

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**

**ULTRASES VE MARİNASYON UYGULAMALARININ
KIRMIZI ET KALİTESİ VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİSİ**

Işıl ATMACA

**Danışman
Prof. Dr. Semra KAYAARDI
Dr.Öğr.Üyesi Müge UYARCAN**

MANİSA-2025

**İŞİL
ATMACA**

**ULTRASES VE MARINASYON UYGULAMALARININ KIRMIZI ET KALİTESİ VE
RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİSİ**

2025

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

Işıl ATMACA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Işıl ATMACA

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim

Dalı

Danışman: Prof. Dr. Semra KAYAARDI

İkinci Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Müge UYARCAN

Et ve et ürünlerinin proses basamaklarında güvenli üretim sağlamak amacıyla genel olarak termal teknolojiler uygulanmaktadır. Termal teknolojiler haricinde güvenilirliği sağlamak amaçlı çeşitli antimikrobiyal ve/veya antioksidan katkı maddeleri de kullanılmaktadır. Bu bağlamda et ve et ürünlerinin işlenmesinde doğal bitkisel alternatif kaynaklarla yapılan marinasyon uygulamaları son yıllardaki literatür çalışmalarında dikkat çekmektedir. Bu çalışmada ultrases teknolojisi ile birlikte doğal bitkisel kaynaklardan soğan, kekik, zeytinyağı kullanılarak yapılan marinasyon işleminin et kalitesi ve raf ömrü üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ön denemeler ile yapılan optimizasyon sonucu belirlenen oranlarda soğan (%33,2), kekik (%3,6) ve zeytinyağı (%63,2) içeren marinatlar hazırlanarak kuşbaşı et örneklerine ultrasonik su banyosunda 20 dk ve 40 dk ultrases destekli marinasyon işlemi uygulanmıştır. Uygulama yapılan örnekler, +4°C’de 15 gün muhafaza edilmiş ve depolama süresince fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal analizler gerçekleştirilerek kalite özellikleri belirlenmiştir.

Ultrases ve marinasyon işlemlerinin birlikte kullanımının +4°C’de 15 gün depolama sonunda kuşbaşı et örneklerinin pH ve su aktivitesi değerlerini ($P>0,05$) etkilemediği ancak nem ve pişme kaybı değerlerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örneklerin L^* ve b^* değerlerinin depolama sonunda önemli düzeyde

arttığı buna paralel olarak a^* değerlerinin önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır ($P<0,05$). Depolama sonunda örneklerin TBARS değerlerinin kontrol grubuyla benzerlik gösterdiği ancak ultrases ve marinasyon işleminin birlikte yapıldığı gruplarda değerlerin daha düşük olduğu bulunmuştur ($P>0,05$). Bununla birlikte ultrases ve marinasyon uygulamasının depolama sonunda örneklerin sertlik değerini önemli ölçüde azaltarak tekstürel özellikleri geliştirdiği diğer yandan toplam karbonil miktarında azalma sağlayarak protein oksidasyonunu geciktirdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ultrases ve marinasyon uygulanmış örneklerin TAMB ve maya sayıları da kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Duyusal değerlendirmede panelistler tarafından en çok beğenilen grup marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek grubu seçilmiştir.

Sonuç olarak, ultrases ve marinasyon işleminin birlikte kullanımının renk, tekstür, pişme kaybı, protein oksidasyonu, duyusal özellikler ve mikrobiyal güvenilirlik açısından et kalitesinin geliştirilmesine yönelik başarılı bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: ultrases, marinasyon, kekik, soğan, zeytinyağı, dana eti, taze et, marine et.

2025, 105 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Işıl ATMACA

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education Department of
Food Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Semra KAYAARDI
Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mge UYARCAN**

Thermal technologies are generally applied to ensure safe production in the processing stages of meat and meat products. In addition to thermal technologies, various antimicrobial and/or antioxidant additives are used to ensure safety. The use of natural plant-based alternative sources for marination methods in the processing of meat and meat products has gained attention in recent literature studies in recent years. This study aims to determine the effect of marination processes using onion, thyme, and olive oil as natural plant sources, along with ultrasounds technology, on meat quality and shelf life. For this purpose, marinades containing onion (33.2%), thyme (3.6%), and olive oil (63.2%) were prepared based on the ratios determined from preliminary trials, and ultrasonic treatment was applied to diced meat samples for 20 minutes and 40 minutes in an ultrasonic water bath. Physical, chemical, microbiological, and sensory analyses were conducted on the samples during a 15-day storage period at 4°C to determine quality characteristics.

The combined use of ultrasound and marination processes did not affect the pH and water activity of chopped meat samples ($P>0,05$) after 15 days of storage at 4°C, but significantly reduced moisture and cooking loss values compared to the control group ($P<0,05$). It was determined that the L^* and b^* values of the samples subjected to ultrasounds and marination processes significantly increased at the end of storage, while the a^* values significantly decreased ($P<0,05$). At the end of storage,

the TBARS values of the samples were similar to those of the control group, but the values were lower in the groups where ultrasounds and marination were applied together ($P>0,05$). Additionally, it was found that the application of ultrasounds and marination significantly reduced the hardness values of the samples, thereby improving their textural properties, while also decreasing total carbonyl content, delaying protein oxidation ($P<0,05$). The TAMB and yeast counts of the samples subjected to ultrasound and marination were also found to be significantly lower compared to the control group ($P<0,05$). In the sensory evaluation, the group that was most liked by the panelists was the sample group marinated with ultrasounds for 40 minutes.

In conclusion, it is considered that the combined use of ultrasounds and marination processes is a successful application for improving meat quality in terms of color, texture, cooking loss, protein oxidation, sensory properties, and microbial safety.

Keywords: ultrasound, marination, onion, oregano, olive oil, beef, fresh meat, marinated meat.

2025, 105 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada ultrases ve marinasyon işleminin kırmızı et kalitesi ve raf ömrü üzerine etkileri incelenmiştir. Taze etin fonksiyonel ve organoleptik özelliklerini geliştirmek amacı ile doğal bitkisel kaynaklardan (kekik, zeytinyağı ve soğan) oluşan marinasyon sıvısı ile marine edilmesi ve bunun yanı sıra ultrases teknolojinin kullanımı ile marinasyon etkinliğinin artırılması ve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen örneklerde ultrases ve marinasyon işleminin fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal özellikler ile raf ömrüne etkisi araştırılmış ve bilgi verilmiştir.

Tez çalışmamın planlanması ve yürütülmesi sürecinde liderlik ederek bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini her zaman paylaşan, akademik hayatımın temelini atan kıymetli danışmanlarım Sayın Prof. Dr. Semra KAYAARDI ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Müge UYARCAN'a; çalışmalarımı yönlendirme sürecinde fikir, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ceyda SÖBELİ'ye; analizlerimde ve akademik hayatım boyunca sıcak kalbiyle beni motive eden, ilgisi ve sevgisiyle her zaman destek olan kıymetli hocam Dr. Dilay YILDIZ'a; bana güvenerek destek veren, çalışmalarımnda rehberlik eden değerli hocam Sayın Doç. Dr. Hasan Buğra ÇOBAN'a; analiz sürecimde teknik ve bilimsel desteğiyle her zaman yanımda olan ve desteğini hissettiren laboratuvar sorumlusu Gülşen GÖDE'ye; tez çalışmalarımın zorlu sürecinde güler yüzüyle beni yalnız bırakmayan, sevgisini ve desteğini her zaman hissettiren, birlikte çalışmaktan onur ve gurur duyduğum ve geleceğin en başarılı akademisyenlerinden biri olacağına inandığım Sayın Sude Cansın GÜNGÖR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün BAP 2023-064 nolu proje desteğiyle yürütülmüştür. Çalışmamın hayata geçirilmesine katkı sağlayan Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Hayat yolculuğumda beni her zaman destekleyen, maddi ve manevi varlıklarıyla yanımda olan, en büyük güç kaynağım sevgili babam Mevlüt ATMACA'ya; sevgi, şefkat ve dualarıyla bana huzur veren, her zaman motivasyon

kaynağım olan annem Leyla ATMACA'ya; küçük yaşına rağmen büyük düşünceleriyle azmime ilham katan kardeşim Selami Emre ATMACA'ya; şirketim Bortar GROUP'a; sevgisi ve ilgisiyle desteğini hayatımın her alanında hissettiğim Bortar Group Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı Sayın Mustafa KÜÇÜKKURT'a; bu süreçte yanımda olarak desteğini esirgemeyen ve yolculuğumu kolaylaştıran Bortar Group Üretim Müdür Yardımcısı Sayın Ceren ERMURAT'a gönülden teşekkür ederim.

Işıl ATMACA

Manisa, 2025



*Bu eserimi, çalışmalarım sırasında çok zorlu bir süreçten geçen; kendisini, hayatı ve umudu bana yeniden armağan eden, sessiz kahramanım ve hayatımın en değerli parçası olan **kardeşim Fahrettin Sami ATMACA**'ya ithaf ediyorum...*

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	yüzde
a_w	Su aktivitesi
CFU/cm ²	koloni oluşturan birim/santimetre kare
dk	dakika
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ml	mililitre
NaCl	sodyum klorür
°C	santigrat derece
PK	pişme kaybı
TAMB	toplam aerobik mezofilik bakteri
TBA	tiyobarbütirik asit analizi
TPA	tekstür profil analizi
cm	santimetre
g	gram
kHz	kiloherz
W	watt
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
N	Newton
nm	nanometre
PCA	Plate Count Agar
XLD	Xylose Lysine Deoxycholate
XLT4	Xylose-Lysine-Tergitol 4
HHA	Heterosiklik Aromatik Amin

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.1.1. Daldırma yöntemi ile marinasyon	6
Şekil 1.1.1.2. Enjeksiyon yöntemi ile marinasyon	7
Şekil 1.1.1.3. Tamburlama yöntemi ile marinasyon	9
Şekil 2.1.3. Örneklerin ultrases uygulaması	39
Şekil 3.5. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca TBARS değerleri değişimi (mg MDA/kg)	61
Şekil 3.9.1. Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca TAMB (log kob/g) değerlerinin değişimi	77



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 2.1.1. Ultrases ve marinasyon uygulaması yapılmış et örneklerine ilişkin deneme deseni	36
Tablo 2.2.10. Deneme gruplarının duyusal kalite kriterleri ve derecelendirme	45
Tablo 3.1.1. Marine edilerek ultrases uygulanmış et örneklerinin depolama süresince nem değerleri değişimi (%)	48
Tablo 3.1.2. Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin protein, yağ, kül değerleri	49
Tablo 3.2. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin pH değerleri	52
Tablo 3.3. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca su aktivitesi (a_w) değerleri	54
Tablo 3.4.1. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama süresince L^* değerleri	56
Tablo 3.4.2. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama süresince a^* değerleri	58
Tablo 3.4.3. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama süresince b^* değerleri	59
Tablo 3.6. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca toplam karbonil değerleri (nmol/mg protein)	64
Tablo 3.7. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca pişme kaybı değerleri (%)	67
Tablo 3.8.1. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca sertlik değerleri (N)	69
Tablo 3.8.2. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca iç yapışkanlık değerleri	70
Tablo 3.8.3. Ultrases ve marinasyon uygulanan kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca elastikiyet değerleri	71
Tablo 3.8.4. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca sakızimsılık değerleri (N)	72
Tablo 3.8.5. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca çiğnenebilirlik değerleri (N)	73
Tablo 3.9.2. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca maya sayısı (log kob/g)	78
Tablo 3.10. Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin duyusal analiz değerleri	80

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XIII
İÇİNDEKİLER	XIV
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Et Endüstrisinde Marinasyon Uygulaması	4
1.1.1. Marinasyon Yöntemleri	5
1.1.1.1. Daldırma Yöntemi	5
1.1.1.2. Enjeksiyon Yöntemi	6
1.1.1.3. Tamburlama Yöntemi	7
1.1.1.4. Uygulama Sıcaklık Koşullarına Göre Marinasyon Yöntemleri	10
1.1.2. Marinasyonda Kullanılan Doğal Marinat Bileşenleri	10
1.1.3. Marinasyon Uygulamasının Et Kalitesine Etkisi	16
1.2. Et Endüstrisinde Ultrases Uygulaması	19
1.2.1 Ultrases Uygulama Yöntemleri	21
1.2.2. Ultrases Uygulamasının Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları	23
1.2.3. Ultrases Uygulamasının Et Kalitesine Etkisi	25
1.2.4. Ultrases Uygulamasının Diğer İşleme Teknikleriyle Birlikte Kullanımının Et Kalitesine Etkisi	29
1.2.5. Ultrases ve Marinasyon Uygulamasının Birlikte Kullanımının Et Kalitesine Etkisi	31
1.2.6. Ultrases Uygulamasının Et Pişirme İşlemine Etkisi	32

