

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**ULTRASES ÖN İŞLEM UYGULAMASININ DERİN YAĞDA
KIZARTILMIŞ TAVUK ŞİNİTZELLERİN
YAĞ EMİLİMİNE VE KALİTESİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Anahi Guadalupe COZAIN MONTIEL

Danışman

Prof. Dr. Sadettin TURHAN

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.MUH.1904.21.027 proje numarası ile desteklenmiştir.

**SAMSUN
2023**

TEZ KABUL VE ONAYI

Anahi Guadalupe COZAIN MONTIEL tarafından, Prof. Dr. Sadettin TURHAN danışmanlığında hazırlanan “ULTRASES ÖN İŞLEM UYGULAMASININ DERİN YAĞDA KIZARTILMIŞ TAVUK ŞİNİTZELLERİN YAĞ EMİLİMİNE VE KALİTESİNE ETKİSİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 18.1.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Fatih ÖZ Atatürk Üniversitesi Gıda Müh. Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Sadettin TURHAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Müh. Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Müh. Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

19/12/2022

Anahi Guadalupe COZAIN MONTIEL

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: ULTRASES ÖN İŞLEM UYGULAMASININ DERİN YAĞDA KIZARTILMIŞ TAVUK ŞİNİTZELLERİN YAĞ EMİLİMİNE VE KALİTESİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 19/12/2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 17

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

19/12/2022

Prof. Dr. Sadettin TURHAN

ÖZET

ULTRASES ÖN İŞLEM UYGULAMASININ DERİN YAĞDA KIZARTILMIŞ TAVUK ŞİNİTZELLERİN YAĞ EMİLİMİNE VE KALİTESİNE ETKİSİ

Anahi Guadalupe COZAIN MONTIEL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Ocak/2023

Danışman: Prof. Dr. Sadettin TURHAN

Derin yağda kızartılmış ürünler, altın sarısı renkleri, gevrek yapıları ve eşsiz lezzetleri nedeniyle her yaş grubundaki bireyler tarafından sevilerek tüketilmelerine rağmen, kalitelerini etkileyen ve tüketicilerin daha sağlıklı bir diyet sürdürme talebini karşılamayan fazla miktarda yağ içermektedir. Bu çalışmada, ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yağ emilimine ve kalitesine etkisi incelenmiş ve çalışma, 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, tavuk şinitzel örnekleri farklı amplitut (%32, 48, 64 ve 80) ve sürelerde (10, 20 ve 30 dakika) ultrases uygulamasına tabi tutulmuş ve 180 °C'deki derin yağda kızartıldıktan sonra kuru madde, toplam yağ, yağ emme ve kızartma verimi yönünden analiz edilmiştir.

Ultrases ön işlem uygulaması derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kuru madde, toplam yağ, yağ emme ve kızartma verimini etkilemiştir ($p<0.05$). Ultrases uygulanmamış kontrol grubu ile %48 ve 80 amplitutte ön işlem uygulanmış şinitzel grupları birbirine benzer yağ emme değerleri sergilerken ($p>0.05$), %32 ve 64 amplitutte ön işlem uygulaması şinitzel örneklerinde yağ emilimini azaltmıştır ($p<0.05$). En yüksek azalma %53 ile %64 amplitutte 20 dakika ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulan grupta (64/20) gözlemlenmiştir.

Toplam yağ ve yağ emme sonuçlarından hareketle çalışmanın ikinci aşamasında %32 ve 64 amplitutte ultrasese tabi tutulan şinitzel grupları ile kontrol grubu şinitzeller yağ fraksiyonu, renk, sertlik, SEM ve duyuşal yönden analiz edilmiştir.

Ultrases ön işlem uygulaması derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin YÜY, PYY+YAY, a^* , b^* , sertlik, lezzet, yağlılık ve genel kabul edilebilirlik puanlarını etkilemiştir ($p<0.05$). Kızartma öncesi ultrases ön işlem uygulaması şinitzel gruplarının sertliğini iyileştirmiş ve renk üzerine ise olumsuz bir etkisi olmamıştır. Ultrason ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş şinitzel gruplarının mikro yapısında gözenek ve çatlakları içeren farklı sayıda mikroskobik kanal gözlenmiş ve genel kabul edilebilirlik açısından daha yüksek puanla değerlendirilmiştir.

Bu sonuçlar, tavuk şinitzel örneklerinin toplam yağ ve yağ emme miktarlarını azaltmak, gevrekliklerini iyileştirmek ve duyuşal özelliklerini korumak için %32 ve 64 amplitutte 10, 20 ve 30 dakika süreyle ultrases ön işlem uygulamasının kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Ultrases ön işlemi, Tavuk şinitzel, Derin yağda kızartma, Yağ emilimi, Kalite özellikleri

ABSTRACT

THE EFFECT OF ULTRASOUND PRETREATMENT ON OIL ABSORPTION AND QUALITY OF DEEP-FRIED CHICKEN SCNITZELS

Anahi Guadalupe COZAIN MONTIEL
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Food Engineering
Master, January/2023
Supervisor: Prof. Dr. Sadettin TURHAN

Although deep-fried products are attractive and consumed by individuals of all age groups due to their golden color, crispy texture, and unique flavor, they contain large amounts of oil, which affects their quality and fails to meet the demand of consumers to pursue a healthier diet. In this study, the effect of ultrasound pretreatment on the oil absorption and quality of deep-fried chicken schnitzels was investigated, and the experiments were carried out in 2 stages. In the first stage, chicken schnitzel samples were subjected to ultrasound treatment at different amplitudes (32, 48, 64, and 80%) and times (10, 20, and 30 minutes) and deep-fried at 180 °C. The fried samples were analyzed for dry matter, total fat, oil absorption, and frying yield.

Ultrasound pretreatment affected the dry matter, total fat, oil absorption, and frying yield of deep-fried chicken schnitzels ($p < 0.05$). While the non-ultrasound control group and pretreated schnitzel groups at 48 and 80% amplitude showed similar oil absorption values ($p > 0.05$), ultrasound pretreatment at 32% and 64 amplitudes reduced oil absorption in schnitzel samples ($p < 0.05$). The highest decrease was observed in the group (64/20) subjected to ultrasound pretreatment at 64% amplitude for 20 min as 53%.

Based on the total fat and oil absorption results, in the second stage of the study, the control group and the schnitzel groups subjected to ultrasound at 32 and 64% amplitudes were analyzed for fat fraction, color, hardness, SEM, and sensory properties.

Ultrasound pretreatment affected Y_{UY} , $PYY+YAY$, a^* , b^* , hardness, flavor, oiliness, and overall acceptability scores of the deep-fried chicken schnitzels' ($p < 0.05$). Ultrasound pretreatment before frying improved the hardness of the schnitzel groups and did not have a negative effect on the color. Different numbers of microscopic channels, including pores and cracks, were observed in the microstructure of the schnitzel groups subjected to ultrasound pretreatment, and they scored higher in terms of overall acceptability.

These results show that ultrasound pretreatment at 32% and 64% amplitude for 10, 20, and 30 min can be used to reduce the total fat content and oil absorption, improve crispness and preserve sensory properties of chicken schnitzel samples.

Keywords: Ultrasound pretreatment, Chicken schnitzel, Deep frying, Oil absorption, Quality attributes

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve deneyimlerini aktaran, görüşlerini ve desteklerini esirgemeyen çok değerli danışmanım Prof. Dr. Sadettin TURHAN'a,

Çalışmam kapsamında laboratuvar deneyimlerinden faydalandığım Araş. Gör. Hilal SOYOCAK'a,

Hayatım boyunca her zaman yanımda hissettiğim ve her konuda destekçilerim olan babam Rafael Arnoldo COZAİN'e,

Annem Enriqueta MONTIEL'e,

Canım ablam Maria COZAİN MONTIEL'e,

Kız kardeşim Julia COZAİN MONTIEL'e,

En yakın arkadaşım Sonia PERALES'e,

Sevgili arkadaşım Yavuz YILMAZ'a ve

Maddi desteğinden dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne (PYO.MUH.1904.21.027) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Anahi Guadalupe COZAİN MONTIEL

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLOLAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Tavuk Eti Ürünleri ve Tavuk Şinitzel	5
2.2. Derin Yağda Kızartma	7
2.3. Derin Yağda Kızartılmış Ürünlerin Sağlık Üzerine Etkisi	10
2.4. Yağ Emilimini Azaltmaya Yönelik Ön İşlem Uygulamaları	11
2.4.1. Geleneksel Yöntemler	12
2.4.1.1. Sıcak Havada Kurutma (Ön Kurutma)	12
2.4.1.2. Haşlama	12
2.4.1.3. Kaplama	13
2.4.1.4. Ozmotik Dehidrasyon	14
2.4.1.5. Dondurma Teknikleri	14
2.4.2. Yenilikçi Yöntemler	15
2.4.2.1. Kızgın Buharla Kurutma	15
2.4.2.2. Kızılötesi (İnfrared) Teknolojisi	16
2.4.2.3. Mikrodalga Teknolojisi	16
2.4.2.4. Darbeli Elektrik Alan	17
2.4.2.5. Ultrases Teknolojisi	18
2.4.2.5.1. Ultrasesin Etki Mekanizması	19
2.4.2.5.2. Ultrases Teknolojisinin Kızartılmış Gıdalarda Uygulanması	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1. Materyaller	24
3.2. Yöntemler	24
3.1.1. 3.2.1. Ultrases Ön İşlem Uygulaması	24
3.1.2. Tavuk Şinitzellerin Üretimi	25
3.2.3. Analiz Yöntemleri	26
3.2.3.1. Kuru Madde Analizi	26
3.2.3.2. Yağ Analizi	26
3.2.3.3. Kızartma Verimi	27
3.2.3.4. Yağ Fraksiyon Analizi	27
3.2.3.5. Renk Analizi	27
3.2.3.6. Sertlik Analizi	28
3.2.3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	28
3.2.3.8. Duyusal Analiz	28
3.2.4. İstatistiksel Analiz	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Kuru Madde	30
4.2. Toplam Yağ ve Yağ Emme	32
4.3. Kızartma Verimi	35
4.4. Yağ Fraksiyonları	37
4.5. Renk	39
4.6. Sertlik	44
4.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	46

4.8. Duyusal değerlendirme	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ.....	59



SİMGELER VE KISALTMALAR

a^*	: Kırmızılık
ANOVA	: Varyans analizi
b^*	: Sarılık
CMC	: Karboksil metil selüloz
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
HDL	: Yüksek dansiteli lipoprotein
HPMC	: Hidroksipropil metilselüloz
kHz	: Kilohertz
KİTAM	: Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
L^*	: Parlaklık
LDL	: Düşük dansiteli lipoprotein
MPa	: Megapaskal
MVF	: Mikrodalga destekli vakumlu kızartma
MVK	: Mikrodalga destekli vakumlu kızartmaya
N	: Nevton
NaCl	: Sodyum klorür
PEF	: Darbeli elektrik alanı
PYY	: Penetre yüzey yağı
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
USMVK	: Ultrasonik mikrodalga destekli vakumlu kızartma
YAY	: Yapısal yağ
YÜY	: Yüzey yağı
ΔE^*	: Renk farkı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Derin yağda kızartma sırasında gıda maddesinde eş zamanlı olarak gerçekleşen ısı ve kütle transferinin şematik görünüşü	8
Şekil 2.2. Kızartma işlemi sonrası ürün mikroyapısındaki yağ fraksiyonları	9
Şekil 2.3. Kızartma ön işlem uygulamalarını sınıflandırılması.....	11
Şekil 2.4. Kavitasyon oluşumu, gelişimi ve patlama süreci	20
Şekil 3.1. Tavuk şinitzel üretim işlem aşamaları	25
Şekil 3.2. Tavuk şinitzel gruplarında yapılan analizler	26
Şekil 4.1. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kuru madde miktarına etkisi	30
Şekil 4.2. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin toplam yağ miktarına etkisi	32
Şekil 4.3. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yağ emme miktarına etkisi	33
Şekil 4.4. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kızartma verimine etkisi	35
Şekil 4.5. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yüzey yağı (YÜY) miktarına etkisi	37
Şekil 4.6. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin penetre yüzey yağı (PYY) + yapısal yağ (YAY) miktarına etkisi	38
Şekil 4.7. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin L^* değerine	40
Şekil 4.8. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin a^* değerine etkisi	41
Şekil 4.9. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin b^* değerine etkisi	41
Şekil 4.10. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin ΔE^* değerine etkisi	42
Şekil 4.11. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin sertlik değerine etkisi	44
Şekil 4.12. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin SEM görüntüleri	47
Şekil 4.13. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin duyuusal özelliklerine etkisi	49

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Ultrases ön işlemler uygulamasına ait deneme planı	24
---	----



1. GİRİŞ

Tavuk eti, sağlıklı ve dengeli beslenmenin yanı sıra fiziksel ve zihinsel gelişim açısından tüketilmesi gereken en önemli hayvansal protein kaynaklarından biridir. Zira tavuk eti proteinleri, insan beslenmesi için gerekli tüm amino asitleri yeterli ve dengeli miktarlarda içermektedir. Tavuk eti sadece hayvansal protein açısından değil aynı zamanda bazı mineraller nedeniyle de sağlıklı beslenme için avantajlı bir gıda maddesi durumundadır. Düşük miktarda sodyum içermesi tavuk etini hipertansiyon hastaları için mükemmel bir besin kaynağı durumuna sokmaktadır. Ayrıca liflerinin kısa olması nedeniyle sindirimi kolaydır ve bu nedenle sindirim problemi olan kişilerin protein ihtiyacını tavuk etinden karşılamaları önerilmektedir (Yılmaz ve Yılmaz, 2018). Tavuk etinin sağlıklı beslenme açısından değerli bir gıda maddesi olması yanında, pişirme sürecindeki kayıplarının düşük olması, pişirme ve servis kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle de tüm dünyada yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Bu et, kırmızı etten sonra tüketilen en popüler ettir ve geniş bir ürün yelpazesine sahiptir (Hassanın vd., 2017).

Son 10-15 yıllık döneme kadar tüm gövde veya parçalara ayrıldıktan sonra satışı yapılan ya da salam, sosis ve sucuk gibi ürünlere işlenerek değerlendirilen tavuk etleri, son yıllarda daha yüksek katma değerli ve daha karlı çeşitler üretmek amacıyla cordon bleu, nuget, burger, kroket ve şinitzel gibi kaplamalı ürünlere işlenerek değerlendirilmektedir. Bu çeşitlendirmede katma değerli ve daha karlı çeşitler üretmek eğilimi yanında hızlı kentleşme ve iş yoğunluğu, yaşam tarz ve standartlarının değişmesi, çalışan kadın sayısının her geçen gün artması ve bunun sonucu olarak beslenme alışkanlıklarının değişmesi de etkili olmaktadır (Yılmaz ve Yılmaz, 2018).

Tavuk şinitzel, kaplamalı ürünler kapsamında sınıflandırılan ve derin yağda kızartılarak tüketilen önemli bir endüstriyel tavuk eti ürünüdür (Anonymous, 2021). Yağda kızartılmış gıdalar; eşsiz lezzetleri, tercih edilen altın sarısı renkleri ve çıtır yapıları ile dünya genelinde oldukça popülerdir ve her yaş grubundaki insanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir. Bu durum, bu ürünlerin diğer pişirme teknikleriyle elde edilemeyen benzersiz lezzet, altın sarısı renk ve çıtır bir yapı kazanmasından kaynaklanmaktadır (Choe ve Min, 2007; Ananey-Obiri vd., 2020; Zhang vd., 2021a,b). Zira derin yağda kızartma, diğer pişirme yöntemlerinden farklı uygulamalara ve ürün özellikleri üzerinde farklı etkilere sahiptir. Deri yağda kızartma işlemi hem hızlı gerçekleşmekte hem de üründe arzu edilen lezzet, renk ve tekstür

oluşumu sağlanmaktadır (Chayawat ve Rumpagaporn, 2020; Zhang vd., 2021a,b). Bu nedenle derin yağda kızartma mühendislik araştırmacıları ve bilim insanlarının yanı sıra tasarımcılar ve üreticiler için de büyük bir ilgi alanı konumundadır (Tirado vd., 2015).

Derin yağda kızartma, bilinen en eski ticari ve evsel gıda hazırlama ve pişirme yöntemlerinden biri olup, ilk olarak Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde kullanıldığı tahmin edilmektedir. Kızartma işlemi eş zamanlı olarak ısı ve kütle transferini içeren bir süreçtir. Bu süreç boyunca bir yandan kızartma yağından gıdaya ısı transferi gerçekleşirken, diğer taraftan da gıdadan ortama nem transferi ve kızartma ortamından kızartılan gıdaya yağ emilimi gerçekleşmektedir (Oke vd., 2018). Yağ emiliminin bir sonucu olarak da kızartılmış gıdaların yağ miktarında ve sonuç olarak kalori değerinde önemli düzeyde artışlar meydana gelmektedir. Kızartılmış gıdalar toplam ağırlıklarının yaklaşık 3'te 1'i kadar yağ içerebilmektedir (Myers ve Brannan, 2012; Zeng vd., 2016). Bu kadar yüksek düzeyde yağ içeren gıdalar, günlük kalorilerinin %35'inden daha azının yağdan alınması tavsiyesine uymayı ve tüketicilerin daha sağlıklı bir diyet sürdürme talebini karşılamayı zorlaştırabilmektedir (Myers ve Brannan, 2012).

Artan sağlık bilinci nedeniyle son yıllarda, gıda maddelerinin tüketiciler tarafından değerlendirilmesinde sağlık faktörleri daha fazla önem kazanmaktadır (Martinez-Avila vd., 2010). Kızartılmış gıda tüketiminin sağlık üzerine olumsuz etkisi fazla miktarda yağ alımına, kızartma sırasında yağ bozulmasına ve toksik bileşiklerin oluşmasına bağlanmaktadır. Kızartma işlemi sırasında, kızartma yağında hidroliz, oksidasyon, izomerizasyon ve polimerleşme gibi kimyasal reaksiyonlar meydana gelebilmekte ve bunun sonucunda akrilamid, trans yağ asitleri, PAH (polisiklik aromatik hidrokarbonlar) ve furan gibi istenmeyen bileşikler oluşabilmektedir (Choe ve Min 2007; Zhang vd., 2012). Bu nedenle günümüzde artan obezite ile birlikte tüketiciler sağlıklı gıda arayışına girmekte ve kızartılmış ürünlere genelde tedirgin yaklaşmaktadır. Birçok rapor, yüksek yağlı gıda tüketiminin insan sağlığını olumsuz etkileyebileceğini ve kardiyovasküler, hipertansiyon, obezite, diyabet ve kanser gibi hastalıklara yol açabileceğini göstermektedir (Varela ve Fiszman, 2011; Ananey-Obiri vd., 2020; Chayawat ve Rumpagaporn, 2020; Zhang vd., 2021a,b).

Son zamanlarda çok sayıda araştırmacı, kızarmış ürünlerin yağ içeriğini azaltmak ve kalitesini düzeltmek için farklı yöntemler üzerinde çalışmaktadır. Yağ emilimi, kızartma sırasında drenaj ve emme arasındaki rekabetten kaynaklanan karmaşık ve yüzey odaklı bir olgudur (Bouchon vd., 2001). Yağ, kızartma sırasında su kaybının ve yağ emiliminin doğrudan bir sonucu olarak kızartılmış gıdaya girmekte ve bu işlem özellikle yüzeye yakın boşluklar veya gözenekler tarafından etkilenmektedir (Rice ve Gamble, 1989). Ön işlem uygulamaları kızartılmış gıdaların yağ emilimini azaltmada anahtar rol oynamakta ve geleneksel ve yenilikçi uygulamalar olarak iki grup altında sınıflandırılmaktadır (Zhang vd., 2021a).

Geleneksel yöntemler gıdaların kızartılmasında kullanılan yaygın ve eski yöntemlere dayanmaktadır. Bunlar sıcak havada kurutma (Moyano ve Pedreschi, 2006), haşlama (Taiwo ve Baik, 2007), kaplama (Chen vd., 2009), ozmotik dehidrasyon (Krokida vd., 2001) ve dondurma (Maity vd., 2012) gibi farklı uygulamalardan oluşmaktadır. Ancak bu geleneksel ön uygulama yöntemleri yüksek enerji tüketimi, uzun proses süresi ve düşük verim gibi bazı dezavantajlara sahiptir (Oladejo vd., 2018; Zhang vd., 2021a). Bu yüzden yağ emilimini azaltmak için yenilikçi yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Termal olmayan yenilikçi bir teknik olan ultrases; ekonomik olması, çevreye zarar vermemesi ve besin bileşenlerini koruması gibi avantajları nedeniyle son yıllarda yaygın olarak araştırılmaktadır (Oladejo vd., 2018; Piyalungka vd., 2019; Zhang vd., 2021a; Yu vd., 2021). Ultrasonik enerji, 20 kHz üzerindeki frekanslarla üretilen bir titreşim enerjisi türüdür (Piyalungka vd., 2019). Ultrasonik proseslerin iki önemli parametresi frekansı ve gücü olup, bu iki parametre ultrasonik proses koşullarını ve uygulama alanlarını belirlemektedir (Yu vd., 2021). Ultrases teknolojisi kızartılmış gıdaların kalitesini iyileştirmede ve yağ emilimini azaltmada etkili bir uygulama olabilir. Bu kapsamda bazı gıda maddelerinde ultrasonik ön işlem uygulamalarına yönelik çalışmalar yapılmakta ve derin yağda kızartılmış ürünlerin yağ emilimi üzerine etkisi araştırılmaktadır.

Ultrases uygulamasının yağ emilimi üzerine etkisi daha çok bitkisel ürünlerde özellikle de patates ürünlerinde çalışılmıştır. Bu uygulamanın kanatlı eti ve ürünlerinde yağ emilimi ve diğer kalite özellikleri üzerine etkisi konusunda literatürde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Tavuk etinin kimyasal bileşim ve yapısal özellikler açısından bitkisel ürünlerden farklılık göstermesi, derin yağda kızartma

sırasında yağ emilimini farklı şekilde ve farklı bir mekanizma üzerinden etkileyebilir. Bu nedenle yaygın olarak tüketim potansiyeli bulunan kaplamalı tavuk ürünlerinin (şinitzel, nuget, vb.) daha sağlıklı hale getirilerek tüketicilere ulaştırılması ve böylece yağ emiliminin azaltılarak üreticilere ekonomik fayda sağlanması için yenilikçi tekniklerin hayvansal gıdalarda da çalışılması gerekmektedir.

