bir tepkimeden sonra çözünen konsantrasyon gradientinin hala yüksek olmasından dolayı ozmotik çözeltiden katı gıda maddesine çözünen transferi gerçekleşmeyi sürdürür (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Ozmotik çözelti içerisine hüresel madde daldırıldığında su uzaklaştırılması ve ozmotik çözünen kazanımı [47]

Suyun çözelti içerisine nüfuz etmesi sırasında aynı zamanda bulunan çözelti karışımından da ürüne ozmotik ajanlar geçmektedir. Hücre duvarı yarı geçirgen özelliğe sahiptir, bu durumdan ötürü su ve ozmotik ajanla beraber organik asit, mineral, tuz gibi başka çözünen maddelerde ozmotik haldeki çözeltiyeye geçmektedir. Hücre duvarının

yapısı olduğu müddetçe su ve çözünmüş halde bulunan maddelerin geçişi ozmoz mekanizması sayesinde gerçekleşir ve geçiş direnci olarak da hücre duvarı görülür [41].

Rastogi ve arkadaşları [44] ürünün içinde üniform halde bulunmayan bir konsantrasyon gradientinin oluştuğunu öngörerek; ozmotik dehidrasyonun kullanılan ürünün yüzey kısmından ürünün merkezine doğru bir ilerleme gösteren dehidrasyon yüzü ile gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Difüzyon katsayısının ise ürün yüzeyinin orta kısımlarında daha fazla iken, merkeze yakın olan kısımlarda ozmotik çözeltiye herhangi bir temas hali oluşmadığından daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Mikroskobik yaklaşımlardan birine göre gıdanın hücreler içerisinde belli akış çeşitleri bulunmaktadır. Bu akış çeşitleri apoplazmik, siplazmatik ve transmembran şeklindedir [46, 48]. Böyle bir sistemde gıdanın ozmotik çözelti şeklinde belirlenen çözelti ile teması farklı parametreler ile gerçekleşir. Bu parametreler ise; ozmotik ajanın hücrenin içinde gerçekleştirdiği hücreler arasındaki aktarımı, su ve ajan arasındaki kimyasal potansiyel fark, dehidrasyon parametreleri, son olarak gıdanın ve çözeltinin özellikleridir. Dehidrasyon esnasında gıdada gerçekleşen kimyasal bileşimlerdeki değişimler; hücre parçalanması, porozite düşüşü, büzüşme vb. yapısal değişikliklere de sebep olabilmektedir.

Literatürde açıklanan mikroskobik yaklaşım mekanizmalarından bir diğeri ise hidrodinamik mekanizmadır. Bu sistemde, aynı şekilde dehidrasyon şartları içerisinde farklı ürünlerin farklı su difüzyon katsayıları oluşturmalarının sebebi; gıdanın bünyesinde bulunan por olarak adlandırılan sistemler içerisinde gerçekleşen kapiler basıncın değişik olmasıdır. Bu basınçta ozmotik kurutmanın ilerleyici özelliğini oluşturur [46].

2.6. Ozmotik Dehidrasyona Etki Eden Faktörler

Gıdada bulunan suyun uzaklaştırılma süresi belli parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Suyun gıdadan uzaklaştırılma hızı; karıştırma, gıdanın şekli ve boyutu, gıda/çözelti arasındaki oran, vakum ve ozmotik çözeltinin konsantrasyon ve sıcaklığı, suyun uzaklaştırma süresi üzerine önemli seviyede etki eder [43, 46, 49, 50]. Dehidrasyon oranı olarak adlandırılan oranın; ozmotik ajanların molekül miktarı ve

molekül konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğu ifade edilmiştir. Ancak meyve şekeri üretim aşamasında olduğu gibi molekül ağırlığı düşük ajanlar seçilmelidir, bu sayede ozmotik ajan gıdaya çok daha hızlı ve kolay nüfuz edebilmektedir.

İstenilen ozmotik kurutmanın başarılı olması için gıdanın yapı açısından özellikleri (difüzyon, porozite), işleme için gerekli parametreler (sıcaklık, zaman, basınç, karıştırma, konsantrasyon) ve çözeltinin özellikleri (viskozite, yoğunluk) dikkate alınmalıdır. Ozmotik dehidrasyon esnasında gıdada oluşan değişimler ısı ve kütle transferini etkilemektedir [41].

Ozmotik dehidrasyon işleminin birinci saatinde genel olarak dehidrasyon işlemlerinde oluşan su kaybı ve artan tuz/şeker kazanımı en fazladır, daha sonra hızlı bir şekilde azalmaya başlar ve üçüncü saatten sonra büyük oranda kaybolur. Ozmotik çözelti konsantrasyonu artarken, bir taraftan suyun difüzyonunu artar, diğer taraftan çözünen madde difüzyonu düşer. Dehidrasyonun sabit koşullarında ozmotik çözeltinin oluşturulmasında katılan şeker veya tuzun molekül olarak boyutları büyüdükçe, suyun ayrıştırılması kolaylaşır ve bununla beraber çözünen madde miktarındaki kayıplarda azalmış olur [41].

Ozmotik çözelti yüksek konsantrasyon ve yüksek molekül ağırlığındadır, istenen etkiyi oluşturabilmek için ozmotik çözelti içerisindeki ajanlar gıda yüzeyinde belli bir bariyer oluşturur. Araştırmalara göre karıştırma derecesinin ozmotik dehidrasyon üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmektedir. Fakat dehidrasyonun ilk saati içerisinde etkinin böyle olmadığı ve karıştırma işleminin gerçekleştirilen dehidrasyonun etkinliğini arttırdığı belirlenmiştir. Gıdanın yüzey alanı ile dehidrasyonda gerçekleştirilen etkinliğin arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Kullanıldıklarında birbirleriyle aynı etkiyi gösteren çözücüler ozmotik çözeltileri hazırlarken de kullanılabilirler [41, 45, 51]. Dehidrasyon oranı ve çözücü kazanımı için oldukça önemli olan özellik porozite (hücrenin iç kısmı ve hücreler arasında oluşan hacmi ve boşlukları) özelliğidir. Dolayısıyla ozmotik dehidre edilen farklı ürünler aynı dehidrasyon koşullarında olsalar dahi tamamen farklı dehidrasyon oranı ve çözücü kazanımı gösterebilirler [52].

Dehidrasyonda su kaybı ve madde kazanımı üzerinde etkili olan özellikler gıdaya uygulanan ön işlemler (dondurma, çözündürme, sülfatlama haşlama, asitlendirme

gibi)'dir. Dehidrasyonu kolaylaştıran ve hücre geçirgenliğini artıran yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan ve ultrases işlemleridir. Bununla birlikte özellikle kısa süreli atılımlı elektrik alan dehidrasyonun artmasını sağlarken, gıda matriksini de değiştirmedeği bildirilmektedir [53].

Gıda işleme yöntemlerinde vakum uygulamaları oldukça fazla kullanılmakta ve vakum gerçekteştiğinde bir miktar gaz çıkışı meydana gelmektedir. Bu gaz çıkışıyla birlikte belli boşluklar oluşmakta ve oluşan boşlukları ozmotik dehidrasyon sıvısı hidrodinamik akış yardımıyla doldurmaktadır. Gıdaya penetre olan ozmotik dehidrasyon sonucunda oluşan sıvının ölçüsü hesaplanırken gıdada bulunan efektif porozite, gerçekleştirilen sıkıştırma (kompresyon) miktarı ve gıdada basınç etkisiyle meydana gelen hacim parametrelerinin özellikleri olan sayısal terimler kullanılır [48, 54, 55]. Gıda porozitesi artırıldığında; dehidrasyon süresi kısalır, bununla birlikte doku içerisine giren ozmotik dehidrasyon sıvısı artar. Rastogi ve Knorr [53] belli bir basınç altında hücre duvarının yarı geçirgen özelliği olan yapısının tam geçirgen hale gelebilmesi için dehidrasyon öncesinde gerçekleştirilen yüksek basıncın uygulanan etkisini de arttırdığını savunmuşlardır.

Gıdanın yenilebilir bir kaplama materyali ile kaplanması ise gıdaya uygulanan diğer bir ön işlemdir. Böyle bir kaplama materyali ozmotik dehidrasyon esnasında hücreden suyun çıkışını güçleştirirken, ozmotik ajanında hücre içine girişinde bariyer oluşturur [50]. Jamet ve Larios [56] yenilebilir kitosan ile papaya dilimlerini kaplamış, Lenart ve Dabrowska [57, 58] ise %2'lik düşük metoksilli pektin ile elma dilimlerini kaplayarak kurutmuşlardır. Bu işlemin sonucunda ise; ozmotik dehidrasyon sırasında kaplanmış elma ve papayalara göre kaplanmamış elma ve papayalar da suyun uzaklaştırma oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir diğer araştırmada Khin ve ark.[42] tarafından elma dilimleri maltodekstrin ile kapladıktan sonra ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen verilere göre; kaplamada kullanılan maltodekstrin konsantrasyonu ve sonrasında yapılan kurutma işleminde kullanılan sıcaklığın süresi arttırıldığında elmada bulunan su ve şeker miktarındaki kayıpların arttığı belirlenmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işlemine dair önemli hususlar ve avantajlar řu şekilde sıralanabilir;

- Düşük sıcaklıklarda kurutma gerçekleştirildiği için ürünlerdeki renk ve aroma maddelerindeki kayıp en aza indirilir.
- Ürün hammaddeye kıyasla daha yumuşak ve tatlı olur.
- Ozmotik dehidrasyonda gıda maddelerinin içine katılar nüfuz eder buda diğer kurutma yöntemlerine nazaran ozmotik dehidrasyonu farklı kılar.
- Ozmotik dehidrasyon kurutucu potansiyelini arttırmasının yanında kurutma süresini de kısaltır.
- Ozmotik dehidrasyon sonrasında konveksiyonla kurutma işleminin hızı azalır fakat ozmotik işlem uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin konvektif olarak kurutulmasında kuruma süreleri birbirine yakındır [59].

2.7. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Uygulama Alanları ve Gerçekleştirilen Çalışmalar

Endüstriyel çaplı üretimler için alternatif bir yöntem olan ozmotik dehidrasyon yöntemi tek başına bir teknik olmayıp, asıl işlemlerden önce bir ön işlem olarak değerlendirilebilmektedir. İşletme maliyetini düşürmesi, tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılaması ve onların beğenisini kazanması gibi özellikleri gerçekleştirebilecek potansiyelde olması açısından, ozmotik dehidrasyon üzerine birçok araştırma gerçekleştirilmiştir.

Gıda maddelerinin içerdiği çözünür katılar (tuz, şeker ve asitler gibi) ve temel bileşenler (protein, nişasta, selüloz ve pektin gibi) gıda maddelerinin sorpsiyon izotermi ile birlikte ifade edilebilir. Adsorpsiyon olarak adlandırılan olay polimer materyallerin bulunup bulunmadığına bağlıdır ve düşük su aktivite değerinde çözünür katılar çok az su adsorplar. Maddenin çözünmeye başlaması, adsorpsiyonun artması maddenin buhar basıncının çözeltinin buhar basıncının üstüne çıktığının göstergesidir [60, 61]. Ozmotik dehidrasyon işleminin gıdaların sorpsiyon özelliklerini etkilediği gibi gıdaların kuruma hızını ve kuruma davranışını da etkilediği belirtilmektedir. Bununla birlikte gerçekleştirilen bir çalışmada sebze ve meyvenin tuz ve şeker ile muamele edilmesi sonucunda kuruma hızında bir yavaşlama olduğu gözlemlenmiştir [62-65]. Ürünlerde çözünen madde miktarının suyun difüzyon süresi ve buhar basıncını değiştirmesi sonucunda kuruma hızının azalmasının sağlandığı ifade edilmiştir [66].

Spesifik hacim, kurutma işlemi esnasında değişir, bununla birlikte işlem sırasında örnekler su kaybeder ve büzülür. Ancak bir araştırmada ozmoz olayının gerçekleştirildiği sırada kuru madde miktarının arttığı, büzülme işleminin en aza indiği ayrıca daha yoğun bir ürün elde edildiği belirlenmiştir. Kurutma hızı düştükçe kuru ürün yoğunluğu artar ve depolama maliyeti düşer. Bununla birlikte taşıma açısından ürünler daha avantajlı hale gelir. Çeşitli araştırmacılar tarafından, renk stabilitesi bakımından ozmotik dehidrasyon işlemi ile oldukça kaliteli ürünler elde edildiği ifade edilmiştir [62, 63, 65, 67].

Ozmotik dehidrasyon işlemi genellikle havuç, balkabağı, mantar, domates, patates, gibi bazı sebze çeşitlerinde bunun yanı sıra ananas, çilek, elma, kayısı, şeftali, hurma, armut, kivi, muz, gibi farklı meyvelerde kullanım alanı bulmuştur. Genel olarak meyve örneklerinde şeker çözeltileri, sebze örneklerinde ise sodyum klorür veya sakkaroz/sodyum klorür karışım çözeltileri kullanılır [68].

Khin ve ark.[42] tarafından elma küpleri maltodekstrin ile kaplandıktan sonra ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen verilere göre; kaplamada kullanılan maltodekstrin konsantrasyonu ve sonrasında yapılan kurutma işleminde kullanılan sıcaklığın süresi arttırıldığında elmada bulunan su ve şeker miktarındaki kayıpların arttığı sonucuna varılmıştır.

Gerçekleştirilen bir başka çalışmada Sakız kabağın da (*Cucurbita pepo*) üç farklı tuz (NaCl) konsantrasyonu (%5, %15 ve %25) kullanılarak, farklı sıcaklıklar (15, 25 ve 35°C) ve farklı zaman aralıklarında (30, 60, 180 ve 240 dakika) ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuştur ve ürün üzerindeki etkiler incelenmiştir. Araştırma sonucunda bu aralıktaki sıcaklık değişiminin ozmotik kurutma üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Görülen farklı bir sonuç ise; dehidrasyon işlemi süresince tuz konsantrasyonunun ve sıcaklığın artması ile birlikte, kullanılan kabağın renk özelliklerinin değişmesidir.

Bu çalışmaların sonuçlarından farklı olarak, Dimakopoulou-Papazoglou ve Et içerisine eklenen tuz, proteinlerin daha fazla su molekülü bağlamasını sağlayarak, etin yumuşaklığını arttırmakta ve bu sayede ısı işlem gören vakum paketli ürünlerin sıvı

kaybı azalmaktadır. Bunun sonucunda nem miktarının düşüşü meydana gelmekte ve lipid oksidasyonu düşmektedir [69].

Ozmotik kurutma işlemi çok düşük sıcaklıklarda bile gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle ısıya duyarlı meyve ve sebze ürünlerinin besin değerleri değişmeden kurutulmasını sağlayan bir ön işlem olarak da ifade edilebilir [70].

Katsanidis [71] sığır etlerinde NaCl kullanılarak uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin lipid oksidasyonunu hızlandırdığı ve kontrol grubundan daha yüksek TBARS değerlerinin tespit edildiği belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada işlenmiş et ürünlerinde depolama süresince oluşan karboniller, fenolik bileşikler, organik asit gibi maddeleri içeren sıvı dumanın ozmotik çözeltiye eklenmesinin lipid oksidasyonunu önlediği de tespit edilmiştir.

İncirlerin kurutulması işleminde kurutma kinetiğinin araştırılması amaçlanan bir çalışmada; vakum ortamında olmak şartıyla sarılop türü (*Ficus carica* L.) incirlere uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında çözelti türü, çözelti sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu ile vakum uygulamasının incirlerin kurutma işlemleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda ozmotik dehidrasyonun incirlerin kurutma süresini önemli seviyede kısalttığı ifade edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde vakum ortamında kurutma süresinin artmasının bazı etkileri olmuştur. Bu etkiler ise kurutma sabiti ve kurutma süresinin kısalması, aktivasyon enerjisinin, efektif nem difüzyonunun artmasıdır. Ozmotik dehidrasyonun gerçekleştirilen mikro yapısal analiz sonuçlarına göre, incirinde dokusunda bazı deformasyonlara sebebiyet verdiği ifade edilmiştir [72].

Tsironi ve Taoukis [73] farklı oranlarda yüksek dekstroz eşdeğerlikli maltodekstrin (HDM):NaCl, HDM:trehaloz: NaCl ve HDM:glukozamin:NaCl içeren ozmotik çözeltilerde çipura örneklerini dehidre etmiştir. Sonuç olarak ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış çipura örneklerinin TBARS değerlerinin kontrol örneğinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yılanbalığı filetolarının farklı oranlarda gliserol (%30, %40, %45) ve %5 oranında NaCl içeren ozmotik çözeltiler içerisinde ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulduğu bir çalışmada, ozmotik dehidrasyon işleminin,

işlem uygulanmış yılan balığı filetolarında raf ömrü açısından işlem görmemiş filetolara kıyasla iki yada üç kat artış gözlemlenmiş ayrıca lipid oksidasyonunu sınırlandırdığı ve kontrol grubu örneklerle kıyasla daha düşük seviyeler tespit edildiği bildirilmiştir [74].