1.2.6.1. Pişirme Teknikleri	33
1.2.6.2. Ultrases Uygulaması ve Pişirme	34

İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL	36
2.1.1. Deneme Deseni	36
2.1.2. Örneklerin Hazırlanması	37
2.1.3. Marınasyon ve Ultrases Uygulaması	38
2.2. YÖNTEM	39
2.2.1. Genel Bileşim Analizleri	39
2.2.2. pH	39
2.2.3. Su aktivitesi	39
2.2.4. Renk Analizi	39
2.2.5. Tiyoarbutirik Asit Reaktif Maddeleri (TBARS) Tayini	40
2.2.6. Toplam Karbonil Miktarı Tayini	40
2.2.7. Pişme kaybı	41
2.2.8. Tekstür Profil Analizi (TPA)	41
2.2.9. Mikrobiyolojik Analizler	42
2.2.9.1. Örneklerin Analize Hazırlanması	42
2.2.9.2. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı	42
2.2.9.3. Maya –küf sayımı	42
2.2.9.4. <i>Salmonella</i> spp. aranması	43
2.2.10. Duyusal Analiz	43
2.2.11. İstatistiksel Analiz	46

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Kuşbaşı Et Örneklerinin Genel Bileşimi	47
3.1.1. Nem	47

3.1.2. Protein, Yağ, Kül	49
3.2. pH	52
3.3. Su Aktivitesi	54
3.4. Renk	56
3.4.1. L^* değeri	56
3.4.2. a^* değeri	57
3.4.3. b^* değeri	59
3.5. Tiyo Barbütirik Asit Reaktif Maddeleri (TBARS)	61
3.6 Toplam Karbonil Değerleri	63
3.7. Pişme kaybı	66
3.8. Tekstür Profil Analizi	69
3.9. Mikrobiyolojik Analizler	75
3.9.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB)	75
3.9.2. Maya-küf	77
3.9.3. <i>Salmonella</i> spp.	79
3.10. Duyusal analiz	79

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar	83
4.2. Öneriler	86

GİRİŞ

Hayvansal gıdalardan kırmızı et, sağlıklı ve dengeli beslenmede günlük ihtiyacın karşılanmasında önemli besin kaynaklarından biridir. Yapısında bulundurduğu proteinler, temel amino asitler, lipitler, demir, çinko gibi mineral maddelerle biyolojik değeri yüksek gıda maddesi sınıfına girmektedir (Gargi ve Sengün, 2021). Kırmızı etin yüksek su aktivitesi ve zengin biyokimyasal bileşimi, mikroorganizmaların üremesi için elverişli bir ortam sağlayarak etin bozulmasına ve patojenlerin gelişmesine yol açmaktadır. Etin pH değeri, mikrobiyal bozulma üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Taze kırmızı etin pH'ı genellikle 5,6-5,7 olurken mikrobiyal bozulma ile bu değer 6,0'ın üzerine çıkmaktadır (Jeremiah, 2001). Bu özellikler, etin uygun muhafaza koşulları sağlanmadığında hızlı bir şekilde bozulmasına neden olabilmekte ve bu durum hem gıda güvenliği hem de kalite açısından ciddi riskler oluşturabilmektedir (Rahman ve ark., 2023; Jay, 2017). Et ve et ürünlerinin proses basamaklarında güvenli bir üretim sağlamak amacıyla genel olarak termal teknolojiler uygulanmaktadır (Sujiwo ve ark., 2018). Termal teknolojilere ek olarak güvenilirliği sağlamak amaçlı çeşitli antimikrobiyal ve/veya antioksidan katkı maddeleri de kullanılmaktadır. (Gargi ve Sengün, 2021).

Son dönemlerde tüketicilerin tercih ve talepleri doğal lezzete sahip minimum işlem görmüş ürünlere yönelmiştir. Minimum işlem görmüş et ve et ürünlerinin üretimi ve muhafazasına yönelik yapılan güncel çalışmalar incelendiğinde; ultrases, yüksek basınç, vurgulu ışık gibi ısıl olmayan teknolojiler ve/veya doğal bitkisel kaynakların kullanıldığı marinasyon yöntemlerinin kullanıldığı dikkat çekmektedir. (Ergezer ve Gökçe, 2004; Akkara ve Kayaardı, 2014; Yüksel, 2013). Marinasyon tekniği, et kalitesine katkıda bulunmanın yanı sıra önemli patojenlere karşı antimikrobiyal etkiler göstererek bu kullanımı desteklemektedir (Kahraman ve ark., 2010). Kırmızı etin lezzetini ve kalitesini artırmak amacıyla uygulanan marinasyon işlemi, etin belirli bir süre asidik veya enzimatik bileşikler içeren bir sıvıda bekletilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu işlem, etin gevrekliğini artırarak lezzetini zenginleştirmekte ve pişirme sırasında oluşabilecek ağırlık kaybını azaltmaktadır (Mutlu ve Terlemez, 2024).

Ülkemizde, marinasyon teknolojisi bazı işletmelerde küçük ölçekli olarak uygulanmakla birlikte henüz yaygınlaşmadığı gözlenmektedir. Marinasyon sıvısına farklı baharatlar, aroma maddeleri ve çeşni vericilerin eklenmesi, tüketici tercihlerini etkileyerek daha lezzetli, sulu ve yumuşak ürünlerin elde edilmesini sağlayabilmektedir. Gıda üretiminde güvenilirliğin ve doğal kaynaklara olan talebin arttığı bu süreçte, doğal katkı maddeleri ile marine edilmiş et ürünlerine yönelik çalışmaların endüstriye önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir (Parks ve ark., 2000).

Son zamanlarda marinasyon uygulanan et ve et ürünlerinin tüketimi ülkemizde artış göstermiştir. Et endüstrisinde çeşitli marinasyon sıvıları kullanılarak uygulanan marinasyon yönteminin, hem ürün güvenliğini sağlayarak raf ömrünü uzattığı hem de lezzet üzerindeki olumlu etkiler yarattığı görülmektedir (Duran ve ark., 2006, Çarbuğa, 2019; Sujiwo ve ark.,2019). Literatürde, soğan, zeytinyağı ve kekik gibi doğal bitkisel kaynakların, et ve et ürünlerinde önemli antioksidan ve antimikrobiyal etkilere sahip oldukları için ön plana çıktığı belirtilmektedir (Ertürk ve ark., 2010; Köseoğlu ve ark., 2011; Singh ve diğerleri, 2020).

Güncel literatür çalışmalarında marinasyon işlemi ile ultrases uygulamasının, marinasyonun etkinliğini arttırdığı ifade edilmektedir (Zheng ve ark., 2024). Yüksek yoğunluklu ultrases (HIU), geleneksel gıda koruma yöntemlerine alternatif olarak kabul edilen yeşil ve gelecek vaat eden bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Chemat ve ark., 2011). Ultrases, sıvı ortamda akustik kavitasyon oluşturarak uygulanan ürünlerdeki değişikliklerden sorumlu ana mekanizma olarak görülmektedir. Etin marinasyonunda ultrases teknolojisinin kullanımı kütle transferini artırarak marinasyon sıvısının et dokusuna etkin şekilde nüfuz etmesini sağlamaktadır. Bu yöntem, aynı zamanda etin gevrekleştirilmesi ve mikroorganizmaların inaktivasyonu gibi işlemler için de kullanılmaktadır (Cárcel ve ark., 2007; Alarcon-Rojó ve ark., 2015). Ayrıca, geleneksel et olgunlaştırma yöntemlerine bir alternatif olarak etin kalite özelliklerini artırmada da etkili olduğu belirtilmektedir. Ultrases uygulamasının sanitize edici bir madde ile kombinasyonunun, gıdalardaki mikrobiyal yükü düşürdüğü ifade edilmektedir (Rojó ve ark., 2015). Ultrases tekniği aynı zamanda tekstil, sağlık, boya ve otomotiv gibi diğer sektörlerde iplik ağartma, kirli makine parçaları, tıbbi

ekipmanlar, elektronik bileşenler ve girintili çıkıntılı yüzeyler, geleneksel temizlik yöntemleriyle temizlenemeyen alanlarda alternatif bir temizlik teknolojisi olarak kullanılmaktadır (Duran ve ark., 2006). Gıda endüstrisinde ise yeni bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır (Mehenktaş, 2022).

Bu çalışmada, doğal kaynaklar kullanılarak etin marine edilmesi, aynı zamanda termal olmayan bir teknoloji olan ultrases ile desteklenerek ürünün kalite özelliklerinin iyileştirilmesi, bozulmaya sebep olan kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonların oluşumunun engellenmesi ve raf ömrünün uzatılması amaçlanmıştır. Marinasyon işleminin etkinliğinin ultrases tekniğiyle artırılmasıyla ürünlerin daha uzun süre bozulmadan muhafaza edilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçların endüstriyel üretimlere uyarlanmasıyla, hazır yemek sektöründe ve restoranlarda iş gücü avantajı sağlayacak güncel teknolojiler kullanılarak, marine edilmiş ve raf ömrü uzatılmış ürünlerin üretimi mümkün hale gelecektir. Bu sayede, maliyeti düşük ve yeşil teknoloji kullanımını teşvik eden ürünlerin üretimine katkı sağlanabilecektir.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

Sağlıklı ve dengeli beslenmenin temel unsurları arasında yer alan taze et günlük diyetin vazgeçilmez bir ögesi olarak kabul edilmektedir. Et bileşimi; %18-20 protein, %72-75 su, %3 yağ, %1 karbonhidrat ve %1 vitamin ve mineral maddelerden oluşmaktadır (Anar, 2020). Kırmızı et özellikle protein ve demir kaynağı olarak görülmektedir (Yıldırım ve ark., 2024). Protein, insan beslenmesinde en temel gıda bileşenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Gelişimini tamamlamış bir bireyin günlük protein ihtiyacı kilogram başına 0,9-1 gram arasında değişirken, hamile kadınlarda bu ihtiyaç 1,5 gram, küçük çocuklarda ise yaşa bağlı olarak 1-3,5 gram arasında farklılık göstermektedir (Deniz Eylem, 2009). Günümüz sosyoekonomik koşulları ve değişen damak zevkleri, taze et tüketim alışkanlıklarının değişmesine yol açmıştır. Özellikle, etin doğrudan pişirilmesi yerine marinasyon işlemiyle gevrekleştirilerek pişirilmesi hem evde hem de ev dışı organizasyon yapılarında artan bir tüketim trendi haline gelmiştir (Şeker ve ark., 2020).