Bu kapsamda planlanan bu çalışmada; 1) Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yağ emilimi ile tekstür ve renk gibi kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi ve 2) Panelenmiş tavuk ürünlerinin daha sağlıklı hale getirilerek tüketicilere fayda sağlama potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Tavuk Eti Ürünleri ve Tavuk Şinitzel

Tavuk eti; yağ içeriğinin düşük, protein içerik ve kalitesinin yüksek, vitamin ve mineraller açısından zengin, hazırlanmasının kolay olması, çok çeşitli yemeklerde kullanılabilmesi ve fiyatının kırmızı ete kıyasla daha uygun olması nedeniyle düşük gelirli insanların diyetlerine önemli katkı sağlayan değerli bir gıda maddesidir (Kara vd., 2020). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), tavuk etini yaygın olarak bulunabilen, nispeten ucuz, özellikle gelişmekte olan ülkeler için temel besin maddeleri eksikliğini gidermeye yardımcı olacak bir gıda maddesi olarak tanımlamaktadır (Anonymous, 2020).

Tavuk eti, kırmızı etten sonra tüketilen en popüler et olup, geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Pişirme sürecindeki kayıplarının düşük olması, pişirme ve servis kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle yaygın şekilde tüketilmektedir (Hassanin vd., 2017). 2018 yılı verilerine göre; dünyada 114 milyon 266 bin ton tavuk eti üretilmekte (Anonymous, 2020) ve Türkiye, 2 milyon 156 bin ton üretim ile dünyada ilk on ülke içerisinde, Avrupa’da ise ilk sırada yer almaktadır (Kara vd., 2020).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, tavuk eti tüketim alışkanlıklarının coğrafi bölge, ürün çeşidi ve pişirme yöntemi gibi birçok faktör tarafından etkilendiğini ortaya koymaktadır. İskender vd. (2015), Artvin Çoruh Üniversitesi’nde öğrenim gören öğrencilerin tavuk eti tüketim alışkanlıklarını ve tercihlerini ortaya koymak amacıyla 301 öğrencinin katıldığı bir anket çalışması yapmışlar ve anket çalışması sonucunda tavuk etinin en çok tercih edilen kısmının göğüs eti (%27.9), ürün çeşidinin ise tavuk döner (%36.2) olduğunu bildirmişler ve bu durumu öğrencilerin ev ortamından uzak olmaları, hazırlama ve ürünlere ulaşım imkânlarının kolay olması ve fiyatının uygun olması ile açıklamışlardır. Buna karşılık, Dokuzlu vd. (2013), Türkiye’de parça tavuk tüketiminde en çok tercih edilen kısmın % 30.79 ile but ve ikinci sırada da % 25.61 ile göğüs eti olduğunu rapor etmişlerdir. Karakaya ve İnci (2014), Bingöl ili merkezinde hane halkı ile yapmış oldukları çalışmada, tavuk etinin çoğunlukla haşlama (%33) şeklinde tüketildiğini, ancak hane gelir seviyesi arttıkça mangalda tüketimin ön plana çıktığını bildirmişlerdir.

İskender vd. (2015), üniversite öğrencilerinin haftada 1.3 kg civarında tavuk eti tükettiklerini bildirmişlerdir. Dokuzlu vd. (2013), yapmış oldukları araştırmada, Türkiye’de kişi başı yıllık tavuk eti tüketiminin 17.24 kg civarında olduğunu ve en yüksek kişi başı tavuk eti tüketiminin Ege Bölgesi’nde, en düşük tüketimin ise Doğu Anadolu Bölgesi’nde olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar tavuk eti tüketim miktarının; bölgelere, gelir düzeyine, medeni duruma, tüketicilerin kırsal ya da kentsel alanda yaşamalarına ve yaşam şekillerine göre farklılık gösterebileceğini ortaya koymuşlardır.

Tavuk eti, taze et olarak satışa sunulduğu gibi değişik ürünlere işlendikten sonra da tüketime sunulmaktadır. Tüketimi artırıcı yönde yeni uygulamalar yapılarak bu değerli besin kaynağından insanların daha fazla faydalanmalarının sağlanması sağlıklı ve dengeli beslenme açısından zorunludur. Bunu sağlamak için ürün yelpazesinin genişletilmesi, tüketicilerin talepleri doğrultusunda yeni ürünlerin oluşturulması ve daha geniş bir tüketici kitlesine ulaşılmaya çalışılması gerekmektedir. Günümüzde tavuk etleri parçalanarak, kemiksiz hâle getirilerek, marine edilerek, soslanarak, kürlenerek veya kaplanarak tüketiciye sunulmaktadır. Nuget, şinitzel, dondurulmuş tavuk döner, burger, kroket gibi ürünler bu amaca yönelik üretilen ürünlerin en önemlileridir. Avusturya mutfağında şinitzel, kesilmiş dana, domuz veya tavuk eti diliminin sırasıyla un, yumurta sarısı ve galeta ununa bandırılarak kızgın yağda kızartılmasıyla yapılan bir et ürünüdür (Anonymous, 2021).

Şinitzel ve nuget üretiminde hammadde olarak, doğrudan kanatlı eti kullanılabilirdiği gibi kanatlı eti kıyması ve derisi de kullanılabilir. Kıyma kullanılması durumunda, önce kıyma, baharat ve katkı maddeleri kuter veya mikserde karıştırılıp hamur elde edilmektedir. Hamur içerisinde yağ olarak kanatlı derisi, baharat ve katkı maddesi olarak da beyaz biber, sarımsak tozu, fosfat, tuz, asetik asit ve sitrik asit karışımı (koruyucu madde), mısır nişastası, galeta unu ve soya proteini kullanılmaktadır. Hamur hazırlandıktan sonra hemen üretime alınmakta veya en fazla 24 saat soğuk depoda bekletildikten sonra kullanılmaktadır. Dolum makinesine alınan karışım hamuru, nuget ve şinitzel şeklindeki özel kalıplar yardımı ile otomatik olarak şekil verilmiş halde çıkarılmaktadır. Kalıplardan şekil verilmiş olarak çıkarılan nuget ve şinitzeller önce ön unlama, sonra kaplama sıvısına daldırma ve en son olarak da kaplama malzemesi ile kaplanma işlemine tabi tutulmaktadır (Anonymous, 2021).

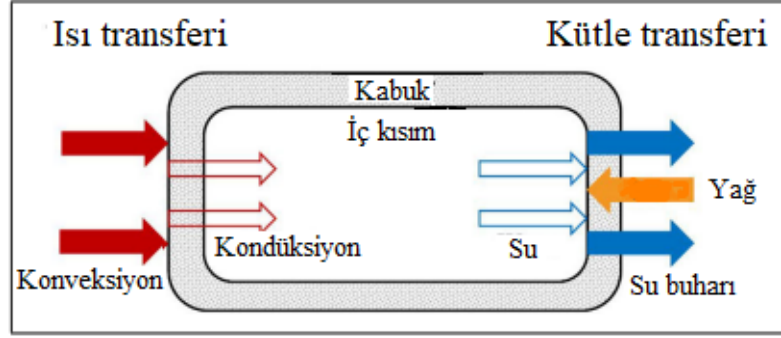
Ön unlama işlemi, sıvı ve kuru kaplamadan önce uygulanan bir işlemdir. Ön unlama işleminde kaplama malzemesi olarak çeşitli karışımlar kullanıldığı gibi, sadece un da kullanılabilir. Ön unlamanın amacı, sıvı kaplama uygulanacak ürünün yüzeyini hazırlamak ve üniform bir yapıya sağlamaktır. Sıvı kaplama (battering), su içinde un süspansiyonu olup arzu edilen karakteristikleri elde etmek amacı ile çeşitli konsantrasyonlarda nişasta, tuz, yumurta, kabartıcı ya da esmerleşmeyi sağlayan maddeleri içermektedir. Battering işleminin ana fonksiyonu; kuru kaplama malzemesinin tutunması için zemin hazırlamak, bunun yanı sıra tekstür ve lezzeti kuvvetlendirmek ve nem bariyeri oluşturarak kurumayı engellemektir. Kuru kaplama (breading) işleminde, galeta unlu karışımlar tercih edilmektedir. Kaplanmış ürünlerde daha gevrek bir doku, tercih edilen esmer bir renk ve aroma elde edilmekte, aynı zamanda dondurma ve pişirme işlemleri sırasında oluşacak nem kayıpları azalmaktadır. Kaplama malzemesi ile kaplanan nuget ve şnitzeller 180 °C'deki derin yağda kızartıldıktan sonra soğuk zincir altında tüketime sunulmaktadır (Anonymous, 2021).

2.2. Derin Yağda Kızartma

Derin yağda kızartma Akdeniz kökenli bir yöntem olup, bilinen en eski ticari ve evsel gıda hazırlama ve pişirme yöntemlerinden biridir. Birçok gıda maddesi, tüketilmeden önce daha arzu edilir, lezzetli ve sindirilebilir hale getirilmek için pişirilmektedir (Oke vd., 2018). Kızartılmış gıdalar; eşsiz tatları, tercih edilen renkleri ve çıtır yapıları ile dünya genelinde oldukça popülerdir ve her yaş grubundaki insanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir (Ananey-Obiri vd., 2020). Bu durum, derin yağda kızartılmış gıdaların diğer pişirme teknikleriyle elde edilemeyen benzersiz aroma ve tekstürel özellikler kazanmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle derin yağda kızartma mühendislik araştırmacıları ve bilim insanlarının yanı sıra tasarımcılar ve üreticiler için de büyük bir ilgi alanı konumundadır (Tirado vd., 2015).

Kızartma işlemi eş zamanlı olarak ısı ve kütle transferini içeren bir süreçtir. Kızartma yağından gıdaya ısı transferi, gıdadan ortama nem transferi ve gıdanın yağ emiliminin gerçekleştiği bir işlemdir (Şekil 2.1). Derin yağda kızartmada gıdalar, genellikle 150 ile 190 °C sıcaklığındaki kızgın yağda kızartılırlar. Kızartma sırasında, nişasta granüllerinin şişmesi ile karakterize edilen nişasta jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, esmerleşme; kızarmış ürünün yüzeyinin kuruması sonucu gelişen

kabuk oluşumu, kızarmış ürünleri karakterize eden lezzet bileşenlerinin oluşumu, büzülme ve şişme gibi birçok fizikokimyasal değişiklik meydana gelmektedir. Bu fiziksel ve kimyasal değişiklikler, üründe makro ve mikro düzeyde yapısal dönüşümlere yol açmaktadır (Oke vd., 2018).



Şekil 2.1. Derin yağda kızartma sırasında gıda maddesinde eş zamanlı olarak gerçekleşen ısı ve kütle transferinin şematik görünüşü (Reyniers vd., 2020)

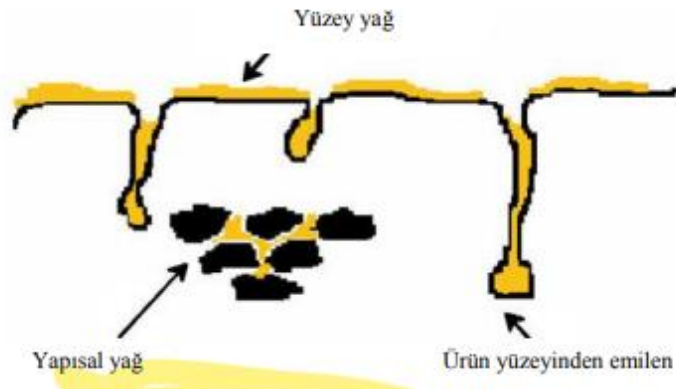
Kızartma işlemi ilk ısıtma, yüzeyde kaynama, düşme hızı ve baloncuk oluşumu olmak üzere 4 aşamaya ayrılmaktadır. Kızartma sırasında gıdanın yapısındaki su buharlaşırken yağ, buharlaşma sırasında oluşan gözeneklerden gıdanın yapısına göç eder. Kızartma ilerledikçe, kızartma sıcaklığındaki artış nedeniyle gıda örneğinin yüzeyi kabuk oluşumu sonucunda sertleşir, bu da kızartma sırasında kütle aktarım hızını yavaşlatır (Oladejo vd., 2018).

Genel anlamda yağda kızartma; sıcaklık, kızartma süresi, yağ çeşidi, ürün boyutu ve yapısı gibi değişik faktörlerin katkıda bulunduğu hızlı bir dehidrasyon işlemi olup, esas olarak 3 farklı özelliklerle karakterize edilmektedir. Bunlar, yüksek sıcaklık (160-180 °C) nedeniyle hızlı ısı transferine ve kısa sürede pişmeye imkan sağlaması, ürün sıcaklığının (kabuk bölgesi hariç) genellikle 100 °C'yi geçmemesi ve suda çözünür bileşiklerin çok düşük seviyede kayba uğramasıdır (Dursun Çapar, 2014).

Kızartılmış gıdalara yağ Emilimi, drenaj ve emme arasındaki rekabetten kaynaklanan karmaşık ve yüzey odaklı bir olgudur (Myers ve Brannan, 2012). Kızartma işlemindeki kütle transferi fenomeni, ısı enerjisinin ürüne transferinin neden olduğu suyun dışarı akışını ve yağın içeri girmesini ve kızartma sırasında ve sonrasında yüzey özelliklerini içermektedir. Kızartma sırasında ısı, konveksiyon yoluyla yağdan gıdanın yüzeyine ve daha sonra da gıdanın merkezine aktarılır. Bunun sonucunda

gıdanın yapısındaki su, gıdadaki küçük yarıklardan geçer ve suyun oluşturduğu basınç sayesinde gözenekleri açar. Su kaybı ile birlikte yüzey sıcaklığı kızartma yağının sıcaklığına yaklaşarak artar ve bu durum gıdanın yüzeyinde kabuk oluşumuna yol açar. Bir miktar yağ, uzaklaşan suyun bir kısmının yerini alabilse de kızartma sırasında oluşan aşırı basınç, önemli miktarda yağ emilimini engeller (Oke vd., 2018).

Ouchon vd. (2003) yaptıkları çalışmada kızartılmış patateslerde farklı emilim mekanizmasına bağlı olarak 3 farklı yağ fraksiyonu açıklamışlar ve bu fraksiyonları i) yapısal yağ (kızartma işlemi sırasında emilen yağ), ii) ürün yüzeyinden emilen yağ (kızartma sonrası soğuma sırasında gıda içine emilen yağ) ve iii) yüzey yağı (yüzeyde kalan yağ) olarak tanımlamışlardır (Şekil 2.2). Bu çalışma ile araştırmacılar, kızartma sırasında yağ emiliminin ve gıdadan su ayrılmasının eş zamanlı olmadığından kızartma işlemi sırasında nüfuz eden yağın az miktarda olduğunu, yağın büyük çoğunluğunun ise işlem sonunda emildiğini göstermişlerdir.



Şekil 2.2. Kızartma işlemi sonrası ürün mikroyapısındaki yağ fraksiyonları (Ouchon vd., 2003)

Kızartma sırasında yağ emilimi farklı aşamalarda gerçekleşmektedir. Kızartma sonucu gıdanın hücresel yapısında meydana gelen değişiklikler ve suyun buharlaşmasından kaynaklanan boşluklar, suyun yağ ile yer değiştirmesine imkân sağlar. Kızartma sırasında su buhar haline dönüştüğünde ürünü terk eder ve üründe süngerimsi homojen bir ağ oluşturur. Yağın büyük çoğunluğu kızartmanın ilk 20 saniyesinde oluşan bu boşluklardan ürüne nüfuz eder (Moreira vd., 1999). Kızartma sırasında ürün içerisindeki nemin bir kısmı buhara dönüşür ve bu durum basınç farkı oluşturur. Buhar, hücre yapısındaki kapiller boşluklardan ve kanallardan dışarı çıkar. Gıda yüzeyine tutunmuş veya kapiller boşluklara girmiş olan yağ, basınç farkı nedeniyle dışarı itilir. Kızartma sırasında oluşan buhar, yağın gıdanın içine nüfuz etmesini engeller. Soğuma sırasında yoğunlaşmanın oluşturduğu vakum etkisi gıdanın

iç basıncının düşmesini sağlar. Bu da yağın gıdanın içine girmesine neden olur. Yağın nüfuz derinliği yaklaşık olarak 1 mm düzeyindedir (Saguy vd., 1997).

2.3. Derin Yağda Kızartılmış Ürünlerin Sağlık Üzerine Etkisi

Gelişmiş ülkelerdeki tüketicilerin gıda, beslenme ve sağlık arasında ilişkiye olan duyarlılıklarının artması yağ tüketimi, yağlardan alınan kalori ve kolesterolü sınırlama gerekliliğini ortaya koymaktadır (Dursun Çapar, 2014). İnsan beslenmesinde önemli yere sahip olan yağlar, bitkisel ve hayvansal kaynaklardan sağlanmaktadır. Bitkisel yağların üretimi hayvansal yağlara göre daha kolay ve ucuzdur. Aynı zamanda bitkisel yağların tüketimi hayvansal yağlara göre daha sağlıklıdır. Bundan dolayı bitkisel yağlar gıdaların hazırlanmasında daha fazla kullanılmaktadır. Yenilebilir yağlar yüksek enerji vermelerinin yanında yağda eriyen A, D, E, K vitaminlerine iyi bir çözücü ve taşıyıcı iken, insan diyetinde vücudun sentezleyemediği esansiyel yağ asitlerinin de kaynağıdır (O'Brien, 2009). Özellikle doymamış yağların tüketimi insan sağlığının tehlikeye girmesinde (koroner kalp rahatsızlıklar, kanser, diyabet, hipertansiyon gibi) rol oynayan önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Dursun Çapar, 2014). Yağlardan beklenen yararların sağlanabilmesi, ihtiyaç duyulan miktarda ve bozulmamış yağların tüketimi ile gerçekleşebilir. Tüketiciler için yağların yapısında yer alan yağ asitlerinin yapısal olarak doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış gibi özelliklerinin yanında, sahip oldukları cis, trans veya konjuge formunun da ayrı bir önemi vardır. Bazı formlardaki yağların aşırı tüketimi sonucunda bir takım hastalıklar ortaya çıkabilmektedir (Dana ve Saguy, 2001).

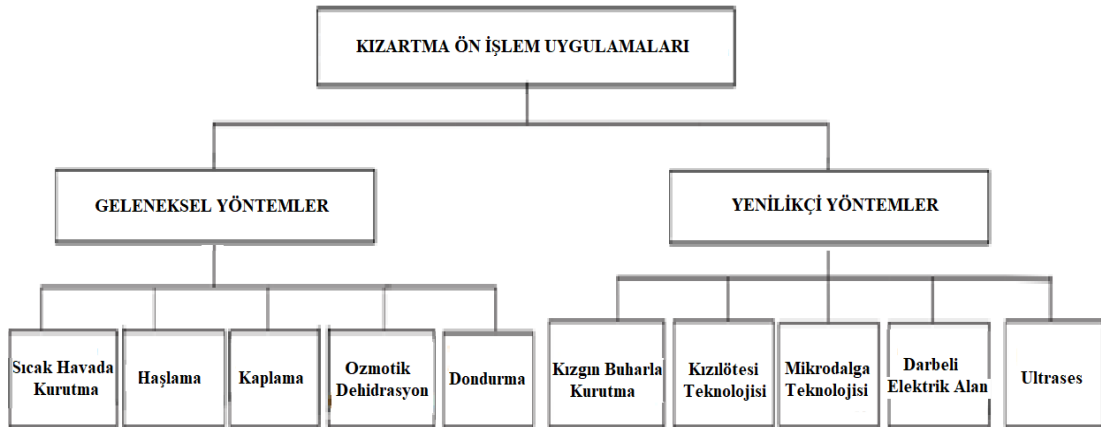
Kızartma işlemi gıdaların toplam yağ miktarını ve enerji değerini artırmaktadır. Kızartmış gıdalar genellikle toplam ağırlıklarının yaklaşık 3'te 1'i kadar yağ içermektedir (Myers ve Brannan, 2012; Zeng vd., 2016). Kızartılmış gıdaların sağlık üzerine olumsuz etkileri fazla miktarda yağ emilimine, yağ bozulmasına ve kızartma sırasında oluşan toksik kimyasallara bağlanmaktadır. Örneğin, trans yağ asitleri, doymuş yağ asitlerine göre kan plazmasındaki lipit seviyelerine daha fazla olumsuz etkide bulunarak LDL (düşük dansiteli lipoprotein) konsantrasyonunu artırırken HDL (yüksek dansiteli lipoprotein) konsantrasyonunu düşürmektedir (Açar, 2011). Özellikle doymuş yağ asitlerinin fazla tüketimi insan sağlığını tehlikeye sokan başlıca faktörlerden biri olarak tanınmakta ve başta koroner kalp rahatsızlıkları olmak üzere

kanser, diyabet ve hipertansiyon gibi hastalıklara yol açabilmektedir (Dana ve Saguy, 2001).

Kızartılmış ürünlerdeki yüksek yağ içeriği ekonomik bakış açısından gıda işletmeleri ve sağlık açısından da tüketiciler için endişe kaynağı olmuştur. Bu endişeler nedeniyle günümüzde kızartılmış ürünlerin yağ içeriğini azaltmaya, kalitesini artırmaya ve bunlarla ilgili mekanizmaları araştırmaya yönelik önemli çalışmalar yapılmaktadır (Aguilera ve Gloria-Hernandez, 2000). Bu çalışmalar içerisinde ön işlem uygulamaları önemli yer almaktadır.

2.4. Yağ Emilimini Azaltmaya Yönelik Ön İşlem Uygulamaları

Derin yağda kızartılmış gıdalarda yağ emilimini azaltmak ve genel kaliteyi iyileştirmek amacıyla uygulanan ön işlemler geleneksel ve yenilikçi yöntemler olarak iki ana kategoride sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.3). Geleneksel yöntemler gıdaların kızartılmasında kullanılan yaygın ve eski yöntemlere dayanmaktadır. Bunlara sıcak havada kurutma (Moyano ve Pedreschi, 2006), haşlama (Taiwo ve Baik, 2007), kaplama (Chen vd., 2009), ozmotik dehidrasyon (Krokida vd., 2001) ve dondurma uygulamaları (Maity vd., 2012) örnek olarak verilebilir. Ancak bu geleneksel ön uygulama yöntemleri yüksek enerji tüketimi, uzun proses süresi ve düşük verim gibi bazı dezavantajlara sahiptir (Oladejo vd., 2018).



Şekil 2.3. Kızartma ön işlem uygulamalarını sınıflandırılması (Oladejo vd., 2018)

Yenilikçi ön işlemler ise bazı avantajlarından (çevre dostu, hızlı, besleyici öğelerin korunması, düşük enerji kullanımı, yüksek verim) dolayı son yıllarda ortaya çıkan ve kullanılmaya başlanan teknolojilerdir (Awad vd., 2012). Bu yöntemlere örnek olarak da kızgın buharla kurutma (Van Loon vd., 2005), kızılötesi teknolojiler (Bingol

vd., 2012), ultrases (Dehghannya vd., 2016), mikrodalga (Adedeji vd., 2009) ve darbeli elektrik alan (Janositz vd., 2011) uygulamaları verilebilir.