Balkabağı dilimlerinin vakum altında, sıcak hava ve dondurarak kurutulması işlemlerinde ozmotik dehidrasyonun ultrases ile desteklendiği bir ön kurutma işleminin renk, mikrobiyal özellikler ve rehidrasyon yeteneği üzerine etkisi araştırılmıştır. Ultrases destekli ozmotik kurutma işleminde kullanılan sürelerde (40, 80 ve 120 dk) ve sakaroz çözeltisi konsantrasyonları (%40 ve %60) içerisinde gerçekleştirilen işlem sonucunda oluşan konsantrasyonun ve ultrases destekli ozmotik kurutma işleminin süresinin kullanılan ürün üzerinde su kaybı ve ağırlık kaybını etkilediği ifade edilmiştir [75].

2.8. Ultrases İşlemi

Gıda muhafaza işlemlerinde kullanılan ısı uygulamalarının mikroorganizma ve enzimleri inaktive etme yeteneğinden dolayı çok fazla uygulama alanı vardır. Ancak bu uygulamaların fazla ve yoğun olarak kullanımı gıdalarda belli tahribatlara sebep olmaktadır. Gıdaların yapısal (fiziksel) özelliklerinin yanında kimyasal özelliklerinde farklılıklara ve gıdaya özgü olan (doğal) özelliklerin değişimine sebebiyet verebilmektedir. Bu sebeplerden ötürü üreticiler endüstride kullanılan gıda ürünlerine, gıda ürünlerinin özelliklerine ve gıda ürünlerinin içeriğine olabildiğince az tahribata sebep olan ve bununla birlikte yaşanan ortama yani çevreye yararlı olan, özellikle düşük maliyetli, yeni muhafaza yöntemleri arayışı içine girmiştir. Gıda muhafaza işlemlerinde ısısal olmayan teknolojiler üzerine yapılan araştırmalar ultrases (sanikasyon) teknolojisinin de gıda muhafaza işlemlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir [76, 77]. Ultrases teknolojisinin kullanımı ilk olarak 1900'lü yıllarda başlamıştır. Denizaltıların gönderdikleri ses dalgalarının denizlerde bulunan balıkların ölümüne sebep olmasıyla ultrasesin varlığı ilk kez ortaya çıkmıştır. Yüksek miktarda enerjisi olan ve düşük frekanslı yeni ultrases ise endüstride 1960'lı yıllarda uygulanmaya başlanmıştır [78, 79].

İnsan kulağının işiteceği (>16 kHz) belli düzeylerde ses dalgaları vardır ve kullanılan ultrases uygulaması insanların algılayabileceği frekansların üzerinde oluşan

frekanslarda gerçekleştirilmektedir [77, 80-82]. Daha sonra oluşan dalgalar materyalin içerisinde bulunan moleküllerden ya da materyalin yüzeyinden belli bir süratle geçerek yayılma gerçekleşir. Genellikle ultrases dalgaları güç ultrasesi, yüksek frekanslı ultrases ve tanıyıcı ultrases olarak üç frekans bölgesine ayrılır. Güç ultrasesi 16 kHz ve 100 kHz arasında, yüksek frekanslı ultrases 100 kHz ve 1 Mhz arasında, tanıyıcı ultrases ise 1 ve 10 MHz arasındadır.

Ultrases dalgaları iki farklı şekilde üretilebilir. Bunlardan ilki basınç elektriği (piezoelektrik), ikincisi ise yüksek enerji titreşimleri oluşturan manyetik sıkıştırılmalı dönüştürücüler (transducer) kullanılarak gerçekleştirilir [77, 83, 84].

2.9. Ultrases Uygulamasının Etki Mekanizması

Gıda teknolojisinde çok hızlı gelişen teknolojilerden birisi ultrases uygulamasıdır. Gıda teknolojisinde kullanılan ultrases uygulamaları temelde ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan ilki yüksek frekanslı, düşük enerjili, kontrollü ultrases, ikincisi ise düşük frekanslı, yüksek enerjili (güçlü) ultrases uygulamalarıdır [81, 85-87].

Düşük yoğunluklu ultrases teknolojisinin yoğunluğu 1 W/m^2 nin altında ve frekansı 100 kHz'in üzerindedir, ifade edilen düşük yoğunluklu ultrases teknolojisi enzim inaktivasyonu, filtrasyon, yüzey temizliği, dondurma, etlerin tenderizasyonu alanlarında kullanılır. İkinci bir yöntem olan yüksek yoğunluklu ultrases ise 1 W/m^2 den yüksektir ve 18-100 kHz frekans aralığındadır. Bu teknikte henüz gıda teknolojisi alanında gerçekleştirilen araştırmaların oldukça sınırlı olduğu söylenebilir. Deaerasyon, oksidasyon, enzim ve protein ekstraksiyonu bununla birlikte enzim inaktivasyonu, kristalizasyon ve çekirdek oluşumu gibi alanlarda bu teknik kullanılmaktadır[88]. İfade edilen kullanım alanlarının yanında boyut küçültme, hücreyi parçalara ayırma, bakteri sporlarının öldürülmesi gibi konularda da etkili olduğu belirtilmektedir [89]. Yüksek bakterisidal etkiye sahip olan; OH^- , H^+ ve hidroperoksitler ultrases işlemi ile birlikte meydana gelirler [77, 90, 91].

Etkisi yüksek kavitasyona bağlı olan ultrases teknolojisinin uygulaması sıvı sistemlerde daha etkilidir. Ultrases; hızlı bir sıkıştırma işlemi ile birlikte gerçekleşen ortam içinden geçen dalgaların oluşturduğu osilasyon ile üretilir. Ses dalgaları sıvı içerisine gönderilir

ve sıvı içerisinde bulunan moleküller titreşir, titreşen moleküller oluşan titreşimi komşu moleküle aktarır ve bu şekilde devam eden bir döngü gerçekleşir. Oluşan enerji aktarımları ile ortamda bulunan moleküllerde sıkışma ve gevşemeler oluşur. Öncelikle bir sıkışma meydana gelir ve bu sıkışma olayı esnasında sıvı içerisinde bulunan moleküller birbirlerine gittikçe yaklaşır, gevşeme esnasında ise bulunan moleküller birbirinden uzaklaşır. Daha sonra oluşan moleküller arasında bir çekim meydana gelir, gerçekleşen çekim sonucunda ise belli miktarlarda kabarcıklar oluşur. Birbirinden ayrılan moleküller yaklaşma evresine geçerken osilasyon dediğimiz olay oluşur ve bu olay seri bir şekilde devam eder, bu sürede belli kabarcıklar oluşur oluşan kabarcıklar arasında ani olarak bir patlama gerçekleşir. Patlamadan sonra oluşan kabarcığın etrafında çok kısa bir süre içerisinde sıcaklık 5500 °C'ye kadar çıkar, bununla birlikte basınç ise 50 MPa düzeyinde olur. Böyle bir ani patlama sonucunda ortaya bir türbülans çıkar [81, 90-94]. Oluşan ısı, basınç ve türbülans farklı etkilere sahiptir. Gerçekleşen etki ise bazı durumlara bağlıdır. Bu durumlar ise; enerji ve yoğunluk esnasında oluşan ortamın viskozitesi, ortamda meydana gelen yüzey gerilmesi, buhar basıncı, katı partiküllerde oluşan durum ve sıcaklığa bağlı olabildiği ifade edilebilmektedir.

Enzim inaktivasyonu, mikroorganizma inhibisyonu dondurma, kurutma, filtrasyon, homojenizasyon, tenderizasyon vb alanlarda ultrases teknolojisi uygulanmış ve oldukça iyi neticeler elde edilmiştir. Günümüzde hala ultrases teknolojisinin sınırlı kullanımı olmasına rağmen gelecekte çok fazla kullanım alanı olacağı araştırmacılar tarafından düşünülmektedir [95].

2.9.1. Mikroorganizmalar üzerine etkisi

Ultrases işlemi ile üretilen ürünlerin insan sağlığı açısından risk oluşturmaması ve raf ömrü sırasında her herhangi bir değişim oluşturmadan tüketicilere iletilmesi amaçlanır. Bununla birlikte ultrases işlemi, kullanılan ürün içerisinde oluşan mikroorganizmaları tahrip etmesi yönüyle gıdaların işlenmesinde önemli alternatif işlemlerden birisi olabilmektedir. İfade edilen özellikler dikkate alındığında ultrases teknolojisi ısı içermemesi sayesinde kullanılacak uygulamalardan biridir. Genellikle ısı işlemler ürünlerde olumsuz değişimlere sebep olmaktadır. Ultrases uygulaması kavitasyon oluşturur ve bu sayede mikroorganizmaları inaktive eder, böylelikle gıdalarda daha az değişim sağlar. Ultrases uygulamasının mikroorganizmaları öldürme etkisi vardır bu

etkisi ise hücre duvarının parçalanması ile meydana gelir [93, 96]. Ultrases işlemi sayesinde gaz kabarcıklarının oluştuğu kavitasyon olayı gerçekleşir. Bu olay sonucunda ise enerji yüklü gaz kabarcıkları meydana gelir, meydana gelen enerji de, oluşan gaz kabarcıklarındaki buharı iyi bir şekilde muhafaza edemez, gaz kabarcıkları bozulur ve ortam yoğunlaşmaya başlar. Ortam yoğunlaştıktan sonra hızlı bir şekilde yüksek sıcaklık ve basınç oluşur, oluşan ortamda mikroorganizmaların hücre duvarı zarar görmeye başlar ve hücreler inaktif hale gelir. İfade edilen bölge ısıtılmış bölge olarak adlandırılır. Isıtılmış bölge bakterilerin ölmesini sağlar, fakat ortam çok sınırlı olduğundan dolayı bakterilerin tamamı ölmez [93]. Oluşan bu sorunun çözümü için ise uygulanan sonikasyon işleminde sıvının her tarafa ulaşması için ortam oluşturulmalıdır. Ortamda oluşan mikroorganizmaları yok etmek için ultrases uygulaması yalnızca etki edemez. Isı ve basınç ile birleştirildiğinde etkisini artırabilir. Böyle bir etki için üç farklı sistem kullanılabilir bu sistemler; monosonikasyon (yüksek basınç ile kombine edilmiş ses dalgası), thermosonikasyon (ısıl işlemle kombine edilmiş ses dalgası), ve monothermosonikasyon (hem ısıl işlem hem de yüksek basınç ile kombine edilmiş ses dalgası işlemi) dur [82, 97].

Bazı çalışmalar sonucunda bu uygulamaların ultrases, ısı ve basınç olarak hepsinin ortak kullanılmasıyla mikroorganizmaları iyi bir şekilde inaktive ettiği ifade edilmiştir [93]. Gerçekleştirilen bir çalışmada Ordonez ve ark.[98] tarafından ısı ve basıncın ultrases ile birlikte kullanımında ultrasesin mikroorganizmalar üzerine daha etkin olduğu belirtilmiştir. En iyi sonuca 20 kHz dalga boyunda 160 W yoğunlukta ve 5 dereceden 62°C' ye kadar artan bir sıcaklık uygulamasının ultrases uygulaması ile birlikte kullanımı ile ulaşılmıştır. *L. Monocytogenes* üzerine ultrases kullanımı konusunda ilk çalışmaları yapan araştırmacılardan olan Pegan ve ark.. [99] *L. Monocytogenes* bakterisinin inhibisyonunda ultrases uygulamasıyla ortam sıcaklığının etkisinin olmadığını belirtmiştir. Ancak Hoover., [100] mikroorganizmalar üzerindeki etkinin mikroorganizmalarda ısı, basınç ve ısı+basınç uygulamaları ile etkili olabileceğini belirtmiştir. Mikroorganizmaların çoğu genellikle ultrases uygulamalarında 50 °C'de yüksek bir duyarlılık göstermiştir[79].

2.9.2. Gıda enzimleri üzerine etkisi

Ultrasesin tek başına enzimler üzerine etkisi sınırlıdır. Ultrasesin mikroorganizmalarda da enzimler üzerinde olduğu gibi bir etkisi olduğundan dolayı sıcaklık ve basınç uygulamalarıyla kullanılması ile etkisi artmaktadır. Ultrases işleminin etkinliği yapılan uygulamada kavitasyonun oluşması sonucu ortaya çıkan baloncukların patlaması ile açığa çıkan enerji olarak açıklanır. Yaptıkları bir araştırmada Coakley ve ark.. [101] alkol dehidrogenaz, katalaz ve lizozim enzimlerine 20 kHz'lik bir basınç ile ultrases uygulamışlardır. Bunun sonucunda katalaz enzimlerine karşı yaptıkları uygulamanın çok sınırlı bir etkisi olup alkol dehidrogenaz, katalaz ve lizozim enzimlerine nazaran ise daha yüksek bir etki göstermiştir. Gerçekleştirilen ultrases uygulamasında sadece bulunan ortam ısısının ve atmosferik basıncın bu enzimler üzerinde yeteri kadar etkisinin olmadığı ve etkili bir yöntem olarak istenilen sıcaklığın 60-70 °C, basıncın ise 200 kPa olmasının gerekli olduğu ifade edilmiştir [102]. Ülgen [103] tarafından yapılan bir çalışmada ise enzimler üzerine olan etkinin enzimlerin aminoasit kompozisyonlarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir. Pektin Metil Esteraz (PME) üzerine yapılan çalışmalarda ise Tiwari ve ark., [104] ultrasesin tek başına bu enzim üzerine etkisinin yeterli olmadığını tespit etmişlerdir. Tropikal meyvelere ultrasesli banyoda düşük basınçlarda işlem uygulayan Cheng ve ark.. [105] gerçekleştirdikleri bu çalışmada düşük basınçlı ultrases işleminin daha uygun olduğunu belirlemişlerdir. Sebebinin ise uyguladıkları çalışmadan ötürü meyvelerde bulunan hücre duvarının parçalandığını bununla birlikte var olan proteinlerin ise denatürasyona uğradığını ifade etmişlerdir. Peroksidaz enzimi meyve ve sebzelerde bulunur, yüksek ısı stabilitesinden dolayı sebzelerin ağarmasına sebep olur. Bu ürünlerde renk, tat, duyu açısından oldukça önemlidir. Peroksidaz enzimi termosonikasyon uygulamaları ile beraber inaktive olmakta ve bu sayede, gıdalarda ağartma işlemi için kullanılan sürede azalmaktadır. Bir başka çalışmada bazı gıdalar için peroksidaz enziminin %90 inaktivasyonu için gereken süre 70 s ısısal işlem iken, termosonikasyon uygulaması ile birlikte bu sürenin 5 s olduğu ifade edilmiştir [106].

2.9.3. Homojenizasyon ve emülsifikasyon uygulamalarına etkisi

Farklı olan ve birbirileri içerisinde karışmayan sıvıların karıştırılması için gerçekleştirilen uygulamaya emülsiyon denir. Alınan iki farklı sıvının karıştırılması

amacıyla kullanılan bazı maddelere emülgatör denir. Ultrases işleminin sıvılarda kavitasyon oluşturması ile kabarcıklar meydana gelir ve bu kabarcıklar birbiri ile karışmayan iki sıvı arasında patlar, patlaması sonucu bir şok etki gerçekleşir böylelikle birbiri ile karışmayan bu iki sıvı çok daha homojen bir şekilde karışır. Gaikwad ve Pandit. [107] ultrases uygulamasının yağda bulunan damlacık büyüklüğü oranına ve ayrıca oluşan disperse fazın hacmine etkisini, kullanılan uygulamanın da zaman ve güç miktarı üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Ultrases ile üretilen damlacık boyutlarının normal olarak üretilen damlacık boyutlarından daha küçük olduğu sonucuna varılmıştır. Elektron mikroskobu ve termosonifikasyonlu ultrases uygulanmış sütte bulunan yağların mikro yapıları hakkında çalışma yapan Bermudez-Aguirre ve ark., [108] yağ globüllerinin bazı kazein miselleri ile etkileşimi sonucunda; granüler yüzeylerin ve yağ globüllerinin parçalanarak küçülmesi sonrasında globül membranının parçalandığını ifade etmişlerdir.