1.1. Et Endüstrisinde Marinasyon Uygulaması

Taze et, biyolojik yapısı gereği bozulmaya oldukça yatkın bir gıda maddesidir. Etin tazeliği ve raf ömrü, mikroorganizmalar, endojen enzimler, depolama sıcaklığı, atmosferik oksijen, nem ve ışık gibi çeşitli faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle, etin kalitesini korumak ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla etkin muhafaza tekniklerinin uygulanması büyük bir önem arz etmektedir (Akkara ve Kayaardı, 2014). Et ürünlerinin lezzetini ve tekstürünü geliştirmek amacıyla, pişirme işlemi öncesinde genellikle marinasyon işlemi uygulanmaktadır (Guo ve ark., 2023). Marinasyon, etin duyuşal niteliklerini ve pişirme özelliklerini iyileştirmenin yanı sıra, raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyolojik özelliklerini geliştirmek açısından önemli bir et işleme yöntemidir. Et ve et ürünlerinin duyuşal özelliklerini geliştirmek amacıyla marinasyon işleminde; mineral tuzlar, organik asitler, kimyasal maddeler, şarap, sirke, uçucu yağlar ve turşu suyu gibi çeşitli maddeler kullanılmaktadır (Ergezer ve Gökçe, 2011). Marinasyon işlemi, etin gevrekliğini artırarak daha iyi bir doku elde edilmesini sağlamakta, su tutma kapasitesini artırarak daha dolgun ve sulu bir yapı oluşturmakta ve duyuşal özellikleri geliştirerek tüketici memnuniyetini artırmaktadır (Alvarado ve McKee, 2007). Asidik ortamlar, çeşitli patojen mikroorganizmaların çoğalmasını

engelleyerek etin raf ömrünü uzatma kapasitesine sahiptir. Ayrıca, marinasyonda kullanılan bazı baharatlar, antimikrobiyal özellikleri sayesinde etin bozulmasını geciktirmektedir. Örneğin, sarımsak ve kekik gibi baharatlar, doğal antimikrobiyal özellikler göstererek marinasyon süresince etin mikrobiyal kalitesini iyileştirmektedir. Bu nedenlerle marinasyon, etin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalitesini iyileştiren çok yönlü bir yöntem olarak et endüstrisinde önemli bir yer tutmaktadır. (Bianchi ve ark., 2007). Geleneksel marinasyon yöntemlerinde, özellikle sodyum ve fosfat gibi iyonların eklenmesi, proteinlerin bu iyonlarla bağlanması sonucu etin su tutma kapasitesini arttırmaktadır. Doğal bileşenlerden elde edilen marinatlar, fenolik asitler ve flavonoidler gibi antioksidanlar açısından zengin olup, lipid oksidasyonunu ve protein oksidasyonunu inhibe ederek etin raf ömrünü uzatmaktadır (Zheng ve ark., 2024).

1.1.1. Marinasyon Yöntemleri

Marinasyon işlemi, uygulama şekline göre daldırma, enjeksiyon ve tamburlama; uygulama sıcaklık koşullarına göre de soğuk, sıcak marinasyon ile kızartılmış ete marinasyon olmak üzere farklı yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir (Çarbuğa, 2019, Smith ve Doe, 2020).

1.1.1.1. Daldırma Yöntemi

Etin marinasyonunda uygulanan en eski yöntemlerden biri daldırma (durgun marinasyon) yöntemidir. Bu yöntemde, et marinasyon çözeltisi içeren ekipmanlara yerleştirilerek en az bir gün boyunca +4°C’de bekletilmektedir. Daha sonra, fazla marinasyon çözeltisi etin bünyesinden uzaklaştırılmakta ve talebe göre tütsülenerek veya tütsülenmeden pişirme işlemi uygulanmaktadır (Ergezer ve Gökçe, 2011).

Daldırma yöntemi temel bir marinasyon tekniği olarak taze etlere ev ortamında ve endüstride kolaylıkla uygulanabilmektedir. Şekil 1.1.1.1’de daldırma yöntemi ile marinasyon uygulaması için örnek bulunmaktadır. Bu yöntemin uygulamasının basit olması, ek ekipman gerektirmemesi nedeniyle düşük yatırım maliyeti sunması hem kanatlı hem de kırmızı etlere uygulanabilmesi ve küçük kapasitelerde kullanılabilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Ancak, bu olumlu özelliklerine rağmen mikrobiyal

kontaminasyona açık olması, marinasyon çözeltisinin ete homojen bir şekilde dağılmaması, soğutucuda fazla yer kaplaması, taşıma ve işçilik maliyetlerini artırarak iş gücü kaybına ve üretim verimliliğinde azalmaya yol açabilmesi gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır (Ergezer ve Gökçe, 2004).

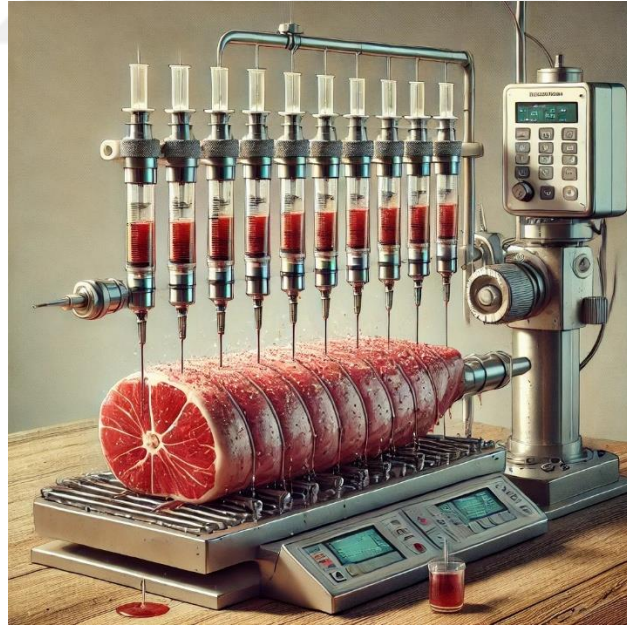


Şekil 1.1.1.1. Daldırma yöntemi ile marinasyon (Yapay zeka programı kullanılarak oluşturulmuştur)

1.1.1.2. Enjeksiyon Yöntemi

Enjeksiyon yöntemi ile marinasyon işlemi çoklu iğne sistemleri ile yapılmaktadır. Bu özel iğneler 4 cm aralıklarla çapraz batırılmakta ve dışarı çekilirken yavaş yavaş marinasyon çözeltisi enjekte edilmektedir. Enjeksiyonda kullanılan basıncın 1.5 atm'nin üstüne çıkmaması gerekmektedir. Aksi halde yüksek basınçtan dolayı et dokusunda yırtılmalar meydana gelmektedir. Bir et parçasına enjekte edilecek marinate miktarı et ağırlığının %6-10'u kadar olmalıdır. Bu nedenle enjeksiyon uygulanacak et önceden tartılmalı ve enjeksiyon terazi üzerinde uygulanmalıdır. Salamura daima taze hazırlanmalı, iğne ucunda hava kalmamasına dikkat edilmelidir (Smith, 1999; Öztan, 2021). Et endüstrisinde, büyük ve karmaşık yapıya sahip etlerin üretim sürecinde, sürekli sistemler kullanılarak uygulanmaktadır (Jones ve Lee, 2019). Bu işlemler sonunda marinatin homojen şekilde dağıldığı son ürünler elde

edilebilmekte ve başka yöntemlerin dezavantajları ortadan kaldırılabilir. Enjeksiyon yöntemi, büyük boyutlu ve karmaşık yapıya sahip etlerin üretim süreci sırasında (sürekli sistemler kullanılarak) kolaylıkla marine edilmesine olanak tanımakta ve marinasyon çözeltisinin etin iç kısımlarına homojen bir şekilde dağılmasını sağlamaktadır (Öztaş, 2013; Smith, 1999). Şekil 1.1.1.2’de enjeksiyon yöntemi ile marinasyon uygulamasına örnek gösterilmiştir. Enjeksiyon, marinasyon süresini oldukça kısaltan bir yöntem olup marinatı doğrudan etin merkezine ulaştırarak dokuya hızlıca etki etmesini sağlamaktadır. Genellikle tavuk, hindi gibi büyük et parçaları ya da jambon ve benzeri işlenmiş et ürünlerinde sıkça tercih edilmektedir (Jones ve Lee, 2019). Enjeksiyon yöntemi, etin içine fazla miktarda marinat sıvısı enjekte edilmesini sağladığından, etin ağırlığını ve su tutma kapasitesini artırmaktadır. Bu durum, özellikle endüstriyel et işleme süreçlerinde tercih edilen bir avantaj sunmaktadır. Ancak, enjeksiyon işlemi sırasında aşırı sıvı enjeksiyonu, etin doğal yapısının bozulmasına ve bazı durumlarda fazla su kaybına yol açabilmektedir. Bu nedenle, enjeksiyon miktarının ve hızının dikkatli bir şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (Yılmaz ve Anil, 2021).



Şekil 1.1.1.2. Enjeksiyon yöntemi ile marinasyon (Yapay zeka programı kullanılarak oluşturulmuştur)

1.1.1.3. Tamburlama Yöntemi

Tamburlama yöntemi ile marinasyon işlemi, iç kısmında özel şaşırtma levhaları bulunan ve dönme hareketi yapabilen farklı kapasitelerdeki tamburlarda gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemle, tambur içerisine yerleştirilen etler, çarpma, dövme ve serbest düşme gibi fiziksel işlemlere maruz bırakılarak marinasyon sıvısının ete daha etkin bir şekilde nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Ayrıca, tamburlama yöntemi, derisiz etler, küçük parça etler veya iri parça etlerin işlenerek daha büyük ürünlere ya da farklı ürün çeşitlerine dönüştürülmesine olanak tanımaktadır. Bu teknik, marinasyon sıvısının ürüne maksimum düzeyde nüfuz etmesini sağlarken, işlemin kontrollü koşullarda gerçekleştirilmesi sayesinde standardizasyon ve kalite açısından avantaj sunmaktadır (Ergezer & Gökçe, 2003). Tamburlama yöntemi vakum altında da yapılabilmektedir. Bu şekilde et, tambur içerisine konulup düşük vakum altında döndürülerek, marinat sıvısının etin dokusuna derinlemesine nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Vakum altında yapılan tamburlama yöntemi, marinasyon süresini kısaltmasının yanı sıra marinatın emilimini artırarak etin daha yumuşak ve sulu olmasını sağlamaktadır (Cheng, 2018). Tamburlama yönteminde, genellikle et daha homojen bir şekilde marinatı yapısına almakta ve büyük et parçalarında bile hızlı ve etkili bir marinasyon sağlanmaktadır. Ayrıca, tamburlama işlemi, marinatın etin yüzeyinden iç kısmına doğru ilerlemesini kolaylaştırarak doku iyileşmesini desteklemekte ve etin nem kaybını engellemektedir. Ancak, tamburlama süresinin geleneksel yöntemle göre kısa olmasına rağmen sürenin uzatılması etin yüzeyinde fiziksel aşınmalara neden olarak kalite kayıplarına yol açabilmektedir. Bu nedenle, tamburlama süresinin doğru bir şekilde ayarlanması, etin kalitesinin korunması açısından kritik önem taşımaktadır (Kilic ve Richards, 2020).

Tamburlama ve enjeksiyon, marinasyonun et dokusuna etkili bir şekilde nüfuz etmesini sağlamak için kullanılan iki temel tekniktir. Her iki yöntem de marinasyon süresini kısaltarak lezzet ve doku iyileşmesini hızlandırmaktadır. Ancak, bu tekniklerin et kalitesi üzerindeki etkileri farklıdır ve tercih etin türüne ve hedeflenen kalite özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Marine edilmiş etin kalitesini değerlendirmek için doku, lezzet, su tutma kapasitesi ve raf ömrü gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Tamburlama yönteminin daha homojen bir marinat dağılımı sağladığı ve et dokusuna olumlu katkıda bulunduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, tamburlama

yönteminin su kaybını önlemede etkili bir yöntem olduğu, özellikle kırmızı etlerde olumlu sonuçlar verdiği bildirilmektedir (Lee, 2019). Enjeksiyon yöntemi, daha hızlı sonuçlar elde edilmesi ve marinatin daha derin katmanlara nüfuz etmesi açısından avantajlıdır. Ancak, aşırı enjeksiyon işlemi etin dokusunu bozabilmekte ve bu durum et kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Enjeksiyonun başarılı sonuçlar verebilmesi için uygulama parametrelerinin dikkatlice kontrol edilmesi gerekmektedir. Genel olarak, etin türüne ve istenen kalite özelliklerine bağlı olarak kullanılacak marinasyon yöntemi değişebilmektedir. Kırmızı et ürünlerinde tamburlama, daha homojen bir kalite sağlarken, beyaz et ürünlerinde enjeksiyon yöntemi daha hızlı ve etkili sonuçlar elde edilmektedir. Sonuç olarak, tamburlama yöntemi ile daha yüksek kalite elde edilmesine olanak tanısa da endüstriyel uygulamalarda enjeksiyonun hızlı ve verimli yapısı, birçok işletme için tercih sebebi olmaktadır (Kose ve Kılıç, 2020). Şekil 1.1.1.3.'de tamburlama yöntemi ile marinasyon gösterilmektedir.