2.4.1. Geleneksel Yöntemler

2.4.1.1. Sıcak Havada Kurutma (Ön Kurutma)

Gıda maddelerinin kızartma öncesinde bir sıcak hava kurutucusunda kurutulmasının, kızartma sırasında yağ emilimini azaltmanın etkili bir yolu olduğu bildirilmiştir. Laboratuvar ve gıda endüstrisinde tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan kurutma sıcaklığı genellikle 60 ile 70 °C arasında değişmektedir (Oladejo vd., 2018).

Krokida vd. (2001), kızartma öncesi kurutma süresinin artmasının, derin yağda kızartılmış parmak patateslerin nem ve yağ içeriğinde azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, ön kurutma işleminin kızartılmış patateslerde sarılığın azalması ve kırmızılığın artması gibi olumsuzluklarını olduğunu belirtmişlerdir.

Martínez-Avila vd. (2010), tavuk nugetlerinin kızartma öncesi ve kızartma sonrası kurutma işlemine tabi tutulmasının kontrole kıyasla yağ içeriğinde sırasıyla %42 ve %50 oranında azalmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir.

2.4.1.2. Haşlama

Haşlama, gıda maddesinin bazı kalite parametrelerini korumak için çok kısa bir süre sıcak suya batırılmasını ifade etmektedir. Haşlama sırasında, gıda örneğinin yapısını değiştiren nişastanın jelatinizasyonu gerçekleşmektedir. Haşlama, gıda endüstrisinde kızartılmış gıdaların kalitesini artırmak için kızartma öncesi bir ön işlem olarak da kullanılmıştır (Oladejo vd., 2018).

Pedreschi ve Moyano (2005), 180 °C'de derin yağda kızartma sırasında haşlanmış ve haşlanmamış (kontrol) patates dilimlerini yağ emilimi ve yapısal özellikler yönünden karşılaştırmışlar ve beklenenin aksine, haşlanmış örneklerin kontrol örneğinden daha fazla yağ emdiğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumun nedenini yüzey ıslanması ile açıklamışlar, ancak haşlama ve kurutmayı tek

bir ön işlem olarak uyguladıklarında 120, 150 ve 180 °C'lik kızartma sıcaklıklarında kontrolden daha düşük bir yağ içeriği elde etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, ön işlem olarak 70 °C'de 10 dakika haşlama işlemine tabi tutulmuş tatlı patates dilimleri 170 °C'de 0.5 ile 5 dakika süreyle derin yağda kızartılmıştır. Araştırma sonunda haşlanmış tatlı patateslerin kontrole kıyasla daha düşük gözenekliliğe ve hacimsel değişime sahip olduğu ve haşlama işleminin tatlı patateslerin başlangıç sertliğinde %50 azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar bu durumu, hücre duvarı pektininin çözünmesi, depolimerizasyonu ve bozulması ile açıklamışlardır (Taiwo ve Baik, 2007).

2.4.1.3. Kaplama

Kaplama, gıda maddelerinin yenilebilir bileşen içeren çözeltiler ile kaplanması işlemi olup, bu yöntem gıda endüstrisinde kızartılmış gıdaların yağ ve nem içeriğini azaltmak için kullanılmaktadır (Oladejo vd., 2018).

Derin yağda kızartılmış gıdaların yağ içeriğini azaltmak için bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinlerin kullanıldığı bir çalışmada, protein bazlı yenilebilir kaplamaların derin yağda kızartılmış gıdaların yağ emilimini hidrokolloidlerden daha fazla azalttığı tespit edilmiş ancak soya, peynir altı suyu, yumurta akı ve buğday proteini gibi bazı kaynakların alerjenlik sorunları nedeniyle geniş kapsamlı kullanımlarının kısıtlandığı bildirilmiştir (Ananey-Obiri vd., 2020).

Genel olarak hidrokolloidler, gıda maddelerinin viskozite, su tutma kapasitesi ve emülsifikasyon gibi fonksiyonel özelliklerini kontrol etmek ve geliştirmek için kullanılmaktadır. Bununla birlikte bazı hidrokolloidler, özellikle polisakaritler, derin yağda kızartma sırasında yağ emilimini azaltmak amacıyla yenilebilir kaplama olarak uygulanabilirler (Martelli vd., 2008).

Lalam vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, tavuk kanadı örnekleri metilselüloz ile kaplama uygulamasından sonra 175 ve 190 °C'deki kızgın yağda 30, 60, 120 ve 240 saniye süreyle kızartılmışlardır. Çalışma sonunda, metilselüloz kaplı tavuk kanatlarının kontrole kıyasla daha düşük yağ içeriği sergilediği ancak nem kaybının kaplanmış örneklerde daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Bir başka çalışmada, balık nugetleri %1 karboksil metil selüloz (CMC) ve %1 hidroksipropil metilselüloz (HPMC) içeren kaplama çözeltileri ile kaplandıktan sonra derin yağda kızartılmıştır. Çalışma sonunda, %1 CMC ve %1 HPMC'li nugetlerin geleneksel derin yağlı fritöz ve mikrodalga fritözde kızartıldığında, kontrole kıyasla daha yüksek nem ve daha düşük yağ içerdiği belirlenmiş ve bu durumun CMC ve HPMC'nin jel yapısından kaynaklandığı rapor edilmiştir (Chen vd., 2009).

2.4.1.4. Ozmotik Dehidrasyon

Ozmotik dehidrasyon, gıda maddesinden suyun uzaklaştırılmasını ve gıdayı çevreleyen ozmotik çözeltiden çözünen maddelerin alınmasını ifade etmektedir. Kullanım kolaylığı, besin maddelerinin ve yapının korunması nedeniyle tarım ürünlerinden suyun kısmen uzaklaştırılması için gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ozmotik dehidrasyon, yağ alımını azaltma ve kızarmış gıdaların kalite özelliklerini iyileştirme amacıyla da kullanılmaktadır (Oladejo vd., 2018).

Krokida vd. (2001) parmak patatesleri 170 °C'de farklı sürelerde (0.3, 0.6, 1, 3, 5, 7, 10, 13 ve 15 dakika) kızartmadan önce dört farklı ozmotik çözeltide (sakkaroz, NaCl, maltodekstrin 12 ve maltodekstrin 21) ön işleme tabi tutmuşlardır. Sakkaroz çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan örneklerin en düşük nem ve yağ içeriğine sahip olduğunu ve bunu sırasıyla NaCl, maltodekstrin 21 ve maltodekstrin 12 çözeltilerinin takip ettiğini bildirmişlerdir.

Patates dilimlerini %3'lük NaCl solüsyonunda 50 dakika süreyle beklettikten sonra 180 °C'de 6 dakika kızartan Bunger vd. (2003), NaCl ile muamele edilmiş parmak patateslerin yağ içeriğinde, kontrol ile karşılaştırıldığında %22.2'lik bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda NaCl ile muamele edilmiş örneklerin sertliğinin arttığını ve renginin korunduğunu belirlemişlerdir.

2.4.1.5. Dondurma Teknikleri

Dondurma teknikleri, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan gıdaların dondurarak kurutulmasını ve dondurulmasını içermektedir. Her iki yöntem de gıdaların başlangıçtaki nem içeriğini azaltmayı amaçlamaktadır. Donma, gıdaların yapısındaki suyun düşük sıcaklıklarda buz kristallerine dönüştürülmesi olup, kristallerin boyutu donma hızına bağlıdır (yavaş veya hızlı dondurma) (Nowak vd.,

2016). Dondurarak kurutma ise gıda maddesindeki suyun düşük basınç ve sıcaklıkta süblimasyon yoluyla uzaklaştırılmasıdır (Jiang vd., 2011).

Dondurma tekniklerinin kızartılmış gıdaların kalitesini artırmak için kızartma öncesi ön işlem olarak kullanılabilirliği bazı çalışmalarda incelenmiştir. Dondurulmuş atıştırmalıkların kızartılması, endüstriyel kızartma sırasında normalde oluşan köpük ve duman sorununun giderilmesine yardımcı olmaktadır (Maity vd., 2012). Gamble ve Rice (2007), dondurarak kurutulduktan sonra 165 °C'de kızartılan patates cipslerinin işlem görmemiş cipslere göre daha fazla yağ emdiğini belirlemişlerdir. Bu gözlem Kawas ve Moreira (2001) tarafından, kızartılmış dondurularak kurutulmuş tortilla cipslerinin kontrole kıyasla daha yüksek yağ içeriğine, daha yumuşak dokuya ve daha düşük gözenekliliğe sahip olduğu sonucuyla da doğrulanmıştır. Gıda maddelerinin kızartmadan önce dondurarak kurutma ile ön işleme tabi tutulması, nişastanın düşük jelatinleşmesi ile sonuçlanmakta ve bu da yapı içinde yer alan birkaç küçük gözenek nedeniyle kızartma sırasında yağın absorpsiyonunu daha az inhibe etmektedir.

2.4.2. Yenilikçi Yöntemler

2.4.2.1. Kızgın Buharla Kurutma

Kızgın buharla kurutma, tarım ürünlerinin kurutulması için gıda endüstrisinde son zamanlarda uygulanan yeni bir teknolojidir. Hem gıda ürünlerini ısıtarak hem de buharlaşan suyu üründen uzaklaştırarak kurutma ortamı olarak kullanılmaktadır. Nihai nem içeriği, basınç, buhar sıcaklığı ve akış değiştirilerek ayarlanabilmektedir (Oladejo vd., 2018). Van Loon vd. (2005), kızartmadan önce bir ön işlem olarak kızgın buharla kurutma işleminin kullanılma olasılığını araştırmışlardır. Kızgın buharla kurutma ile havayla kurutmaya göre tatmin edici bir ürün kalitesi elde edildiğini belirtmişlerdir.

Zielinska vd. (2015), kızartmadan önce kızgın buharla kurutmanın patates cipslerinin kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kızgın buharla kurutma ile ön işleme tabi tutulan patates cipslerinin yağ içeriğinde %15-27 düzeyinde azalma olduğunu ve ön işlem uygulanmayanlara göre daha açık renkli, kırmızı ve sarımsı olduklarını bildirmişlerdir. Benzer bir çalışma, Primo-Martín ve Van Deventer (2011) tarafından yapılmış ve çalışmada, çerez hamuru kızgın buharda kurutulduktan sonra 180 °C'de 3 dakika süreyle kızartılmıştır. Kızartma sonrasında kızgın buharla kurutma ön işlemi kullanımının daha düşük toplam yağ içeriğine yol açtığı ve bu durumun,

kabuk yüzeyinin nişasta jelatinizasyonunun bir sonucu olarak çok pürüzlü olmasından ve kabuğun yüzeyinde yağ geçirgenliğini azaltan amiloz filminin varlığından kaynaklandığı bildirilmiştir.

2.4.2.2. Kızılötesi (İnfrared) Teknolojisi

Kızılötesi, doğal gaz veya propen ile çalışan katalitik kızılötesi yayıcıda yerleşik bir katalizör pedi ile katalitik reaksiyon yoluyla üretilen termal bir radyan enerjidir. Kızılötesi teknolojileri, gıda endüstrisinde tarım ürünlerinin kurutulması, soyulması, mikroorganizmaların inaktivasyonu ve kavrulması için kullanılmaktadır. Bu uygulamalar yanında son yıllarda kızartılmış gıdaların kalitesini artırmak için kızartma öncesi ön işlem olarak kızılötesi kullanımının uygunluğu bazı araştırmacılar tarafından çalışılmaktadır (Oladejo vd., 2018).

Bingol vd. (2012), patates dilimlerini ön işleme tabi tutmak için 11.080 W/m² kızılötesi yoğunluğu olan bir pilot katalitik kızılötesi cihaz kullanmışlardır. Ön işlem sırasında, patates dilimleri 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 saniyelik zaman dilimlerinde alttan ve üstten ısıtılmış ve 146, 160 ve 174 °C'lerde 1, 3, 5 ve 7 dakika süreyle kızartılmıştır. 146, 160 ve 174 °C'lik kızartma sıcaklıklarında kızılötesi uygulanmış örneklerin, kontrol örneklerine kıyasla sırasıyla %37.5, %32 ve %30 daha az yağ içerdiği bildirilmiş ve bu durumun patates iç kısmında nişasta jelatinizasyonu ve yüzeyde yağ alımını engelleyen kabuk oluşumundan kaynaklandığı ve ayrıca yağın yayılma hızını azaltan elastik beyazımsı bir kabuk oluşumunun da bunda etken olduğu rapor edilmiştir.

Bir başka çalışmada Bingol vd. (2014), kızılötesi haşlama ve suda haşlama ön işleminin patates kızartmasının ürün kalitesi üzerindeki etkisini karşılaştırmıştır. Kızılötesi ön işleme tabi tutulmuş parmak patateslerin, suda haşlama işlemine göre daha az nem ve yağ içerdiğini bildirmişlerdir.

2.4.2.3. Mikrodalga Teknolojisi

Gıdaların işlenmesinde mikrodalga teknolojisinin uygulanması, kızartılmış gıdaların kalitesini artırmak için gıdaların kızartmadan önce ön işleme tabi tutulmasının yeni yollarından biridir. Mikrodalga teknolojisi, gıdalar tarafından enerjinin emilmesini içerir, bu da iç ısı üretimine ve ardından gıda içinde nem kaybında

artıŖa neden olan basınç gradyanının geliŖmesine yol aar (Barutcu vd., 2009). Endüstride ve laboratuvarda gıdaların kızartılmasında mikrodalga teknolojisinin uygulanması iki ana yolla yapılabilmektedir. İlki kızartma iŖlemi doğrudan mikrodalga cihazının içinde gerçekteŖir ve burada kızartma için ısı kaynağı mikrodalga tarafından üretilir veya ikincisi gıda malzemesi derin yağda kızartmadan önce bir süre mikrodalgada piŖirilir (Oladejo vd., 2018).

Chen vd. (2009), mikrodalgada kızartmanın kızartma süresini kısalttığını ve kızartma iŖlemini iyileŖtirdiđini belirtmiŖlerdir. Yakın zamanda yapılan alıŖmada Su vd. (2016), yağ içeriğini azaltmak ve patates cipsinin kalitesini iyileŖtirmek amacıyla mikrodalga destekli vakumlu kızartma (MVF) uygulamasını araŖtırmıŖlardır. 12, 16 ve 20 W/g mikrodalga güç yoğunluğuunda, 100, 110 ve 120 °C kızartma sıcaklığuında ve 0,065, 0,075 ve 0,085 MPa vakum derecesinde MVF'de kızartılan patates cipslerinin, vakumlu kızartmaya kıyasla daha hızlı nem buharlaŖması, daha gevrek yapı, daha az renk deđiŖimi, korunmuŖ hücre bütünlüğu ve daha düŖük yağ içeriği gösterdiğini belirlemiŖlerdir.

Adedeji vd. (2009), mikrodalgada önceden piŖirilmıŖ ve derin yağda kızartılmıŖ tavuk kanadında kütle transferinin kinetiğini araŖtırmıŖlar ve en yüksek yağ azalmasının 6.7 W/g'da piŖirilmıŖ ve 170 °C'de kızartılmıŖ tavuk kanadında gözlemlendiğini rapor etmiŖlerdir.

Ngadi vd. (2009), mikrodalga ön iŖleminin tavuk nugetlerinin derin yağda kızartılması sırasında kütle aktarımı üzerindeki etkisini alıŖmıŖlardır. KaplanmıŖ tavuk kanatları 1-2 dakika mikrodalgada ön iŖleme tabi tutulmuŖ ve daha sonra 160 °C'de 0 ila 300 saniye arasında kızartılmıŖtır. Mikrodalga ile 1 ve 2 dakika ön iŖleme tabi tutulan tavuk kanatlarında yağ içeriğinin, 300 saniye süreyle kızartmadan sonra kontrole kıyasla sırasıyla %26.22 ve %33.51 düzeyinde azalma sergilediği saptanmıŖtır.

2.4.2.4. Darbeli Elektrik Alan

Darbeli elektrik alanı (PEF), elektrotlar arasına yerleŖtirilmıŖ bir örneğe kısa bir süre (mikrosaniye ila milisaniye) için yüksek voltajlı elektrik alanının uygulanmasıdır. Gıda endüstrisinde mikroorganizmaların kurutulması, dondurulması, inaktive edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda PEF, kızartılmıŖ gıdaların

kalitesini artırmak için kızartma öncesi bir ön işlem olarak da kullanılmaktadır (Oladejo vd., 2018).

Darbeli elektrik alan hücre duvarı geçirgenliğini, dokuların yumuşamasını ve gözenek oluşumunu sağlamaktadır (Ngadi vd., 2003). Kızartma öncesi PEF ön işleminin patates kızartmasının kalitesi üzerindeki etkisi Ignat vd. (2015) tarafından araştırılmıştır. Patates küpleri, 9000 darbe için 0.75 kV/cm elektrik alanında veya 810 darbe için 2.50 kV/cm elektrik alanında PEF uygulamalarına tabi tutulmuştur. PEF ile ön işleme tabi tutulan kızartılmış patates küplerinin, kontrole kıyasla daha düşük yağ içeriği sergilediği bildirilmiştir.

Bütün haldeki tatlı patates yumruları, 0.3 ila 1.2 kV/cm arasında değişen PEF işlemlerine tabi tutulmuştur. 1.2 kV/cm'de ön işleme tabi tutulmuş ve 190 °C'de kızartılmış örneklerin, işlem görmemiş numunelere kıyasla %18 daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir. Bulgularının gıda endüstrisinde katı gıda maddelerinin kızartma öncesi PEF işleme parametrelerini tasarlanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir (Liu vd., 2017).

2.4.2.5. Ultrases Teknolojisi

Ultrases; kolaylık, düşük maliyet, hızlı işlem süresi, minimum malzeme kullanımı ve işlenmiş gıdaların besin içeriğinin korunması gibi sayısız avantajı nedeniyle işleme, koruma ve gıda güvenliğinin çeşitli alanlarında kullanılan gelişmekte olan bir teknolojidir (Oladejo vd., 2018). Ultrases, 20 kHz ve üzeri ses dalgalarından oluşmakta ve gıdaların işlenmesi sırasında dehidrasyon, karıştırma, kesme, hidroliz, ekstraksiyon ve emülsifikasyon gibi mekanik, fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana getiren kavitasyonlar üretmektedir (Awad vd., 2012).

Gıda endüstrisinde gıda işleme, analiz ve kalite kontrolünde yararlanılan ultrason uygulamaları, kullanılan ses gücüne, ses yoğunluğuna veya ses enerjisi yoğunluğuna bağlı olarak düşük düşük ve yüksek enerjiye ayrılmaktadır. Düşük enerjili (düşük güç, düşük yoğunluklu) ultrases, 1 W/cm²'nin altındaki yoğunluklarda 100 kHz'den daha yüksek frekanslara sahiptir ve işleme ve depolama sırasında çeşitli gıda malzemelerinin invazif olmayan analizi, izlenmesi, kalite ve güvenliğinin sağlanması için kullanılmaktadır. Yüksek enerjili (yüksek güçlü, yüksek yoğunluklu) ultrasesde, 20 ila 500 kHz frekans aralığında 1 W/cm²'den daha yüksek yoğunluklar

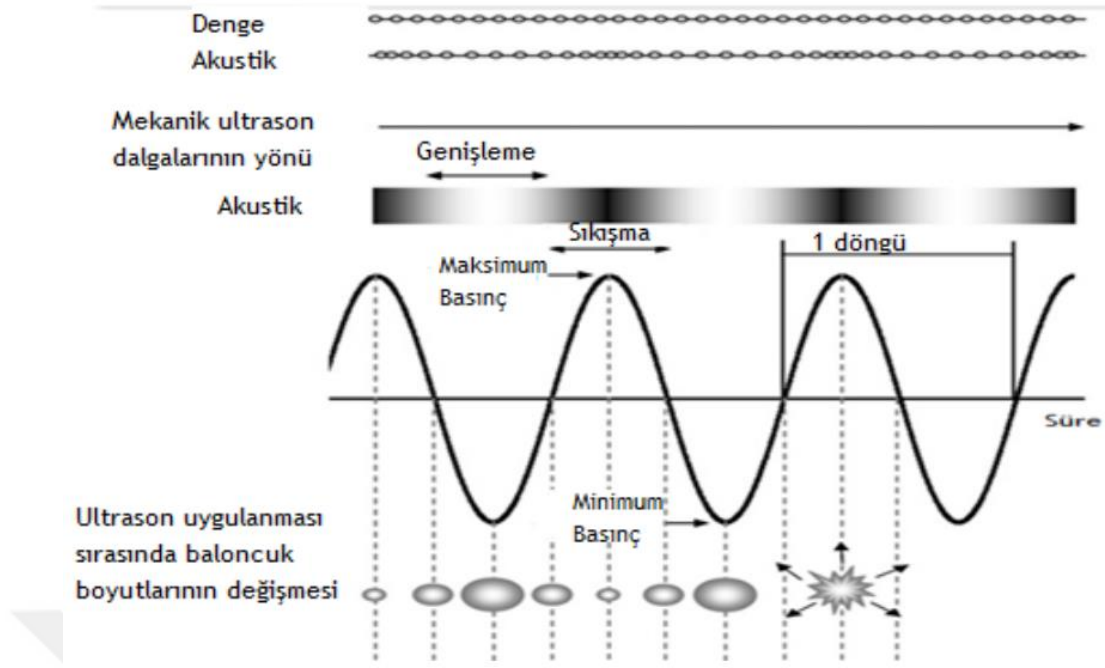
kullanılır. Bu uygulamalar yıkıcıdır ve gıdaların fiziksel, mekanik veya kimyasal/biyokimyasal özelliklerinde değişikliklere neden olurlar (Awad vd., 2012).

Yüksek güçlü ultrasonik dalga uygulamaları, gıda ürünlerinde kalıcı değişiklikler üretmek için ultrasonik enerjinin kullanıldığı uygulamalardır. Gıda endüstrilerinde yüksek güçlü ultrases kullanımı, ultrasonik dalga uygulamasının birçok önemli avantajı bünyesinde barındıracağı umut verici bir alandır. Örneğin, güç ultrasonu, dehidrasyon süreçlerinde ısı ve kütle transferi olaylarını iyileştirmektedir. Ultrasonik dalgalar, bir süngerin tekrar tekrar sıkılıp serbest bırakılmasına benzer şekilde, hızlı bir dizi alternatif sıkıştırma ve genişlemeye neden olabilmektedir (sünger etkisi). Bu mekanizmaya dahil olan kuvvetler, nemin uzaklaştırılmasını kolaylaştırabilecek mikroskobik kanallar oluşturabilir. Ek olarak, ultrases, güçlü bir şekilde bağlı nemin çıkarılmasına yardımcı olabilecek kavitasyon üretmektedir. Ultrases uygulamasının neden olduğu sünger etkisi, meyveler gibi gözenekli gıdalarda mikroskobik kanalların oluşmasından sorumludur (Dehghannya vd., 2016).