2.9.4. Et teknolojisinde ultrases uygulamaları

Ette aranan en önemli özellik renk ve lezzetin yanında gevrekliktir. Etlerde gevreklik çok fazla değişkenlik gösterirken, etin hem gevrekliği hem de stabilitesinin artırılması istenmektedir. Çalışmalarda ultrases uygulaması ile hücreler arasında oluşan yapının mekanik olarak değişiminin sağlanabildiği belirtilmektedir. Gerçekleştirilen bir araştırmada, sekiz farklı sığırdan kas numuneleri (50 gr) alınmış daha sonra hem prerigor dönemi (ölüm sertliği öncesi), hem de postrigor (ölüm sertliği sonrası) döneminde ultrases uygulamasına maruz bırakılmıştır. Araştırma sonucunda prerigor döneminde yapılan ultrases işlemi ile birlikte kas numunelerinde rigormortis' te gecikme yaşandığı, sarkomerde gerileme oluştuğu, Z hattı bölgesinin yapısal olarak değişime uğradığı, kitosol bölgede kalsiyum salgısında ani olarak bir artışın meydana geldiği ifade edilip, etin olgunlaşma süreci hakkında ise kesin bir sonuca varılamamıştır. Sertlik sonrasında herhangi bir değişim olmayıp, olgunlaşma endeksinde 6 gün sonra az miktarda bir iyileşme gerçekleşmiştir [109]. Alınan bir et numunesi ilk olarak maden tuzu solüsyonu içerisine daldırılmıştır ve sonrasında yüksek yoğunlukta, kısa süreli ve oldukça düşük frekanslı ultrases işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre tuz solüsyonu içerisine daldırılan etin tuz solüsyonu içerisine daldırılmayan ete nazaran sertliği daha az olduğu ifade edilmiştir [110]. Ultrases işlemi (%2 tuz ilaveli) kuru bir

jambona uygulandığında ise moleküller arasındaki yapışkanlığını oldukça arttırmaktadır [111].

2.10. Ultrases İle İlgili Gerçekleştirilen Diğer Çalışmalar

Bazı gıda işleme yöntemleri nişasta granüllerinde bulunan kristal bölgeleri tahrip ederler. Bu işlemlerden biri de mısır nişastasının oldukça yüksek yoğunluktaki ultrases işlemine tabi tutulması işlemidir. Ultrasesin mısır nişastasındaki etkilerini araştırmak amacıyla yapılan çalışma doğrultusunda 20 kHz' lik bir frekansla ilk olarak tek seferlik ve daha sonra sürekli olarak ultrases işlemleri uygulanmıştır. Sonuç olarak; mısır nişastasında şekerlenme oranı artmış ve buna bağlı olarak oluşan mısır nişastasının içindeki partikül boyutu da küçülmüştür [112]. Gerçekleştirilen bir çalışmada ultrases yönteminin geleneksel kurutma yöntemlerine kıyasla gıdalara daha az zarar verdiği, daha az kalite kaybına neden olduğu ve daha hızlı kurutma işlemini sağladığı belirlenmiştir [113]. Çiğnenebilirlik değerinde ise; en yüksek değer %20U ve %30U grubu örneklerinde belirlenirken en düşük değer kontrol ve %10 grubu örneklerde belirlenmiştir ($P < 0.05$). Knežević ve Ozuna ark. (2013) [114] yaptıkları çalışmalarda, ozmotik dehidrasyon işlemi için kullanılan tuzun, domuz etinin sertlik değerinde bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Bunun nedeninin ise, tuzun et dokusunda bulunan proteinlerin yapılarını bozması olduğunu belirtmişlerdir. Fakat bu durumda en önemli parametrelerden birinin tuz konsantrasyonu olduğunu da ayrıca vurgulamışlardır. Belli bir süre ile depolanan portakal sularına hem ultrases hem de sıcaklık uygulamasını beraber uygulayan Knorr ve ark [92] işlem sonucunda askorbik asit degradasyonunun sadece ısı ile temas eden ürünlere kıyasla oldukça az miktarda gerçekleştiğini bulmuşlardır. Ultrases işlemlerinin kullanıldığı cihazlar belli titreşimler yayar ve bu titreşimler sayesinde oldukça kırılgan olan ve kesilmesi oldukça zor olan (heterojen) ürünlerde çok az bir kayıp ile kesim işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede gıda üretimlerinde ultrases işlemi bıçak vb. kesici özellik gösteren işlemlerde kullanılabilir. Ürünlerde böyle sistemlerin kullanılması sayesinde yüzeylerde oluşan mikrobiyal yönlerden bulaşıcı riski engellenmiş olur ve çok az bir bakım maliyeti sağlanır [115]. Turşu salamuralarında genel olarak gerçekleştirilen işlemler sonrasında çok fazla tuz kayıpları meydana gelir ve salamuraya sürekli tuz ilavesi yapılır. Böyle bir işlem maddi açıdan ve zaman bakımından dezavantaj olarak kabul

edilir. Bu bilgiler ışığında yapılan araştırmalarda salamuraya ultrases işlemi uygulanması ile tuzun ürünlere nüfuz etme süresinin ve salamura süresinin kısaltıldığı bildirilmiştir [115]. Gerçekleştirilen bir çalışmada ultrasonik ses dalgalarının et proteinleri üzerinde önemli etkilerinin olduğu ve et dokusunun daha sert (gevrek) bir yapıya ulaştığı ifade edilmiştir [87].

2.11. Ozmotik Dehidrasyon ve Ultrases Uygulamasının Birlikte Kullanıldığı alışmalar

Garcia-Noguera ve ark. [116] tarafından yapılan bir çalışmada, ilekler distile su ve iki farklı sakkaroz (%25, w/v - %50, w/v) konsantrasyonunda ki karışımlar içerisine daldırılmıştır. Sonuç olarak ise; çileklerde oluşan su difüzyon miktarının yükseldiği ve kuruma süresinin düştüğünü belirlemişlerdir. Bununla birlikte mikrobiyal analizler sonucunda meyve dokusunun değiştiğini görmüşler ve renk ısıya karşı duyarlı bileşenlerin korunduğunu belirtmişlerdir.

Kızılılık meyvelerinin ultrases işlemi yanında ozmotik kurutulması ile üründeki yapı, renk ve su aktivitesindeki değişimi araştırmak isteyen Shamaei ve ark. [117] işlemlerini %40 %50 %60 sakkaroz ve %0 %4 %8 NaCl konsantrasyonlarında ve üç farklı sıcaklık (30°C, 40°C, 50°C) altında gerçekleştirmişlerdir. Yüksek miktarda sıcaklık uygulandığında sakkaroz ve tuz kullanılmasının diğer örneklere nazaran oldukça düşük miktarda sertlik ve su aktivitesinin gerçekleştiğini görmüşlerdir.

Elmaların dilimlenerek ultrases ozmotik kurutulması üzerine çalışma yapan Carcel ve ark.[118] yaptıkları çalışmada yoğunluğu yüksek olan ultrasesin sakkaroz çözeltisine maruz bırakılan elma dilimlerinin kütle transferleri üzerine önemli ölçüde etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Ananasın ultrases desteği ile ozmotik kurutulması üzerine çalışma yapan Fernandes ve ark. [119] ultrases uygulamalarının ürün yapısına etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda su difüzyon katsayısının ve şeker kazanımının arttığını belirlemişler. Bununla birlikte hücreler ve kanallar arasında geçiş sağlanamadığını ve hücrede şekil bozukluğu oluştuğunu, oluşan bu sorunların ozmotik dehidrasyondan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Meyvelerde uygulanan ultras ses ve ultras ses yanında kullanılan ozmotik dehidrasyon işlemi üzerine yapmış oldukları araştırmada sekiz farklı meyve (muz, jambu, kavun, papaya, ananas, ve sapota) kullanan Fernandes ve ark. [120] çalışmasında kurutma esnasında kazanılan şeker miktarı, su kaybı ve etkin su yayılımını araştırmış, sonucunda kazanılan şekerin ve su kaybının kullandıkları meyvenin yapısına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Kivide ultras ses ön işleminin ozmotik kurutma üzerindeki su kaybı ve mikro yapıdaki değişmeleri araştıran Nowacka ve ark.[121] yaptıkları çalışmada kullandıkları ultras ses banyosunun 35 kHz frekansa sahip olduğunu ve 61,5 brix sakkaroz çözeltisinde 0, 10, 20, 30, 60 ve 120 dakika süreler de, 25 derecede çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda ise kütle değişikliklerinin olumlu olarak etkilendiğini ve hücrelerin ortalama kesit oranının arttığını ifade etmişlerdir.

Yılanbalığı filetolarının farklı oranlarda gliserol (%30, %40, %45) ve %5 oranında NaCl içeren ozmotik çözelti içerisinde ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulduğu bir çalışmada, ozmotik dehidrasyon işleminin lipid oksidasyonunu sınırlandırdığı ve kontrol grubu örneklere kıyasla daha düşük seviyeler tespit edildiği bildirilmiştir [74].

3. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan piliç göğüs etleri, 24 saat post-mortem ve kemiksiz (*M. pectoralis major*) olarak yerel bir işletmeden (İtimat Et Galerisi, Nevşehir) alınmıştır. Soğuk zincir altında Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına ulaştırılarak kaplanmış tavuk üretimi için işlenmiştir. Kaplanmış tavuk ürünü üretiminde kaplama materyali olarak kullanılan mısır unu, tuz, buğday unu, kabartma tozu ve baharatlar yerel marketlerden (Nevşehir, Türkiye) temin edilmiştir. Hazırlanan kaplamalı ürünlerinin derin yağda kızartılması için palm olein esaslı, ticari kızartma yağı (Besler Gıda ve Kimya San. Ve Tic. A.Ş., İstanbul) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada kaplanmış tavuk ürünü için kullanılacak tavuk göğüs etleri 5x2x1 cm boyutlarına uygun formda kesilmiş, kesilen tavuklar farklı konsantrasyonlarda (%10, %20, %30) hazırlanan ozmotik dehidrasyon sıvıları içerisinde ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuştur. İkinci aşamada ise ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan tavuk parçaları hazırlanan kaplama materyali ile kaplandıktan sonra derin yağda kızartılmıştır.

3.2.1. Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemi

Olabildiğince eşit büyüklük ve ağırlıktaki et parçaları elde edilmek amacıyla tavuk etleri 5x2x1 cm boyutlarında kesilmiştir. Hazırlanan tavuk parçası örnekleri Resim 3.1'de gösterilmektedir.



Resim 3.1. 5x2x1 cm boyutunda kesilen tavuk parçaları

Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminde kullanılan sodyum klorür çözeltilerine ait derişimler ve ultrases işleme ait bilgiler tabloda sunulmuştur (Tablo 3.1). 100 ml saf su içerisine derişime bağılı olarak 10g, 20g ve 30g olacak şekilde sodyum klorür ilave edilerek homojen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır. Homojen hale getirilen karışımlar içerisine Resim 3.2’de görüldüğü gibi eşit miktarda tavuk parçaları ilave edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi ozmotik çözelti:ürün oranı 6:1 olarak gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.1. Ultrases işlemi uygulanmış ve uygulanmamış ozmotik dehidrasyon sıvıları içerisindeki tavuk parçaları

Ozmotik sıvılar içerisine konulan tavuk parçalarının yarısına ultrases işlemi uygulanırken, kalan yarısına ise ultrases işlemi uygulanmamıştır. Deneme düzeninde belirtildiği gibi ozmotik çözelti konsantrasyonuna bağılı olarak tavuk parçaları 1, 2 ve 3 saat süre ile ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Ozmotik sıvı içerisinde bekletilen tavuk parçaları her bir saatte beş dakika olacak şekilde, üç saatte toplam 15 dk, iki saatte toplam 10 dk ve bir saatte toplam 5 dk ultrases işlemine tabi tutulmuştur

(Tablo 3.1). Kontrol grubu örnekler ise herhangi bir işleme tabi tutulmadan diğer gruplar ile aynı şekilde kaplanarak kızartılmıştır.

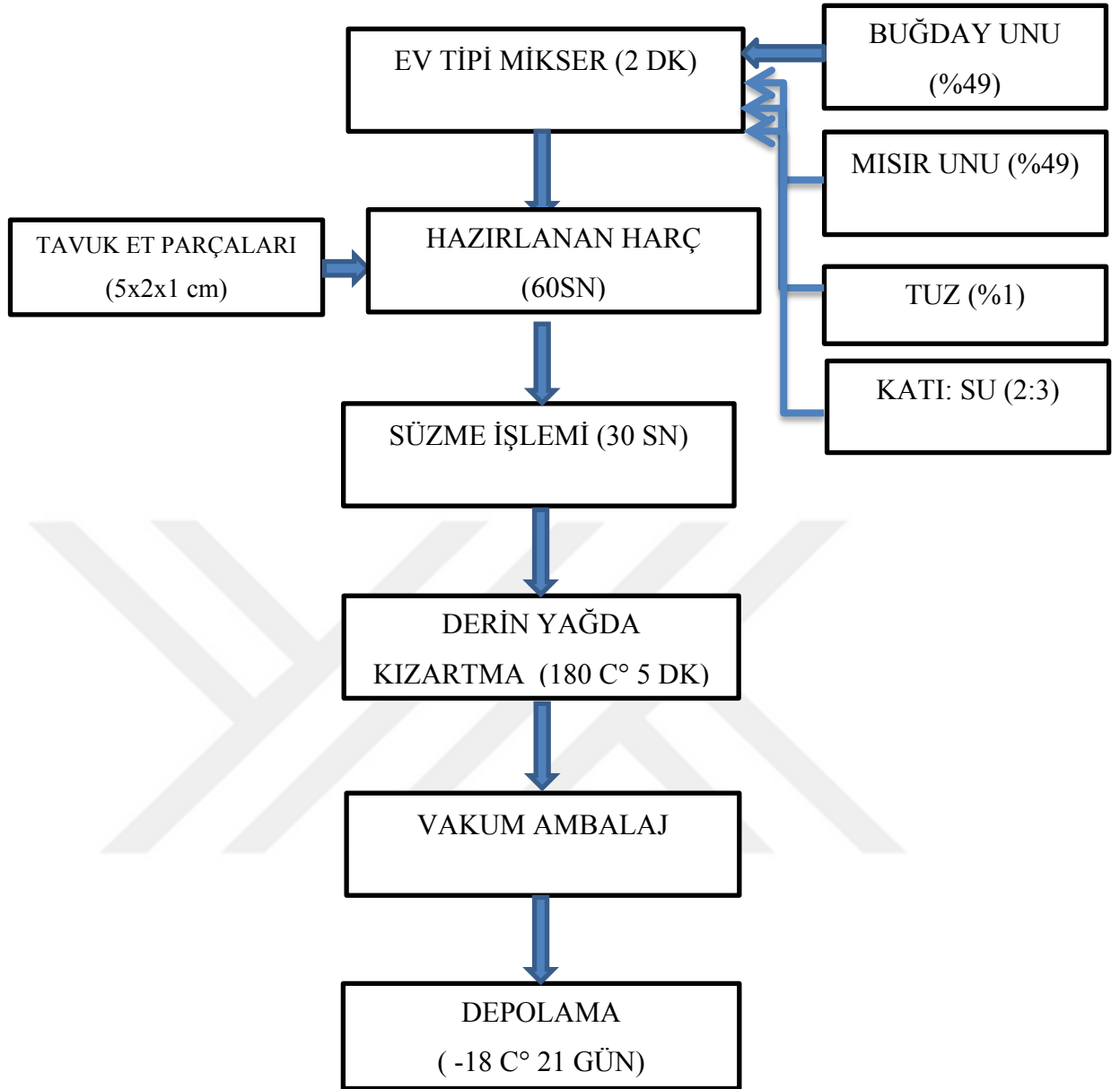
Tablo 3.1. Deneme düzeni formülasyonunda yer alan ozmotik sıvı yüzdeleri ve ultrases süresi

Gruplar	Ozmotik sıvı (%NaCl)	Süre (saat)	Ultrases süresi (53 kW/ dk)
Kontrol	-	-	-
%10	10	3	-
%10U	10	3	5 dk/saat
%20	20	2	-
%20U	20	2	5 dk/saat
%30	30	1	-
%30U	30	1	5 dk/saat

Ozmotik dehidrasyon süreci tamamlanan et parçaları ozmotik sıvı içerisinden alındıktan sonra suyu tamamen uzaklaştırılarak kaplamalı ürün üretiminde kullanılmıştır.

3.3.Kaplamalı Tavuk Üretimi

Kaplama üretimi Şekil 3.1' de sunulan akış şemasına uygun olarak gerçekleştirilmiştir



Şekil 3.1. Kaplamalı tavuk ürün üretim akış şeması

Et parçaları formülasyonunda buğday unu (%49), mısır unu (%49), tuz (%1) ve kabartma tozu (%1) bulunan kaplama harcı ile kaplanmıştır. Kaplama hamurunun hazırlanmasında katı-su oranı 2:3 olarak kullanılmıştır. Homojen bir yapı elde edilmek amacıyla tüm bileşenler eklendikten sonra kaplama harcının elde edilmesi için karışım 2 dk ev tipi gıda mikseri (KenWood Mixer, Birleşik Krallık) kullanılarak karıştırılmıştır. Standart boyutlarda hazırlanmış tavuk parçaları 60 saniye kaplama harcında bekletildikten sonra 30 saniye fazla harcın üründen uzaklaştırılma işlemi amacıyla delikli bir aparat üzerinde bekletilmiştir. Daha sonra kaplama işlemi yapılmış tavuk

etleri ev tipi fritöz kullanılarak 180 °C’de 5 dk süre ile kızartma yağı içerisinde kızartma işlemine tabi tutulmuştur (Resim 3.3).



Resim 3.2.Kızartma işleminden sonraki tavuk örnekleri

Kızartma işlemine tabi tutulan tavuk örnekleri Resim 3.4’de olduğu gibi vakum ambalajlama işlemi sonrasında -18°C’de 21 gün depolanmıştır (Şekil 3.1).