Şekil 1.1.1.3. Tamburlama yöntemi ile marinasyon (Yapay zeka programı kullanılarak oluşturulmuştur)

1.1.1.4. Uygulama Sıcaklık Koşullarına Göre Marinasyon Yöntemleri

Marinasyon işlemi uygulama sıcaklık koşullarına göre sıcak, soğuk marinasyon ile kızartılmış ete marinasyon olmak üzere üç farklı şekilde uygulanmaktadır. Soğuk marinasyonda herhangi bir ısı işlem uygulamasına tabi tutulmadan asetik asit ve tuz bileşenlerinden oluşan marinat, ürün ile direk temas ettirilmektedir (Çarbuğa, 2019; Smith ve Doe,2020).

Isıl işlem ile yapılan marinasyonda asetik asit ve tuz çözeltisinden oluşan marinat 85°C'ye kadar ısıtılarak uygulama gerçekleştirilmektedir. Genellikle balık marinasyonlarında uygulanmaktadır. Kızartma tekniğinde ise ürünler marine edilmeden önce kızartılarak asetik asit ve tuz çözeltisi içinde bekletilmektedir. Çözelti bileşenlerine bağlı olarak, çeşitli yapıda marinat sıvıları hazırlanabilmektedir. Bu marinatlar, alkali marinat, asidik marinat ve su-yağ karışımli marinatlar olarak sınıflandırılmaktadır. Alkali marinatlar, fosfat içermektedir ve yüksek pH sağlamaktadır. Asidik marinat olarak tanımlanan marinasyon bileşenleri organik asitler ve bu asitlerin tuzlarından oluşmaktadır. Su-yağ karışımli marinatlar, renk, koku ve lezzette önemli ölçüde etkili olmaktadır (Çarbuğa, 2019).

1.1.2. Marinasyonda Kullanılan Doğal Marinat Bileşenleri

Marinatlar genellikle asidik bileşenler, yağlar ve aromatik bileşenler olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Asidik bileşenler, etin protein yapısını değiştirerek dokusunun gevrekleşmesine ve aromasının artmasına yardımcı olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan asidik bileşenler arasında sirke, limon suyu, yoğurt ve şarap gibi maddeler bulunmaktadır (Rahman ve ark., 2023). Asitler, etin pH seviyesini düşürerek protein denatürasyonuna sebep olmakta ve gevrekliğini artırmaktadır (Gök, 2020). Araştırmalar, sirkenin içerdiği asetik asidin et yüzeyindeki mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlayarak gıda güvenliğini artırdığını göstermektedir (Jones, 2017). Et marinasyonunda, NaCl ve CaCl₂ gibi tuzların yanı sıra organik asitler de sıklıkla tercih edilmektedir. Sitrik asit, laktik asit ve asetik asit gibi organik asitler, yüksek reaktiviteye sahip olmaları ve doğal yollarla sentezlenebilmeleri nedeniyle, sağlık açısından risk oluşturmadıkları düşüncesiyle tüketiciler tarafından güvenilir olarak değerlendirilmektedir. Hücre içine

alındıklarında dissosiyasyon gösteren organik asitler, hücre içi pH değerini düşürerek kaliteli et ürünlerinin elde edilmesine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Bu asitlerin kullanımı, etin su tutma kapasitesinde bir artışa neden olmakla birlikte et proteinlerinin çözünürlüğünü artırarak duyuşal özelliklerin iyileşmesine yol açmaktadır. Ayrıca, bu organik asitler önemli patojenlere karşı antimikrobiyel etkiye sahiptirler. Yağlar, marinasyonda aromaların ete taşınmasını ve aynı zamanda etin yüzeyinde bir bariyer oluşturarak nemin korunmasını sağlamaktadır (Kahraman ve ark., 2010).

Yağlar, marinasyonun ikinci temel bileşenidir ve aromaların ete taşınmasını sağlayarak lezzet profilini iyileştirmekte ve etin nem kaybını azaltmaktadır. Zeytinyağı, ayçiçek yağı ve susam yağı gibi farklı yağ türleri marinasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yağların ete nüfuz etmesi daha yavaş olduğundan, marinasyon süresinin uzun tutulması gerekmektedir (Lee ve ark., 2021). Özellikle doymamış yağ asitleri açısından zengin olan yağların, etin lezzetini daha fazla artırdığı bildirilmiştir (Brown, 2018).

Aromatik bileşenler ve baharatlar, marinasyon sıvısının aromasını belirlemektedir. Özellikle, sarımsak, soğan, biber, kekik ve karabiber gibi bileşenler marinasyon karışımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Köse, 2020). Baharatlar, etin duyuşal özelliklerini artırmanın yanında mikroorganizmaların inaktivasyonunda da etkilidir. Örneğin, kekik ve biberiye gibi baharatların antimikrobiyal özellikte olması nedeniyle marinasyon uygulanan etin raf ömrünü uzatmaya yardımcı olduğu bilinmektedir (Park ve ark., 2019).

Şeker ve bal gibi tatlandırıcılar, marinasyonda kullanılan diğer bileşenlerdir. Tatlandırıcılar, marinasyon sürecinde karamelizasyonu teşvik ederek etin yüzeyinde hoş bir renk ve aroma oluşumunu sağlamaktadır. Özellikle barbekü marinasyonlarında, bal ve pekmez gibi tatlandırıcılar etin lezzetini artırmada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, tatlandırıcılar etin yüzeyindeki nemi tutarak kurumasını engellemekte, bu da etin daha sulu ve lezzetli kalmasına yardımcı olmaktadır (Fisher, 2019).

Marinasyon uygulamalarında soğan, kekik ve zeytinyağı kullanımına dair pek çok çalışma bulunmaktadır. Soğan, Alliaceae familyasının *Allium* grubundan *Allium*

Cepa L. adıyla tanımlanmış bir bitkidir. Antimikrobiyal, antioksidan ve antitrombotik etkileri ile biyoyararlılığının yüksek olduğu bilinmektedir (Singh ve ark., 2020). Soğan organosülfirik bileşenlerden allisin, luteolin, quercetin ve kaempferol gibi flavonoidler açısından zengin içeriğe sahiptir (Bisen ve Emerald, 2016; Sagar ve Pareek, 2020). Allisin reaktif içeriği soğan ve sarımsakta serbest halde bulunmamaktadır, hücre hasardan sonra ortaya çıkmaktadır. Hücre hasarı sonrası alliin (S-alil-L-sistein sülfoksit) aminoasiti, vakuolar enzim alliinaz tarafından parçalanmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda dehidroalanin ve 2-propensülfenik asit açığa çıkmaktadır. İki adet 2-propensülfenik asit molekülü biraraya gelerek bir allisin molekülünü oluşturmaktadır. Oluşan allisin mikroorganizmalarda oksidatif stres oluşturmakta ve hücre yıkımlanmasına sebep olarak antimikrobiyal etki göstermektedir. (Mengers ve ark., 2022). Yapılan araştırmalar, soğan suyunun veya soğan suyu özütünün in vitro koşullarda *Escherichia coli*, *Serratia marcescens*, *Streptococcus türleri*, *Lactobacillus odontolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Salmonella typhimurium* gibi mikroorganizmaların gelişimini engelleyebildiğini ortaya koymaktadır (Singh ve Gupta, 2018; Bose ve Başak, 2020). Ayrıca, soğanın petrol eteri özütü, in vitro koşullarda *Clostridium paraputrificum* ve *Staphylococcus aureus'u* inaktive etmektedir. Soğan, özellikle flavonoidlerden kuersetin içeriği sayesinde in vitro koşullarda antioksidan özellikler sergilemektedir (Dinçoğlu,2010). Literatür çalışmalarında marinasyon işleminde marinat bileşeni olarak soğan dışında soğan suyu ve soğan tozu kullanımlarının olduğu görülmüştür (Çelik, 2019).

Gibis (2007) tarafından yapılan araştırmada, et dilimlerini kızartma işleminden önce sarımsak, soğan, limon suyu ve yemeklik yağ içeren marinasyon çözeltisinde bekletmiştir. Marinat içeriğindeki soğan veya sarımsak suyu konsantrasyonunun artırılmasının, pişirme sırasında oluşan heterosiklik aromatik aminlerin (HAA) miktarını azalttığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, limon suyu konsantrasyonundaki artışın HAA oluşumunu azalttığı belirtilmiştir. Bu azalmanın sarımsak ve soğanın parçalanması sırasında meydana gelen enzimatik reaksiyonlar sonucunda yüksek miktarda serbest kalan sülfidril gruplarından kaynaklandığı bildirilmiştir. Ayrıca, sistein, asetilsistein ve glutatyon gibi sülfür içeren bileşiklerin, etin yapısında HAA oluşumunu etkin bir şekilde engellediği bildirilmiştir.

Kim ve ark. (2010) domuz etinin (*Musculus semimembranosus kasi*) %3 ve %6 oranlarında soğan suyu eklenmiş marinat sıvılarında 24 saat boyunca marinasyondan sonra +4°C’de depolanması sürecinde meydana gelen değişimler incelemişlerdir. 7 günlük depolama süresi sonunda, soğan suyu ile marine edilmeyen kontrol grubunun TBARS değerlerinin, marine edilmiş gruplara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Çalışmada lipit oksidasyonunun yavaşlaması, soğanın içerdiği yüksek düzeydeki antioksidan özellikli kuersetin ve sülfürlü bileşiklerin etkisiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca duyusal değerlendirme sonuçlarında, soğan suyu ile marine edilmiş etlerin yumuşaklık ve lezzet açısından kontrol grubuna kıyasla daha yüksek puanlar aldığını bildirmişlerdir.

Mutlu (2022) çalışmasında, sarımsak (*Allium sativum*) ve soğan (*Allium cepa*) tozunun +4°C’de muhafaza edilen sığır, tavuk ve hindi etlerinin raf ömrü ve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sığır, tavuk ve hindi etlerinden hazırlanan örnekler üç gruba ayrılmıştır. Kontrol grubuna herhangi bir ilave yapılmazken, diğer gruplara %0,6 oranında sarımsak veya soğan tozu eklenmiştir. Hazırlanan örnekler, buzdolabı koşullarında 13 gün boyunca muhafaza edilerek depolamanın 1., 4., 7., 10. ve 13. günlerinde pH, renk (L^* , a^* , b^*) ve TBARS (lipit oksidasyonu) analizleri gerçekleştirmiştir. Sığır etlerinde L^* değerlerinin hem uygulama türüne ($p<0.01$) hem de depolama süresine ($p<0.05$) bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Sarımsak ve soğan tozu ilavesinin, depolama boyunca sığır etinin a^* değerlerinde anlamlı ($p<0.01$) bir düşüşe neden olduğunu tespit etmiştir. Soğan tozunun sığır, tavuk ve hindi etlerinde lipit oksidasyonunu önemli düzeyde geciktirerek raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir ($P<0,05$).

Kekik, *Thymus vulgaris* adıyla tanımlanan bir bitki olup *Lamiaceae* ailesinde yer almakta ve genel olarak çimenlik alanlar, tarla kıyıları ve ormanlarda bulunmaktadır. Güneş gören toprak sıcaklığının yüksek olduğu her alanda yetişebilmektedir. Literatür çalışmalarında kekiğin kendisine has bir kokusu olan ve içeriğinde bulunan timol ve karvakrol aktif maddeleri ile antimikrobiyal ve antioksidan etki oluşturan bir bitki olduğu ifade edilmektedir. Bileşimindeki fenolik bileşikler ile mikroorganizmaların zar yapısında bulunan fosfolipit tabakasına etki ederek hücre içindeki yapıların geçirgenliğini artırdığı ya da enzim sistemlerini etkileyerek antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edilmiştir (Ertürk ve ark., 2010).