2.4.2.5.1. Ultrasesin Etki Mekanizması

Ultrasonik dalgalar, diğer ses dalgaları gibi, herhangi bir fiziksel ortamdan geçerken içinden geçtikleri ortamda sıkışma ve genleşme serilerine neden olurlar. Sıvı fazdaki dolaşımları sırasında dalgaların genliği belli bir seviyeyi aştığında ortamda mikrometre çapında baloncuklar oluştururlar. Bu baloncuklar belli bir seviyeye kadar ortamdan enerji absorplarlar ve enerji absorplayamayacakları düzeye geldiklerinde ise patlayarak içe doğru çökerler. Bu olaya kavitasyon adı verilmektedir. Gaz kabarcıklarının enerji absorplamaları, sıvı içerisinde sürekli büyüyen gaz baloncuklarının oluşumuyla sonuçlanır. Yaklaşık 400 μ s içerisinde gerçekleşen bu olay ultrasesin oluşum mekanizmasını anlamak için en önemli olgu olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.4) (Tao ve Sun, 2015).

Patlayarak içe çökme sırasında baloncukların sıcaklığının 5000 °K, basıncının ise 1000 atm olabileceği tahmin edilmektedir. Baloncukların boyutu toplam sıvı hacmiyle karşılaştırıldığında çok küçüktür. Bu yüzden baloncukların ürettiği ısı çevresel koşullarda fark edilmeyecek şekilde hızlıca dağılır (Chemat vd., 2011).



Şekil 2.4. Kaviteasyon oluşumu, gelişimi ve patlama süreci (Soria and Villamiel, 2010).

Kaviteasyon; geçici kaviteasyon ve kararlı kaviteasyon olmak üzere ikiye ayrılır. Kararlı kaviteasyonda baloncuklar, patlayarak içe çökmek için yeterli seviyeye ulaşamadıklarından her ultrases döngüsünde oluşurlar ve herhangi bir çöküş olmadan oluşumuna devam ederler. Bu baloncuklar düşük akustik basınçlarda meydana gelir. Yüksek akustik basınçta ise baloncuklar hızlı bir şekilde büyürler ve belli bir ölçüye geldiklerinde patlayarak içe doğru çökme gerçekleşir. Bu olay geçici kaviteasyon olarak adlandırılır. Bu baloncukların anlık olarak patlayarak içe doğru çökmesi, yüksek sıcaklık (yaklaşık 5000 °K'e kadar) ve yüksek basınç (yaklaşık 100 MP=1000 atm'e kadar) oluşumuna neden olmaktadır (Tao ve Sun, 2015).

2.5.2.5.2. Ultrases Teknolojisinin Kızartılmış Gıdalarda Uygulanması

Ultrases uygulamalarının çeşitli gıda ürünlerinin işlenmesinde etkili olduğu birçok çalışmada gözlemlenmiştir. Örneğin, yenilikçi bir teknoloji olarak, et endüstrisinde kütleme işlemini hızlandırmak, proteinlerin reolojik ve yapısal özelliklerini iyileştirmek, kırmızı etin tekstürel özelliklerini düzeltmek ve su tutma kapasitesini artırmak için ultrases tekniği uygulanmıştır (Kang vd., 2016, 2017; Wang vd, 2017). Bununla birlikte, derin yağda kızartılmış gıdalarda yağ emilimini azaltmak veya ürünün kalitesini iyileştirmek amacıyla ultrason teknolojisinin potansiyel uygulamalarına ilişkin literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu

Çalışmaların bir kısmı, doğrudan ultrases tekniğine odaklanmış iken, bir kısmı da diğer teknolojilerle kombine edilmiş ultrases tekniğine odaklanmıştır.

Zhang vd. (2021a), patates cipslerinin kalitesi ve yağ emilimi üzerine ultrases n işleminin etkisini inceledikleri çalışmada, patateslere kızartma öncesi ön işlem olarak 30, 60 ve 90 dakikalık sürelerde 120, 240, 360, 480 ve 600 W yoğunlukta ultrases uygulamışlardır. Araştırıcılar, 360 W yoğunlukta 60 dakika süre ile uygulanan ultrases n işleminin patates cipslerine nüfuz eden yüzey yağ içeriğini önemli ölçüde azalttığı, toplam yağ içeriğinde %27.66'lık bir azalmaya neden olduğu ve ultrases tarafından indüklenen hücre canlılığındaki değişikliklerin yağ dağılımında makro düzeyde değişikliklerle sonuçlandığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca, daha yüksek ultrases yoğunluğunun patates cipslerinin kenar kısmında daha fazla hücreyi yok ettiği, bunun da patates cipsinin kenar kısmında daha fazla yağ emilimi ile sonuçlandığı ve bozulan hücre yapısının mikro düzeyde yağ dağılımını değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Karizaki vd. (2013)'e göre, ultrasonikasyonun kızartma sırasında yağ alımını azaltmada etkili olup olmayacağı kesin değildir, çünkü ultrases, yapı içinde yağ emilimini artıracılabilecek mikrokanallar oluşturmaktadır. Buradan hareketle araştırıcılar, ultrases destekli ozmotik dehidrasyon n işleminin derin yağda kızartılmış patateslerin kalitesi üzerindeki etkisini incelemişler ve ürünün nem içeriği, yağ alımı, rengi, dokusu ve mikro yapısı gibi bazı kalite parametrelerini test etmişlerdir. Çalışmada, patates dilimlerine kızartma öncesi %15 sodyum klorür ve %50 sakaroz çözeltisi içinde 30 dakika süreyle 20 kHz frekansda ultrases uygulamışlar ve 170 C'de 2, 4 ve 6 dakika süreyle kızartmışlardır. Araştırıcılar, ultrases destekli ozmotik dehidrasyon ile ön işleme tabi tutulan patates dilimlerinin kontrole kıyasla yağ emiliminde %12.5 düzeyinde bir azalma gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, n işleme tabi tutulmuş örneklerin, kontrole kıyasla daha iyi renk ve yapı niteliklerine sahip olduğunu, ancak hücre yapısının daha fazla hasar gördüğünü gözlemlemişlerdir.

Başka bir çalışmada Dehghannya vd. (2016), ultrases destekli havayla kurutma n işleminin kızarmış patates dilimlerinin yağ içeriği üzerindeki etkilerini incelediler. n işlemleri, 28 ve 40 kHz frekanslı bir ultrases su banyosu kullanarak ve 150, 170 ve 190 C'lerde kızartmadan önce 80 C'de 8 ve 15 dakika kurutma n işlemleri ile kombinasyon halinde gerçekleştirdiler. Araştırıcılar, n işleme tabi tutulmuş

örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha düşük bir yağ içeriğine sahip olduğunu gözlemlerler.

Oladejo vd. (2017a), tarafından yapılan çalışmada, tatlı patatesin derin yağda kızartma sırasında nem içeriğini ve yağ alımını azaltmak için ultrases destekli ön işlemlerin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Kızartmadan önce patates örnekleri ultrasesli, ultrasessiz ozmotik dehidrasyon ve ultrases destekli ozmotik dehidrasyonlu suda 300 W güçte ve 30 dakika süre ile 28 kHz frekansa sahip ultrases probu ile proses edilmiş ve Ayçiçek yağı kullanılarak 130, 150 ve 170 °C sıcaklıkta 2, 4, 6, 8 ve 10 dakika kızartılmıştır. En düşük nem içeriği, ultrases destekli ozmotik dehidrasyon ve ultrasessiz ozmotik dehidrasyonda ön işleme tabi tutulmuş örneklerde bulunurken, en düşük yağ emilimi, %65.11 ile 150 °C ve %71.47 ile 170 °C'de ultrasesle ön işlem görmüş örneklerde tespit edilmiştir.

Konvektif havada kurutma ve ultrasesle kombine konvektif havada kurutma ön işlemlerinin patates cipslerinin özellikleri ve yağ absorpsiyonu üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, hem konvektif havada kurutma ile ön işleme tabi tutulmuş hem de ultrasesle kombine konvektif havada kurutma ile ön işleme tabi tutulmuş örneklerin yağ içeriğinde azalma saptanmıştır. Ultrasesle ön işleme tabi tutulmuş cipslerde daha fazla çatlak ve gözenek gözlemlenmiştir. Kurutma işleminden sonra patates cipslerinin hücre yapısında bozulma ve düzensiz hücre deformasyonu daha az görülmüştür. Konvektif havada kurutma ve ultrasesle kombine konvektif havada kurutma ön işlemleri uygulanmış patates cipslerinin sertliği, kurutma süresinin uzamasıyla artmıştır (Zhang ve Fan, 2021).

Su vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, ultrasonik mikrodalga destekli vakumlu kızartmanın (USMVK), mikrodalga destekli vakumlu kızartmaya (MVK) kıyasla daha düşük kızartma sıcaklığı sağladığı, dehidrasyon sürecini belirgin şekilde hızlandırdığı ve kuruma süresini kısalttığı bulunmuştur. Düşük kızartma sıcaklığı koşullarında, MVK'de ultrases uygulaması ile kızarmış patates cipslerinin yağ alımı azaltılmıştır. Kızarmış patates cipslerinin tekstürel özellikleri (gevreklik) ve rengi büyük ölçüde iyileştirilmiştir. USMVK uygulamasında, MVK uygulamasına göre daha az enerji tüketilmiştir. USMVK uygulaması daha düşük kızartma sıcaklığında yapıldığından ultrasesin, nem buharlaşma hızı ve ürün kalitesi üzerindeki katkısı daha büyük olmuştur. USMVK örnekleri daha gözenekli bir mikro yapı ortaya çıkarmış ve

ultrasesin etkilerini açıklamaya yardımcı olmuştur. Bu durum ultrasonik mikrodalga destekli vakumlu kızartma tekniğinin, yüksek kaliteli kızarmış yiyecekler ve üretim verimliliği elde etmek için düşük kızartma sıcaklığı ile kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Qiu vd. (2018), ultrases ile ön işleme tabi tutulmuş ve mikrodalga destekli vakumlu kızartma (MVK) ile kızartılmış tatlı patates cipslerinin kalitesini araştırmışlardır. Çalışmada, taze tatlı patates dilimleri (1) 150, 300 ve 450 W ultrason gücünde 20 dakika süreyle ve (2) 300 W ultrason gücünde 10, 20 ve 30 dakika süreyle ön işleme tabi tutulmuştur: Ön işleme tabi tutulan örnekler daha sonra MVK ile kızartılmıştır. Kızartılmış tatlı patates cipslerinin nem içeriğinin ve yağ emiliminin, ultrases ön işlem gücünün artması ve işlem süresinin uzamasıyla azaldığı bulunmuştur. Daha yüksek ultrases gücü ve daha uzun işlem süresi, kızarmış tatlı patates cipslerinin daha gevrek bir tekstür kazanması ile sonuçlanmış fakat, yüksek ultrases gücü ve uzun işlem süresi, kızarmış örneklerin rengi ve hücre bütünlüğü üzerinde olumsuz etkileri olmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyaller

Çalışmada materyal olarak tavuk göğüs eti (Şenpiliç, Sakarya), buğday unu (Misun Un, Amasya), galeta unu (Bahartat Baharat, Samsun), yumurta (Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun), tuz (Billur Tuz, İzmir) ve sıvı yağ (Karadenizbirlik Ayçiçek Yağı, Amasya) kullanılmış ve tüm materyaller Samsun piyasasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntemler

3.2.1. Ultrases Ön İşlem Uygulaması

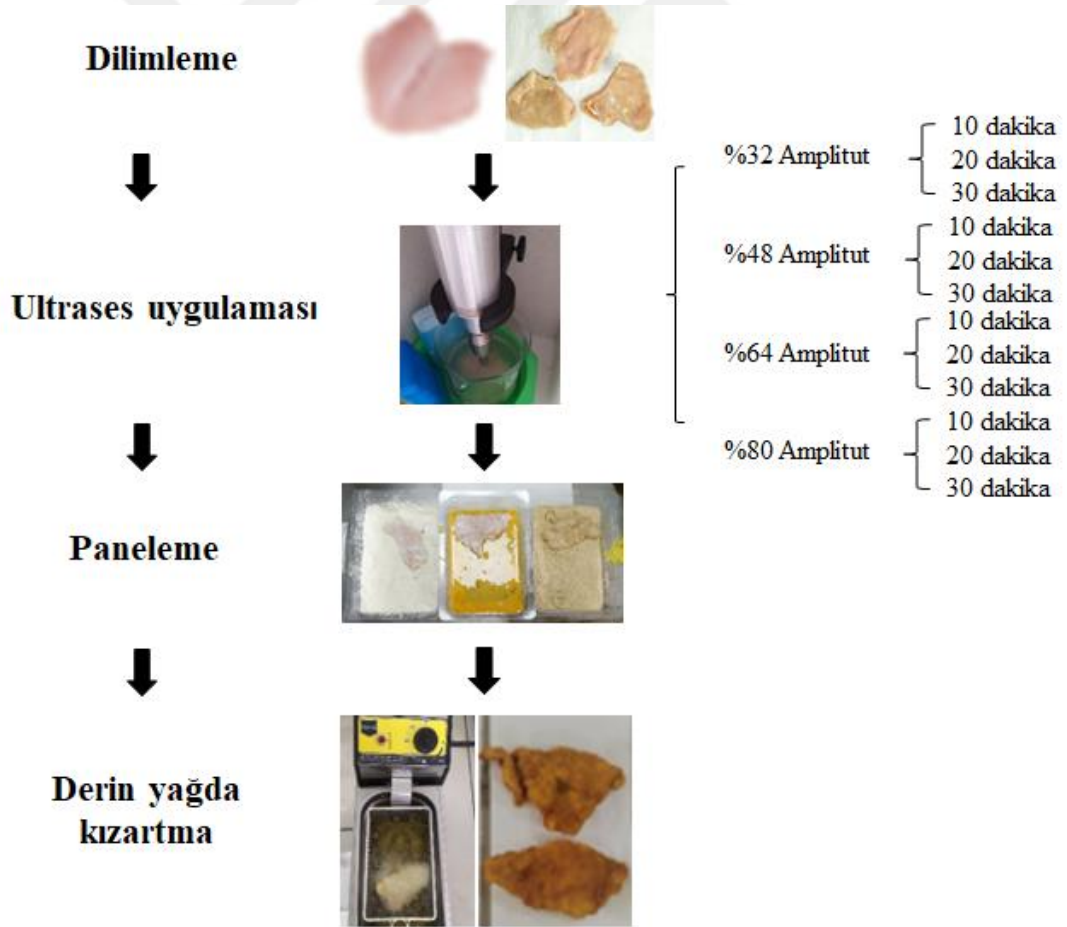
Tavuk göğüs etleri ultrases ön işlem uygulamasından önce yaklaşık 6.0 x 10.0 cm boyutlarında ve 1.0 cm kalınlığında olacak şekilde kesilmiş ve 800 mL hacmindeki behere 3 adet şinitzel dilimi alınarak üzerine 450 mL su ilave edilmiştir. Sonikasyon cihazının (VCX 750, Sonics & Materials, Inc., ABD) 1.3 cm çapındaki titanyum probu akustik kavitasyon için yaklaşık 2.5 cm derinliğe daldırılmış ve tavuk dilimleri Tablo 3.1’de verilen deneme planı üzerinden ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuştur. Denemede ön işlem olarak ultrases uygulanmayan kontrol grubuna da yer verilmiştir. Ultrases ön işlem uygulaması sırasında beherin dış kısmına buz konularak sıcaklığın 25 °C’yi geçmesi önlenmiştir.

Tablo 3.1. Ultrases ön işlem uygulamasına ait deneme planı

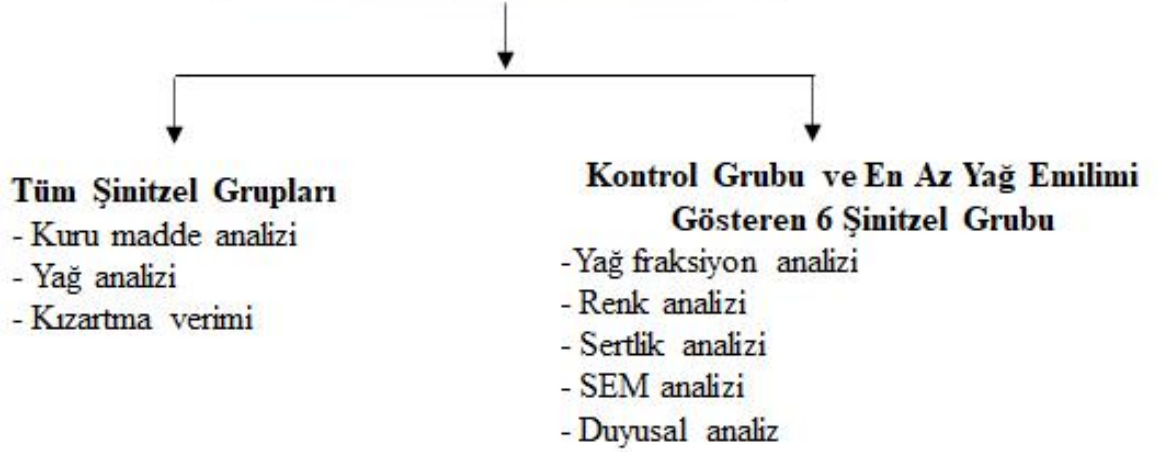
Gruplar	Amplitut (%)	Süre (dakika)
Kontrol	-	-
32/10	32	10
32/20	32	20
32/30	32	30
48/10	48	10
48/20	48	20
48/30	48	30
64/10	64	10
64/20	64	20
64/30	64	30
80/10	80	10
80/20	80	20
80/30	80	30

3.2.2. Tavuk Şinitzellerin Üretimi

Tavuk şinitzellerin üretimi Şekil 3.1’de gösterilen işlem aşamaları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Buna göre, ultrases ön işlem uygulamasından sonra her bir şinitzel dilimi kağıt havlu ile kurutulmuş ve üzerine %1.5 oranında tuz ilave edilerek iyice ovulmuştur. Tuz ile ovulan şinitzel dilimleri buğday ununa bulanmış ve çıkarıldıktan sonra yumurta karışımına (sarı + beyaz) daldırılmıştır. Dilimler son olarak galeta ununa bulanıp tüm yüzeyleri galeta unu ile kaplanmış ve pane haline getirilmiştir. Pane haline getirilen tüm gruplara ait şinitzel dilimleri 3 L hacmindeki Remta R90 (İstanbul) marka fritözde 180 °C’deki ayçiçek yağında 5 dakika süreyle kızartılmıştır. Kızartılan tavuk şinitzel dilimleri kâğıt havlu üzerine alınarak yüzeylerindeki fazla yağları uzaklaştırılmış ve daha sonra kuru madde ve yağ miktarı ile diğer bazı kalite özellikleri yönünden analize tabi tutulmuştur (Şekil 3.2). Üretim 3 tekrarlı olarak yapılmış ve analizler paralel olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Tavuk şinitzel üretim işlem aşamaları



Şekil 3.2. Tavuk şinitzel gruplarında yapılan analizler

3.2.3. Analiz Yöntemleri

3.2.3.1. Kuru Madde Analizi

Tavuk şinitzellerin kuru madde içeriği, yaklaşık 5 g örneğin 105 °C'deki etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulması sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.2.3.2. Yağ Analizi

Tavuk şinitzel örneklerinin yağ miktarının belirlenmesinde Soxhlet ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır (AOAC, 2000). Bu amaçla yaklaşık 5 g homojenize tavuk şinitzel örneği bir kartuşa tartılıp Soxlet ekstraksiyon düzeneğine yerleştirilmiş ve dietil eter yardımıyla yaklaşık 6 saat süreyle ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Elde edilen ekstrakt 60 °C'deki su banyosunda birkaç dakika bekletilerek eteri uzaklaştırılmış ve 100-102 °C'deki etüvde kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra tartılarak aşağıdaki eşitlikler yardımıyla toplam yağ miktarı ve yağ emme değerleri % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam yağ (\%)} = \frac{\text{Ekstrakte edilmiş yağ ağırlığı,g}}{\text{Örnek ağırlığı,g}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Yağ emme (\%)} = \frac{\text{Kızartma sonrası yağ ağırlığı,g} - \text{Kızartma öncesi yağ ağırlığı,g}}{\text{Kızartma öncesi yağ ağırlığı,g}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.3.3. Kızartma Verimi

Şinitzel örneklerinin kızartma verimi, kızartma öncesi ve 180 °C'deki ayçiçek yağında kızartma sonrasında meydana gelen ağırlık kaybından aşağıdaki eşitlik yardımıyla % olarak hesaplanmıştır (Ananey-Obiri vd., 2020).

$$\text{Kızartma verimi (\%)} = \frac{\text{Kızartma sonrası örnek ağırlığı,g}}{\text{Kızartma öncesi örnek ağırlığı,g}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.3.4. Yağ Fraksiyon Analizi

Tavuk şinitzel örneklerinde yağ fraksiyonu olarak yüzey yağı (YÜY, soğutma sırasında yüzeyde kalan yağ) miktarı belirlenmiştir. Bu amaçla, şinitzel örnekleri 2.5 L hacminde ve 180 °C'deki ayçiçek yağında 5 dakika süreyle kızartılmış ve fritözden çıkarılarak 20 °C'de 20 dakika soğutulmuştur. Soğutulan örnekler, içerisinde 150 mL petrol eter bulunan behere 1 saniye süreyle daldırılmış ve beherdeki eter buharlaştırıldıktan sonra beher 105 °C'deki etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kurutma öncesi ve sonrası beher ağırlıkları arasındaki farktan YÜY miktarı % olarak hesaplanmıştır (Bouchon vd., 2003; Zhang vd., 2021a,b). Şinitzel örneklerindeki penetre yüzey yağı (PYY, ürün kızartma yağından çıkarıldıktan sonra soğutma sırasında emilen yüzey yağı) ve yapısal yağ (YAY, kızartma sırasında şinitzelin mikro yapısına nüfuz eden yağ) miktarlarının toplamı ise toplam yağ miktarından YÜY miktarı çıkarılarak % olarak hesaplanmıştır. Yağ fraksiyonlarının miktarı kuru ağırlık üzerinden verilmiştir.

3.2.3.5. Renk Analizi

Tavuk şinitzel örneklerinin yüzey renk değerleri, CIE renk koordinat sistemine göre Minolta Chrometer (CR-300, Japonya) cihazı kullanılarak 3 farklı noktada belirlenmiştir. Bu amaçla örneklerin parlaklık (L^* , 0 = siyah; 100 = beyaz), kırmızılık (a^* , -a = yeşil (-80); +a = kırmızı (+100); 0 = gri) ve sarılık (b^* , -b = mavi (-80); +b = sarı (+70); 0 = gri) değerleri ölçülmüş ve bu değerlerden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla renk farkı (ΔE^*) değerleri de hesaplanmıştır (Zhang vd., 2021a).

$$\Delta E^* = [(L^*-L_0^*)^2 + (a^*-a_0^*)^2 + (b^*-b_0^*)^2]^{1/2} \quad (3.4)$$

Eşitlikteki L_0^* , a_0^* ve b_0^* değerleri, çiğ şinitzelin renk parametrelerini ifade etmektedir.