Resim 3.3. Depolanmak üzere vakum ambalajlanan tavuk örnekleri

Üretilen kaplamalı tavuk ürünü örneklerinde üretim günü (0.) ve 7. 14. 21. günlerde renk, TBARS ve pH değerlerindeki değişimler belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin nem, kül, protein, yağ miktarı, pişme özellikleri (yağ çekme, ürün lezzeti, verim vb.) ve tekstürel özellikler belirlenmiştir.

3.4. Tiyobarbitürük Asit Reaktif Maddeler (TBARS) Analizi

Üretim ve depolama süresince tavuk örneklerinin tiyobarbitürük asit reaktif madde (TBARS) miktarı lipid oksidasyonu seviyesini belirlemek amacıyla yapılmıştır [122, 123]. TBARS olarak adlandırdığımız tiyobarbitürük asit reaktif maddeler analizini gerçekleştirmek için kullanılan örnekten yaklaşık 2 gr santrifüj tüpü içerisine alınmıştır. Daha sonra alınan örnekler üzerine 12 ml trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi eklenmiştir. Çözelti eklendikten sonra 15-20 saniye boyunca Ultra-Turrax (MTOPS SR30, Korea) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen karışım Whatman No:1 filtre kağıtları ile filtre edilmiştir. Elde edilen süzüntüden 1 ml alınmış ve üzerine 1 ml tiyobarbitürük asit (TBA) çözeltisi ilave edilmiştir. Eklenen çözelti ile birlikte karışım vortekslenmiştir (Dragon Lab MX-F, China). Vortekslenen karışım sıcak su banyosunda 40 dk boyunca 100°C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve 5 dakika 4000 rpm de santrifüjlenmiştir (Hanil Combi 514R, Korea). Santrifüjlenen örneklerin absorbansı spektrofotometrede (Genesys 10S UV-VIS, Thermo Scientific, USA) 532 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Standart kalibrasyon eğrisi için tetrametoksipropan (MDA) kullanılmış ve örneklerin TBARS değerleri $\mu\text{mol MAD/kg}$ örnek olarak hesaplanmıştır.

3.5. pH Analizi

pH ölçümü için 5 gr örnek tartılmıştır. Hazırlanan 5 gr tavuk örneklerine 50 ml saf su ilave edilmiştir. Daha sonra ilave edilen su ile birlikte örnek homojenize edilmiştir. pH metre (WTW Multi 9420, Germany) kullanılarak ölçümler analiz edilmiş ve kayıt edilmiştir. Yapılan pH analizi öncesinde pH metre pH 4.0 ve 7.0 tampon çözeltileri ile kalibre edilmiştir [124].

3.6. Renk Tayini

Konica Minolta renk ölçüm cihazı (CR-200, Minolta, Japonya) ile tavuk örneklerinin dış yüzeylerine ait renk değerleri gerçekleştirilmiştir. Renk ölçüm analizinden önce kalibrasyon için cihaz üreticisi tarafından oluşturulan kalibrasyon tablası ile kalibre edilmiştir. Renk ölçüm analizi 3 paralelli olacak şekilde yapılmıştır. Örneklere ait CIE L*, a*, b * değerleri bu analiz sonucunda belirlenmiştir. Bu değerler CIE renk

sisteminde renk parlaklık değeri (L*), kırmızı-yeşil renk değeri (a*), sarı-mavi renk değeri (b*) olarak belirtilmektedir.

3.7. Protein Analizi

Protein miktarı analiz işlemi Kjeldahl Yöntemi ile gerçekleştirilmiştir [124]. Kjeldahl balonu içerisine 1 gr homojenize örnek tartılmıştır. Daha sonra kaynama taşı, katalizör ve 25 ml sülfürik asit (H₂SO₄) ilave edilerek yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem balon içerisinde bulunan çözeltinin renginin açık mavi - yeşile dönene kadar sürdürülmüştür. Daha sonra elde edilen çözelti distilasyon ünitesinde NaOH ile distile edilmiştir. Distilasyon işlemi sonrasında elde edilen çözelti 0.1 N HCl çözeltisi kullanılarak titre edilmiş ve harcanan HCl çözeltisi miktarına göre protein içeriği (%) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$$\% N = [0,014 \times N \times (V1 - V2) \times 100] / m \quad (3.8)$$

$$\% \text{ Protein} = 6.25 \times \% N$$

V1= Titrasyon işleminde kullanılan HCl miktarı, ml

V2= Şahit için titrasyonda harcanan HCl miktarı, ml

N= Ayarı yapılan HCl derişimi

m= Örnek miktarı, g

3.8. Kül Miktarı Analizi

Analiz öncesinde hazırlanan porselen krozeler temizlendikten sonra kurutularak daraları belirlenmiştir (Y1). Daha sonra krozeler içerisine her bir örnekten yaklaşık 3 gr tartılmış (Y2) ve kül fırınında yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekler yerleştirildikten sonra kül fırınındaki sıcaklık kademeli olarak 550 °C'ye kadar çıkarılarak yakma işlemi sonlandırılmıştır (Y3) [124].

$$\% \text{ Kül} = ((Y3 - Y1)/(Y2 - Y1)) \times 100$$

Y1: Porselen krozelerin ilk tartımları

Y2: Örnek miktarı

Y3: işlem sonunda elde edilen kül miktarı

3.9.Nem Miktarı Analizi

Alüminyum kurutma kapları temizlendikten sonra nem miktarı analizi için kurutulmuş daraları belirlenmiştir (G). Daha sonra kurutma kapları içerisine 5 gr örnek tartılarak (G1) 105 °C’de, tamamen nemi uzaklaşacak şekilde yaklaşık olarak 18 saat kurutulmuş (G2) ve işlem sonlandırılmıştır [124].

$$\% \text{ Nem} = ((G2 - G)/(G1 - G)) \times 100$$

G: soğutulan kurutma kabının darası

G1: örnek miktarı

G2: işlem sonunda kurutulan örnek miktarı

3.10. Yağ Miktarı Analizi

Tavuk örneklerinin yağ miktarının belirlenmesi için Soxhlet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır [114]. Soxhlet ekstraktörüne yerleştirilen örnekler 8 saat süresince ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonrası örnekler üzerindeki çözücü uçurulmuş ve desikatörde soğutulduktan sonra yağı ekstrakte edilmiş örneklerin son ağırlıklarının tartımı alınmıştır. Yağ miktarı (%) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ} = [(a - b) / a] * 100$$

a: Örnek miktarı (g)

b: Yağ ekstraksiyonu sonrası kalan örnek miktarı (g)

3.11. Serbest Yağ Asidi Analizi

Yapılan analizler [125] için kullanılacak örnekler öncesinde iyice karıştırılarak homojenize edilmiştir. Homojenizasyonu gerçekleştirilen örneklerden, temizlenen erlenmayer içerisine 5 gr tartılmış ve tartılan örnekler önceden hazırlanan yaklaşık 50 ml etilalkol-dietileter karışımında çözdürülmüştür. Çözdürülen karışım içerisine 1-2 damla fenolftaleyn indikatörü ilave edilerek büret içerisinde bulunan 0.1 N KOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Erlenmayer içerisinde bulunan karışım pembe renk alınca işleme son verilmiştir. Gerçekleştirilen bütün işlemler şahit numune için tekrar yapıp hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Serbest yağ Asidi (\% oleik asit)} = V \times N \times 28.2 M$$

V: Titrasyonda harcanan NaOH çözeltisinin miktarı

N: Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi (N)

M: Tartılan örnek miktarı (g) $28.2:282$ (oleik asidin molekül ağırlığı) $\times 100/1000$

3.12. Peroksit Tayini

Her bir örnekten 0.001 g kadar erlenmayer içerisine tartılmıştır daha sonra tartılan örnek üzerine 10 ml kloroform ilave edilmiştir. Hazırlanan çözelti hızla karıştırılarak yağ çözdürülmüş ve homojen hale getirilmiştir. Daha sonra çözelti içerisine ilk olarak 15 ml asetik asit, 1 ml KI ilave edilip, kapak kapatılıp hızla 1 dk boyunca karıştırılmıştır. Karıştırılan erlen mayer içerisindeki çözelti 5-10 dk boyunca karanlık yerde tutulmuştur. Sonrasında çözelti içerisine 75 ml saf su ve 1 ml kadarda nişasta çözeltisi eklenmiştir, daha sonra oluşan mavi renk gidene kadar 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi titrasyon işlemi yapılmıştır. Aynı işlemler şahit numuneler içinde yapıp sonuçlar ise aşağıdaki formülden hesaplanmıştır [125].

Peroksit Sayısı (meq O₂/kg yağ) = $(S-B) \times N \times 1000 M$

S: Örnek için titrasyonda harcanan 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisinin miktarı

B: Şahit için titrasyonda harcanan 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisinin miktarı

M: Tartılan örnek miktarı (g)

N: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi (N)

3.13. Tuz Tayini

Tuz analizi için ayrılan örneklerden temizlenen falkon tüpleri içerisine 10 gr tartılmıştır, daha sonra üzerine 10 ml kadar saf su ilave edilerek, Ultra-Turrax (MTOPS SR30, Korea) ile 15-20 s boyunca örnekler homojenize edilmiştir. Elde edilen örnekler filtre kağıdından geçirildikten sonra ortaya çıkan süzüntüden 10 ml bir erlen içerisine alınmış ve üzerine önceden hazırlanan %5 lik potasyum kromat (K₂CrO₄) çözeltisinden 1 ml ilave edilmiştir. Daha sonra büret içerisine hazırlanmış olan 0.1 N Gümüş nitrat (AgNO₃) çözeltisi ile titrasyon işlemi yapılmıştır. Erlen içerisinde bulunan sıvının rengi kırmızı kiremit renk aldığı an işleme son verilmiştir. Aynı işlemler şahit numune için yapılmış ve hesaplamalar için aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

%Tuz (g /100mlörnek) = $\frac{(N \times V \times F \times 0.0585 / \text{örnek}) \times 100}{V}$

$V = (V_2 - V_1)$.

V_1 = Şahit denemede harcanan $AgNO_3$ miktarı (mL), V_2 = Esasdenemede harcanan $AgNO_3$ miktarı (mL)

N = $AgNO_3$ çözeltisinin normalitesi

F = $AgNO_3$ çözeltisinin faktörü

0.0585 = NaCl'nin miliekivalen ağırlığı (g)

Örnek = Örnek miktarı (g veya mL)

3.14. Tekstür Profil Analizi

Tekstür ölçümleri için nem kaybını engelleyecek şekilde önlem alınmış örneklerin analiz öncesinde oda sıcaklığına ulaşması beklenmiştir. Örnekler için tekstür profil analizleri (TPA) TA.XT2 Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Tekstür profil analizi için ön test hızı 3 mm/s, test hızı 1mm/s ve ileri test hızı 10 mm/s olacak şekilde 10 cm çapında silindirik prob kullanılarak 5 mm uzaklığa 10 g alt sınır kuvveti uygulanarak yapılmıştır.

3.15. İstatistiksel Analizler

Araştırma kapsamında elde edilen ham veriler SPSS 22.0.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) paket programı kullanılarak, %95 güven aralığında varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelenmiştir. Varyans analizi sonrası deneme grubu ortalamaları arasındaki farklılığı belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi gerçekleştirilmiştir ($P < 0.05$). Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak sunulmuştur.

4.BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Hammadde Analizleri

Çalışma kapsamında kaplamalı tavuk ürünlerinin üretiminde kullanılan tavuk etlerinin fizikokimyasal özelliklerini belirlemek için gerçekleştirilen analiz sonuçları Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

Tablo 4. 1. Tavuk örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları

Nem (%)	76.84±0.49
Protein (%)	18.59±0.25
Yağ (%)	3.29±0.18
Kül (%)	1.28±0.05
pH	6.12±0.02
L* değeri	56.16±3.23
a* değeri	0.14±0.07
b* değeri	8.02±0.98

Kullanılan tavuk etinde pH değeri ortalama 6.12 olarak belirlenmiştir. Gerçekleştirilen bazı çalışmalarda tavuk göğüs eti için pH değerinin 6.03-6.14 aralığında olduğu belirtilmiştir [126-128]. pH değerinin düşük olması bakteriyel gelişimi engelleyerek tavuk etinin kalitesine ve raf ömrüne olumlu etki etmektedir [129]. Genetik yapı, bununla birlikte çevresel şartlar kanatlı et ve et ürünlerinde kesim sonrası hızlanmış glikolize sebep olur, oluşan bu durum karşısında ise laktik asit üretimi artarken pH değeri düşmektedir [130]. Et proteinlerinde izoelektrik noktalara (pI aktin 4.7 ve miyosin 5.4) düşen pH değeri; proteinlerin denatüre olmasına ve yapılarının değişmesine sebep olabilmektedir. Ayrıca, et ürünlerinde parlaklığın (L* değeri) etin protein içeriğine, ortamdaki su miktarına ve ürünün pH değerine bağlı olduğu belirtilmektedir. Etin rengi, boyutu, yağ miktarı, tekstürü, protein değerleri etin pişirilmesi aşamasında değişmekte olup; pişirilen ürünün mineral madde miktarında azalma ve pH değerinde artış görülmektedir. Et kalitesini önemli şekilde etkileyen fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik birçok değişim ortaya çıkmaktadır [132].

Çalışmada kullanılan tavuk etinin belirlenen nem, protein, yağ ve kül değerleri de literatürdeki sonuçlar ile kıyaslandığında oldukça benzerlik göstermektedir [126-128]. Tavuk göğüs eti literatürde protein değeri yüksek ayrıca vitamin, mineral miktarı açısından oldukça zengin ve diğer et ürünlerine nazaran az yağlı bir et ürünü olarak tanımlanmaktadır [6].

4.2. pH Analiz Sonuçları

Gıda ürünlerinde kimyasal ve mikrobiyolojik ürün kalitesinin değerlendirilmesinde pH değeri bir ölçüt olarak kullanılır. Et ve et ürünlerinde renk, tat, aroma, raf ömrü ve su tutma kapasitesi açısından pH değeri önemli bir belirleyici faktördür [133]. Çalışma kapsamında üretilen kaplamalı tavuk ürünlerinde pH değerinde depolama boyunca meydana gelen değişim Tablo 4.2 de sunulmuştur.

Tablo 4. 2. Kaplamalı tavuk örneklerinde pH değerlerinin değişimi

Gruplar	Dehidrasyon sonrası	Kızartma sonrası	Depolama günleri		
			7. gün	14.gün	21.gün
Kontrol	6.12±0.02 ^{aD}	6.28±0.04 ^{aAB}	6.26±0.04 ^{aBC}	6.35±0.04 ^{aA}	6.17±0.01 ^{abCD}
%10	6.04±0.01 ^{bc}	6.01±0.01 ^{cC}	6.22±0.01 ^{abB}	6.27±0.03 ^{ba}	6.21±0.03 ^{aB}
%10U	5.90±0.01 ^{dD}	6.03±0.00 ^{bCC}	6.18±0.01 ^{baB}	6.16±0.01 ^{cB}	6.21±0.03 ^{aA}
%20	6.01±0.01 ^{cB}	6.01±0.05 ^{cB}	6.04±0.04 ^{dAB}	6.07±0.07 ^{dAB}	6.14±0.02 ^{bcA}
%20U	5.89±0.01 ^{dC}	6.05±0.04 ^{bcB}	6.08±0.01 ^{cdAB}	6.08±0.01 ^{cdAB}	6.11±0.01 ^{cA}
%30	6.02±0.01 ^{bcD}	6.04±0.01 ^{bcCD}	6.09±0.01 ^{cdB}	6.05±0.01 ^{dC}	6.12±0.00 ^{cA}
%30U	6.09±0.01 ^{aC}	6.09±0.02 ^{bBC}	6.12±0.01 ^{cAB}	6.16±0.01 ^{cA}	6.15±0.01 ^{bcA}

a-c (↓) aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-D (→) aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Kaplamalı tavuk üretimi öncesinde gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında elde edilen pH değerleri incelendiğinde, en yüksek pH değerinin kontrol grubu ve %30U grupları, en düşük pH değerinin ise %10U ve %20U gruplarına ait örneklerin sahip olduğu belirlenmiştir. Kızartma işlemi sonrasında ise kontrol grubu

örneklerin en yüksek pH değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Her ne kadar kızartma işlemi sonrasında gruplar arasında farklılıklar belirlenmişse de 21 günlük depolama sonunda bütün grupların pH değerlerinin benzer seviyede olduğu belirlenmiştir.