Kekik esansiyel yağı, 60'tan fazla bileşen barındırmakta olup, bu bileşenlerin birçoğu, önemli düzeyde antioksidan ve antimikrobiyal özellikler taşımaktadır (Baranauskiene ve ark., 2003). Bu yağın dikkat çeken bileşenleri arasında fenoller, özellikle timol (%44-60) ve karvakrol (%2,2-4,2), ayrıca monoterpen hidrokarbon sınıfında yer alan p-simen (%18,5-23,5) ve c-terpinen (%16,1-18,9) bulunmaktadır (Daferera ve ark., 2000; Baranauskiene ve ark., 2003; Di Pasqua ve ark., 2005). Yapılan *in vitro* araştırmalar, bu bileşenlerin gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı geniş ve yaygın antimikrobiyal etki gösterdiğini ortaya koymaktadır (İçöz, 2017). Kekikte bulunan timol ve karvakrol gibi uçucu yağ bileşenlerinin antioksidan ve antienflamatuvar etkileri olduğu belirtilmektedir. Kekik ekstraktları, antiseptik, antispazmodik, antitüssif, antimikrobiyal, antifungal, antioksidatif ve antiviral özellikleri nedeniyle, astım ve bronşit gibi solunum yolu hastalıklarının yanı sıra diğer patojen kaynaklı hastalıkların tedavisinde geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Kekik uçucu yağının ana bileşeni olan timolun, özellikle *Salmonella* ve *Staphylococcus* bakterilerine karşı etkili olduğu belirtilmektedir. Kekik, antiseptik özellikleri sayesinde kronik mantar enfeksiyonlarında bağışıklık sistemi için faydalıdır (Nakilcioğlu ve Özdağ, 2024). Marinasyon işlemlerinde kekik (*Origanum vulgare*) yaygın olarak kullanılmakta olup, kekik yağı ve kekik ekstraktı da et ürünlerinin kalitesini artırmak amacıyla tercih edilmektedir (Uçar ve Köse, 2015; Erdem ve Şahin, 2005).

Şeker ve ark. (2021) çalışmalarında, kekik, sumak, defne yaprağı ve biberiye gibi fenolik bileşikler ve antimikrobiyal maddeler açısından zengin doğal aromatik bitkileri dana sırt etlerinin marinasyonunda kullanmışlardır. Et örnekleri, %1,5 ve %3 oranlarında bu bitkilerle marine edilmiş ve vakum altında ambalajlanarak +2°C'de 14 gün depolanmıştır. Depolamanın 7. ve 14. günlerinde yapılan analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubuna göre pH ve yağ oksidasyonu seviyelerinde anlamlı farklılıklar olduğu ($P<0,05$) ve kekik, sumak, defne yaprağı ve biberiye ile marine edilen dana etlerinin lezzet bakımından daha yüksek oranda tercih edildiği rapor edilmiştir.

Mantzourani ve ark. (2023) çalışmalarında, yalnızca nar (*Punica granatum L.*) ekstraktı içeren ve kekik uçucu yağları ile birleştirilmiş şarap bazlı marinasyon

miktarda bulunması sayesinde yalnızca insan beslenmesinde değil, aynı zamanda et marinasyonu gibi uygulamalarda da önemli bir rol oynamaktadır; zeytinyağı ile marine edilen etlerin oksidatif bozulmaya karşı daha dayanıklı olduğu bu sayede lezzet ve kalite özelliklerini koruduğu yapılan araştırmalarla desteklenmiştir (Küçükömürler ve Uluksar, 2018; Köseoğlu ve ark., 2011).

1.1.3. Marinasyon Uygulamasının Et Kalitesine Etkisi

Marinasyon işleminde, tuz, asit, enzim ve baharatlardan oluşan sıvı bir karışım ete uygulanmaktadır. Bu bileşenlerin etkisiyle etin iç yapısında meydana gelen değişiklikler, özellikle lezzet ve su tutma kapasitesinde önemli gelişmeler sağlamaktadır. Marinasyonun etkileri hem kimyasal hem de fiziksel süreçlere dayanmaktadır (Smith, 1999). Marinasyon, etin duyuşal ve fizikokimyasal özelliklerini geliştiren önemli bir işlem olarak öne çıkmaktadır. Asidik bileşenler (örneğin sirke ve limon suyu), et proteinleri üzerinde önemli etkiler yaparak proteinlerin denatürasyonuna yol açmaktadır. Bu süreç, etin dokusunun daha geçirgen hale gelmesini sağlamaktadır. Denatürasyon, proteinlerin su ve yağları bağlama kapasitesini artırarak etin lezzetini zenginleştirmekte ve protein yapısının gevşemesi ile etin daha yumuşak olmasına katkı sağlamaktadır (Gordon, 2015; Lee ve Kim, 2012). Marinatın içerdiği tuz, etin su tutma kapasitesini artırarak daha sulu ve dolgun bir yapı oluşmasına olanak tanımaktadır. Tuzun düşük konsantrasyonlarda kullanımı, proteinlerde çözünürlüğü artırarak su bağlama kapasitesinde belirgin bir artışa yol açabilmektedir (Smith ve ark., 1999; Bianchi ve ark., 2007).

Marinasyonun fizikokimyasal etkileri, etin marinasyon sıvısı içine daldırılması veya marinatın enjeksiyon yöntemiyle uygulanması gibi farklı tekniklere bağlı olarak değişebilmektedir. Enjeksiyon yöntemi, marinasyon sıvısının et dokusuna homojen bir şekilde dağılmasını sağlayarak hem lezzet hem de doku kalitesini iyileştirmektedir (Cho ve ark., 2013). Ayrıca, marinasyon sıvısındaki baharatlar ve antioksidan özelliklere sahip bileşikler, etin oksidasyon sürecini yavaşlatarak renk stabilitesini desteklemektedir (Rupasinghe ve ark., 2022). Vakumlu marinasyon ve ultrases destekli marinasyon uygulamaları gibi farklı marinasyon yöntemleri, daha hızlı ve homojen bir etkileşim sağlayarak etkin sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır. Ultrases

dalgalarının, dokusal iyileşme ve lezzet yayılımı açısından daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Kang ve ark., 2016).

Marinasyon uygulamasının etin duyu kalitesi üzerindeki etkisi, tüketicilerin ürünün lezzetini, dokusunu ve genel özelliklerini değerlendirdiği en önemli parametrelerden biri olmaktadır. Bu işlem, etin duyu özelliklerini iyileştirerek tüketici memnuniyetini artırmaktadır. Marinatın içeriğindeki baharatlar, etin lezzet profilini zenginleştirirken, doğal antioksidan özellikleri sayesinde oksidatif bozulmayı geciktirmektedir. Tuz, etin karakteristik lezzetini oluşturma yanı sıra, proteinlerin su bağlama kapasitesini artırarak ürünün sululuğunu ve yapısını iyileştirmektedir. Şeker ise, et ürünlerinde tatlılık dengesi sağlayarak, özellikle kürleme işlemlerinde lezzet ve renk gelişimine katkıda bulunmaktadır (Gordon, 2015).

Marine etme süreci sırasında kullanılan bileşenler, et ürünlerinin dokusuna nüfuz ederek genel lezzet profilini ve tüketici kabulünü etkileyebilmektedir. Ancak, bu yöntemlerin bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Özellikle, uzun işlem süreleri ve yüksek sıcaklık uygulamaları, etin renginde bozulmalara ve aşırı su kaybına neden olabilmektedir. Bu su kaybı, etin ağırlığında azalmaya yol açarak hem ürün verimini düşürmekte hem de tüketici tarafından istenmeyen bir doku ve lezzet değişikliğine sebep olabilmektedir. Bu nedenle, yenilikçi marinasyon yöntemlerinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Son yıllarda literatürde, mikrodalga, ohmik uygulama, ultrases ve yüksek basınç teknikleri gibi ısı olmayan teknolojilerin uygulanması, gıda işleme sürecindeki bu dezavantajların üstesinden gelmeyi hedefleyen çalışmalar olarak dikkat çektiği görülmektedir (Li ve ark., 2024).

Marinasyon sürecinde her et türünün farklı yapısal ve kimyasal özellikleri nedeniyle farklı tepkiler verdiği ifade edilmektedir. Sığır ve dana eti üzerinde yapılan çalışmalarda, marinasyonun bağ dokularını parçalayarak etin yumuşaklığını artırdığı, aynı zamanda su tutma kapasitesini geliştirdiği belirtilmiştir (Smith ve Acton, 2019; Guerrero ve ark., 2020). Tavuk ve hindi eti gibi beyaz etlerde ise, asidik marinasyon bileşenlerinin protein denatürasyonu üzerinde daha hızlı ve etkili sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Deniz ürünlerinde marinasyon işleminin, özellikle lezzetin artması ve dokusal iyileştirmeler için önemli bir araç olarak öne çıktığı bildirilmiştir. Tuz ve şeker kombinasyonu etin tat ve aromasını artırırken, asidik bileşenler yumuşatma etkisi

göstermektedir. Antioksidan özelliklere sahip baharatlar ve bitkisel özütlerin hem lezzet profilini zenginleştirmekte hem de lipid oksidasyonunu azaltarak raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir (Serdaroğlu ve ark., 2024).

Ardıçlı ve ark. (2024) çalışmalarında, farklı marinasyon yöntemleri ve uygulama süresinin farklı ırklara ait sığırlardan elde edilen sığır etlerinin kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Marinasyon süresi ve kullanılan yöntemlerin, etin renk, su tutma kapasitesi, pH, pişirme kaybı ve kesme kuvveti gibi kalite parametrelerini önemli ölçüde etkilediğini, zeytinyağı ve sarımsak içeren marinatlı etlerin panelistler tarafından daha çok beğenildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca farklı sığır ırklarının, marinasyon uygulamalarına farklı tepkiler verdiğini bunun da ırkın marinasyon etkinliğinde önemli bir faktör olduğunu ifade etmişlerdir.

Bingöl ve Ergün (2011) çalışmalarında, farklı sıcaklık koşullarında (0-4 °C; 10-15°C) narenciye suyu ile 24 saat marinasyon işleminin sığır etinin kalite özellikleri ve mikro yapısı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Narenciye suyu ile marine edilen ve sıcaklık koşullandırması uygulanan et örneklerinde, kontrol grubuna kıyasla daha düşük pişirme kaybı ve daha yüksek su tutma kapasitesine neden olduğunu ayrıca etin olgunlaşmasını artırdığını bildirilmiştir.

Jayasingh ve Cornforth (2003) çalışmalarında, farklı marinatların sığır etinin gevrekliği üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Papaya, sirke ve yoğurt gibi farklı marinatlarla muamele edilen et örneklerinde, kontrol grubuna göre kesme kuvveti değerlerinde anlamlı düşüşler olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$) ve bu durumda etin gevrekliğinin arttığını tespit etmişlerdir. Marinasyon süresinin artmasıyla birlikte etin gevrekliğinde iyileşme gözlemlendiğini ancak aşırı uzun süreli marinasyonun etin dokusunu olumsuz etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Akyüz ve Güneşer (2020) hindi göğüs etlerini farklı marinasyon formülasyonları kullanarak hazırlamış ve bu formülasyonların fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, marinasyon işlemi için zeytinyağı (%10), ayçiçek yağı (%10), baharat karışımı (%5), tuz (%2) ve limon suyu (%5) gibi farklı bileşenler kullanılmıştır. Marinasyonun etin renk parametreleri üzerinde anlamlı etkileri olduğu belirlenmiş; özellikle zeytinyağı ile marine edilen

örneklerde kırmızılığı ifade eden a^* değerinde artış, etin görsel çekiciliğini artırdığı ifade edilmiştir. Su tutma kapasitesi zeytinyağı ile marine edilen örneklerde %20 oranında artış gösterirken, tekstür analizi bu örneklerde kesme kuvvetinin (20-30 N) daha düşük olduğunu, dolayısıyla daha yumuşak bir yapı elde edildiğini ortaya koymuştur. Uçucu bileşen analizi, zeytinyağı ve baharat karışımıyla marine edilen örneklerde lipid oksidasyon ürünlerinin azaldığını, aromatik bileşenlerin ise belirgin şekilde arttığını göstermiştir. Duyusal analizlerde, zeytinyağı ile marine edilen örneklerin tat, aroma ve genel beğeni açısından tüketiciler tarafından %85 oranında daha yüksek puanlandığı rapor edilmiştir.