3.2.3.6. Sertlik Analizi

Kızartılmış tavuk şinitzel örneklerinin sertlik değerleri Chayawat ve Rumpagaporn (2020) tarafından açıklanan metodolojiye göre alüminyum P/50R probu ile donatılmış TA. XT. Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems) cihazı ve cihazda bulunan yazılım (Texture Exponent 32, Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler derin yağda kızartıldıktan sonra oda sıcaklığına soğutulan tavuk şinitzeller üzerinde 5 mm/s sıkıştırma hızı ve %60 gerinimde yapılmıştır.

3.2.3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Tavuk şinitzellerin mikro yapısının analizinde JSM-7001F Jeol (Japonya) marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmış ve görüntüleme öncesi örneklerin yağı dietil eter ile ekstrakte edilmiştir. Yağı ekstrakte edilen örnekler kurutulmuş ve yüzeyleri Quorum SC7620 (İngiltere) cihazı kullanılarak palladyum-altın ile kaplanmıştır. Görüntüleme 10 kV hızlanma voltajında gerçekleştirilmiş ve x500, x1000 ve x1500 büyütme oranları kullanılmıştır. SEM analizleri Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (KİTAM)'nde hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.8. Duyusal Analiz

Ultras es ön işlem uygulamasından sonra derin yağda kızartma işlemine tabi tutulan tavuk şinitzellerin duyusal değerlendirmesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan 30 kişilik bir panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme iyi aydınlatılmış ve havalandırılmış duyusal değerlendirme odasında yapılmış ve örnekler panelistlere 3 basamaklı sayı ile kodlanmış beyaz tabaklarda sunulmuştur. Değerlendirme sırasında panelistlerden her tadımdan sonra içme suyu ile damaklarını temizlemeleri önerilmiştir. Değerlendirmede 9'lu hedonik skala (1 = son derece kötü, 9 = mükemmel) kullanılmış ve dış görünüş, dış renk, iç renk, lezzet,

yağlılık ve sululuk parametreleri puanlanmıştır (Chayawat ve Rumpagaporn, 2020). Bu duyusal özelliklerin aritmetik ortalaması genel kabul edilebilirlik olarak alınmıştır (Turhan vd., 2014).

3.2.4. İstatistiksel Analiz

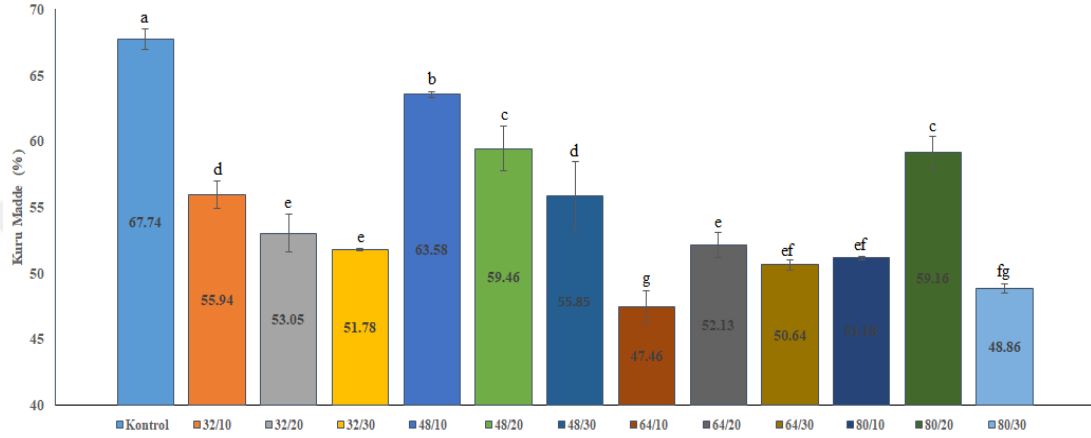
Tavuk şinitzel gruplarının ölçülen özelliklerine ait ortalamalar arasında fark olup olmadığı Varyans Analizi (ANOVA) ile belirlenmiş ve önemli etkide bulunan ortalamayı belirlemek amacıyla Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler için SPSS istatistiksel paket programı kullanılmış ve karşılaştırmalar 0.05 anlamlılık düzeyinde yapılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kuru Madde

Kuru madde miktarı, derin yağda kızartılmış gıdaların karakteristik kalitesini belirleyen önemli parametrelerden biridir (Ananey-Obiri vd., 2020). Farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kuru madde miktarları Şekil 4.1’de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kuru madde miktarına etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Görüldüğü gibi, ultrases ön işlem uygulaması derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kuru madde miktarını etkilemiş ($p<0.05$) ve kontrol grubu şinitzeller %67.74 kuru madde miktarı ile ultrases ön işlem uygulanmış tüm şinitzel gruplarından daha yüksek kuru madde miktarı sergilemiştir ($p<0.05$). En düşük kuru madde miktarı ise 64/10 grubunda belirlenmiş ($p<0.05$) ancak bu grubun kuru madde miktarıyla, 80/30 grubunun kuru madde miktarı arasındaki fark önemli olmamıştır ($p>0.05$). Ultrases uygulama süresinden bağımsız olarak bakıldığında, kızartma öncesi %32, 64 ve 80 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplar genelde birbirine yakın kuru madde miktarları sergilemiş ve bu grupların kuru madde miktarları kontrol grubu ve %48 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplardan genelde daha düşük olmuştur.

Tavuk şinitzel gruplarının kuru madde miktarları arasındaki bu farklılıklar, farklı amplitut ve sürelerde uygulanan ultrasesin üründe yapısal değişikliklere neden olarak kızartma sırasında üründen farklı miktarda suyun buharlaşmasına ve yağ emilimine yol açmasına bağlanabilir. Zira, kızartma işlemi eş zamanlı olarak ısı ve kütle

transferini içeren bir süreç olup, bu süreçte bir taraftan kızartma yağından gıdaya ısı transferi gerçekleşirken, diğer taraftan da gıdadan ortama nem transferi ve gıdanın kızartma ortamından yağ emmesi gerçekleşmektedir (Oke vd., 2018).

Mevcut bulguların aksine, bazı çalışmalarda ultrases uygulamasının gıdaların kuru madde miktarını artırdığı ve bu artışın, ultrases kullanımının mekanik etki sonucu örneğin yakınındaki çözünen madde hareketini hızlandırmasından ve kavitasyon etkisiyle hücre zarına zarar vermesinden kaynaklandığı rapor edilmiştir (Karizaki vd., 2013). Bununla birlikte kontrol grubu şinitzellerin, ultrases ön işlem uygulanmış tüm şinitzel gruplarından daha yüksek kuru madde miktarı sergilemesi kızartma sırasında kontrol grubu şinitzellerin daha fazla miktarda yağ emmesi ile açıklanabilir.

Derin yağda kızartılmış kanatlı eti ürünlerinin kuru madde miktarı üzerine literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, farklı tahıl (buğday, mısır ve çavdar) ve baklagil (soya) unları ile kaplanıp derin yağda kızartılmış piliç nugetlerin kuru madde miktarlarının %38.60 ile %40.61 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Gökçe vd., 2016).

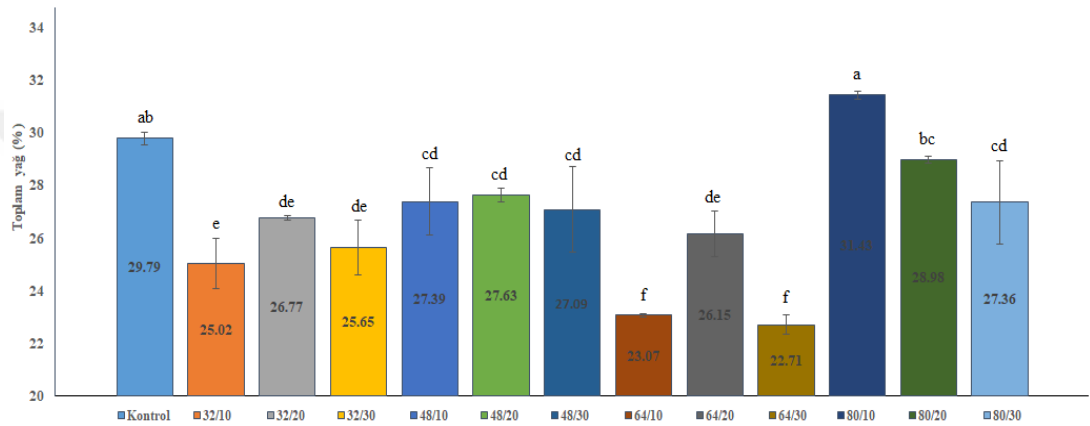
Ananey-Obiri vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, tavuk işleme atık proteinlerinin 3 farklı konsantrasyonu (%5, 10 ve 15) ile kaplanıp, galeta unu ile panelendikten sonra 177 °C'deki derin yağda 3-4 dakika süreyle kızartılan tavuk bagetlerinin kuru madde miktarının kaplanmamış kontrol grubunda %50.83 olduğu, kaplanmış gruplarda ise %43.00-49.33 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Karataş (2022), tavuk göğüs etlerini farklı konsantrasyonlardaki (%10, 20 ve 30) ozmotik dehidrasyon sıvıları içerisinde ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutup, kaplama materyali ile kapladıktan sonra derin yağda kızartmış ve kuru madde miktarının %40.05 ile 46.72 arasında değiştiğini rapor etmiştir.

Görüldüğü gibi, mevcut çalışmada tavuk şinitzellerde belirlenen kuru madde miktarları, yukarıda özetleri verilen çalışmalardaki sonuçlardan genelde daha yüksek bulunmuştur. Bu durum ürün ve uygulama farklılıkları yanında ultrases ön işlem uygulamasının üründe yapısal değişikliklere neden olarak kızartma sırasında suyun buharlaşmasını ve yağ emilimini etkilemesi ile açıklanabilir.

4.2. Toplam Yağ ve Yağ Emme

Kaplanmış ürünlerin tüketimindeki en önemli problemlerden biri kızartma sırasında emilen yağ miktarıdır. Sağlık riskleri açısından bu tür ürünlerin kızartılması sırasında yağ emiliminin minimum düzeyde tutulması oldukça önemlidir (Gökçe vd., 2016). Farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin toplam yağ miktarları (kuru ağırlık üzerinden) Şekil 4.2’de, yağ emme miktarları (kuru ağırlık üzerinden) ise Şekil 4.3’de sunulmuştur.

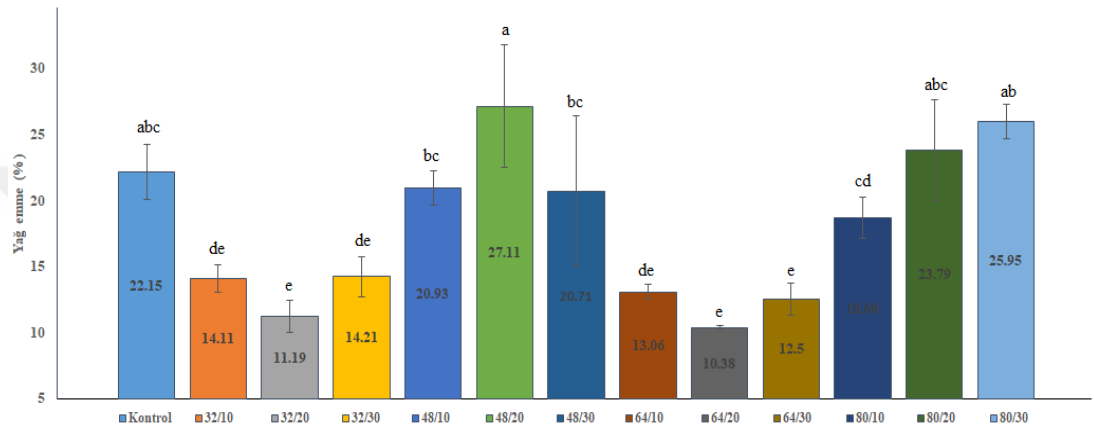


Şekil 4.2. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin toplam yağ miktarına etkisi. Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Şekil 4.2’den görüldüğü gibi, tavuk şinitzel gruplarının toplam yağ miktarları %22.71 ile 31.43 arasında değişmiş ve ultrases ön işlem uygulaması derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin toplam yağ miktarını etkilemiştir ($p<0.05$). 80/10 ve 80/20 grupları hariç diğer tüm şinitzel grupları kontrol grubu şinitzellerden daha düşük toplam yağ miktarı sergilemiştir ($p<0.05$). En düşük toplam yağ miktarı ise %22.71 ile 64/30 ve %23.07 ile 64/10 gruplarında belirlenmiştir ($p<0.05$). Ultrases uygulama süresinden bağımsız olarak bakıldığında, kızartma öncesi %32 ve 64 amplitutte ultrasese tabi tutulan gruplar genelde kontrol grubu şinitzellerden ve diğer uygulama gruplarından daha düşük toplam yağ miktarları göstermişlerdir.

Tavuk şinitzel gruplarının yağ emme miktarlarında da benzer bir durum gözlemlenmiş ve en yüksek yağ emilimi %27.11 ile 48/20 grubunda belirlenmiştir. Ancak bu grubun yağ emme miktarı ile 80/20, 80/30 ve kontrol grubunun yağ emme miktarları arasındaki farklılıklar önemli olmamıştır ($p>0.05$). Ultrases ön işlem

uygulanmış gruplar içerisinde %32 ve 64 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplar, kontrol grubu ve diğer uygulama gruplarından (%48 ve 80 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplardan) daha düşük yağ emme değerleri sergilemişlerdir ($p<0.05$). Buna göre %32 ve 64 amplitütte ultrases ön işlem uygulaması, yağda kızartılmış örneklerde yağ emilimini azaltmış ve bu azalma kontrol grubuna göre 32/10 ve 32/30 gruplarında %36, 32/20 grubunda %49, 64/10 grubunda %41, 64/20 grubunda %53 ve 64/30 grubunda da %44 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yağ emme miktarına etkisi. Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Panelenmiş ve kaplanmış gıdalarda yağ emilimi; su değişimi, soğutma fazı etkisi ve kızartmanın sürfaktan teorisi olmak üzere üç mekanizma ile açıklanmaktadır. Her üç mekanizma da yağ emiliminin, kızartılmış gıdaların mikro yapısı ve yüzey özelliklerine bağlılığını tanımlamaktadır (Zeng vd., 2016). Su değişimi mekanizmasına göre kızartma sırasında gıdadaki nem, gıda maddesinde oluşan gözenek, boşluk ve kanallardan dışarı çıkmakta ve ardından bu boşluk, gözenek ve kanallara yağ dolarak ürünün yağ miktarı artmaktadır (Ananey-Obiri vd., 2020). Tavuk şinitzel gruplarının toplam yağ ve yağ emme değerleri arasındaki bu farklılıklar, kızartma öncesi uygulanan farklı amplitüt ve sürelerdeki ultrasesin, ürünün mikro yapısında farklı düzeylerde bozulmaya yol açarak farklı sayıda mikroskobik boşluk, gözenek ve kanal oluşturmaya bağlanabilir. Zira, kızartma sırasında ısının konveksiyon yoluyla kızartma yağından gıdanın yüzeyine ve daha sonra da gıdanın merkezine aktarılması ile gıdanın yapısındaki su buharlaşmakta ve bir miktar yağ, uzaklaşan suyun bir kısmının yerini alarak ürünündeki yağ miktarını artırmakta ancak

artan buhar basıncı önemli miktarda yağ emilimini engellemektedir (Oke vd., 2018). Buna göre, ultrases ön işlem uygulaması sonucu şinitzel örneklerinde oluşan bu boşluk, gözenek ve kanallar, kızartma sırasında buhar basıncının artmasına neden olarak yağın ürüne emilimini engellemiş ve sonuç olarak toplam yağ miktarının azalmasına yol açmış olabilir (Oke vd., 2018; Zhang vd., 2021a,b).

Mevcut çalışma sonuçları, tavuk şinitzel gruplarının toplam yağ ve yağ emme değerlerinin, ön işlem ultrases koşullarına (amplitut ve süre) bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Bu sonuçlardan hareketle, kızartma sırasında en düşük toplam yağ ve yağ emme değerleri belirlenmiş şinitzel grupları (%32 ve 64 amplitutte ultrases ön işlemi uygulanmış gruplar) daha ileri analiz uygulamalarına tabi tutulmuştur.

Ultrases ön işlem uygulamasının çeşitli gıda maddelerinin kızartılması sırasında yağ emilimini azaltmada etkili olduğu bazı çalışmalarda da rapor edilmiştir. Bu çalışmalardan birinde, Karizaki vd. (2013) patates dilimlerine kızartma öncesi %15 sodyum klorür ve %50 sakaroz çözeltisi içinde 30 dakika süreyle 20 kHz ultrases uygulamışlar ve 170 °C'de 2, 4 ve 6 dakika süreyle kızartmışlardır. Araştırmacılar, ultrases destekli ozmotik dehidrasyon ile ön işleme tabi tutulan patates dilimlerinin yağ emiliminde kontrole göre %12.5 düzeyinde bir azalma olduğunu rapor etmişlerdir.

Dehghannya vd. (2016), 28 ve 40 kHz'de ultrases ve 8 °C'de 8 ve 15 dakika kurutma ön işlemlerinden sonra patates dilimlerini 150, 170 ve 190 °C'de kızartmışlar ve araştırma sonucunda hem ultrases hem de kurutma ön işlem uygulamasının kontrole göre yağ emilimini önemli ölçüde azalttığını ve ultrases ile ön işleme tabi tutulan örneklerin, tüm kızartma sıcaklıklarında, kontrol örneklerine göre daha düşük yağ emilimine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

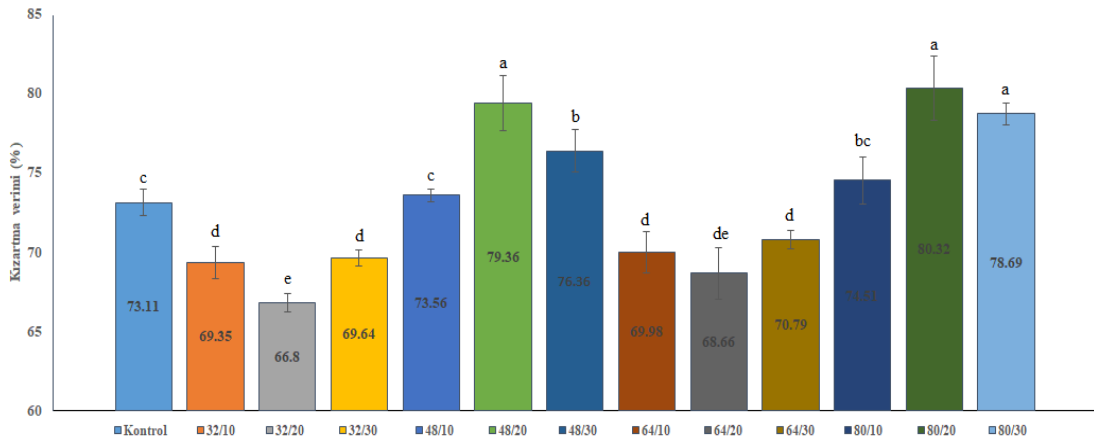
Tatlı patateslerde yağ emiliminin azaltılmasında ultrases destekli ön işlemlerin uygulanabilirliğinin araştırıldığı bir çalışmada (Oladejo vd., 2017a), patates dilimleri ultrasesli, ultrasesiz ozmotik dehidrasyonlu ve ultrases destekli ozmotik dehidrasyonlu suda 300 W güçte ve 30 dakika süre ile 28 kHz frekansa sahip ultrases probu ile proses edildikten sonra 130, 150 ve 170 °C'de 2, 4, 6, 8 ve 10 dakika kızartılmış ve en düşük yağ emiliminin kontrole göre sırasıyla 150 ve 170 °C'de %65.11 ve %71.47 yağ azaltımı ile ultrasesle ön işlem görmüş örneklerde olduğu rapor edilmiştir.

Patateslerde ön işlem olarak 30, 60 ve 90 dakikalık sürelerde 120, 240, 360, 480 ve 600 W ultrases yoğunluğunun etkisini değerlendiren Zhang vd. (2021a), bu uygulamalar arasında 360 W yoğunlukta 60 dakikalık uygulamanın daha etkili olduğunu ve derin yağda kızartma sırasında kontrol grubuna göre toplam yağ içeriğinde %27.66'lık bir azalma sağladığını belirlemişlerdir.

Son olarak, Zhang ve Fan (2021) konvektif havada kurutma ve ultrasesle kombine konvektif havada kurutma ön işlemlerinin patates cipslerinin özellikleri ve yağ absorpsiyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve araştırma sonucunda her iki uygulamanın da yağ emiliminin azaltılmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

4.3. Kızartma Verimi

Gıdaların kızartılması sırasında suyun uzaklaşması sonucu meydana gelen ağırlık kaybı ve büzülme, tüketici memnuniyetsizliğinin ana kaynaklarından. Kızartma verimi, pişirme kaybıyla ters orantılıdır. Kızartma işlemi sırasında gıda maddesindeki suyun bir kısmı uzaklaştığından pişirme kaybı meydana gelmektedir (Ananey-Obiri vd., 2020). Farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kızartma verimleri Şekil 4.4'de sunulmuştur.



Şekil 4.4. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kızartma verimine etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$).

Şekilden görüldüğü gibi, en yüksek kızartma verimi 80/20, 48/20 ve 80/30 gruplarında belirlenirken, en düşük verim 32/20 ve 64/20 gruplarında belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ultrases uygulama süresinden bağımsız olarak bakıldığında, kızartma öncesi

%32 ve 64 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplar genelde birbirine benzer verim değerleri sergilemiş, ancak bu grupların verim değerleri hem kontrol grubundan hem de %48 ve 80 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplardan daha düşük olmuştur ($p<0.05$). Bu sonuçlar, tavuk şinitzellerin toplam yağ ve yağ emme sonuçlarıyla da genelde paralellik göstermektedir.

Tavuk şinitzel gruplarının verim değerleri arasındaki farklılıklar, kızartma öncesi uygulanan farklı amplitüt ve sürelerdeki ultrasesin, ürünün yapısında farklı düzeyde bozulmaya neden olmasına ve farklı sayıda mikroskobik kanal, gözenek ve boşluk oluşturmaya bağlanabilir. Kızartma sırasında ısının, kızartma yağından gıdanın yüzeyine ve daha sonra da gıdanın merkezine aktarılması sonucu gıdanın yapısındaki su, oluşan kanal, gözenek ve boşluklardan geçerek buharlaşır. Su kaybı ile birlikte yüzey sıcaklığı kızartma yağının sıcaklığına yaklaşarak artar. Bir miktar yağ, uzaklaşan suyun bir kısmının yerini alsa da kızartma sırasında oluşan basınç, önemli miktarda yağ emilimini engeller (Oke vd., 2018).

Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kızartma verimi üzerine literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna karşılık değişik kanatlı eti ürünlerinin kızartma ve pişirme verimi açısından değerlendirildiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, farklı tahıl ve baklagil unları ile kaplanıp derin yağda kızartılmış piliç nugetlerde verim değerleri incelenmiş ve buğday unu ile kaplananlarda %82.34, mısır unu ile kaplananlarda %82.64, soya unu ile kaplananlarda %78.10 ve çavdar unu ile kaplananlarda %81.91 olarak bildirilmiştir (Gökçe vd., 2016).

Ananey-Obiri vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, tavuk işleme atık proteinlerinden 3 farklı konsantrasyonda (%5, 10 ve 15) kaplama çözeltisi hazırlanmış ve bu çözelti tavuk bagetlerinin kaplanmasında kullanılmıştır. Protein çözeltisi ile kaplanmış bagetler galeta unu ile panelendikten sonra 177 °C'deki derin yağda 3-4 dakika süreyle kızartılmış ve kızartma verimini ortalama %82 olarak hesaplanmıştır.

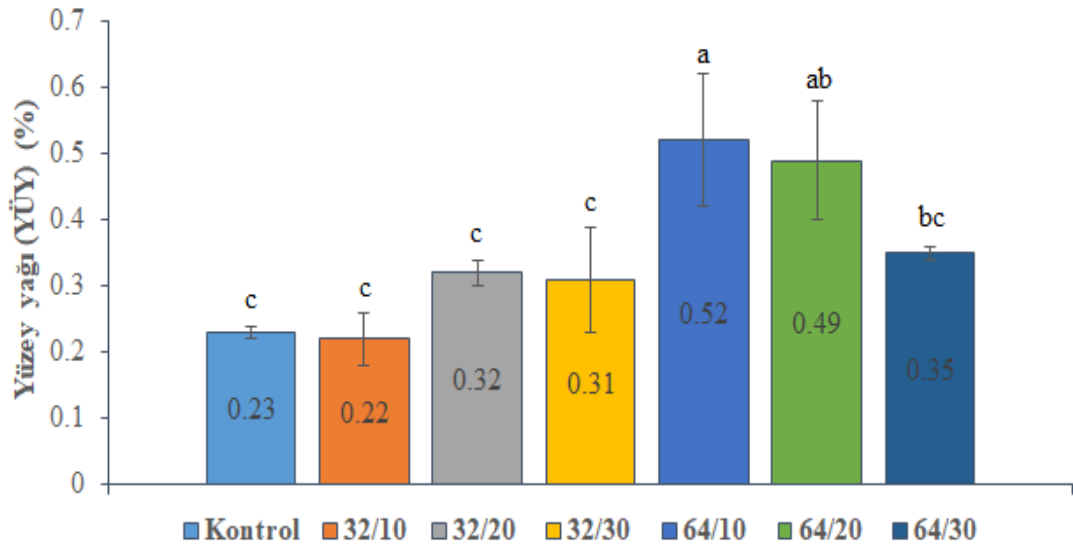
Myers ve Brannan (2012), yaptıkları çalışmada, kızartma öncesi iki farklı galeta unu sisteminde iki farklı türde yumurta sosu (taze ve kuru yumurta akı) ile kaplayıp paneledikleri tavuk köftelerinde kızartma verimi %74.8 ile %88.0 arasında tespit etmişlerdir.

Kim vd. (2015), tavuk derisi ve buğday lifi karışımının farklı miktarlarıyla (%2.5, 5, 7.5 ve %10) formüle ettikleri tavuk nugetleri 180 °C'deki soya yağında 5 dak. süreyle kızartmışlar ve verim değerinin %83.09 ile %85.31 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Görüldüğü gibi, mevcut çalışmada belirlenen verim değerleri, yukarıda özetleri verilen çalışmalara ait değerlerden genelde düşük olmuştur. Bu durum kızartma öncesi uygulanan ultrases işleminin suyun uzaklaşmasını hızlandırması ve yağ emilimini azaltması ile açıklanabilir.

4.4. Yağ Fraksiyonları

Farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yüzey yağı (YÜY) miktarları (kuru ağırlık üzerinden) Şekil 4.5'de, penetre yüzey yağı (PYY) + yapısal yağ (YAY) miktarları toplamı (kuru ağırlık üzerinden) ise Şekil 4.6'da sunulmuştur.

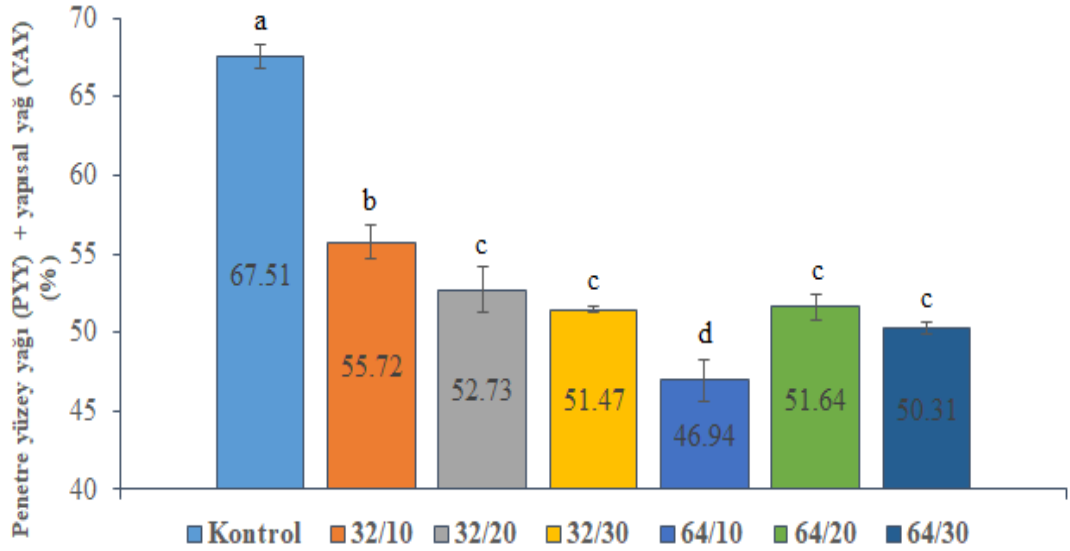


Şekil 4.5. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yüzey yağı (YÜY) miktarına etkisi. Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$).

Şekil 4.5'den görüldüğü gibi, tavuk şinitzel gruplarının toplam YÜY miktarları %0.22 ile 0.52 arasında değişmiş ve ultrases ön işlem uygulaması şinitzel gruplarının YÜY miktarını etkilemiştir ($p < 0.05$). 64/30 grubu hariç %64 amplitütte ultrasese tabi tutulan grupların YÜY değerleri hem kontrol grubundan hem de %32 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplardan daha yüksek olmuştur ($p < 0.05$). Kontrol grubu

şinitzelleri YÜY miktarı ile %32 amplitütte ultrasese tabi tutulan grupların ve 64/30 grubunun YÜY miktarları arasındaki fark ise önemli olmamıştır ($p>0.05$).

Tavuk şinitzel gruplarının toplam YÜY miktarlarında olduğu gibi, PYY + YAY miktarları da ultrases ön işlem uygulamasından etkilenmiş ve en yüksek değer %67.51 ile kontrol grubu şinitzelerde, en düşük değer ise %46.94 ile 64/10 grubunda belirlenmiştir ($p<0.05$) (Şekil 4.6). %32 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplar içerisinde 32/20 ve 32/30 grupları, 32/10 grubundan, %64 amplitütte ultrasese tabi tutulan gruplar içerisinde ise 64/10 grubu, 64/20 ve 64/30 gruplarından daha düşük PYY + YAY miktarı göstermiştir ($p<0.05$). Bu sonuçlar ultrases ön işlem uygulamasının tavuk şinitzelerin PYY + YAY miktarlarını azalttığını ve bu azalmanın ultrases uygulama koşullarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.



Şekil 4.6. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzelerin penetre yüzey yağı (PYY) + yapısal yağ (YAY) miktarına etkisi. Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Yukarıda da açıklandığı gibi, ultrases ön işlem uygulamasının tavuk şinitzelerin PYY + YAY miktarlarını azaltması, ultrases ön işlem uygulaması sırasında mikro yapıda meydana gelen değişiklikler ve kızartma sırasında yağ alımının su değiştirme mekanizması ile ilgili olabilir. Zira ultrases uygulamasından sonra şinitzel örneklerinde oluşan bazı gözenek, boşluk ve çatlaklar, kızartma sırasında buhar basıncının artmasına neden olarak kızartma yağın ürüne emilimini engellemiş ve sonuç olarak PYY + YAY miktarlarının azalmasına yol açmış olabilir (Oke vd., 2018; Zhang vd., 2021a,b).

Benzer sonuçlar sınırlı sayıda çalışmada da rapor edilmiştir. Örneğin, Zhang vd. (2021a), farklı yoğunluk ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasından sonra derin yağda kızarttıkları patateslerde, üç yağ fraksiyonu (YÜY, PYY ve YAY) arasında en düşük fraksiyonun %1.83-3.72 ile YÜY'den oluştuğunu ve ultrases ön işlem uygulamasının toplam yağ içerisindeki PYY + YAY miktarlarını azalttığını bildirmişlerdir.

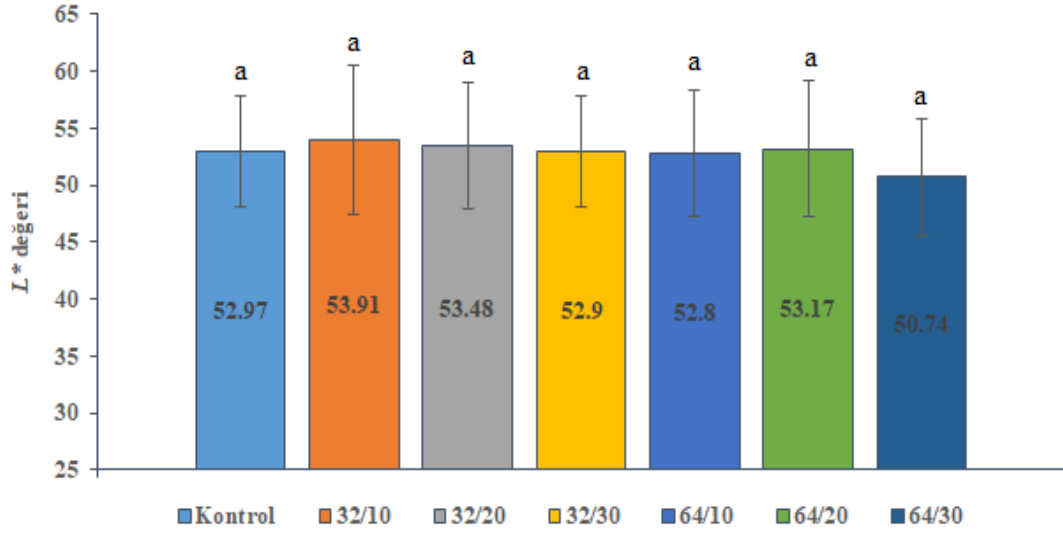
Ultrases ön işlem uygulamasının patates dilimlerinin yağ emilimi üzerindeki etkisinin incelendiği ve aynı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada (Zhang vd., 2021b), patates dilimleri 20 kHz frekansta 60 dakika süreyle iki farklı güçte (360 W ve 600 W) ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuştur. Araştırma sonunda 360 W güçte ultrases uygulanmış patateslerde PYY miktarının %27.31, YAY miktarının ise %22.25 oranda azaldığını, ultrases gücünün artmasıyla YÜY ve PYY miktarlarını sırasıyla %25.34 ve %12.89 düzeyinde arttığını, buna karşılık YAY miktarının %38.05 düzeyinde azaldığını ve kızartma öncesi ultrases uygulamasının patates cipslerinin kalitesi büyük ölçüde iyileştirdiğini rapor etmişlerdir.

4.5. Renk

Renk, kızartılmış gıdalarda tüketici kabulünü etkileyen en önemli görünüş özelliklerinden biridir (Zhang vd., 2021a). Kızartma işleminin tamamlanıp tamamlanmadığı genellikle renkten yararlanılarak belirlenmektedir. Kızartma sırasında indirgen şekerler ile proteinler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu ve emilen yağ miktarı kızarmış ürünlerin son rengini etkilemektedir (Karizaki vd., 2013). Bu çalışmada farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin parlaklık (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri ölçülmüş ve bu değerlerden yararlanılarak renk farkı (ΔE^*) değerleri hesaplanmıştır. Şinitzel örneklerinde ölçülen L^* değerleri Şekil 4.7'de, a^* değerleri Şekil 4.8'de ve b^* değerleri Şekil 4.9'da, hesaplanan ΔE^* değerleri ise Şekil 4.10'da sunulmuştur.

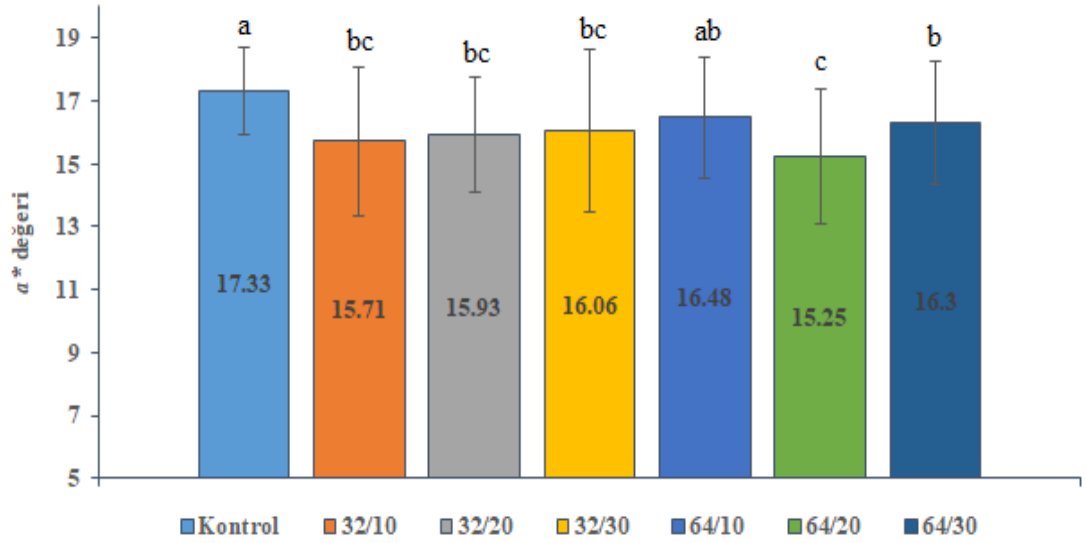
Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9'dan görüldüğü gibi, ultrases ön işlem uygulanmamış kontrol grubu ile farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş örneklerin L^* değerleri 50.74 ile 53.91 arasında, a^* değerleri 15.25 ile 17.33 arasında

ve b^* değerleri de 27.86 ile 32.16 arasında değişmiştir. Bu değerler, Uyarcan vd. (2022) tarafından belirlenen değerlerle genelde benzerlik gösterirken, Ananey-Obiri vd. (2020) tarafından belirlenen değerlerden farklılık göstermiştir. Uyarcan vd. (2022), buğday, nohut ve pirinç unlarıyla kaplayıp derin yağda kızarttıkları tavuk göğüs etlerinin L^* değerlerini 47.54 ile 55.44 arasında, a^* değerlerini 8.51 ile 12.42 arasında ve b^* değerlerini de 22.73 ile 34.33 arasında tespit etmişlerdir. Ananey-Obiri vd. (2020) ise yenilebilir filmle kapladıktan sonra derin yağda kızarttıkları tavuk budunun L^* değerini 45.20 ile 47.09 arasında, a^* değerini 8.06 ile 9.07 arasında ve b^* değerini de 9.05 ile 12.03 arasında belirlemişlerdir. Bu farklı sonuçlar ürün tipi, kaplama materyalinin bileşimi, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi ve kızartma yağının özellikleri gibi değişik faktörlere bağlanabilir.

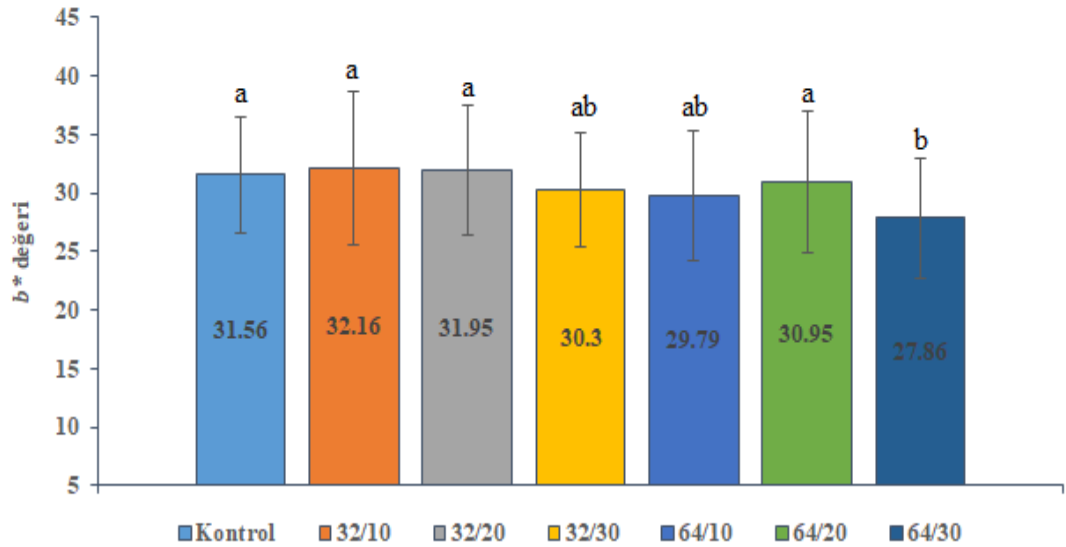


Şekil 4.7. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin L^* değerine etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Aynı harfle işaretlenen ortalamar arasındaki farklar önemsizdir ($p>0.05$).

Şekil 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'dan görüldüğü gibi, ultrases ön işlem uygulaması şinitzel gruplarının a^* ve b^* değerlerini etkilerken ($p<0.05$), L^* ve ΔE^* değerlerini etkilememiştir ($p>0.05$). En yüksek a^* değeri 17.33 ile kontrol grubu şinitzelerde belirlenmiş ve 64/10 grubu hariç, ultrases ön işlem uygulanmış diğer tüm gruplar, kontrol grubundan daha düşük a^* değeri sergilemiştir ($p<0.05$). En düşük a^* değeri ise 64/20 grubunda belirlenmiş, ancak bu grubun a^* değeriyle 32/10, 32/20 ve 32/30 gruplarının a^* değerleri arasındaki farklılıklar önemli olmamıştır ($p>0.05$).

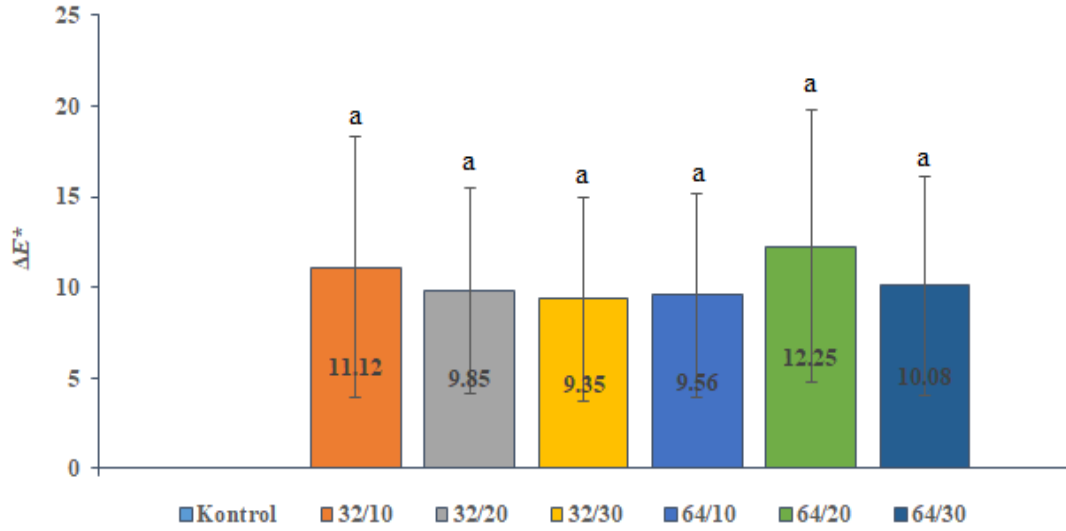


Şekil 4.8. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin a^* değerine etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 4.9. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin b^* değerine etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$).

Derin yağda kızartılmış gıdalarda altın sarısı renk istenmekte ve önemli bir kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir (Zhang vd., 2021a). Ultrases ön işlem uygulaması örneklerin sarılık değerlerini (b^*) etkilenmiş ve en düşük değer 64/30 grubunda belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.10. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin ΔE^* değerine etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Aynı harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir ($p>0.05$).

ΔE^* , ultrases ön işlem uygulanmamış kontrol grubu şinitzelliler ile farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş şinitzel grupları arasındaki renk farklılıklarını yansıtmaktadır. Düşük ΔE^* değerleri, ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş şinitzellerin renginin, ultrases ön işlem uygulanmamış kontrol grubunun rengine yakın olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 4.10'dan görüldüğü gibi, farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulanmış grupların ΔE^* değerleri arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Renk değerlerine ait sonuçlar, ultrases ön işlem uygulamasının tavuk şinitzellerin rengi üzerinde genel anlamda önemli bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.

Ultrases ve ultrases ile kombine edilmiş diğer bazı ön işlem uygulamalarının derin yağda kızartılmış gıdaların renk değerleri üzerine etkisi konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, Zhang vd. (2021a), patates cipslerini ön işlem olarak ultrases uygulamasına tabi tuttuktan sonra derin yağda kızartmışlar ve renk değerlerini ölçmüşlerdir. Araştırma sonunda kontrol grubu ile ultrases uygulanmış cipslerin L^* değerlerinin 66.75 ile 67.49 arasında, a^* değerlerinin 1.43 ile 1.68 arasında, b^* değerlerinin 26.90 ile 28.33 arasında ve ΔE^* değerlerinin de 22.10 ile 25.12 arasında değiştiğini, ancak bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığını rapor etmişlerdir ($p>0.05$).