Bakteriyel gelişme olarak ortaya çıkan metabolitlerin birikimine bağlı olarak ayrıca et proteinlerinin deaminasyonu ile pH değerlerinde artış gerçekleşebilmektedir [134]. Benzer sonucun ortaya çıktığı bir çalışmada çiğ tavuk göğüs etinin pH değeri 6.14 iken pişmiş tavuk etlerinin pH değerinde artış gözlenmiş ve 6.23 ile 6.42 arasına yükseldiği tespit edilmiştir [109]. Yapılan bir başka çalışmada ise nugget örneklerinin kızartılması ile pH değerinde artış olduğu belirtilmiştir [16]. Isıl işlem görmüş ürünlerin pişirme sırasında ortaya çıkan protein denatürasyonu ile pH değerinde oluşan yükselişin sebebi olduğu düşünülmüştür [16]. Tavuk, sığır etinden üretilen nugget ve köfte gibi ürünlerde pH değerinde ifade edilen artışın gerçekleştiği bildirilmiştir [135, 136].

4.3. Renk Analiz Sonuçları

Ozmotik dehidrasyon ve kızartma işlemi sonrasında örneklerde gerçekleştirilen renk analizi sonucunda elde edilen L^* , a^* ve b^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli değişimler meydana gelmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4. 3. Tavuk örneklerinin depolama süresince renk (L*, a* ve b*) değerlerindeki değişimler

Gruplar	Dehidrasyon Sonrası	Kızartma Sonrası	Depolama günleri			
			7.gün	14.gün	21.gün	
L*	Kontrol	56.16±3.23 ^{aC}	59.40±0.95 ^{aBC}	56.82±2.88 ^{aC}	63.50±3.95 ^{aB}	68.69±1.64 ^{aA}
	%10	48.56±1.85 ^{bcB}	56.62±4.57 ^{aA}	62.30±3.53 ^{abcA}	57.35±3.05 ^{abcA}	61.00±2.83 ^{bA}
	%10U	43.62±1.03 ^{cb}	54.45±3.66 ^{abA}	58.47±6.53 ^{bcA}	55.15±4.92 ^{bcA}	53.68±6.16 ^{ca}
	%20	47.02±2.43 ^{bcC}	57.00±1.62 ^{aB}	64.04±3.16 ^{abA}	61.70±5.79 ^{abAB}	62.36±1.49 ^{abAB}
	%20U	47.98±4.90 ^{bcB}	55.05±9.06 ^{abAB}	61.75±3.50 ^{abcA}	52.29±6.76 ^{caB}	59.73±3.32 ^{bcA}
	%30	49.83±3.69 ^{bb}	50.23±2.87 ^{abB}	65.59±1.26 ^{abA}	52.11±0.92 ^{cb}	63.05±3.79 ^{abA}
	%30U	50.20±1.01 ^{bBC}	44.97±10.16 ^{bc}	67.07±3.36 ^{aA}	60.23±1.39 ^{abcAB}	58.06±5.00 ^{bcAB}
a*	Kontrol	0.14±0.07 ^{bc}	11.40±1.00 ^{aA}	9.26±3.03 ^{aA}	6.12±1.32 ^{abB}	5.63±0.94 ^{abcB}
	%10	1.36±0.17 ^{aC}	8.89±4.06 ^{abA}	5.77±2.04 ^{abcA}	4.87±0.07 ^{bBC}	3.98±0.54 ^{bcBC}
	%10U	1.35±0.78 ^{ab}	11.61±2.65 ^{aA}	7.45±4.78 ^{abA}	7.86±0.83 ^{aA}	7.63±0.90 ^{aA}
	%20	2.21±0.91 ^{aB}	5.91±3.10 ^{bA}	1.82±1.35 ^{cb}	5.83±0.93 ^{abA}	3.60±1.10 ^{caB}
	%20U	2.32±0.67 ^{aB}	6.85±3.66 ^{abAB}	7.26±3.81 ^{abAB}	7.96±2.03 ^{aA}	6.44±1.66 ^{aAB}
	%30	1.61±0.21 ^{aD}	10.38±2.05 ^{abA}	5.07±0.16 ^{abcC}	8.23±2.53 ^{aAB}	5.89±0.01 ^{abBC}
	%30U	2.41±0.46 ^{aC}	9.11±0.59 ^{abA}	2.22±1.64 ^{bcC}	4.62±1.60 ^{bBC}	6.84±1.69 ^{aAB}
b*	Kontrol	8.02±0.98 ^{abD}	39.68±1.02 ^{aA}	25.06±0.05 ^{bc}	31.09±2.09 ^{aB}	30.37±3.56 ^{aB}
	%10	8.51±2.05 ^{abC}	34.08±2.70 ^{bcA}	28.16±5.70 ^{abAB}	25.88±2.82 ^{bb}	22.73±3.09 ^{bb}
	%10U	5.26±3.10 ^{bc}	35.62±2.91 ^{abA}	27.43±5.45 ^{abB}	27.28±1.46 ^{abB}	26.66±3.38 ^{abB}
	%20	7.96±2.56 ^{abC}	31.33±2.48 ^{bcA}	26.19±0.82 ^{abB}	27.01±2.72 ^{abB}	23.15±1.02 ^{bb}
	%20U	6.17±2.89 ^{abB}	30.25±2.55 ^{ca}	31.43±1.07 ^{aA}	28.60±2.04 ^{abA}	28.34±2.87 ^{abA}
	%30	9.66±0.95 ^{aC}	33.82±1.85 ^{bcA}	29.48±1.75 ^{abB}	28.16±0.81 ^{abB}	25.65±4.29 ^{abB}
	%30U	9.37±1.44 ^{abB}	29.63±2.57 ^{ca}	27.15±1.53 ^{abA}	27.15±2.73 ^{abA}	26.33±0.93 ^{abA}

a-c (↓) aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-D (→) aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Et ürünlerinde renk bileşenlerindeki çeşitlilik, konsantrasyon ve kimyasal kompozisyon, ısıl işlem şekli ve süresi en önemli kalite özelliklerinden birisi olan renk özellikleri ve değerleri üzerinde önemli değişimlere sebep olur [137]. Miyoglobinin ette renkten sorumlu temel proteindir. Sığır eti, kuzu eti, domuz eti ve tavuk etinde hemoglobin ve sitokrom C gibi hem proteinleri de rengi etkilemektedir. Ette oluşan rengin ifade edilen pigmentler içerisinde bulunan demirin bileşiklere bağlanması (oksijenasyon, oksidasyon, oksidasyon-redüksiyon, karboksimiyoglobin dönüşümü) ile değişebildiği ifade edilmiştir [138].

Ozmotik dehidrasyon işleminin etin L^* ve a^* değerleri üzerine önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi neticesinde etin parlaklık (L^*) değeri önemli seviyede azalmış ve kırmızılık (a^*) değeri artmıştır ($P<0.05$). Bu durumun ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında myoglobinin ozmotik sıvı içerisinde çözünmesi ve suya geçişi nedeniyle gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir.

Tavuk örneklerinin kızartma işlemi sonrası L^* değeri incelendiğinde %10, %10U ve %20 gruplarında L^* değerinin dehidrasyon sonrası değerlere kıyasla önemli seviyede arttığı belirlenmiştir ($P<0.05$). Ayrıca depolama günlerine bakıldığında 14. ve 21. depolama günlerinde dehidrasyon sonrası, kızartma sonrası ve depolama günlerinde oluşan değerlerin tamamının istatistiksel olarak kontrol gurubunda elde edilen değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Örneklerin a^* değerleri incelendiğinde ise kızartma işlemi ile birlikte 7. ve 21. depolama günlerinde %20 gruplarının a^* değerlerinde bir düşüş söz konusu olmuştur. Kızartma sonrası da dahil olmak üzere a^* ve b^* değerleri incelendiğinde bütün depolama günlerinde dehidrasyon sonrası örneklerle nazaran bir artış tespit edilmiştir ($P<0.05$). Domuz etinde tuz kullanımının renk değerine etkisini araştıran Fernández-López ve ark. [139] tuz kullanmanın L^* değerini azaltırken, a^* ve b^* değerlerini arttırdığını bildirilmiştir. İfade edilen bilgiler ışığında dehidrasyon sonrası örnekler göz önüne alındığında L^* değerinde meydana gelen düşüşün en büyük sebebinin ürün içerisinde oluşan tuz içeriğinin artmasından kaynaklandığı düşünülebilmektedir. Bununla birlikte yapılan bazı çalışmalarda tuz varlığında miyoglobinin konsantrasyonunun artmasıyla a^* değerinde bir artış olduğu da belirtilmektedir.

Kızartma sonrası örneklerde elde edilen değerler incelendiğinde L*, a* ve b* değerlerinde bir artış söz konusudur (P<0.05). Kızartma işlemi sırasında indirgen şekerler ve protein kaynaklarının reaksiyonuyla kimyasal esmerleşme, yağ absorpsiyonu, nişasta jelatinasyonu ve protein denatürasyonunun gerçekleşmesi ile renk oluşumunda önemli etkileri olduğu ifade edilmiştir [140, 141]. Genel itibariyle oluşan bu artışın çoğunlukla kızartmadan sonra gerçekleşen reaksiyonlardan kaynaklı olduğu düşünülebilir ancak kullanılan kaplama materyallerinin ve kaplama işlemi sırasında kullanılan katkı maddelerinin etkilerinin olduğu da düşünülmektedir [142]. Özellikle mısır unu kullanımının en önemli renk parametresi olan sarılık değerinde etkisinin olduğu ifade edilmektedir [143, 144].

4.4. Protein Miktarı Analiz Sonuçları

Proteinler, işlenmiş, tüketime hazır et ürünlerinin, duyuusal ve tekstürel özelliklerini belirleyen temel fonksiyonel ve yapısal bileşiklerdir. Gıdaların işlenmesi, depolanması ve tüketimi aşamasında oluşan fiziksel ve kimyasal değişimlere proteinler sebep olabilmektedir. Bu sebeplerden ötürü oldukça kaliteli ve yüksek verimli tavuk eti ve ürünlerini üretebilmek açısından proteinlerin miktarlarının belirlenmesi ve fonksiyonel özelliklerinin oldukça iyi bilinmesi gerekmektedir [145].

Çalışma kapsamında üretilen örneklerin ozmotik dehidrasyon ve kızartma işlemi sonrası belirlenen protein miktarları Tablo 4.4' de sunulmuştur.

Tablo 4. 4. Tavuk örneklerinin protein analiz sonuçları (P<0.05)

Gruplar	Dehidrasyon sonrası	Kızartma sonrası
Kontrol	18.59±0.13 ^{bB}	22.52±0.21 ^{gA}
%10	19.31±0.16 ^{bB}	23.31±0.19 ^{fA}
%10U	20.14±0.12 ^{aB}	25.10±0.12 ^{eA}
%20	19.99±0.08 ^{aB}	25.62±0.09 ^{dA}
%20U	21.61±0.07 ^{aB}	27.15±0.05 ^{cA}
%30	20.51±0.18 ^{aB}	26.68±0.27 ^{bA}
%30U	21.23±0.09 ^{aB}	27.10±0.11 ^{aA}

a-g (↓) aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-B (→) aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Protein analizi sonuçları kızartma işlemi sonrasında elde edilen protein değerlerinin dehidrasyon işlemi sonrasında elde edilen değerlerden önemli seviyede yüksek olduğunu göstermektedir ($P<0.05$). Tüm gruplarda belirlenen bu artışın 2 temel nedeni olduğu düşünülmektedir; dehidrasyon sonucunda protein içeriğinin oransal olarak artışı ve kaplama formulasyonunda bulunan bileşenlerin protein içeriği. Ozmotik dehidrasyon neticesinde ürünün su içeriğinde meydana gelen düşüğe karşılık kuru maddeyi oluşturan protein, yağ ve kül gibi bileşenlerde oransal artışların olması beklenmektedir. Ayrıca kaplama formulasyonunda yer alan buğday ve mısır unu gibi bileşenlerin protein içeriğinin de ürünün protein miktarındaki artışa az da olsa katkı sağladığı düşünülmektedir.

Kızartma sonrasında belirlenen protein miktarları en yüksek protein içeriğinin %30U, en düşük protein içeriğinin ise kontrol grubu örneklerine ait olduğunu göstermektedir ($P<0.05$). Dehidrasyon işleminin etkinliğine bağlı olarak nem değerlerinde meydana gelen değişimin kızartma sürecindeki yağ çekimini ve buna bağlı olarak protein miktarını etkilediği düşünülmektedir. Bu nedenle dehidrasyonun daha yoğun bir şekilde gerçekleştiği %30U grubu örneklerde oransal olarak protein miktarında artış gerçekleştiği düşünülmektedir. Benzer olarak, bir başka çalışmada da kızartma sonrası protein miktarında meydana gelen artışın kızartma öncesi nem değerinin düşürülmesi ile gerçekleştiği ifade edilmiştir [146]. Kısaca, protein oranlarındaki değişimin en büyük nedeni kızartma sırasında gerçekleşen kütle transferine bağlı olarak oransal bir değişimdir. Ancak yapılan dehidrasyon sırasında bazı proteinlerin dehidrasyon sıvısının içerisinde çözünerek bu sıvıya geçtiği de belirtilmektedir [147]. Ayrıca literatürde proteinlerin su bağlama yeteneği, ekstrakte edilebilirliği ve proteinlerin çözünebilirliğinin tuz ilavesi ile artırıldığı da belirtilmektedir [145].

4.5.TBARS Analiz Sonuçları

Toksik bileşen oluşturma riski, ayrıca duyuşal ve besleyici kalite anlamında ve daha birçok problemin ortaya çıkmasında et ve et ürünlerini olumsuz yönde etkileyen önemli etmenlerden birisi lipit oksidasyonudur. Lipit oksidasyonu özellikle işlenmiş ve işlem görmemiş gıda ürünlerinde önemli bir problemdir. Başta ürünlerin raf ömrünü kısaltmakta kalitesini azaltmakta, renk, tat, koku, ve beslenme değerini olumsuz etkilemektedir [148]. Özellikle lipit oksidasyon düzeyini belirlemek ve takip edebilmek

amacıyla et ve et ürünlerinde tiyobarbitürik asit reaktif ürünleri (TBARS) miktarı belirlenmektedir. Lipit oksidasyonunun ikincil reaksiyon ürünlerinden olan aldehitlerin ürün içerisindeki miktarı ve TBARS değeri belirlenmektedir [149, 150] . Çalışmada kapsamında kullanılan ürünlerin ozmotik dehidrasyon ve kızartma sonrası depolama günlerinde ortaya çıkan TBARS değerleri Tablo 4.5'te sunulmuştur

Tablo 4.5. Depolama süresince tavuk örneklerinin TBARS analiz sonuçları

Gruplar TBARS	Dehidrasyon sonrası	Kızartma sonrası	Depolama günleri		
			7. gün	14.gün	21.gün
Kontrol	1.54±0.14 ^{aC}	3.02±0.12 ^{aB}	3.75±0.16 ^{aA}	3.95±0.11 ^{aA}	4.03±0.14 ^{aA}
%10	1.74±0.08 ^{aB}	2.95±0.11 ^{aA}	3.01±0.13 ^{bA}	3.10±0.12 ^{bA}	3.12±0.11 ^{bA}
%10U	1.69±0.18 ^{aC}	2.59±0.10 ^{bB}	2.66±0.06 ^{cB}	2.92±0.14 ^{bA}	3.08±0.12 ^{bA}
%20	1.68±0.05 ^{aC}	2.32±0.09 ^{bB}	2.43±0.23 ^{cdB}	2.51±0.08 ^{cB}	3.12±0.14 ^{bA}
%20U	1.61±0.13 ^{aC}	2.53±0.12 ^{bB}	2.49±0.12 ^{cB}	2.47±0.11 ^{cB}	3.24±0.12 ^{bA}
%30	1.72±0.21 ^{aC}	2.09±0.06 ^{cB}	2.29±0.15 ^{dAB}	2.22±0.10 ^{dB}	2.44±0.05 ^{cA}
%30U	1.57±0.08 ^{aC}	2.48±0.09 ^{bB}	2.37±0.16 ^{cdB}	2.40±0.08 ^{cdB}	2.77±0.12 ^{cA}

a-g (↓) Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-B (→) Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Analiz sonuçları ozmotik dehidrasyon ve ultrases işleminin örneklerin TBARS düzeyleri üzerine önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir. Yılanbalığı filetoalarının farklı oranlarda gliserol (%30, %40, %45) ve %5 oranında NaCl içeren ozmotik çözeltiler içerisinde ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulduğu bir çalışmada, ozmotik dehidrasyon işleminin lipid oksidasyonunu sınırladığı ve kontrol grubu örneklerle kıyasla daha düşük seviyeler tespit edildiği bildirilmiştir [74]. Bir başka çalışmada, Tsironi ve Taoukis [73] farklı oranlarda yüksek dekstroz eşdeğerlikli maltodekstrin (HDM):NaCl, HDM:trehaloz: NaCl ve HDM:glukozamin:NaCl içeren ozmotik çözeltilerde çipura örneklerini dehidre etmiştir. Sonuç olarak ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış çipura örneklerinin TBARS değerlerinin kontrol örneğinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaların sonuçlarından farklı olarak, Dimakopoulou-Papazoglou ve Katsanidis [71] sığır etlerinde NaCl kullanılarak uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin lipid oksidasyonunu hızlandırdığı ve kontrol grubundan daha yüksek TBARS değerlerinin tespit edildiği belirlenmiştir. Benzer bir başka çalışmada ise işlenmiş et ürünlerinde depolama süresince oluşan karboniller,

fenolik bileşikler, organik asit gibi maddeleri içeren sıvı dumanın ozmotik çözeltiye eklenmesinin lipid oksidasyonunu önlediği de tespit edilmiştir. Et içerisine eklenen tuz, proteinlerin daha fazla su molekülü bağlamasını sağlayarak, etin yumuşaklığını arttırmakta ve bu sayede ısıtılma işlemi gören vakum paketli ürünlerin sıvı kaybı azalmaktadır. Bunun sonucunda nem miktarının düşüşü meydana gelmekte ve lipid oksidasyonu düşmektedir [69]. Sonuç olarak, etlerdeki lipid oksidasyonuna ozmotik dehidrasyon işleminin farklı etkilerinin olduğu ortaya konulmuştur. Lipid oksidasyonuna kullanılan işlem süresinin ve ozmotik çözelti bileşiminin önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [151].