1.2. Et Endüstrisinde Ultrases Uygulaması

Gıdalar temin edildikten sonra enzimatik, mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel tepkimeler nedeniyle kalite kaybına uğramaktadır. Kalite kayıplarını engellemek için geliştirilen muhafaza yöntemleri ile gıdalarda oluşabilecek bozucu reaksiyonların önlenerek gıda güvenliğinin sağlanması ve raf ömrünün uzatılmasının yanı sıra mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonu gerçekleştirilerek gıdanın tüketiciye güvenli bir şekilde ulaştırılması amaçlanmaktadır (Türksönmez, 2021). Günümüzde, gıdaları işleme ve muhafaza etmek için kullanılan en yaygın uygulama ısıl işlemdir. Ancak, ısıl işlem uygulamaları gıdaların duyuşsal, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kayıplara yol açmaktadır (Ercan, 2011). Bu istenmeyen etkileri azaltmak amacıyla ısıl olmayan yeni gıda koruma yöntemleri geliştirilmiştir. Ultrases uygulaması da ısıl olmayan bu yeni koruma yöntemleri arasında yer almaktadır. İnsan kulağının duyabileceği frekansın üzerindeki ses dalgalarına ultrases adı verilmektedir. İnsan işitme sınırı 15-20 kHz civarındayken, ultrasesin frekansı genellikle 50 kHz'in üzerindedir (Söbeli, 2014).

Ultrases tekniğı, ses dalgalarının oluşturduğu enerjinin kullanımına dayanmaktadır. Ses, atmosferde kulağımız tarafından algılanan periyodik basınç değişiklikleri olarak tanımlanır ve fiziksel açıdan katı, sıvı veya gaz ortamlarında meydana gelen mekanik düzensizliklerle birlikte maddedeki moleküllerin titreşmesi sonucu oluşur. Titreşen cisimlerin esnekliğı sonucunda ses dalgaları meydana gelir ve iletilir. Bir saniye içindeki titreşim sayısı frekans olarak tanımlanır ve birimi Hertz (Hz)'dir. Ses, frekanslarına göre düşük frekanslı ses (infrasonik), yüksek frekanslı ses

(ultrasonik) ve çok yüksek frekanslı ses (megasonik) olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmaktadır (Çiçekdağı, 2011). Ultrases, insan işitme aralığı olan 20 Hz-20 kHz'in üzerinde yer alan mekanik titreşimlerden oluşan bir enerji formudur. Ultrases enerjisi, boyuna dalgalar şeklinde bulunduğu ortamda yayılır. Ultrases dalgalarının su veya çözelti içerisinde oluşturduğu hareket sonucunda, enerji yüklü baloncukların patlamasıyla kavitasyon meydana gelir (Duran ve ark., 2006). Bu patlama sırasında baloncüğün etrafında çok kısa süreli 5500°C sıcaklık ve 50 MPa basınç oluşur. Bu ısı, basınç ve türbülans etkileri, gıda endüstrisinde enzim inaktivasyonu, mikroorganizma inhibisyonu, dondurma, kurutma, filtrasyon, homojenizasyon/emülsifikasyon gibi çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır (Yüksel, 2013). Et endüstrisinde ise ultrases uygulaması kürlleme, marinasyon ve çözündürme gibi işlemlerde kullanılarak etin dokusu, su tutma kapasitesi ve rengi gibi fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesi ve mikrobiyal inaktivasyon etkisiyle raf ömrünün uzatılması sağlanmaktadır (Alarcon-Rojo ve ark., 2015). Ayrıca, kavitasyonun mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu yanı sıra marinasyon çözeltisinin et içerisine difüzyonunu artırdığı da bildirilmektedir (Firouz ve ark., 2022). Ultrases uygulamaları, ses dalgalarının dokulardan geri yansımalarının ölçülmesine dayanmaktadır (İnce, 2008). Ultrases uygulanan etler, geleneksel yöntemlerle işlenen etlere kıyasla daha kırmızı renkte ve taze bir görünüm sergilemektedir. Ayrıca, ultrases kas liflerini mekanik olarak parçalamak suretiyle bağ dokusunun daha kolay kopmasına ve etin dokusal yapısının iyileşmesine katkı sağlamaktadır (Bayraktaroğlu, 2006). Aguilar ve ark. (2021), ultrases tekniğinin et emülsiyonlarında mikrobiyal yük üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ultrases uygulamasının (400 W, 10 dk) et emülsiyonlarında mikrobiyal yükü %60 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Cichoski ve ark. (2019), et emülsiyonlarının kalitesini iyileştirmek için 5,5 dk süre ve 25 kHz frekansta ultrases uygulaması yaparak emülsiyon stabilitesi, tekstür, lipid ve protein oksidasyonuna etkisini incelemişlerdir. Kavitasyon dağılımı ile lipid ve protein oksidasyonunun yavaşladığı yapışkanlık (0.76), sertlik (26.9N), çiğnenebilirlik (26.1N) ve emülsiyon stabilitesi ($P<.001$) değerlerinde artış olduğu rapor edilmiştir.

Ultrases teknolojisi, düşük enerjili ve yüksek enerjili ultrases olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Düşük enerjili ultrases, etin dokusal ve kimyasal özelliklerini müdahale etmeden analiz etmeye olanak tanırken, kalite kontrol süreçlerini desteklemektedir. Yüksek enerjili ultrases ise et işleme, muhafaza ve raf

ömrü uzatmada etkili olup, mikrobiyal inaktivasyon, enzim modifikasyonu ve doku iyileştirme gibi işlemlerle etin duyuşal ve besin değeri özelliklerini iyileştirmektedir. Bu sayede, geleneksel işlemlerle oluşabilecek kalite kayıpları minimize edilerek etin işlenmesi ve depolanmasında daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Ultrasesin et dokusu üzerindeki etkileri, kas hücrelerinin bütünlüğünü bozması ve enzimatik reaksiyonları teşvik etmesi şeklinde iki temel mekanizma ile açıklanmaktadır. Bazı çalışmalarda yüksek yoğunluklu ultrases uygulamalarının etin gevrekleşmesini sağladığı belirtilse de bu etkinin doğrulanamadığı da bildirilmiştir (Alarcon-Rojo, 2015).

Chang ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada düşük frekansta ve yüksek güçte ultrases uygulamasının (40 kHz, 1.500 W) sığır eti kalitesi ve doku özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada et örnekleri, sırasıyla 10, 20, 30, 40, 50 ve 60 dk süreyle ultrases işleme tabi tutulmuştur. Ultrases uygulamasının L^* ve a^* değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı ($P > 0,05$), ancak 30 dk ultrases uygulamasının b^* değerinin kontrol grubuna göre anlamlı derecede azaldığı (minimum 6.98) bildirilmiştir ($P < 0,05$). Ultrases uygulamasından sonra, kollajen liflerinin düzensiz ve sıralı hale geldiğı, etin doku özellikleri üzerinde anlamlı etkiler yarattığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, düşük frekanslı ve yüksek güçlü ultrases uygulamasının kollajen yapısı ve etin doku özellikleri üzerinde anlamlı bir etki yarattığı belirlenmiştir.

1.2.1 Ultrases Uygulama Yöntemleri

Gıdaların modifikasyonu ve analizi konusunda yapılan uygulamalar, hızla büyüyen ve çeşitlenen bir araştırma alanı haline gelmiştir (Dolatowski, 2007). Yüksek frekanslı ultrases, gıdaların fizikokimyasal özelliklerinin analizi için etkili bir teknik olarak kullanılmaktadır.

Gıda işleme endüstrisinde ultrases teknolojisi, termal olmayan bir yöntem olarak ürün kalitesini artırmak ve işlem verimliliğini optimize etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ultrases cihazları, frekans, güç ve kullanım amaçlarına göre farklı türlere ayrılmaktadır. Temelde bu cihazlar, düşük frekanslı yüksek güçlü ultrases ve

yüksek frekanslı düşük güçlü ultrases olarak sınıflandırılmaktadır (Demirdöven, 2021).

Düşük frekanslı, yüksek güçlü ultarsound (Power Ultrases); 20-100 kHz aralığında çalışan bu cihazlar, gıda kurutma, ekstraksiyon, homojenizasyon ve mikrobiyal inaktivasyon gibi işlemler için uygun olmaktadır (Yıldız, 2021). Yüksek frekanslı, düşük güçlü ultrases (Diagnostic Ultrases); 100 kHz'in üzerinde çalışan bu cihazlar, kalite kontrol ve iç yapı analizleri gibi hassas uygulamalarda kullanılmaktadır (Demirdöven, 2021).

Ultrases uygulaması için kullanılan ekipmanlar ise temelde ultrasonik su banyosu ve ultrasonik problar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır: ultrasonik su banyosu, örneklerin eşit ve homojen bir şekilde ultrasonik enerjiye maruz kalmasını sağlamaktadır. Bunlar kendi içinde üçe ayrılmaktadır (Yıldız, 2021).

Tam Daldırma Tipi: Örneklerin tamamen ultrasonik banyoya yerleştirildiği ekipmanlardır. Ekstraksiyon ve sterilizasyon işlemlerinde kullanılmaktadır (Yıldız, 2021).

Yarı Daldırma Tipi: Örnekler ultrasonik enerjiyle metal bir plaka üzerinden işlenmektedir. Bu ekipmanlar özellikle yüzey işlemleri için uygundur (Yıldız, 2021).

Sıcaklık Kontrollü Ultrasonik Su Banyosu: Sous-vide pişirme ve protein denatürasyonu gibi işlemlerde kullanılmaktadır (Yıldız, 2021).

Ultrasonik problar hedef odaklı enerji transferi sağlaması ile gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Üç tipi bulunmaktadır.

Laboratuvar Tipi Ultrasonik Prob: Küçük ölçekli işlemler için kullanılmaktadır. Ekstraksiyon, homejeniasyon gibi uygulamalarda etkilidir (Mason ve ark., 2021).

Endüstriyel Tip Ultrasonik Prob: Büyük ölçekli üretimlerde kullanılmakta ve yüksek enerji yoğunluğu sunmaktadır (Soltani ve ark., 2022).

Daldırma Probu Sistemler: Sıvı gıdaların sterilizasyonunda veya yüzey işlemlerinde tercih edilmektedir (Yıldız, 2021).

Ultrases ekipmanlarının, işlem sürelerini kısaltma, enerji tasarrufu sağlama ve gıdaların kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Problu sistemler, hassas uygulamalarda ve yüksek verimlilik gerektiren işlemlerde öne çıkmaktadır (Mason ve ark., 2021).

Ultrases uygulaması, gıda endüstrisindeki çeşitli süreçlerin hızını önemli ölçüde etkileyen ve yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. Ultrases ile gerçekleştirilen gıda işlemleri, yüksek tekrarlanabilirlik ile saniyeler veya dakikalar içinde tam olarak tamamlanabilmekte; bu da işleme maliyetlerini azaltmakta, hazırlık aşamalarını basitleştirmekte, nihai ürünün saflığını artırmakta, atık suyun son işlem gereksinimini ortadan kaldırmakta ve geleneksel süreçlerde normalde gereken zaman ile enerjinin yalnızca bir kısmını tüketmektedir. Ultrases teknolojisi, gıda endüstrisinde dondurma, kesme, kurutma, şoklama, muhafaza, ağartma, sterilizasyon ve ekstraksiyon gibi birçok işlem de verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Gıda işleme için ultrases kullanımının sağladığı avantajlar arasında; daha etkili karıştırma ve mikro-karıştırma, enerji ve kütle transferinin daha hızlı olması, ısı ve yoğunluk gradyanlarının azalması, düşük sıcaklık, seçici ekstraksiyon, daha küçük ekipman boyutları, işleme ve ekstraksiyon kontrolüne daha hızlı yanıt, daha hızlı başlatma, artan üretim ve işlem adımlarının ortadan kaldırılması yer almaktadır (Chemat, 2011).

1.2.2. Ultrases Uygulamasının Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları

Tüketicilerin ihtiyaç duyduğu gıdaların güvenliği, besin değeri ve tüketime uygun özellikleri, çeşitli gıda işleme ve muhafaza yöntemleriyle korunmaktadır. Hasat veya üretim sonrası, gıdalar enzimatik, mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar nedeniyle kalite kaybına uğrayabilmektedir. Gıda muhafaza teknikleri, istenmeyen bu reaksiyonları engelleyerek gıda güvenliğini sağlamayı, raf ömrünü uzatmayı ve mikroorganizmalar ile enzimlerin inaktivasyonunu gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır (Türksönmez ve Diler, 2021). Termal yöntemlerle gıdaların korunması sırasında, organoleptik (renk, koku, tat), fiziksel (tekstür) ve kimyasal (besin içeriği) özelliklerde belirli düzeylerde kayıplar meydana gelebilmektedir. Bununla birlikte, günümüz tüketicileri, minimum düzeyde işlenmiş, organoleptik özellikleri korunmuş ve besin değeri yüksek ürünlere yönelmektedir. Bu durum, termal olmayan gıda işleme ve muhafaza yöntemlerinin önemini giderek artırmaktadır

(Demirdöven ve Baysal, 2009). Bu teknolojiler arasında yer alan yüksek basınç, darbeli elektrik alanı, ultrases, ultraviyole ışınlama, darbeli ışık ve iyonize radyasyon gibi yöntemler gıda işleme proseslerinde kullanılabilmektedir (Baysal ve İçier, 2012).