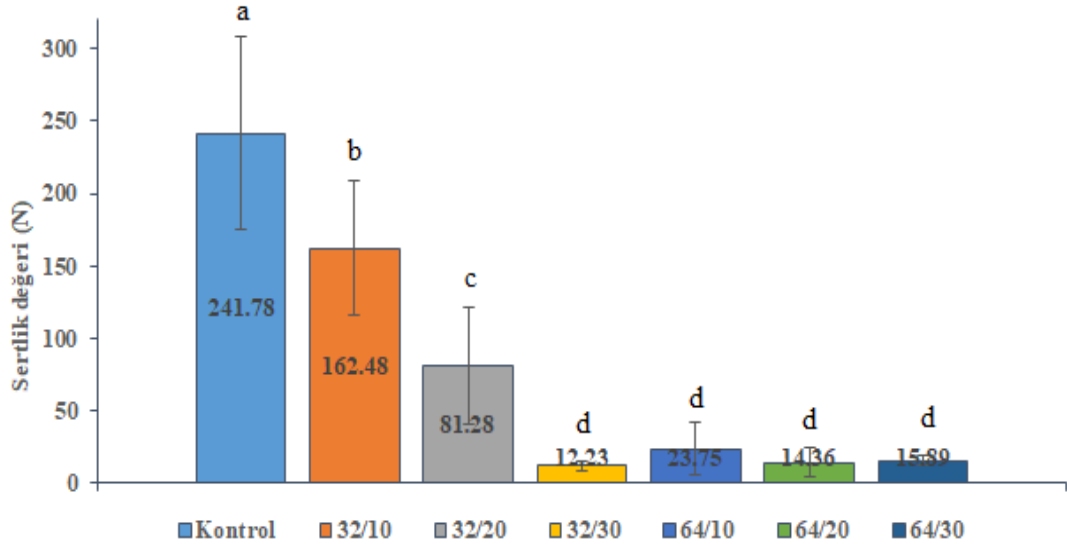
Bir diğ er çalışmada, sadece hava ile kurutma ve ultrases ile kombine edilmiş hava ile kurutma ön işlem uygulamalarının patates cipslerinde yağ emilimi ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda ultrases ile kombine edilmiş hava ile kurutma ön işlem uygulamasının patates cipslerinin L^* ve a^* değerlerini artırdığı, b^* değerleri üzerinde ise önemli bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir (Zhang ve Fan, 2021).

Karizaki vd. (2013) yaptıkları çalışmada, patates dilimlerine kızartma öncesi ozmotik dehidrasyon ve ultrases destekli ozmotik dehidrasyon uygulamışlar ve 170  C’de 2, 4 ve 6 dakika süreyle kızartmışlardır. Araştırıcılar,  rnek gruplarının bazı renk parametreleri (L^* , ΔE^* ve a^*) arasında önemli farklılıklar bulunduğunu, ön işlem uygulamalarının indirgeyici şekerlerin patatese sızmasına yol açarak kızarmış patateslerin L^* değerleri üzerinde olumlu etki gösterdiğini ve ön işlem görmüş örnek gruplarının L^* değerlerinin kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada, ozmotik dehidrasyon ve ultrases destekli ozmotik dehidrasyon uygulanmış patateslerin ΔE^* değerleri arasında da önemli farklılıklar belirlenmiş ve ultrases destekli ozmotik dehidrasyon uygulanmış patateslerin a^* değerleri, ön işlem uygulanmamış kontrol örneklerinden önemli ölçüde düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). ΔE^* ve a^* değerleri dikkate alınarak, ultrases destekli ozmotik dehidrasyon ön işlem uygulamasının daha iyi renk oluşturduğu rapor edilmiştir.

Son olarak, Oladejo vd. (2017b), tarafından yapılan çalışmada, tatlı patatesin derin yağda kızartma sırasında nem içeriğini ve yağ alımını azaltmak için ultrases destekli  n işlemlerin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Kızartmadan önce patates örnekleri ultrasesli, ultrasessiz ozmotik dehidrasyonlu ve ultrases destekli ozmotik dehidrasyonlu suda 300 W güçte ve 30 dakika süre ile 28 kHz frekansa sahip ultrases probu ile proses edilmiş ve ay   ek yağı kullanılarak 130, 150 ve 170  C sıcaklıklarda 2, 4, 6, 8 ve 10 dakika kızartılmıştır. Ultrases  n işlem uygulaması tatlı patatesin parlaklığını (L^*) artırıp kırmızılığını (a^*) azaltırken, ultrases destekli ozmotik dehidrasyon uygulaması sarılığı (b^*) artırmıştır. En yüksek toplam renk farkı ultrases destekli ozmotik dehidrasyon ile muamele edilen tatlı patates örneklerinde tespit edilmiştir.

4.6. Sertlik

Tekstürel bir özellik olan gevreklik, kızartılmış ürünlerin önemli bir kalite indeksi olup, hafif bir baskı sonucu meydana gelen hızlı kırılma ile yakından ilişkilidir. Kırılmadan önce elde edilen maksimum kuvvet sertlik olarak tanımlanmaktadır. Gevreklik, hafif bir baskı sonucu hızla kırılan bir kırılgen malzemenin kalitesini ifade etmektedir (Zhang ve Fan, 2021). Pek çok araştırmada, sertliğin gevreklik ile negatif ilişkili olduğu gösterilmiştir (Zhang vd., 2021a; Zhang ve Fan, 2021). Farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin sertlik değerleri Texture Analyser cihazı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 4.11’de sunulmuştur.



Şekil 4.11. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin sertlik değerine etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$).

Şekilden görüldüğü gibi, en yüksek sertlik değeri 241.78 N ile kontrol grubu şinitzellerde belirlenmiş ve ultrases ön işlem uygulaması şinitzel örneklerinin sertlik değerlerini düşürmüştür ($p < 0.05$). Buna karşılık 32/30, 64/10, 64/20 ve 64/30 gruplarının sertlik değerleri arasındaki farklılıklar önemli olmamıştır ($p > 0.05$). Ultrases ön işlem uygulamasının örneklerin sertlik değerini azaltması, ultrasesin kavitasyon ve sünger etkisi ile açıklanabilir (Zhang vd., 2021a). Bu etki üründe ilave mikro kanallar oluşturmakta ve kızartma sırasında daha yüksek buhar basıncı üreterek kırma kuvvetini azaltmaktadır. Buna göre, ultrases ön işlem uygulaması, şinitzel örneklerinde gözenek, boşluk ve mikro kanallar oluşturarak suyun buharlaşma oranını

artırmış ve böylece ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş tavuk şinitzeller daha düşük sertlik değeri sergilemiş olabilir.

Ayrıca ultrases ön işlem uygulamasında amplitut düzeyi ve uygulama süresi de sertlik değerlerini kısmen etkilemiştir. %64 amlitutte ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş şinitzellerin sertlik değerleri 14.36 ile 23.75 N arasında, %32 amlitutte ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş olanların ise 12.23 ile 162.48 N arasında değişmiş ve %64 amplitut uygulaması ile daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir. Aynı şekilde ultrases uygulama süresinin uzaması ile de şinitzellerin sertlik değerleri azalmış ($p<0.05$), ancak bu azalma %64 amplitut uygulamasında görülmemiştir ($p>0.05$).

Mevcut çalışmada olduğu gibi, ultrases ve ultrases ile kombine edilmiş diğer bazı ön işlem uygulamalarının derin yağda kızartılmış gıdaların sertlik değerini etkilediği bazı araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir. Bu araştırmaların çoğu, bulgularımızda olduğu gibi, ultrases ön işlem uygulamasının ürünün sertliğini azalttığı yönündedir. Örneğin, Zhang vd. (2021a) tarafından yapılan çalışmada, ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş patateslerin, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında daha düşük sertlik değeri gösterdiği ($p<0.05$) ve sertlik değerinin düşürülmesinde 600 W'da ön işleme tabi tutmanın 360 W'a göre daha etkili olduğu bildirilmiştir ($p<0.05$).

Bir başka çalışmada, aynı su içeriğine sahip patates cipslerinin sertlik değerinin, kızartma öncesi ultrases ile kombine edilmiş hava ile kurutma işlemi uygulananlarda, sadece hava ile kurutma işlemi uygulananlara göre daha düşük olduğu rapor edilmiş ve bu düşüklük %80 su içeren patates cipslerinde %21.48 ve %50 su içerenlerde ise %16.54 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, ultrasonik ön işlem sırasında patates cipslerinde yapının bozulması ve mikroskobik kanalların oluşması ile açıklanmıştır (Zhang ve Fan, 2021).

Karizaki vd. (2013) tarafından elde edilen bulgular da mevcut çalışma sonuçlarını desteklemektedir. Araştırmacılar, patates dilimlerine kızartma öncesi ön işlem uygulamasının sertlik değerlerini etkilediğini ve hem ozmotik dehidrasyon hem de ultrases destekli ozmotik dehidrasyon ön işlem uygulamalarının tekstürde yumuşamaya neden olduğunu rapor etmişlerdir.

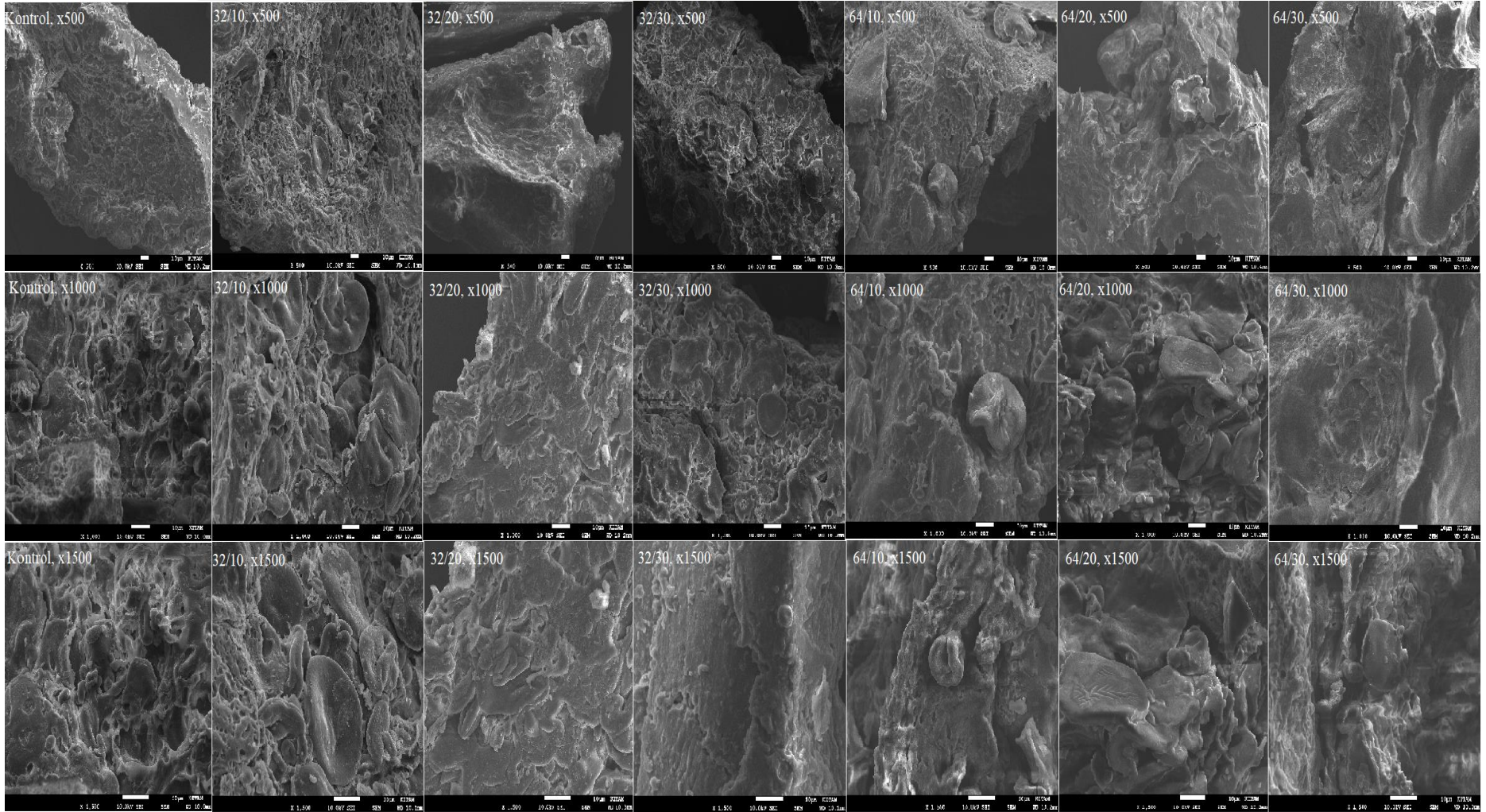
Buna karşılık Oladejo vd. (2017b), tarafından yapılan çalışmada elde edilen bulgular, mevcut çalışma sonuçlarıyla kısmen uyushmaktadır. Araştırmacılar, ultrases destekli ozmotik dehidrasyonlu suda 300 W güçte ve 30 dakika süre ile 28 kHz frekansa sahip ultrases probu ile proses edip ayçiçek yağında kızarttıkları tatlı patateslerin sertliğinin, işlem görmemiş olanlardan önemli düzeyde düşük olduğunu ($p<0.05$) ancak sadece ultrasese tabi tutulanların sertlik değerinin işlem görmemiş olanlardan farklılık göstermediğini bildirmişlerdir ($p>0.05$).

Buna göre mevcut çalışmanın sonuçları, kızartma öncesi ultrases ön işlem uygulamasının kızarmış gıdaların sertliğini azaltabileceğini ve gevrekliğini iyileştirebileceğini göstermektedir.

4.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), gıdaların işlenmesi sırasında mikroyapısal değişikliklerin incelenmesi ve ilgili mekanizmaların ve modellemelerin anlaşılması açısından son derece önemlidir. Bu nedenle son yıllarda, gıdaların işlenmesi sırasında yapısal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin daha iyi anlaşılabilmesi için SEM görüntülerinin kullanılması konusunda kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır (Karizaki vd., 2013). Farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin mikroyapısal değişikliklerinin karakterizasyonu SEM ile görüntülenmiş ve elde edilen görüntüler (x500, x1000 ve x1500 büyütme) Şekil 4.12’de sunulmuştur.

Şekilden görüldüğü gibi, ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tüm şinitzel gruplarının mikro yapısında bozulma ve deformasyonlar meydana gelmiş ve bu deformasyonlara bağlı olarak farklı sayıda mikroskobik boşluk, gözenek ve kanallara rastlanmıştır. Tavuk şinitzel gruplarının SEM görüntüleri genelde toplam yağ ve yağ emme değerleriyle de uyum göstermiştir. Ultrases ön işlem uygulanmış şinitzellerin mikro yapısında meydana gelen bu değişiklikler ultrases dalgalarının kavitasyon etkisi ile açıklanabilir (Zhang vd., 2021a).



Şekil 4.12. Ultrases ön işlem uygulanmış tavuk şinitzellerin SEM görüntüleri

Ultrases uygulanmış patateslerin mikroyapısında benzer bozulma ve deformasyonlar bazı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Örneğin, Zhang vd. (2021a), ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış patateslerin hücresel yapısında bozulma ve deformasyonların meydana geldiğini, bu bozulma ve deformasyonların 600 W'da 60 dakika süreyle ultrasese tabi tutulanlarda daha etkili olduğunu ve yüksek ultrases gücü ve süresinin gözenek ve çatlaklar dahil olmak üzere daha mikroskobik kanal oluşumuna yol açtığını rapor etmişlerdir. Benzer sonuçlar Miano vd. (2019) tarafından da rapor edilmiş ve özellikle 60 dakika süreyle uygulanan ön işlem ultrasesin, yüzey aşınmasına ve patates dokusunda mikro kanalların oluşumuna neden olduğunu göstermişlerdir.

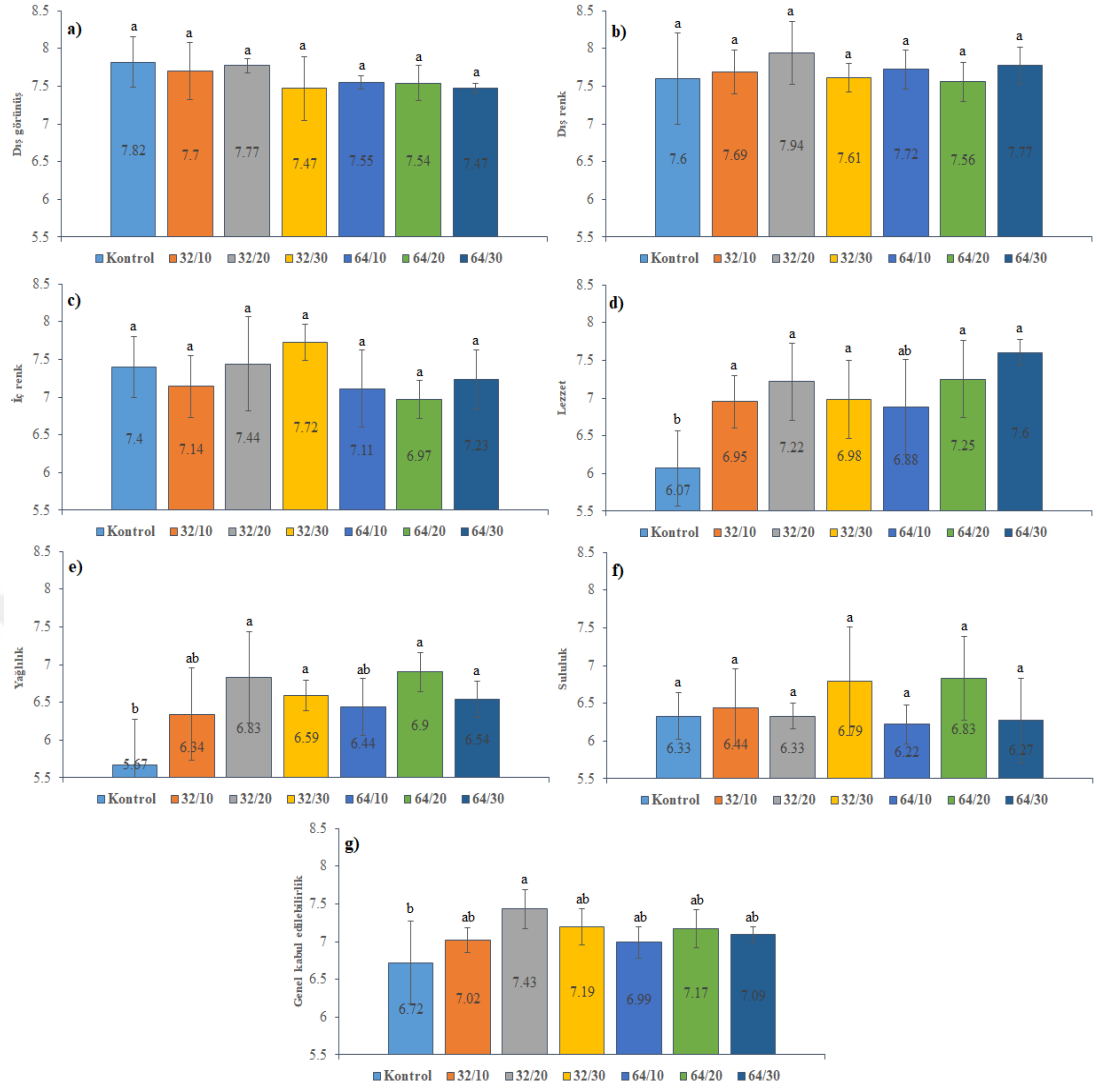
Bir başka çalışmada, konvektif havada kurutma ve ultrasesle kombine konvektif havada kurutma ön işlemlerinden sonra 180 °C'de kızartılan patates cipslerinin mikro yapısal karakterizasyonu SEM ile gözlemlenmiş ve kızartmadan önce ultrases uygulananlarda daha fazla çatlak ve gözeneğe rastlandığı bildirilmiştir (Zhang ve Fan, 2021).

Ultrases uygulamasının mikroyapı üzerine etkisi hayvansal gıdalarda da çalışılmıştır. Inguglia vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, etin işlenmesinde ultrases uygulamasının yüzeyde mikro kanalların oluşumuna neden olduğu gösterilmiştir.

4.8. Duyusal değerlendirme

Farklı amplitut ve sürelerde ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin duyusal analiz (dış görünüş, dış renk, iç renk, lezzet, yağlılık, sululuk ve genel kabul edilebilirlik) sonuçları Şekil 4.13'de sunulmuştur.

Şekilden görüldüğü gibi, tavuk şinitzel gruplarının dış görünüş puanları 7.47 ile 7.82 arasında (Şekil 4.13a), dış renk puanları 7.56 ile 7.94 arasında (Şekil 4.13b), iç renk puanları 6.97 ile 7.72 arasında (Şekil 4.13c), lezzet puanları 6.07 ile 7.60 arasında (Şekil 4.13d), yağlılık puanları 5.67 ile 6.90 arasında (Şekil 4.13e), sululuk puanları 6.22 ile 6.83 arasında (Şekil 4.13f) ve genel kabul edilebilirlik puanları da 6.72 ile 7.43 arasında (Şekil 4.13g) değişmiştir.



Şekil 4.13. Ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin duyu özelliklerine üzerine etkisi. Sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Barlar üzerindeki çubuklar ortalamanın standart sapmasını göstermektedir. Aynı harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir ($p>0.05$).

Ultrases ön işlem uygulaması şinitzel gruplarının lezzet, yağlılık ve genel kabul edilebilirlik puanlarını etkilemiş ($p<0.05$), dış görünüş, dış renk, iç renk ve sululuk puanlarını ise etkilememiştir ($p>0.05$). En düşük lezzet puanı panelistler tarafından 6.07 ile kontrol grubuna verilmiş ve 64/10 grubu hariç, diğer tüm ön işlem uygulanmış şinitzel grupları, kontrol grubundan daha yüksek puanla değerlendirilmiştir ($p<0.05$). Ultrases ön işlem uygulaması yağlılık ve genel kabul edilebilirlik yönünden de tavuk şinitzel gruplarının genelde daha fazla beğenilmelerine neden olmuştur. Bu beğeni, yağlılık yönünden 32/20, 32/30, 64/20 ve 64/30 gruplarında önemli olurken, genel kabul edilebilirlik yönünden sadece 32/20 grubunda önemli olmuştur ($p<0.05$). Ultrases ön işlem uygulanmış şinitzel gruplarının lezzet, yağlılık ve genel kabul

edilebilirlik yönünden genelde daha fazla beğenilmeleri, yağ içeriğindeki azalmaya bağlanabilir. Bu sonuçlar, ultrases ön işlem uygulamasının tavuk şinitzel örneklerinin duyu özelliklerini korumak ve hatta lezzet, yağlılık ve genel kabul edilebilirliklerini iyileştirmek için kullanılabileceğini göstermektedir.

Benzer sonuçlar Zhang vd. (2021a) tarafından da rapor edilmiştir. Araştırmacılar, ultrases ön işlem uygulamasının patates cipslerinin renk puanlarında önemli bir değişikliğe neden olmadığını ($p<0.05$), buna karşılık genel kabul edilebilirlik puanlarını artırdığını ve en yüksek kabul edilebilirlik puanlarının 360 W'ta 60 dakika ön işleme tabi tutulanlarda belirlendiğini bildirmişlerdir.