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında uygulanan kızartma işlemi sonrasında yapılan analizlerde kontrol ve %10 ozmotik dehidrasyon grubunun en yüksek TBARS değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Kızartma işlemi sonrası en düşük TBARS değerine ise %30 ozmotik dehidrasyon grubu örnekleri sahip olmuştur ($P<0.05$). Örneklerin TBARS değerleri depolama süresince farklı trendler ile artış göstermiştir.

4.6. Tuz Miktarı Analiz Sonuçları

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında elde edilen örneklerin dehidrasyon ve kızartma işlemleri sonrasında elde edilen tuz içerikleri Tablo 4.6'da sunulmuştur. Tuz miktarı analizinde dehidrasyon sonrası gruplarda oluşan değerler incelendiğinde en düşük tuz miktarı %10 grubunda, en yüksek tuz miktarı ise %30U grubu örneklerde belirlenmiştir ve dehidrasyon sonrası gruplarda oluşan bu farklılık kızartma işlemi ile değişim göstermemiştir.

Tablo 4. 6. Tavuk örneklerinin tuz miktarı analiz sonuçları

Gruplar	Dehidrasyon sonrası	Kızartma sonrası
Kontrol	Tespit edilememiştir.	0.26±0.11 ^g
%10	0.54±0.09 ^{fA}	0.61±0.09 ^{fA}
%10U	0.82±0.11 ^{eA}	0.95±0.15 ^{eA}
%20	1.89±0.08 ^{dA}	1.97±0.12 ^{dA}
%20U	2.84±0.12 ^{cA}	2.90±0.08 ^{cA}
%30	3.59±0.08 ^{bA}	3.94±0.11 ^{bA}
%30U	5.11±0.13 ^{aA}	5.19±0.21 ^{aA}

a-g (↓) aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-B (→) aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Andreou ve ark. [152] tavuk filetolarının maltodekstrin (MD) ve tuz içeren ozmotik çözeltide (%60 MD + %5 tuz, 15 °C) bekleme süresi arttıkça, üründe su kaybı ve katı kazanımının arttığını, dolayısıyla da su aktivitesinin düştüğünü ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, bu işlemler sayesinde ürünün raf ömrünün 5 °C'de 3 gün uzadığını bildirmişlerdir. İfade edilen çalışmada ortaya çıkan sonuç ile birlikte ozmotik dehidrasyon sırasında hücreye taşınan tuz ya da şeker gibi maddeler sayesinde kullanılabilir nem miktarı düşmektedir. Bu nem düşüşü ile birlikte ozmotik dehidrasyon ve ultrases işlemine tabi tutulan ürünlerde mikrobiyal yük düşmekte ve ürünün raf ömründe olumlu yönde ilerleme sağlandığı ifade edilebilmektedir.

4.7.Nem Miktarı Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen ürünlerde gerçekleştirilen nem miktarı analizlerinin sonuçları Tablo 4.7'de sunulmuştur. Analiz sonuçları hem ozmotik dehidrasyon işlemi hem de dehidrasyon işlemi sonrasında gerçekleşen kızartma işlemi sonucunda tüm örneklerin nem değerinde önemli seviyede bir düşüş gerçekleştiğini göstermektedir (P<0.05).

Tablo 4. 7. Tavuk örneklerinin nem miktarı analiz sonuçları

Gruplar	Dehidrasyon sonrası	Kızartma sonrası
Kontrol	76.84±0.49 ^{aA}	59.76±0.50 ^{aB}
%10	74.71±0.24 ^{bA}	59.95±0.48 ^{aB}
%10U	73.38±0.34 ^{cA}	57.26±1.01 ^{abB}
%20	72.33±0.28 ^{dA}	56.13±0.58 ^{bB}
%20U	69.31±0.41 ^{eA}	53.28±0.49 ^{dB}
%30	69.94±0.19 ^{eA}	54.72±0.32 ^{cB}
%30U	67.11±0.38 ^{fA}	53.30±0.45 ^{dB}

a-g (↓) aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-B (→) aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Kontrol grubu örneklerin nem içeriği en yüksek seviyede iken %30U grubu örneklerin nem değerinin en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Ayrıca dehidrasyon işlemine ek olarak uygulanan ultrases işleminin de dehidrasyon işleminin etkinliğini ve nem düşüşünü arttırdığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Literatürde örneklerin nem değerinde oluşan bu düşüşün büyük oranda ozmotik dehidrasyon işleminde kullanılan tuz ya da şeker gibi ürünlerin hücrelere taşınmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir. Ayrıca etlere eklenen tuzun, proteinlerin daha fazla su molekülü bağlamasını sağladığı, böylelikle etin yumuşaklığını artırırken ısı işlem gören vakum paketli ürünlerin sıvı kaybını azalttığı ve bu sayede bir nem düşüşü meydana getirdiği ifade edilmektedir [69].

4.8.Kül Miktarı Analiz Sonuçları

Kaplamalı tavuk üretimi sırasında gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon ve kızartma işlemleri sonucunda örneklerin kül miktarında meydana gelen değişimler Tablo 4.8'de sunulmuştur. Tavuk parçalarına uygulanan ozmotik dehidrasyon ve ultrases işleminin örneklerin kül miktarları üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır.

Tablo 4. 8. Tavuk örneklerinden elde edilen kül miktarı analiz sonuçları

Gruplar	Dehidrasyon sonrası	Kızartma sonrası
Kontrol	1.28±0.05 ^{aB}	2.35±0.14 ^{eA}
%10	1.25±0.11 ^{aB}	4.95±0.17 ^{dA}
%10U	1.25±0.07 ^{aB}	5.22±0.13 ^{cA}
%20	1.20±0.07 ^{aB}	6.88±0.11 ^{bA}
%20U	1.18±0.15 ^{aB}	7.45±0.06 ^{aA}
%30	1.06±0.06 ^{aB}	6.91±0.10 ^{bA}
%30U	1.00±0.08 ^{aB}	6.96±0.21 ^{bA}

a-g (↓) aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-B (→) aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Tavuk parçalarının kaplandıktan sonra kızartılması ile tüm gruplara ait örneklerin kül miktarlarında önemli seviyede artış olmuştur ($P<0.05$). Kızartma işlemi sonrasında en yüksek kül miktarı %20U grubuna ait örneklerde, en düşük kül miktarı ise %10 grubuna ait örneklerde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Kızartma işlemi ile birlikte ürünlerin nem miktarında önemli seviyede meydana gelen düşüşün diğer besin bileşenlerinin miktarında oransal artışa yol açtığı belirlenirken, tavuk parçalarının kaplanmasında kullanılan bileşenlerinde kül içeriğinin artmasında sorumlu olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmaların birçoğunda derin yağda kızartma işleminin ürünlerin kül içeriklerinde oransal bir artış meydana getirdiği ve kızartma işlemi mineral bileşenlerin bir kısmında kayıplar gerçekleştiği bildirilmektedir [31, 153, 154].

4.9.Yağ Miktarı Analiz Sonuçları

Ürünün yağ miktarının sağlıklı beslenme ve duyu kalitesi yüksek olan gıdaların tüketilmesi açısından Kaplamalı tavuk ürünlerinin derin yağda kızartılma işlemi üzerine yapılan çalışmalarda oldukça önemli unsurlar olduğu belirtilmektedir. Fast food olarak nitelendirilen kaplamalı tavuk ürünleri gibi ürünlerde yağ oranı azaltılmaya çalışılmaktadır [155]. Kalori değeri daha düşük ürünlerin ortaya konulması ise yağ oranının azaltılması ile olmaktadır [156]. Yağ emilimini etkileyen önemli faktörler arasında kaplanmış ürünlerde pişirme koşulları (sıcaklık, süre), gıdanın fizikokimyasal özellikleri, ön işlemler (ön unlama), pişirmede kullanılan yağın kimyasal bileşimi ve kullanılan katkı maddelerinin özellikleri yer almaktadır [157].

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen yağ miktarı analizi sonuçları Tablo 4.9'da sunulmuştur. Tavuk parçalarının yağ miktarında ozmotik dehidrasyon işlemi ile birlikte önemli seviyede artış gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında en düşük yağ içeriği kontrol grubu örneklerde, en yüksek yağ içeriği ise %30U grubu örneklerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Yağ miktarında meydana gelen değişimin sebebinin, diğer bileşenlerde olduğu gibi, ozmotik dehidrasyon işlemi neticesinde nem miktarında meydana gelen düşüş nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir.

Tablo 4.9. Tavuk örneklerinde oluşan yağ miktarı analiz sonuçları

Gruplar	Dehidrasyon sonrası	Kızartma sonrası
Kontrol	3.29±0.18 ^{eB}	15.11±0.13 ^{aA}
%10	4.19±0.09 ^{dB}	11.18±0.24 ^{bA}
%10U	4.39±0.11 ^{cdB}	11.47±0.11 ^{bA}
%20	4.58±0.12 ^{CB}	9.40±0.15 ^{cA}
%20U	5.05±0.11 ^{BB}	9.18±0.08 ^{cA}
%30	4.89±0.10 ^{bB}	7.75±0.16 ^{dA}
%30U	5.56±0.05 ^{aB}	7.44±0.19 ^{dA}

a-g (↓) aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir
A-B (→) aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Kızartma işlemi ile birlikte beklenildiği gibi örneklerin yağ içeriğinde önemli seviyede artış gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Ortaya çıkan artışın, kızartma sırasında gerçekleşen kütle transferi neticesinde tavuk örneklerinden uzaklaşan su yerine kızartma ortamında bulunan yağın ürün içerisine girdiği ve buna bağlı olarak ürünün yağ içeriğinde artış gerçekleştiği düşünülmektedir. Literatürde de benzer sonucun kaydedildiği derin yağda kızartma işlemi sırasında proses kirleticilerinin belirlenmesi adlı bir çalışmada; kızartma işlemi sırasında ısı ve kütle transferinin beraber gerçekleştiği, bu aşamada ısının, önce konveksiyon ile yağdan ürün yüzeyine, daha sonra yüzeyden kondüksiyon ile ürün merkezine aktarıldığı, buna bağlı olarak üründe bulunan nemin gıdanın merkezinden yüzeye difüze edildiği ve daha sonra buradan buharlaştığı belirlenirken, kızartma yağının da ürün tarafından emildiği ifade edilmiştir [158]. Fakat kızartma sonrası örnekler kendi aralarında kıyaslandığında kontrol grubu örneklerin en yüksek yağ içeriğine, %30U grubunun ise en düşük yağ içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir ($P<0.05$). Ozmotik dehidrasyon sonrasında gerçekleştirilen kızartma işlemi neticesinde

ürünlerin nem içeriğinin oransal olarak azalması ve bunula ilişkili olarak yağ çekme oranının azaldığı tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu durumun ozmotik dehidrasyon işlemi sonucunda nem düşüşünün meydana gelmesi ve bu nem düşüşü ile birlikte proteinlerin daha fazla su bağlamasıyla yağ oranının azalması şeklinde olduğu düşünülmektedir. Gerçekleştirilen bir çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak; ozmotik dehidrasyon yönteminin mikrodalga ile etkileşiminin kalite parametreleri üzerindeki (nem, yağ, renk, tekstür) etkisini görmek ve yağ emilimini azaltmak amacıyla patateslerde kızartma öncesinde ürüne ozmotik dehidrasyon yöntemi uygulanmıştır. Sonuç olarak; ozmotik dehidrasyon işleminin süresi arttıkça yağ içeriğinin azaldığı, patateslerin ilk nem içeriğini azalttığı için ozmotik dehidrasyon ile kızartma süresince daha az nem kaybedildiği ve böylelikle daha az yağ emilimine olanak sağlandığı ifade edilmiştir [159].

4.10. Tekstür Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında ozmotik dehidrasyon ve ultrases işleminin kullanıldığı kaplamalı tavuk ürünlerinin sertlik (hardness), esneklik (springiness), kohezivlik (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve sakızimsılık (gumminess) değerleri Tablo 4.10'da sunulmuştur.

Gıdaya uygulanan rastgele bir etki sonucunda ortaya çıkan şekil bozukluğunun uygulanan etkinin bitirilmesi ile oluşan şekil bozukluğunun ortadan kaldırılması elastikiyet olarak adlandırılır. Besin maddesinde bulunan iç bağların dayanıklılığı ya da güçlülüğü yapışkanlık olarak adlandırılır. Besin yüzeyi ile besinlerin diş, damak, dil vb. yüzeyler arasındaki çekim kuvvetine karşı koymak için gerekli olan güçtür ve pişirme sıcaklığı arttıkça artış gösterdiği belirtilmektedir. Gıdanın yutmaya hazır bir hale gelene kadar geçen sürede harcanan enerji, çiğneme sayısı ve süresi ile ilgili bir özelliktir [160].

Tablo 4.10. Tavuk örneklerinde oluşan tekstür analiz sonuçları

Gruplar	Hardness (N)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Resilience
Kontrol	92.27±2.22 ^c	0.84±0.02 ^{bc}	0.51±0.04 ^b	38.17±1.36 ^c	0.19±0.02 ^a
%10	91.24±1.71 ^c	0.82±0.11 ^{bc}	0.55±0.08 ^{ab}	36.75±4.64 ^c	0.22±0.04 ^a
%10U	112.21±7.41 ^{cd}	0.78±0.03 ^c	0.52±0.02 ^b	45.57±5.22 ^b	0.20±0.01 ^a
%20	106.88±3.38 ^d	0.93±0.06 ^{ab}	0.56±0.04 ^{ab}	55.67±5.40 ^b	0.23±0.03 ^a
%20U	194.38±13.11 ^b	1.07±0.15 ^a	0.61±0.05 ^a	122.93±18.31 ^a	0.25±0.04 ^a
%30	126.39±11.56 ^c	0.84±0.05 ^{bc}	0.53±0.04 ^{ab}	39.48±4.15 ^b	0.20±0.02 ^a
%30U	238.05±18.29 ^a	0.84±0.04 ^{bc}	0.61±0.02 ^a	127.22±19.47 ^a	0.28±0.03 ^a

a-g (↓) aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir

Ozmotik dehidrasyon ve kızartma işlemi sonrasında gerçekleştirilen tekstür profil analizi sonucunda örneklerin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde önemli farklılıkların ortaya çıktığı belirlenmiştir ($P<0.05$). %30U grubu örneklerin en yüksek, kontrol ve %10 grubu örneklerin ise en düşük sertlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Üründe gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon ön işlemine destek olarak kullanılan ultrases işleminin ozmotik dehidrasyonun etki mekanizmasını arttırarak daha fazla suyun yapıdan ayrılmasını sağladığı ve böylece ürüne sert bir yapı kazandırdığı düşünülmektedir. Gerçekleştirilen bir çalışmada ultrasonik ses dalgalarının et proteinleri üzerinde önemli etkilerinin olduğu ve et dokusunun daha sert (gevrek) bir yapıya ulaştığı ifade edilmiştir [87]. Çiğnenebilirlik değerinde ise; en yüksek değer %20U ve %30U grubu örneklerinde belirlenirken en düşük değer kontrol ve %10 grubu örneklerde belirlenmiştir ($P<0.05$). Knežević ve Ozuna ark. (2013) [114] yaptıkları çalışmalarda, ozmotik dehidrasyon işlemi için kullanılan tuzun, domuz etinin sertlik değerinde bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Bunun nedeninin ise, tuzun et dokusunda bulunan proteinlerin yapılarını bozması olduğunu belirtmişlerdir. Fakat bu durumda en önemli parametrelerden birinin tuz konsantrasyonu olduğunu da ayrıca vurgulamışlardır. Sonuç olarak; ürün yapısında oluşan sertliğin artmasındaki sebebin uygulanan ozmotik dehidrasyon sırasında tuzun ürünlerin yapısında bulunan proteinlerine etki etmesi sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmalarda sertlik değerlerinde ortaya çıkan farklılık, bu değerden türetilen sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde de farklılığa yol açmıştır [161, 162].