Ultrases teknolojisinin gıda endüstrisinde kullanım alanları süreklilik kazanarak artmaktadır. Ultrases teknolojisi, enzim inaktivasyonu, mikroorganizma inhibisyonu, kurutma, dondurma, filtrasyon işlemi, homojenizasyon, etlerin olgunlaştırılması, ekstraksiyon, ekstrüzyon, kesme, sterilizasyon-pastörizasyon, kristalizasyon, marinasyon, işlemin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır (Türksönmez ve Diler, 2021).

Aydar ve ark. (2021) çalışmalarında, ultrases ön işleminin zeytin, yer elması, elma, sarımsak ve kavun gibi meyve ve sebzelerin kurutulması öncesinde uygulanmasının fiziksel ve kimyasal parametreler, renk değişimi, reolojik davranış, biyoaktif bileşikler ve duyu özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kurutma işlemi öncesinde uygulanan ultrases işleminin kavitasyon etkisiyle gıdada mikrokavite oluştuğunu ve bu sayede kurutma hızını artırarak işlem süresini kısalttığını bildirmiş ve fenolik bileşikler, antioksidan aktivite ve renk gibi gıda kalite özelliklerinin korunmasında etkili bir ön işlem olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ercan ve Soysal (2021), çalışmalarında ultrasesin temel prensipleri ve akustik kavitasyon mekanizmasını açıklayarak, bu teknolojinin süt işleme süreçlerinde sağladığı avantajları incelemiştir. Ultrases teknolojisinin süt işleme proseslerinde, geleneksel yöntemlere kıyasla enerji ve zaman tasarrufu sağladığı, düşük sıcaklıkta mikrobiyal güvenliği artırdığı, kaliteyi koruduğunu sonuçta süt ürünlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahip olması, özellikle raf ömrü uzatma ve ürün kalitesini koruma açısından etkili bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, çevre dostu bir teknoloji olması sebebiyle sürdürülebilir üretim süreçleri için önemli bir alternatif olduğu vurgulanmıştır.

Mata ve ark. (2021) çalışmalarında, *Annona cherimola* (anona) bitkisinden elde edilen fitokimyasalların antioksidan kapasitesi ve antibakteriyel aktivitelerini incelemiştir. Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile geleneksel ekstraksiyon yöntemlerini karşılaştırarak, ultrasesin etkinliğini ve sağladığı avantajları

değerlendirmişlerdir. Ultrases destekli ekstraksiyon yönteminde, geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek verimlilik sağladığı ve daha kısa sürede daha fazla aktif bileşik elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, ultrases yöntemi ile ekstrakte edilen fitokimyasalların güçlü antioksidan kapasiteye ve geniş spektrumlu antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Sarioğlu ve ark. (2024), çalışmalarında, farklı genliklerde (%40, %70, %100) ultrases destekli dondurma ve çözündürme yöntemlerinin kuşbaşı dana nuar etinin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. %100 genlikte uygulanan ultrases işleminde en yüksek ağırlık kaybı tespit etmişlerdir. Pişme kaybı değerlerinin geleneksel yöntemlere göre daha düşük olduğunu lipid oksidasyonun ise arttığını bildirmişlerdir. Ez az renk değişiminin %40 genlikte uygulanan ultrases işleminde olduğunu, tekstürel özelliklerde sertlik ve çiğnenebilirliğin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak ultrases uygulamasının dondurma ve çözündürme işlemlerini hızlandırmak ve kaliteyi korumak için kullanılabilir olduğunu ancak %100 genlikte önemli bir avantaj sağlamadığını ifade etmişlerdir.

1.2.3. Ultrases Uygulamasının Et Kalitesine Etkisi

Ultrases uygulaması, etin sterilizasyonunu sağlayarak kas hücrelerinin bütünlüğünü bozmakta, bağ dokusunu parçalamakta ve enzimatik aktiviteyi artırmaktadır (Ercan, 2011). Bu mekanizmalar, et dokusunu iyileştirerek su tutma kapasitesini artırmakta ve daha yumuşak bir doku oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, güçlü ses dalgalarının kolajen sertliğini azalttığı da yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Jayasooria, 2007). Yapılan araştırmalar, ultrases işlemi uygulanmış etlerin daha yüksek su bağlama kapasitesine sahip olduğunu ve pişirme sırasında daha az su kaybı yaşandığını ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, ultrases uygulamasının etin duyuşal özelliklerini koruyarak daha sulu ve gevrek bir yapının oluşmasına katkı sağladığı tespit edilmiştir (McClements, 1995).

Ultrases teknolojisi, etin tekstürel özelliklerini iyileştirmede de önemli bir rol oynamaktadır. Ses dalgalarının yaratmış olduğu mekanik etkiler ve kavitasyon, kas liflerinin parçalanmasına ve bağ dokularının ayrılmasına neden olarak, etin daha gevrek ve yumuşak bir yapıya kavuşmasını sağlamaktadır (Ercan, 2011). Yapılan

araştırmalar, ultrasesin kas dokusunda su tutma kapasitesini artırdığını ve pişirme verimini yükselttiğini göstermektedir. Ayrıca, pH seviyesini yükselterek etin daha taze bir görünüm kazanmasını sağlamaktadır. Yüksek enerjili ultrases uygulamaları, etin fizikokimyasal yapısında değişikliklere yol açarak, miyofibril proteinlerin yapısını ve kas dokusunun genel kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Bu özellikler, ultrases teknolojisinin et endüstrisinde yenilikçi ve işlevsel bir yöntem olarak önemli bir yer edinmesini sağlamaktadır (Chemat, 2011).

Et endüstrisinde, ses dalgaları, etin mikrobiyolojik kalitesini artırmak, tekstürel özelliklerini iyileştirmek ve genel ürün kalitesini korumak amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ultrases teknolojisi, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunu sağlayarak etin raf ömrünü uzatmakta ve gıda güvenliğini desteklemektedir. Geleneksel ısı işlemlerin aksine, düşük sıcaklıklarda çalışan ultrases, etin duysal özelliklerinde herhangi bir bozulma meydana getirmemektedir. Ayrıca, ultrases uygulamaları, et yüzeyinde mikrobiyal yükü azaltarak; hücre zarlarının incilmesi ve lokalize sıcaklık artışı gibi mekanizmalar aracılığıyla mikroorganizmaların yapısal bütünlüğünü bozmakta ve etkin bir dezenfeksiyon sağlamaktadır (Ulusoy, 2011).

Jayasooria ve ark. (2007), ultrases uygulamasının et kalitesi üzerine etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmayı, belirli yaş aralığındaki sığırların *M. longissimus lumborum et thoracis* ve *M. Semitendinosus* kasları üzerinde gerçekleştirmiştir. Çiğ et örnekleri, yüksek güçlü ultrases uygulamasına tabi tutulmuş ve ardından olgunlaştırma sürecine alınmıştır. Damlama kaybı, pişirme kaybı, sertlik ve renk gibi çeşitli parametreler değerlendirilmiştir. Ultrases işleminde, kesme kuvvetini ve etin sertliğini önemli ölçüde azaltırken, etin pH değerinde artış gözlemlenmiştir. Olgunlaştırma sürecinde etin sertlik ve kesme kuvveti değerleri azalmış ancak ultrases uygulaması ile olgunlaştırma süresi arasında anlamlı bir etkileşim bulunmamıştır. Olgunlaştırma sürecinde, pişirme kaybının artış gösterdiği bulunmuştur. Çalışma sonucunda yüksek güçlü ultrasesin etin doku özelliklerini geliştirmede etkili bir yöntem olduğu ifade edilmiştir.

Siro ve ark. (2009) yaptığı çalışmada, ultrases uygulamasının ve tuzlama işleminin domuz etinin mikro yapısı, protein denatürasyonu, su tutma kapasitesi,

sodyum klorür difüzyonu ve dokusal profili üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada domuz eti salamura içinde bekletilmiş ve 5°C’de tuzlama, vakumla karıştırma ve düşük frekans düşük yoğunlukta ultrases işlemleri uygulanmıştır. Vakumla karıştırma işlemi et dokusunda suyun daha fazla tutulmasına olanak sağlamış, ancak bu suyun düşük bağlanma enerjisi ile tutulduğu belirlenmiştir. Bu durum, vakumla karıştırılmış örneklerde, ultrases uygulanan ve tuzlanmış örneklerle kıyasla daha yüksek su kaybına neden olmuştur. En etkili sonuçlar belirli bir yoğunluk aralığında (4 W/cm², 8 W/cm² ve 12 W/cm²) elde edilirken, daha yüksek yoğunluk seviyeleri ve/veya uzun süreli ultrases uygulamaları protein denatürasyonuna yol açtığı bildirilmiştir. Çalışmada, 12 W/cm²’lik ultrases yoğunluğunun etin gevrekliğini artırmada etkili olduğu, ancak bu seviyenin üzerindeki yoğunlukların protein denatürasyonuna ve etin kalite özelliklerinde olumsuz etkilere neden olduğu tespit edilmiştir. Düşük frekanslı ve düşük yoğunluklu ultrases uygulamasının tuz difüzyonunu artırma, etin su tutma kapasitesi ve dokusal özelliklerini iyileştirme açısından faydalı bir alternatif olabileceği bildirilmiştir.

Ultrases teknolojisi, gıda işleme süreçlerinde zaman ve enerji tasarrufu sağlayarak işlemleri hızlı, tekrarlanabilir ve verimli hale getirmektedir. Bu teknoloji, işleme maliyetlerini düşürmekte, süreçleri basitleştirmekte ve besin değerini koruyarak kaliteyi iyileştirmektedir. Ayrıca, ultrases uygulamaları, geleneksel yöntemlerde ihtiyaç duyulan atık su arıtımını ortadan kaldırarak sürdürülebilirliği desteklemektedir. Ultrases teknolojisi gıda endüstrisinde dondurma, kesme, kurutma, temperleme, ağartma, sterilizasyon ve ekstraksiyon gibi çeşitli süreçlerde etkin bir şekilde kullanılabilmektedir. Ultrases teknolojisinin gıda işleme süreçlerinde kullanılmasının sağladığı avantajlar arasında daha etkili karıştırma ve mikro karıştırma, enerji ve kütle transferinin hızlanması, termal ve konsantrasyon gradyanlarının azalması, daha düşük işlem sıcaklıkları, seçici ekstraksiyon, daha küçük ekipman boyutları, süreç ekstraksiyon kontrolüne daha hızlı yanıt verilmesi, hızlı başlatma, artan üretim ve süreç adımlarının ortadan kaldırılması yer almaktadır (Chemat, 2011). Ultrases, et endüstrisinde et kalitesinin artırılması, emülsifikasyon, kütle transferi, marinasyon, dondurma, homojenizasyon, kristalleşme, kurutma ve mikroorganizma inaktivasyonu gibi işlemleri iyileştirmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, ultrases enerjisinin bir dezenfektan ile birleşmesi, mikroorganizmaların inaktivasyonunda sinerjik bir etki yaratmaktadır. Hem *Escherichia coli* hem de

Salmonella bakterilerine duyarlı olduğu ultrases, tavuk etinin yumuşatılması ve dezenfeksiyonu için yenilikçi ve evre dostu bir teknoloji olarak değerlendirilebilmektedir (Al-Hilpy, 2020). Mikroorganizmaların inaktive edilmesi, ultrases uygulamasının gücüne ve süresine bağlıdır. Uygulamanın süresi ve gücünün artması daha fazla mikrobiyal yıkıma yol açmaktadır. Ultrasesin bakteriler üzerindeki öldürücü etkisi, sitoplazmik membranın tahrip edilmesine dayanmaktadır. Membranın hasar görmesi, mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek etkili bir dekontaminasyon sağlamaktadır. Bu süreç, özellikle gıda güvenliği açısından önemlidir, çünkü zararlı bakterilerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilmektedir (Bayraktaroğlu, 2006).