Geleneksel yöntem ve ultrasesle işlenmiş mısır tortilla cipslerinin duyu ve kalite özelliklerini inceleyen Janve vd. (2015), cips örneklerini genel görünüm, lezzet ve yapı yönünden 9 puanlık bir hedonik ölçek kullanarak değerlendirdiler ve değerlendirme sonucunda geleneksel yöntem ve ultrasesle işlenmiş mısır tortilla cipslerinin genel görünüm, lezzet ve yapı puanları arasında önemli bir farklılığın olmadığını ve buradan hareketle tortilla cipslerinin üretilmesinde ultrasesin neden olduğu değişikliklerin tüketici kabul edilebilirliğini etkilemediğini rapor ettiler.

Buna karşılık Bao vd. (2022), ultrases ön işlem uygulamasının kuru kürlenmiş yak etinin yumuşaklık ve kalitesini iyileştirdiğini, ancak renk ve koku puanlarını olumsuz yönde etkilediğini ve genel olarak 300 W ultrasonik güçteki ön işlem uygulamasının daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tavuk şinitzel, kaplamalı ürünler kapsamında sınıflandırılan ve derin yağda kızartılarak tüketilen önemli bir endüstriyel tavuk eti ürünüdür. Yağda kızartılmış ürünler; eşsiz lezzetleri, tercih edilen altın sarısı renkleri ve gevrek yapıları nedeniyle her yaş grubundaki bireyler tarafından sevilerek tüketilmektedir. Bununla birlikte bu ürünler, kalitelerini etkileyen ve tüketicilerin daha sağlıklı bir diyet sürdürme talebini karşılamayan fazla miktarda yağ içermektedir. Bu nedenle birçok araştırmacı kızartılmış gıdaların yağ içeriğini azaltmak ve kalitelerini iyileştirmek için değişik yöntemler üzerinde çalışmaktadır. Bu çalışmada, ultrases ön işlem uygulamasının derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin yağ emilimi ile tekstür ve renk gibi kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi ve böylece panelenmiş tavuk ürünlerinin daha sağlıklı hale getirilmesi amaçlanmış ve çalışma, 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, tavuk şinitzel örnekleri farklı amplitut (%32, 48, 64 ve 80) ve sürelerde (10, 20 ve 30 dakika) ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulmuş ve 180 °C'deki derin yağda kızartıldıktan sonra kuru madde, toplam yağ, yağ emme ve kızartma verimi yönünden analiz edilmiştir.

Ultrases ön işlem uygulaması derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin kuru madde, toplam yağ, yağ emme ve kızartma verimi değerlerini etkilemiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu şinitzeller %67.74 kuru madde miktarı ile ultrases ön işlem uygulanmış tüm şinitzel gruplarından daha yüksek kuru madde miktarı sergilemiştir ($p<0.05$).

Tavuk şinitzel gruplarının yağ miktarları %22.71 ile 31.43 arasında değişmiş ve kızartma öncesi %32 ve 64 amplitutte ultrasese tabi tutulan gruplar genelde kontrol grubu şinitzellerden ve diğer uygulama gruplarından daha düşük yağ miktarı göstermişlerdir. Benzer şekilde, %32 ve 64 amplitutte ultrases ön işlem uygulaması, şinitzel örneklerinin yağ emilimini azaltmış ve en fazla azalma %53 ile 64/20 grubunda tespit edilmiştir.

Kızartma öncesi %32 ve 64 amplitutte ultrasese tabi tutulan gruplar genelde birbirine benzer verim değerleri sergilemiş ve bu grupların verim değerleri hem kontrol grubundan hem de %48 ve 80 amplitutte ultrasese tabi tutulan gruplardan düşük olmuştur ($p<0.05$).

Toplam yağ ve yağ emme sonuçlarından hareketle çalışmanın ikinci aşamasında %32 ve 64 amplitütte 10, 20 ve 30 dakika süreyle ultrasese tabi tutulan şinitzel grupları ile kontrol grubu şinitzeller yağ fraksiyonu, renk, sertlik, SEM ve duyusal yönden analiz edilmiştir.

Ultrases ön işlem uygulaması derin yağda kızartılmış tavuk şinitzellerin YÜY ve PYY+YAY değerlerini etkilemiştir ($p<0.05$). Şinitzel gruplarının YÜY miktarları %0.22 ile 0.52 arasında değişirken, en yüksek PYY+YAY değeri %67.51 ile kontrol grubu şinitzellerde, en düşük değer ise %46.94 ile 64/10 grubunda belirlenmiştir ($p<0.05$).

Ultrases ön işlem uygulaması şinitzel gruplarının a^* ve b^* değerlerini etkilerken ($p<0.05$), L^* ve ΔE^* değerlerini etkilememiştir ($p>0.05$). Genel olarak, ultrases ön işlem uygulamasının tavuk şinitzellerin rengi üzerinde olumsuz bir etkisi gözlemlenmemiştir.

Sertlik, kızartılmış ürünlerin önemli kalite indekslerinden biri olup, en yüksek değer 241.78 N ile kontrol grubu şinitzellerde belirlenmiştir ($p<0.05$). Kızartma öncesi ultrases ön işlem uygulaması şinitzel gruplarının sertliğini azaltmış ve gevrekliğini iyileştirmiştir.

Ultrases ön işlem uygulamasına tabi tutulduktan sonra derin yağda kızartılmış şinitzel gruplarının mikro yapısında farklı sayıda mikroskobik boşluk, gözenek ve kanallar gözlemlenmiş ve şinitzel gruplarının SEM görüntüleri genelde toplam yağ ve yağ emme değerleriyle uyum göstermiştir.

Ultrases ön işlem uygulaması şinitzel gruplarının lezzet, yağlılık ve genel kabul edilebilirlik puanlarını etkilemiş ($p<0.05$), dış görünüş, dış renk, iç renk ve sululuk puanlarını ise etkilememiştir ($p>0.05$). Ultrases ön işlem uygulanmış tavuk şinitzel grupları genel kabul edilebilirlik yönünden daha fazla beğenilmiştir.

Bu sonuçlar, tavuk şinitzel örneklerinin toplam yağ ve yağ emme miktarlarını azaltmak, gevrekliklerini iyileştirmek ve duyusal özelliklerini korumak için %32 ve 64 amplitütte 10, 20 ve 30 dakika süreyle ultrases ön işlem uygulamasının kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Açar, M. (2011). Kızartılmış Patateslerde Kızartma Sayısının ve Süresinin Kızartma Yağı ve Patatesteki Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Aguilera, J. M., and Gloria-Hernandez, H. (2000). Oil absorption during frying of frozen parfried potatoes. *Journal of Food Science*, 65(3), 476-479.
- Adedeji, A. A., Ngadi, M. O., and Raghavan, G. S. V. (2009). Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, 91(1), 146-153.
- Anonymous, (2021). Erzincan İli Dondurulmuş Tavuk Ürünleri Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu. *Kuzey Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı*. <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/erzincan-ili-dondurulmus-tavuk-urunleri-on-fizibilite-raporu-2021.pdf>. Accessed: 30- Sep-2022.
- Anonymous, (2020). World, Europe, and Turkey's Chicken Meat Production Quantities. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT)*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>, Accessed: 08.09.2022.
- AOAC, (2000). *Official Methods of Analysis*. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Ananey-Obiri, D., Matthews, L., and Tahergorabi, R. (2020). Chicken processing by-product: A source of protein for fat uptake reduction in deep-fried chicken. *Food Hydrocolloids*, 101, 105500.
- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D. Y. M. M., and Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410-427.
- Bao, G., Niu, J., Li, S., Zihang, L., and Luo, Y. (2022). Effects of ultrasound pretreatment on the quality, nutrients and volatile compounds of dry-cured yak meat. *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, 105864.
- Barutcu, I., Sahin, S., and Sumnu, G. (2009). Effects of microwave frying and different flour types addition on the microstructure of batter coatings. *Journal of Food Engineering*, 95(4), 684-692.
- Bingol, G., Zhang, A., Pan, Z., and McHugh, T. H. (2012). Producing lower-calorie deep fat fried French fries using infrared dry-blanching as pretreatment. *Food chemistry*, 132(2), 686-692.
- Bingol, G., Wang, B., Zhang, A., Pan, Z., and McHugh, T. H. (2014). Comparison of water and infrared blanching methods for processing performance and final product quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 121, 135-142.
- Bouchon, P., Hollins, P., Pearson, M., Pyle, D. L., and Tobin, M. J. (2001). Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy. *Journal of Food Science*, 66(7), 918-923.
- Bouchon, P., Aguilera, J. M., and Pyle, D. L. (2003). Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 68(9), 2711-2716.

- Bunger, A., Moyano, P., and Rioseco, V. (2003). NaCl soaking treatment for improving the quality of French-fried potatoes. *Food Research International*, 36(2), 161-166.
- Chayawat, J., and Rumpagaporn, P. (2020). Reducing chicken nugget oil content with fortified defatted rice bran in batter. *Food Science and Biotechnology*, 29(10), 1355-1363.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, and Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813-835.
- Chen, S. D., Chen, H. H., Chao, Y. C., and Lin, R. S. (2009). Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering*, 95(2), 359-364.
- Choe, E., and Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72, R77-86.
- Dana, D., and Saguy, I. S. (2001). Frying of nutritious foods: obstacles and feasibility. *Food Science and Technology Research*, 7(4), 265-279.
- Dehghannya, J., Naghavi, E. A., and Ghanbarzadeh, B. (2016). Frying of potato strips pretreated by ultrasound-assisted air-drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4), 583-592.
- Dokuzlu, S., Barış, O., Hecer, C., & Gldaş, M. (2013). Türkiye'de tavuk eti tüketim alışkanlıkları ve marka tercihleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 83-92.
- Dursun Çapar, T. (2014). Kızartma ncesi Patateslere Uygulanan Kurutma İşleminin Kızartma Yağı ve Patates Kalitesi zerine Etkisi. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Gamble, M. H., and Rice, P. (2007). Effect of pre-fry drying of oil uptake and distribution in potato crisp manufacture. *International Journal of Food Science and Technology*, 22, 535-548.
- Gökçe, R., Akgün, A. A., Ergezer, H., ve Akcan, T. (2016). Farklı kaplama bileşenleriyle kaplamanın derin yağda kızartılan piliç nuggetların bazı kalite karakteristikleri üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 331-338.
- Hassanin, F. S., Hassan, M. A., Shaltout, F. A., Shawqy, N. A., and Abd-Elhameed, G. A. (2017). Chemical criteria of chicken meat. *Benha Veterinary Medical Journal*, 33(2), 457-464.
- Ignat, A., Manzocco, L., Brunton, N. P., Nicoli, M. C., & Lyng, J. G. (2015). The effect of pulsed electric field pre-treatments prior to deep-fat frying on quality aspects of potato fries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 65-69.
- Inguglia, E. S., Granato, D., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., and Burgess, C. M. (2021). Ultrasound for meat processing: Effects of salt reduction and storage on meat quality parameters. *Applied Sciences*, 11, 117.
- İskender, H., Kanbay, Y., and zçelik, E. (2015). Artvin Çoruh niversitesi ğrencilerinin tavuk eti tüketim tercihleri. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 29(1), 09-13.

- Janositz, A., Noack, A. K., and Knorr, D. (2011). Pulsed electric fields and their impact on the diffusion characteristics of potato slices. *LWT-Food Science and Technology*, 44(9), 1939-1945.
- Janve, B., Yang, W., and Sims, C. (2015). Sensory and quality evaluation of traditional compared with power ultrasound processed corn (*Zea mays*) tortilla chips. *Journal of Food Science*, 80(6), S1368-S1376.
- Jiang, H., Zhang, M., Mujumdar, A. S., and Lim, R. X. (2011). Comparison of the effect of microwave freeze drying and microwave vacuum drying upon the process and quality characteristics of potato/banana re-structured chips. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(3), 570-576.
- Kang, D. C., Zou, Y. H., Cheng, Y. P., Xing, L. J., Zhou, G. H., and Zhang, W. G. (2016). Effects of power ultrasound on oxidation and structure of beef proteins during curing processing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 33, 47-53.
- Kang, D. C., Gao, X. Q., Ge, Q. F., Zhou, G. H., and Zhang, W. G. (2017). Effects of ultrasound on the beef structure and water distribution during curing through protein degradation and modification. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 317-325.
- Kara, M. A., Tekeli, A., and Mikail, N. (2020). Üniversite öğrencilerinin tavuk eti tüketim alışkanlıkları: Siirt Üniversitesi örneği, Türkiye. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(3), 327-336.
- Karakaya, E., and İnci, H., (2014). Bingöl ili merkez ilçesi hane halkının kanatlı eti tüketim tercihleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 53-64.
- Karataş, N. (2022). Ultrases Destekli Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Kaplanmış Tavuk Ürününün Kalite Kriterlerine Etkisi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Karizaki, V. M., Sahin, S., Sumnu, G., Mosavian, M. T. H., and Luca, A. (2013). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration as a pretreatment on deep fat frying of potatoes. *Food and Bioprocess Technology*, 6(12), 3554-3563.
- Kawas, M. L., and Moreira, R. G. (2001). Effect of degree of starch gelatinization on quality attributes of fried tortilla chips. *Journal of Food Science*, 66(2), 300-306.
- Kim, H-Y., Kim, K-J., Lee, J-W., Kim, G-W., Choe, J-H., Kim, H-W., Yoon, Y., and Kim, C-J. (2015). Quality evaluation of chicken nugget formulated with various contents of chicken skin and wheat fiber mixture. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(1)), 19-26.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., and Marinos-Kouris, D. (2001). Effect of osmotic dedydration pretreatment on quality of french fries. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 339-345.
- Lalam, S., Sandhu, J. S., Takhar, P. S., Thompson, L. D., and Alvarado, C. (2013). Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 110-119.
- Liu, T., Dodds, E., Leong, S. Y., Eyres, G. T., Burritt, D. J., and Oey, I. (2017). Effect of pulsed electric fields on the structure and frying quality of “kumara” sweet potato tubers. *Innovative Food science & Emerging Technologies*, 39, 197-208.

- Maity, T., Raju, P. S., and Bawa, A. S. (2012). Effect of freezing on textural kinetics in snacks during frying. *Food and Bioprocess Technology*, 5(1), 155-165.
- Martelli, M. D. R., Carvalho, R. A. D., Sobral, P. J. D. A., and Santos, J. S. D. (2008). Reduction of oil uptake in deep fat fried chicken nuggets using edible coatings based on cassava starch and methylcellulose. *Italian Journal of Food Science*, 20(1) 111-117.
- Martínez-Ávila, M., Vélez-Ruiz, J. F., and Sosa-Morales, M. E. (2010). Combination of hot air drying and deep-fat frying to reduce the oil content in chicken nuggets. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(10), 2101-2107.
- Miano, A. C., Rojas, M. L., and Augusto, P. E. D. (2019). Structural changes caused by ultrasound pretreatment: Direct and indirect demonstration in potato cylinders. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 176-183.
- Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E., & Barrufet, M. A. (1999). Deep fat frying: Fundamentals and applications. Springer, Gaithersburg.
- Moyano, P. C., and Pedreschi, F. (2006). Kinetics of oil uptake during frying of potato slices:: Effect of pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3), 285-291.
- Myers, A. S., and Brannan, R. G. (2012). Efficacy of fresh and dried egg white on inhibition of oil absorption during deep fat frying. *Journal of Food Quality*, 35(4), 239-246.
- Ngadi, M. O., Bazhal, M. I., and Raghavan, G. V. (2003). Engineering aspects of pulsed electroporation of vegetable tissues. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Invited Overview Paper. 5, 1-10.
- Ngadi, M. O., Wang, Y., Adedeji, A. A., and Raghavan, G. S. V. (2009). Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 438-440.
- Nowak, D., Piechucka, P., Witrowa-Rajchert, D., and Wiktor, A. (2016). Impact of material structure on the course of freezing and freeze-drying and on the properties of dried substance, as exemplified by celery. *Journal of Food Engineering*, 180, 22-28.
- O'Brien, R. D. (2008). *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*. CRC Press.
- Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Yang, X., and Onwudeb, D. I. (2017a). Effects of ultrasound pretreatments on the kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of sweet potato (*Ipomea batatas*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 43, 7-17.
- Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., and Yang, X. (2017b). Influence of ultrasound pretreatments on diffusion coefficients, texture and colour of osmodehydrated sweet potato (*Ipomea batatas*). *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 888-896.
- Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Uzoejinwa, B. B., and Yang, X. (2018). Application of pretreatment methods on agricultural products prior to frying: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(2), 456-466.

- Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., and Akinsola, A. O. (2018). Frying of food: A critical review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(2), 107-127.
- Ouchon, P. B., Aguilera, J. M., and Pyle, D. L. (2003). Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 68(9), 2711-2716.
- Pedreschi, F., and Moyano, P. (2005). Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering*, 70(4), 557-563.
- Piyalungka, P., Sadiq, M. B., Assavarachan, R., and Nguyen, L. T. (2019). Effects of osmotic pretreatment and frying conditions on quality and storage stability of vacuum-fried pumpkin chips. *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 2963-2972.
- Primo-Martín, C., and Van Deventer, H. (2011). Deep-fat fried battered snacks prepared using super heated steam (SHS): Crispness and low oil content. *Food Research International*, 44(1), 442-448.
- Qiu, L., Zhang, M., Wang, Y., and Bhandari, B. (2018). Effects of ultrasound pretreatments on the quality of fried sweet potato (*Ipomea batatas*) chips during microwave-assisted vacuum frying. *Journal of Food Process Engineering*, 41(8), e12879.
- Rice, P., and Gamble, M. H. (1989). Modelling moisture loss during potato slice frying. *International Journal of Food Science and Technology*, 24, 183-187.
- Reyniers, S., Ooms, N., and Delcour, J. A. (2020). Transformations and functional role of starch during potato crisp making: A review. *Journal of Food Science*, 85(12), 4118-4129.
- Saguy, I. S., Gremaud, E., Gloria, H., and Turesky, R. J. (1997). Distribution and quantification of oil uptake in French fries utilizing a radiolabeled ¹⁴C palmitic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(11), 4286-4289.
- Soria, A. C., and Villamiel, M. (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 323-331.
- Su, Y., Zhang, M., Zhang, W., Adhikari, B., and Yang, Z. (2016). Application of novel microwave-assisted vacuum frying to reduce the oil uptake and improve the quality of potato chips. *LWT-Food Science and Technology*, 73, 490-497.
- Su, Y., Zhang, M., Zhang, W., Liu, C., and Adhikari, B. (2018). Ultrasonic microwave-assisted vacuum frying technique as a novel frying method for potato chips at low frying temperature. *Food and Bioprocess Processing*, 108, 95-104.
- Taiwo, K. A., and Baik, O. D. (2007). Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural properties of fried sweet potatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 40(4), 661-668.
- Tao, Y., and Sun, D. W. (2015). Enhancement of food processes by ultrasound: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4), 570-594.
- Tirado, D. F., Acevedo, D., and Montero, P. M. (2015). Heat and mass transfer during frying of food: Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and pan fruit (*Artocarpus communis*). *Información Tecnológica*, 26(1), 85-94.

- Turhan, S., Yazici, F., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., and Genccelep, H. (2014). Evaluation of the nutritional and storage quality of meatballs formulated with bee pollen. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(4), 423-433.
- Uyarcan, M., Yayla, E., Akgül, D., İşseven, D. (2022). Development of healthier gluten-free chicken products coated with different cereal sources. *British Food Journal*, 124(4), 1301-1313.
- Van Loon, W. A., Linssen, J. P., Legger, A., Heijmans, R. M., van Deventer, H. C., Burgering, M. J., and Voragen, A. G. (2005). Study of a new energy efficient process for French fries production. *European Food Research and Technology*, 221(6), 779-786.
- Varela, P., and Fiszman, S. M. (2011). Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1801-1812.
- Wang, J. Y., Yang, Y. L., Tang, X. Z., Ni, W. X., and Zhou, L. (2017). Effects of pulsed ultrasound on rheological and structural properties of chicken myofibrillar protein. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 225-233.
- Yu, Z., Su, Y., Zhang, Y., Zhu, P., Mei, Z., Zhou, X., and Yu, H. (2021). Potential use of ultrasound to promote fermentation, maturation, and properties of fermented foods: A review. *Food Chemistry*, 357, 129805.
- Yılmaz, İ., and Yılmaz, B. (2018). Determination on coated chicken meat products (nugget, schnitzel, cordon bleu) physical, chemical and microbiological quality characteristics. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(6), 52-58.
- Zeng, H., Chen, J., Zhai, J., Wang, H., Xia, W., and Xiong, Y. L. (2016). Reduction of the fat content of battered and breaded fish balls during deep-fat frying using fermented bamboo shoot dietary fiber. *LWT-Food Science and Technology*, 73, 425-431.
- Zhang, Q., Saleh, A. S. M., Chen, J., and Shen, Q. (2012). Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review. *Chemistry and Physics of Lipids*, 165, 662-681.
- Zhang, J., and Fan, L. (2021). Effects of preliminary treatment by ultrasonic and convective air drying on the properties and oil absorption of potato chips. *Ultrasonics Sonochemistry*, 74, 105548.
- Zhang, J., Xie, T., and Fan, L. (2021a). Improving the quality and reducing oil absorption of fried potato chips by ultrasound pretreatment. *LWT-Food Science and Technology*, 148, 111763.
- Zhang, J., Yu, P., Fan, L., and Sun, Y. (2021b). Effects of ultrasound treatment on the starch properties and oil absorption of potato chips. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105347.
- Zielinska, M., Błaszczak, W., and Devahastin, S. (2015). Effect of superheated steam prefrying treatment on the quality of potato chips. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(1), 158-168.

ÖZGEÇMİŞ

Anahi Guadalupe COZAIN MONTIEL, COBAES 57 Prof. Ignacio Martinez Gallegos (Meksika) Lisesi'ni bitirdikten sonra Tecnológico Nacional de México Campus Los Mochis (Meksika) Üniversitesi Kimya ve Biyokimya bölümünden 17.11.2017 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında Türkiye burslusu olarak OMÜ LEE Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına kayıt yaptırdı. Mezuniyetinden sonra bir süre Gıda Araştırma ve Geliştirme Merkezinde (Meksika) çalışan Anahi Guadalupe COZAIN MONTIEL, iyi derecede İspanyolca bilmektedir. 19/12/2022.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-8227-8713

Yayınlar:

1. Cozain Montiel, A. G., Tombuloğlu, H., and Turhan, S. 2022. A nonthermal emerging technology for reducing the oil absorption in deep-fried foods: Ultrasound. *4th International Conference on Advanced Engineering Technologies*, Bayburt, Turkey, p 37-41.

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. Türkiye Bursları