5. BÖLÜM

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında; kaplamalı tavuk üretiminde ön işlem olarak ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin uygulanması ve bu işlemin derin yağda kızartılan kaplamalı tavuk örnekleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Çalışma kapsamında uygulanan ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin örneklerin pH değerinde ihmal edilebilecek seviyede değişikliğe sebep olduğu ve genel itibariyle ürünlerin depolama boyunca pH değerlerinin birbirine benzer olduğu belirlenmiştir.

Kaplamalı tavuk örneklerinin renk analizi sonuçları değerlendirildiğinde dehidrasyon sonrası örneklere kıyasla kızartma sonrası örneklerde L^* a^* ve b^* değerlerinde bir artış belirlenmiştir. Gerçekleşen artışın sebebi kızartma işlemi ile birlikte gerçekleşen reaksiyonlar ve kaplama materyalleri olarak ifade edilebilir. Dehidrasyon işlemi sonrasında grupların L^* değerinde bir düşüş gerçekleşmiştir. Bu düşüşün sebebi ise uygulanan ozmotik dehidrasyon ön işlemi ile ürün içerisinde su tutma kapasitesinde meydana gelen artış ile ürün yüzeyinde oluşan su miktarının azalmasından kaynaklandığı ve böylece ürün yüzeyinde oluşan parlaklığın düştüğü düşünülmektedir.

TBARS analizi sonuçlarına göre; uygulanan ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin kızartma işlemi ile birlikte ürünlerin lipid oksidasyonu değerinde önemli seviyede azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Özellikle depolama günlerinin tamamında bütün gruptaki TBARS değerlerinin kontrol örneklerinde oluşan değerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Ürünlerde gerçekleştirilen nem miktarı analizi sonucuna göre ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanan ürünlerde nem düşüşünün gerçekleştiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç kapsamında ortaya çıkan düşüşün, uygulanan ozmotik dehidrasyon işlemi ile ürünlere eklenen tuzun proteinlerin daha fazla su molekülü bağlaması ve kızartma işlemi ile birlikte ısı işlem gören ürünlerde sıvı kaybının azalması ile bir nem düşüşünün gerçekleştiği belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen yağ analiz sonuçları uygulanan ozmotik dehidrasyon ve ultrases işlemlerinin ürünler üzerinde olumlu etkisinin olduğunu ve kızartma işlemi birlikte yağ çekme miktarının azaldığını göstermektedir. Oluşan bu azalmanın ozmotik dehidrasyon işleminin uygulanması ile ürünlerin ilk nem içeriğinin azalması ve buna bağlı olarak ozmotik dehidrasyon ön işlemi sonrasında gerçekleştirilen kızartma işlemi ile daha az nem kaybedildiği ve böylelikle ürünlerin daha az yağ çektiği belirlenmiştir.

Ozmotik dehidrasyon ve ultrases ön işlemlerinin ürünlerin protein değerlerinde de olumlu yönde etkilerinin olduğu belirlenmiş olup, kızartma işlemi ile birlikte ürünlerde protein miktarında artış sağlandığı belirlenmiştir. Protein miktarındaki değişimin en önemli nedeni kızartma sırasında gerçekleşen kütle transferine bağlı olarak oransal bir değişimdir. Ayrıca kaplama formulasyonunda yer alan buğday ve mısır unu gibi bileşenlerin protein içeriğinin de ürünün protein miktarındaki artışa sınırlı seviyede katkı sağladığı düşünülmektedir.

Tuz miktarı analizi sonucunda ise ozmotik dehidrasyon sonrasında oluşan ürünlerin tuz miktarında artış gözlemlenmiş olup, kızartma işlemi ile birlikte önemli bir değişim görülmemiştir. Gerçekleşen artışın ürünlerde nem düşüşünü sağladığı ve böylelikle ozmotik dehidrasyon ve ultrases ön işlem uygulanmış olan ürünlerde raf ömrüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Oozmotik dehidrasyon ön işlemine destek olarak kullanılan ultrases işleminin ozmotik dehidrasyonun etki mekanizmasını arttırarak daha fazla suyun yapıdan ayrılmasını sağladığı ve böylece ürüne sert bir yapı kazandırdığı düşünülmektedir. Bu artışa bağlı olarak sakızimsılık, çiğnenebilirlik değerlerinde de farklılıklar oluşmuştur.

Sonuç olarak, gerçekleştirilen çalışma fast-food ürünleri arasında önemli bir yeri olan kaplamalı tavuk ürünlerinin özelliklerinin geliştirilmesi, fonksiyonel ve sağlıklı ürünlerin üretilmesi amacıyla ozmotik dehidrasyon ve ultrases işlemlerinin kullanımının önemli bir alternatif olabileceğini göstermiştir. Çalışma sonuçları, kaplamalı tavuk ürünlerinin kızartma sırasında yağ çekme oranlarının düşürülmesi bununla birlikte oksidasyon stabilitesinin arttırılması ve tekstürel gelişiminin sağlanmasına katkı sağlanabileceğini göstermektedir. Ayrıca gerçekleştirilecek olan optimizasyon

alışmaları ile daha etkin bir yöntem geliştirilebileceği ve ozmotik dehidrasyon ve ultrases işlemlerinin belirli parametreler ile ürünlere uygulanılabilecek bir ön işlem olabileceği kanıtlanmıştır.

Gerçekleştirilen alışma sonucunda elde edilen veriler kullanılan ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin, kaplamalı tavuk ürünlerinin kalitesi üzerinde hazırlama yöntemi, formülasyonu ve kullanım oranının önemli potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kalite parametreleri bakımından geliştirilebilmesi için ozmotik dehidrasyon ve ultrases işlemlerinin hazırlanması ve uygulamaları üzerine yapılacak farklı çalışmalar ile daha kabul edilebilir kaplamalı tavuk ürünlerinin elde edilmesi sağlanabilir.

KAYNAKÇA

1. ANONYMOUS, h. w. s. o.,
2. UÇAR, A. , TÜRKÖĞLU, M., "Kaliteli ve Dengeli Beslenme Açısından Kanatlı Üretimnin Etkinliği", *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*. 6 1, 2018.
3. Ayyıldız, M. , Çiçek, A., "Tavuk Eti Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Ankara İli Örneği",
4. Tosun, Ö. O. , Hatırlı, S. A., "TÜKETİCİLERİN KIRMIZI ET SATIN ALIM YERLERİ TERCİHLERİNİN ANALİZİ: ANTALYA İLİ ÖRNEĞİ", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 14 2, 2009.
5. Hakan, İ., Karakaya, E., Şengül, T., Söğüt, B., "Bingöl ilinde kanatlı eti tüketiminin yapısı", *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 1 1, 2014.
6. Akbay, R., Yalçın, S., Ceylan, N., Olhan, E., "Türkiye tavukçuluğunda gelişmeler ve hedefler", *Türkiye Ziraat Mühendisliği*. 5, 2000.
7. Dokuzlu, S., BARIŞ, O., Hecer, C., Gültaş, M., "Türkiye'de tavuk eti tüketim alışkanlıkları ve marka tercihleri", *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 27 2, 2013.
8. Gökçe, R., Akgün, A. A., Ergezer, H., Akcan, T., "Effects of different batter formulation on some quality characteristics of deep-fat fried chicken nuggets", *Journal of Agricultural Sciences*. 2016.
9. Altunakar, B., "Functionality of different batters in deep-fat fried chicken nuggets", 2003.
10. KAYMAK ERTEN, F., "GIDA MADDELERİNİN KAPLANMASI: KAPLAMA YÖNTEM VE EKİPMANLARI", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 11 1, 2005.
11. Mukprasirt, A., Herald, T., Boyle, D., Rausch, K., "Adhesion of rice flour-based batter to chicken drumsticks evaluated by laser scanning confocal microscopy and texture analysis", *Poultry Science*. 79 9, 2000.
12. Dogan, S. F., Sahin, S., Sumnu, G., "Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets", *Journal of Food Engineering*. 71 1, 2005.

13. İskender, H., Kanbay, Y., Özçelik, E., "Artvin Çoruh Üniversitesi öğrencilerinin tavuk eti tüketim tercihleri", *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*. 29 1, 2015.
14. [Statista Research Department, C. o. f. f. c. i. t. U. S.-h. w. s. c.,
15. Akgün, A. A., "Farklı kaplama formülasyonları ile kaplanmış tavuk köftelerinin duyuşal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri", *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* 2006.
16. Şahin, İ. A., "Bazı kaplamalı tavuk ürünlerinde kaplama materyaline ilave edilen farklı oranlardaki rüşeymin ürün kalitesine etkisi", *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* 2019.
17. Loewe, R., "Ingredient selection for batter systems", *Batters and breadings in food processing*. 1990.
18. Lee, S., Ng, P., Steffe, J., "Effects of controlled mixing on the rheological properties of deep-fat frying batters at different percent solids", *Journal of food process engineering*. 25 5, 2002.
19. Maskat, M. Y., "Factors affecting the properties of breaded, fried poultry product", 2001.
20. Salvador, A., Sanz, T., Fiszman, S., "Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step", *Food hydrocolloids*. 19 4, 2005.
21. Ngadi, M., Watts, K., Correia, L., "Finite element method modelling of moisture transfer in chicken drum during deep-fat frying", *Journal of Food Engineering*. 32 1, 1997.
22. Krokida, M., Oreopoulou, V., Maroulis, Z., "Water loss and oil uptake as a function of frying time", *Journal of food engineering*. 44 1, 2000.
23. Debnath, S., Bhat, K., Rastogi, N., "Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food", *LWT-Food Science and Technology*. 36 1, 2003.
24. Budžaki, S. , Šeruga, B., "Determination of convective heat transfer coefficient during frying of potato dough", *Journal of Food Engineering*. 66 3, 2005.
25. Pedreschi, F. , Moyano, P., "Oil uptake and texture development in fried potato slices", *Journal of Food Engineering*. 70 4, 2005.

26. Ramírez, M. R. , Cava, R., "Changes in colour, lipid oxidation and fatty acid composition of pork loin chops as affected by the type of culinary frying fat", *LWT-Food Science and Technology*. 38 7, 2005.
27. Tangduangdee, C., Bhumiratana, S., Tia, S., "The role of moisture movement and crust thermal property on heat and mass process during deep-fat frying", *International communications in heat and mass transfer*. 31 1, 2004.
28. Altunakar, B., Sahin, S., Sumnu, G., "Functionality of batters containing different starch types for deep-fat frying of chicken nuggets", *European Food Research and Technology*. 218 4, 2004.
29. Kumar, A. J., Singh, R., Patel, A., Patil, G., "Kinetics of colour and texture changes in Gulabjamun balls during deep-fat frying", *LWT-Food Science and Technology*. 39 7, 2006.
30. Hwang, H. S., Kim, S., Singh, M., Winkler-Moser, J. K., Liu, S. X., "Organogel formation of soybean oil with waxes", *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 89 4, 2012.
31. Das, R., Pawar, D. P., Modi, V. K., "Quality characteristics of battered and fried chicken: Comparison of pressure frying and conventional frying", *Journal of food science and technology*. 50 2, 2013.
32. Izadi, S., Ojagh, S., Rahmanifarah, K., Shabanpour, B., Sakhale, B., "Production of low-fat shrimps by using hydrocolloid coatings", *Journal of food science and technology*. 52 9, 2015.
33. Barutçu Mazi, I., "Effects of different batter formulations on physical and chemical properties of microwave and conventionally fried chicken fingers", 2009.
34. Sanz, T., Salvador, A., Fiszman, S., "Effect of concentration and temperature on properties of methylcellulose-added batters application to battered, fried seafood", *Food Hydrocolloids*. 18 1, 2004.
35. Salvador, A., Sanz, T., Fiszman, S., "Performance of methyl cellulose in coating batters for fried products", *Food Hydrocolloids*. 22 6, 2008.
36. Adedeji, A. A., Ngadi, M. O., Raghavan, G., "Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets", *Journal of food Engineering*. 91 1, 2009.

37. GÖKÇE, R., AKGÜN, A. A., ERGEZER, H., AKCAN, T., "Farklı kaplama bileşenleriyle kaplamanın derin yağda kızartılan piliç nuggetların bazı kalite karakteristikleri üzerine etkileri", 2016.
38. Xue, J. , Ngadi, M., "Rheological properties of batter systems formulated using different flour combinations", *Journal of Food Engineering*. 77 2, 2006.
39. ÇINAR, İ., "Ozmotik dehidrasyon, mekanizması ve uygulamaları", *Gıda*. 34 5, 2009.
40. İçier, F., YILDIZ, H., Eroğlu, S., SABANCI, S., Eroğlu, E., "Ayva Dilimlerinin Ozmotik Kurutulmasında Elektriksel ve Ultrasonik Ön İşlemlerin Etkileri", *Akademik Gıda*. 11 2, 2013.
41. Torreggiani, D. , Bertolo, G., "Present and future in process control and optimization of osmotic dehydration", *Advances in food and nutrition research*. 2004.
42. Khin, M. M., Zhou, W., Yeo, S. Y., "Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties", *Journal of food Engineering*. 81 3, 2007.
43. Rastogi, N., Angersbach, A., Knorr, D., "Evaluation of mass transfer mechanisms during osmotic treatment of plant materials", *Journal of Food Science*. 65 6, 2000.
44. Le Maguer, M. , Yao, Z., "Mass transfer during osmotic dehydration at the cellular level", *Food Preservation by Moisture Control: Fundamentals and Applications*. 1995.
45. Panades, G., Castro, D., Chiralt, A., Fito, P., Nuñez, M., Jimenez, R., "Mass transfer mechanisms occurring in osmotic dehydration of guava", *Journal of Food Engineering*. 87 3, 2008.
46. Derossi A De Pilli T, S. C., McCarty MJ. , "Mass transfer during osmotic dehydration of apples. ", *J Food Eng*, 2008.
47. İspir, A., "Kayısının osmotik dehidrasyonu ve kurutmaya etkisi", *Firat Üniversitesi*. 273, 2006.
48. Fito, P., Andrés, A., Chiralt, A., Pardo, P., "Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems", *Journal of Food Engineering*. 27 3, 1996.

49. Kaymak-Ertekin, F. , Sultanoğlu, M., "Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples", *Journal of food Engineering*. 46 4, 2000.
50. Lazarides, H., Mitrakas, G., Matsos, K., "Edible coating and counter-current product/solution contacting: A novel approach to monitoring solids uptake during osmotic dehydration of a model food system", *Journal of Food Engineering*. 82 2, 2007.
51. Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M., Vázquez, G., "Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions", *LWT-Food Science and Technology*. 40 9, 2007.
52. Torreggiani, D., *Technological aspects of osmotic dehydration in foods*. 1995, Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc. p. 281-304.
53. Rastogi, N., Angersbach, A., Knorr, D., "Synergistic effect of high hydrostatic pressure pretreatment and osmotic stress on mass transfer during osmotic dehydration", *Journal of Food Engineering*. 45 1, 2000.
54. Fito, P., "Modelling of vacuum osmotic dehydration of food, in Water in foods", *Modelling of vacuum osmotic dehydration of food*, Elsevier. s. 313-328, 1994.
55. Fito, P., Chiralt, A., Barat, J., Martinez-Monzo, J., "Vacuum impregnation in fruit processing", *Trends in food engineering*. 2000.
56. Jamet, A. , Larios, O. *Chitosan film effects on papaya osmotic dehydration*. in *Proceedings of the International Congress on Engineering and Food*. 2001.
57. Lenart, A. , Dabrowska, R., "Osmotic dehydration of apples with polysaccharide coatings", *Polish journal of food and nutrition sciences*. 4 06, 1997.
58. Lenart, A. , Dabrowska, R. *Mass transfer during osmotic dehydration of apples with pectin coatings*. in *Proceedings of the 11th International Drying Symposium Drying*. 1998.
59. Lewicki, P. P. , Lukaszuk, A., "Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying", *Journal of Food Engineering*. 45 3, 2000.
60. IGLESIAS, H. A., CHIRIFE, J., LOMBARDI, J. L., "Comparison of water vapour sorption by sugar beet root components", *International Journal of Food Science & Technology*. 10 4, 1975.

61. Rockland, L. B. , Nishi, S. K., "Influence of water activity on food product quality and stability", *Food Technology (USA)*. 1980.
62. Speck, P., "EFFECT OF SALT PRETREATMENT ON QUALITY AND STORAGE STABILITY OF AIR-DRIED CARROTS", 1977.
63. Flink, J., "Dehydrated carrot slices: influence of osmotic concentration on drying behaviour and product quality", *Food process engineering*. 1, 1980.
64. Lerici, C., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M., Mastrocola, D., "Applicazione dell'osmosi diretta nella disidratazione della frutta", 1983.
65. Lee, B.-W., Shin, G.-J., Kim, M.-H., Choi, C.-U., "Effect of pretreatment before air drying on the quality of carrot flake", *Korean Journal of Food Science and Technology*. 21 3, 1989.
66. Mazza, G., "Dehydration of carrots. Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality", *International Journal of Food Science & Technology*. 18 1, 1983.
67. Kim, M.-H., "Mass transfer during osmotic dehydration of carrots and its effect on browning reaction", *Korean Journal of Food Science and Technology*. 21 2, 1989.
68. Us, F., Ozmotik Kurutma, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 65-68, (2006).
69. Doyle, M. E. , Glass, K. A., "Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health", *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 9 1, 2010.
70. Albak, F. , BELİBAĞLI, K. B., "Ozmotik dehidrasyon tekniğinin sakız kabağında kullanımı", *Akademik Gıda*. 8 2, 2010.
71. Dimakopoulou-Papazoglou, D. , Katsanidis, E., "Effect of maltodextrin, sodium chloride, and liquid smoke on the mass transfer kinetics and storage stability of osmotically dehydrated beef meat", *Food and Bioprocess Technology*. 10 11, 2017.
72. Şahin, U., "Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon yönteminin incir kurutma üzerindeki etkisinin deneysel incelenmesi", 2016.
73. Tsironi, T. N. , Taoukis, P. S., "Effect of storage temperature and osmotic pre-treatment with alternative solutes on the shelf-life of gilthead seabream (*Sparus aurata*) fillets", *Aquaculture and fisheries*. 2 1, 2017.

74. Giannakourou, M. C., Stavropoulou, N., Tsironi, T., Lougovois, V., Kyrana, V., Konteles, S. J., Sinanoglou, V. J., "Application of hurdle technology for the shelf life extension of European eel (*Anguilla anguilla*) fillets", *Aquaculture and Fisheries*. 2020.
75. Yıldız, D., "Balkabağı Dilimlerinin Farklı Kurutma Yöntemleri İle Kurutulmasında Ön İşlem Olarak Ultrases Destekli Ozmotik Kurutma Kullanımı", *Fen Bilimleri Enstitüsü* 2019.
76. Ashokkumar, M., Sunartio, D., Kentish, S., Mawson, R., Simons, L., Vilku, K., Versteeg, C. K., "Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: a preliminary study on a model system", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 9 2, 2008.
77. Ulusoy, K. , Karakaya, M., "Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı", *Gıda*. 36 2, 2011.
78. Abramov, O. V., "High-intensity ultrasonics: theory and industrial applications. " High-intensity ultrasonics: theory and industrial applications. *CRC Press*, 1999.
79. Earnshaw, R., Appleyard, J., Hurst, R., "Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure", *International journal of food microbiology*. 28 2, 1995.
80. Bayraktaroğlu, G. , Obuz, E., "Ultrasound yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı. 9", *Gıda Kongresi*. 2006.
81. Ercan, S. Ş. , Soysal, Ç., "ULTRASONUN GIDALARDA VE ENZİMLERİN İNAKTİVASYONUNDA KULLANILMASI", *GIDA/The Journal of FOOD*. 36 4, 2011.
82. Dolatowski, Z. J., Stadnik, J., Stasiak, D., "Applications of ultrasound in food technology", *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 6 3, 2007.
83. Jambrak, A. R., Herceg, Z., Šubarić, D., Babić, J., Brnčić, M., Brnčić, S. R., Bosiljkov, T., Čvek, D., Tripalo, B., Gelo, J., "Ultrasound effect on physical properties of corn starch", *Carbohydrate Polymers*. 79 1, 2010.
84. Demirdöven, A. , Baysal, T., "The use of ultrasound and combined technologies in food preservation", *Food Reviews International*. 25 1, 2008.

85. Zheng, L. , Sun, D.-W., "Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes—a review", *Trends in Food Science & Technology*. 17 1, 2006.
86. Mason, T. J., Paniwnyk, L., Lorimer, J., "The uses of ultrasound in food technology", *Ultrasonics sonochemistry*. 3 3, 1996.
87. McClements, D. J., "Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing", *Trends in Food Science & Technology*. 6 9, 1995.
88. Thakur, B. , Nelson, P., "Inactivation of lipoxygenase in whole soy flour suspension by ultrasonic cavitation", *Food/Nahrung*. 41 5, 1997.
89. Murphy, R., Beard, B., Macry, J., Berrang, M., "Application of Ultrasonic Technology for Killing Salmonella and Listeria monocytogenes in Fluid System, Institute of Food Technology. June 6-9, 2009", *Anaheim, CA*. 2009.
90. Soria, A. C. , Villamiel, M., "Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review", *Trends in food science & technology*. 21 7, 2010.
91. O'donnell, C., Tiwari, B., Bourke, P., Cullen, P., "Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance", *Trends in food science & technology*. 21 7, 2010.
92. Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D.-U., "Applications and potential of ultrasonics in food processing", *Trends in Food Science & Technology*. 15 5, 2004.
93. Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R., "Inactivation of microbes using ultrasound: a review", *International journal of food microbiology*. 87 3, 2003.
94. Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akkaya, Z., "Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu", *Gıda*. 34 3, 2009.
95. Yüksel, F., "Gıda teknolojisinde ultrases uygulamaları", *Gıda Teknolojileri Dergisi*. 8 2, 2013.
96. Butz, P. , Tauscher, B., "Emerging technologies: chemical aspects", *Food research international*. 35 2-3, 2002.
97. Güleç, H. A., Üniv, Y. Y., Van Bölümü, G. M., "Modern gıda muhafazasında vurgulu elektrik alan ve ultrason uygulamaları", *Türkiye*. 9, 2006.

98. Ordóñez, J., Sanz, B., Hernández, P., López-Lorenzo, P., "A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermotolerant streptococci", *Journal of Applied Bacteriology*. 56 1, 1984.
99. Pagán, R., Manas, P., Álvarez, I., Condon, S., "Resistance of *Listeria monocytogenes* to ultrasonic waves under pressure at sublethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures", *Food Microbiology*. 16 2, 1999.
100. Farkas, D. F. , Hoover, D. G., "High pressure processing", *Journal of food science*. 65, 2000.
101. Coakley, W., Brown, R., James, C., Gould, R., "The inactivation of enzymes by ultrasonic cavitation at 20 kHz", *Archives of biochemistry and biophysics*. 159 2, 1973.
102. Manas, P., Muñoz, B., Sanz, D., Condon, S., "Inactivation of lysozyme by ultrasonic waves under pressure at different temperatures", *Enzyme and microbial technology*. 39 6, 2006.
103. Özbek, B. , Ülgen, K. Ö., "The stability of enzymes after sonication", *Process Biochemistry*. 35 9, 2000.
104. Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., Cullen, P. J., "Effect of sonication on orange juice quality parameters during storage", *International journal of food science & technology*. 44 3, 2009.
105. Cheng, L., Soh, C., Liew, S., Teh, F., "Effects of sonication and carbonation on guava juice quality", *Food chemistry*. 104 4, 2007.
106. Cruz, R. M., Vieira, M. C., Silva, C. L., "Effect of heat and thermosonication treatments on peroxidase inactivation kinetics in watercress (*Nasturtium officinale*)", *Journal of Food Engineering*. 72 1, 2006.
107. Gaikwad, S. G. , Pandit, A. B., "Ultrasound emulsification: effect of ultrasonic and physicochemical properties on dispersed phase volume and droplet size", *Ultrasonics Sonochemistry*. 15 4, 2008.
108. Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Barbosa-Cánovas, G., "Microstructure of fat globules in whole milk after thermosonication treatment", *Journal of Food Science*. 73 7, 2008.

109. Got, F., Culioli, J., Berge, P., Vignon, X., Astruc, T., Quideau, J., Lethiecq, M., "Effects of high-intensity high-frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef", *Meat Science*. 51 1, 1999.
110. Smith, N., Cannon, J., Novakofski, J., McKeith, F., O'Brien, W. *Tenderization of semitendinosus muscle using high intensity ultrasound*. in *IEEE 1991 Ultrasonics Symposium*. 1991. IEEE.
111. Reynolds, J., Anderson, D., Schmidt, G., Theno, D., Siegel, D., "Effects of ultrasonic treatment on binding strength in cured ham rolls", *Journal of Food Science*. 43 3, 1978.
112. Montalbo-Lomboy, M., Khanal, S. K., van Leeuwen, J. H., Raman, D. R., Dunn Jr, L., Grewell, D., "Ultrasonic pretreatment of corn slurry for saccharification: A comparison of batch and continuous systems", *Ultrasonics sonochemistry*. 17 5, 2010.
113. Mason, T. J., Riera, E., Vercet, A. and Lopez-Buesa, P., 2005, *Application of Ultrasound, Emerging technologies for Food Processing*, Academic Press, USA.,
114. Knežević, V., Čurčić, B., Filipović, V., Nićetin, M., Lević, L., Kuljanin, T., Gubić, J., "Influence of osmotic dehydration on color and texture of pork meat", *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 17 1, 2013.
115. Chemat, F., & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics sonochemistry*, 18(4), 813-835.,
116. Garcia-Noguera, J., Oliveira, F. I., Gallão, M. I., Weller, C. L., Rodrigues, S., Fernandes, F. A., "Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: effect of pretreatment time and ultrasonic frequency", *Drying Technology*. 28 2, 2010.
117. Shamaei, S., EMAM-DJOMEH, Z., Moini, S., "Ultrasound-assisted osmotic dehydration of cranberries: Effect of finish drying methods and ultrasonic frequency on textural properties", *Journal of texture studies*. 43 2, 2012.
118. Cárcel, J., Benedito, J., Rosselló, C., Mulet, A., "Influence of ultrasound intensity on mass transfer in apple immersed in a sucrose solution", *Journal of food engineering*. 78 2, 2007.

119. Fernandes, F. A., Gallão, M. I., Rodrigues, S., "Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration", *Journal of Food Engineering*. 90 2, 2009.
120. Fernandes, F. A. , Rodrigues, S., "Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits", *Drying Technology*. 26 12, 2008.
121. Nowacka, M., Tylewicz, U., Laghi, L., Dalla Rosa, M., Witrowa-Rajchert, D., "Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration", *Food Chemistry*. 144, 2014.
122. Kilic, B. , Richards, M., "Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors", *Journal of Food Science*. 68 2, 2003.
123. Valachovic P., P. A. a. M. T. J., 2001, Towards the Industrial Production of Medical Tincture by Ultrasound Assisted Extraction, *Ultrasonic Sonochemistry*, 8: 111–117.,
124. Official, A., "Methods of analysis of AOAC International", *AOAC INTERNATIONAL, Maryland, USA(2003)*. 2005.
125. Uyar, T., Ayhan, Z., Şahin, S., "Elektroeğirme Yöntemi ile Nanolif Bazlı Aktif Ambalaj Malzemesi Geliştirilmesi Ve Gıda Validasyonu", 2018.
126. Savaş, A., Oz, E., Oz, F., "Is oven bag really advantageous in terms of heterocyclic aromatic amines and bisphenol-A? Chicken meat perspective", *Food chemistry*. 355, 2021.
127. Woelfel, R., Owens, C., Hirschler, E., Martinez-Dawson, R., Sams, A., "The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant", *Poultry science*. 81 4, 2002.
128. Zheng, M., Toledo, R., Wicker, L., "Effect of phosphate and pectin on quality and shelf-life of marinated chicken breast", *Journal of food quality*. 22 5, 1999.
129. YILMAZ, İ. , YILMAZ, B., "Kaplama Tavuk Eti Ürünlerinin (Cordon Bleu, Nugget Ve Schnitzel) Fiziksel, Kimyasal Ve Mikrobiyolojik Özellikleri", 2017.
130. Soyer, A., Et Teknolojisi Dersi.,
131. Pérez-Alvarez, J. A., Sayas-Barberá, M. a. E., Fernández-López, J., Aranda-Catalá, V., "Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage", *Food Research International*. 32 9, 1999.

132. Taskiran, M. a. K. C., The Effect Of Microwave Oven Cooking On The Proteins Of Chicken Meat. Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Food Engineering, 2018.,
133. Özdemir, S., "Köfte üretiminde kurutulmuş koruk (vitis vinifera l.) posası kullanımının hca oluşumu ve ürün raf ömrü üzerine etkilerinin incelenmesi", Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 116, İzmir, 2019. ,
134. Arslan, S. , Özer, C. O., "Hayıt tohumu (Vitex agnus-castus L.) tozunun sığır köftelerinin çeşitli kalite özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisinin araştırılması", Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi 2021.
135. Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., Narsaiah, K., "Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14 6, 2015.
136. Özabırcı, A., "Tekirdağ köftesi üretiminde bezelye proteini ve lifinin kullanım olanaklarının araştırılması", *Namık Kemal Üniversitesi* 2019.
137. Guliyeva, F., "Yarpuz (Mentha pulegium L.) Kullanılarak Üretilen Köftelerin Soğukta Muhafaza Süresince Lipit Oksidasyonu ve Renk Kararlılığının Değerlendirilmesi", Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda mühendisliği,
138. Mancini, R. , Hunt, M., "Current research in meat color", *Meat science*. 71 1, 2005.
139. Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Pérez-Alvarez, J., Aranda-Catalá, V., "Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat", *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*. 29 1, 2004.
140. Loewe, R., "Role of ingredients in batter systems", *Cereal foods world (USA)*. 1993.
141. Sahin, S., "Effects of frying parameters on the colour development of fried potatoes", *European Food Research and Technology*. 211 3, 2000.

142. Fiszman, S., Salvador, A., Sanz, T., "Why, when and how hydrocolloids are employed in batter-coated food—a review", *Progress in Food Biopolymer Research*. 1, 2005.
143. Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A., Fiszman, S., "Effect of the addition of dextrin or dried egg on the rheological and textural properties of batters for fried foods", *Food Hydrocolloids*. 17 3, 2003.
144. Chen, S.-D., Chen, H.-H., Chao, Y.-C., Lin, R.-S., "Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets", *Journal of Food Engineering*. 95 2, 2009.
145. Akcan, T. , Serdaroğlu, M., "Kanatlı Eti Emülsiyonlarının Fonksiyonel Özellikleri", *Academic Food Journal/Akademik GIDA*. 2011.
146. Asghari, L., Zeynali, F., Sahari, M., "Effects of boiling, deep-frying, and microwave treatment on the proximate composition of rainbow trout fillets: Changes in fatty acids, total protein, and minerals", *Journal of Applied Ichthyology*. 29 4, 2013.
147. Ergezer, H., "Değişik yöntemlerle marine edilmiş kanatlı etlerinin kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal özellikleri", *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* 2005.
148. Elias, R. J., Kellerby, S. S., Decker, E. A., "Antioxidant activity of proteins and peptides", *Critical reviews in food science and nutrition*. 48 5, 2008.
149. Kasnak, C. , Palamutoğlu, R., "Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkileri", *Türk Tarım-Gıda Bilim Ve Teknoloji Dergisi*. 3 5, 2015.
150. Turhan, S., Temiz, H., Sagir, I., "Utilization of wet okara in low-fat beef patties", *Journal of Muscle Foods*. 18 2, 2007.
151. Dimakopoulou-Papazoglou, D. , Katsanidis, E., "Osmotic processing of meat: Mathematical modeling and quality parameters", *Food Engineering Reviews*. 12 1, 2020.
152. Andreou, V., Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Katsaros, G., Taoukis, P., "Combinatory effect of osmotic and high pressure processing on shelf life extension of animal origin products—Application to chilled chicken breast fillets", *Food Packaging and Shelf Life*. 15, 2018.

153. Ananey-Obiri, D., Matthews, L., Tahergorabi, R., "Chicken processing by-product: A source of protein for fat uptake reduction in deep-fried chicken", *Food Hydrocolloids*. 101, 2020.
154. El-Anany, A. M., Ali, R. F., Elanany, A. M., "Nutritional and quality characteristics of chicken nuggets incorporated with different levels of frozen white cauliflower", *Italian Journal of Food Science*. 32 1, 2020.
155. Kilinceker, O. , Yilmaz, M. T., "EFFECTS OF DIFFERENT GUMS ON THE SOME PROPERTIES OF FRIED BEEF PATTIES", *Carpathian Journal of Food Science & Technology*. 8 2, 2016.
156. Mallikarjunan, P., Chinnan, M., Balasubramaniam, V., Phillips, R., "Edible coatings for deep-fat frying of starchy products", *LWT-Food Science and Technology*. 30 7, 1997.
157. Cuesta, C., Romero, A., Sanchez-Muniz, F., "Fatty acid changes in high oleic acid sunflower oil during successive deep-fat fryings of frozen foods", *Food Science and Technology International*. 7 4, 2001.
158. Çelik, G., "Derin yağda kızartma işleminde proses kirleticilerinin belirlenmesi", *Bursa Uludag University (Turkey)* 2020.
159. Öztop, M., Şahin, S., Şumnu, G., "Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış Patates Dilimlerinin Mikrodalga ile Kızartılması İşleminin Optimizasyonu", 2006.
160. ERTAŞ, N., DOĞRUER, Y. J. E. Ü. V. F. D., "Besinlerde tekstür", 7 1, 2010. ,
161. Nishinari, K. , Fang, Y., "Perception and measurement of food texture: Solid foods", *Journal of Texture Studies*. 49 2, 2018.
162. Li, P., Wu, G., Yang, D., Zhang, H., Qi, X., Jin, Q., Wang, X., "Applying sensory and instrumental techniques to evaluate the texture of French fries from fast food restaurant", *Journal of texture studies*. 51 3, 2020.