Xiaong ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, ultrasesin tavuk kanadı yüzeyindeki gram-negatif bakteriler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Tavuk kanadı örnekleri, bakteriyel suşlarla inoküle edilmiş ve bakteri sayısındaki azalma incelenmiş, bu azalmanın ultrases işleminin süresine ve kullanılan sıvının türüne bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Dong ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, ultrases işleminin etin olgunlaştırılması üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Ultrases uygulamasının kas liflerini parçalayarak ve bağ dokusunu zayıflatarak etin yumuşamasını sağladığını ayrıca et dokusunda mikro yapısal değişiklikler oluşturarak olgunlaşma sürecini hızlandırdığını bildirilmiştir. Bununla birlikte ultrases uygulamasının et örneklerinde mikrobiyal inaktivasyon sağlamasının yanı sıra duyuasal özellikleri geliştirdiği ve geleneksel yöntemlere göre enerji tüketiminin azalttığını ifade edilmiştir.

Pathak ve ark. (2011) ultrases uygulamasının kas ve yağ dokularının yapısını tespit etmede ve etin bileşiminin belirlenmesinde etkili bir araç olduğunu ve enzim inaktivasyonu ile emülsiyon oluşumu gibi işlemlerde kullanılabileceğini belirtmiştir. Ultrases teknolojisinin etin kalite özelliklerinin değerlendirilmesinde ve işlenmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.

1.2.4. Ultrases Uygulamasının Diğer İşleme Teknikleriyle Birlikte Kullanımının Et Kalitesine Etkisi

Geleneksel marinasyon uygulamalarında ideal işlem süresinin 8-12 saat ve tuz konsantrasyonunun ise %3-4 aralığında olması gerektiği ifade edilmektedir (Lemos, 1999). Geleneksel yöntemlerle uygulanan marinasyon hem kullanım kolaylığı hem de marinat bileşenlerinin kolay temin edilebilir olması nedeniyle tercih edilmektedir. Son yıllarda entegre et işleme tesislerinde marinasyon süreçleri, otomasyon ve modern teknolojilerin entegrasyonu sayesinde yeniden düzenlenmiş; bu sayede geleneksel yöntemlerde yaşanan işçilik, zaman ve kimyasal madde kayıpları önemli ölçüde minimize edilmiştir (Et ve Süt Kurumu, 2023). Sodyum klorür çözeltisine daldırılan domuz filetosu dilimlerine ultrases işlemi uygulandığında, su ve sodyum klorür içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Ultrases işleminin tuzlama süresini kısaltmasının yanı sıra, ürünlerin daha homojen bir şekilde tuzlanmasını sağladığı rapor edilmiştir (Chemat, 2011). Ayrıca marinasyon işleminin enjeksiyon yöntemi ile yapılması durumunda et veriminin %60 oranında arttığı tespit edilmiştir (Xargayo, 2001).

Chang ve ark. (2012) çalışmalarında, kivi proteaz enzimi olan aktinidinin, ultrases uygulamasıyla birlikte kullanıldığında marinasyon işlemini daha homojen ve etkili hale getirdiği belirtilmiştir. Ultrases uygulaması, sığır kası üzerinde belirli süreler boyunca (20, 40 ve 60 dk) uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, ultrases uygulaması kas liflerinin çapını önemli ölçüde azaltmış ve kontrol grubuna kıyasla yaklaşık %20-30 oranında küçülme gözlemlenmiştir. Aktinidin enzimi, etin protein yapısında yıkıma neden olarak kas dokusunun olgunlaşmasını hızlandırmış ve bu sayede etin daha gevrek bir dokuya sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, ultrasesin ısı olarak çözünmeyen kolajen içeriği üzerinde doğrudan bir etkisi tespit edilmemiştir. Ancak, kolajenin ısı stabilitesinde azalma ve yapısının daha kolay parçalanabilir hale gelmesi nedeniyle etin dokusal özelliklerinde iyileşmeler rapor edilmiştir.

Guo ve ark. (2022) çalışmalarında, üç farklı frekansta (20 kHz, 40 kHz ve 60 kHz) uygulanan ultrases destekli eş zamanlı marinasyonun domuz etindeki NaCl difüzyonu ve etin dokusal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ultrases işleminin NaCl'nin dokuya nüfuz etme hızını artırarak marinasyon sürecini belirgin şekilde kısalttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Çalışmada, 20

kHz ve 40 kHz frekanslarının kombinasyonunun, en yüksek tuz alma kapasitesine, su tutma kapasitesine ve dokusal özelliklerde iyileşmelere yol açtığı belirlenmiştir. Marinasyon çözeltisinin 35 mL'nin üzerinde bir hacme ulaşması durumunda, ultrases uygulamasının marinasyon sürecini önemli ölçüde hızlandırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tuzlama işlemi domuz etinin renginde belirgin iyileşmeler sağlamış ($P<0,05$) ve marinasyon sonrası miyogloblin konsantrasyonunda azalma meydana gelirken, miyogloblin oksitlenme seviyesi olumsuz etkilenmemiştir. Marinasyon sonrası bağlı su ve serbest su içeriğinde düşüşler gözlenmiş ve ultrases uygulamasının, domuz dokusunda mikro yapısal değişikliklere yol açarak NaCl'nin daha etkin bir şekilde dokuya nüfuz etmesini kolaylaştırdığı ifade edilmiştir.

Kang ve ark. (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, etin kürlenmesi sırasında yüksek güçlü ultrases uygulamasının su tutma kapasitesi ve gevreklik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, ultrases uygulamasının etin su bağlama yeteneğini ve dokusal özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Elektron mikroskobu analizleriyle desteklenen bu bulgular, ultrasesin et kürlenme süreçlerinde yenilikçi bir uygulama olarak kaliteyi artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, et endüstrisinde verimliliği artırma ve kaliteyi iyileştirme amacıyla geniş bir uygulama alanına sahip olduğu vurgulanmaktadır.

Cao ve ark. (2021), farklı sürelerde ultrases destekli enzim (papain) uygulamasının (300 W, 40 Hz, 10, 20, 40, 80 dk) tavuk göğüs etinin kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda ultrases uygulamasının et kalitesini geliştirmede etkili bir uygulama olduğu bunun yanı sıra ultrases destekli enzim uygulamasının et kalitesi geliştirmesinde sinerjistik etki gösterdiği rapor edilmiştir.

Pinton ve ark. (2022), bambu lifi (%0, 2,5, 5) ve yüksek güçte ultrases uygulaması (25 kHz, 20°C, 27 dk) ile fosfat içermeyen et emülsiyonu geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda bambu lifi içeren örneklerin emülsiyon stabilitesi kontrol grubuna göre daha yüksek çıkmıştır. Et emülsiyonlarında fosfat yerine %2,5 oranında bambu lifi kullanımının tekstür gelişimi üzerine fosfat içeren gruplar ile benzer etkiyi gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca ultrases uygulamasının bambu lifinin et emülsiyonlarında tekstür üzerine etkisini arttırdığı rapor edilmiştir. Bambu lifi ve

ultrases uygulamasının lipid oksidasyonu üzerine önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

1.2.5. Ultrases ve Marinasyon Uygulamasının Birlikte Kullanımının Et Kalitesine Etkisi

Kırmızı et ürünlerinde ultrases ve marinasyon uygulamalarının birlikte kullanımına dair sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Mevcut araştırmalar, bu kombinasyonun et kalitesi üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini göstermektedir (Alarcon-Rojo et al., 2015; Zou et al., 2018).

Erdem ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, hindi göğüs etlerine ultrases ve alıç püresi marinatı uygulanmış, %5 alıç püresi ile gerçekleştirilen marinasyonun örneklerin pH değerini düşürdüğü, tek başına ultrases uygulamasının ise pH üzerinde önemli bir etki göstermediği, ultrases ve marinasyon uygulamasının birlikte kullanıldığı örneklerin pH değerlerinin de sadece marine edilen örneklerle benzer olduğu tespit edilmiştir. Tek başına ultrases uygulanan hindi göğüs etlerinin kontrol grubuna göre L^* ve a^* değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. En düşük sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri, %5 alıç püresi ile marine edilen ve ultrases uygulanan örneklerde gözlemlenirken, yalnızca %5 alıç püresi ile marine edilen örnekler bu değerlere yakın sonuçlar vermiştir. Ayrıca, %5 alıç püresi ile marinasyon ve ultrases uygulamalarının, hindi etlerinin lipid oksidasyonunu ve pişirme kaybını azalttığı gözlemlenmiştir. Panelistler, en yüksek tekstür puanlarını ultrases uygulanarak pişirilen hindi göğüs eti örneği için 7,00 ve alıç püresi ile marine edilen ve ultrases uygulanan hindi göğüs eti örneği için 7,71 olarak vermişlerdir. Tekstür profil analizleri ve duyusal analiz sonuçları birbiriyle tutarlılık göstermekte olup, alıç püresi ile marinasyon ve ultrases uygulamalarının hindi göğüs etinin gevrekliğini artırdığı sonucuna varmışlardır. Alıç püresi ile yapılan marinasyonun, ultrases uygulamalarıyla bir arada kullanıldığında daha iyi doku ve lezzet özellikleri sağladığı tespit edilmiştir.

Zhang ve ark. (2024) çalışmalarında, farklı frekanslarda düşük sıcaklıkta ultrases destekli marinasyonun domuz etinin fizikokimyasal özellikleri, miyogloblin seviyeleri ve uçucu bileşikler üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. 26,8 kHz'de ultrases ve marinasyon işlemi, etin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini %43 ve %44

oranında azaltıldığını, su tutma kapasitesini artırarak pişirme kaybını %27 ve %22 düşürdüğünü, pH değişimlerinin ise minimal olduğunu bildirmişlerdir. Ultrases destekli marinasyonun etin fonksiyonel ve duyuşal özelliklerini iyileştirdiğini, su tutma kapasitesini artırdığını ve tekstürel özellikleri olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

1.2.6. Ultrases Uygulamasının Et Pişirme İşlemine Etkisi

Etin pişirilmesi hem lezzet hem de gıda güvenliği açısından zorunlu bir işlem olarak görölmektedir. Ancak, ısı işlem sırasında etlerde mineral ve vitamin kayıpları meydana gelebilmekte ve lipid oksidasyonu sonucu yağ asitleri kompozisyonunda değişiklikler gözlemlenebilmektedir (Combes ve ark., 2002). Pişirme sıcaklığı ve süresi, etin fiziksel özellikleri ve yeme kalitesi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olmaktadır (Yılmaz ve Akıncı, 2019).

Et proteinleri, bir kasın ağırlığının yaklaşık %20'sini oluşturarak etin temel yapı taşlarıdır. Pişirme sırasında uygulanan ısı işlem, proteinlerin üç boyutlu yapılarında önemli yapısal değişimlere yol açmaktadır. Bu süreç, denatürasyon olarak adlandırılmakta ve proteinlerin doğal yapılarının bozulmasını ifade etmektedir. Denatürasyonun başlıca nedenlerinden biri ısı işlemidir ve bu işlem sırasında proteinlerin yapısında konformasyonel değişiklikler meydana gelmektedir. Pişirme sırasında bu tür değişimlerin gözlemlendiği sıcaklık, denatürasyon sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır. Isı işlem sırasında proteinlerin sarmal yapılarının çözülmesi ve ilerleyen aşamalarda protein-protein etkileşimleri sonucu topaklanmalar oluşması, bu yapısal değişimlerin belirgin örneklerindendir (Tornberg, 2005).

Geleneksel pişirme yöntemleri olarak ısı transferini sağlamak için kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon gibi yöntemleri kullanılırken, modern tekniklerde mikrodalga gibi farklı enerji kaynaklarından yararlanılmaktadır. Pişirme teknikleri arasında, yüzey sıcaklığı, et içindeki sıcaklık dağılımı ve ısı transfer yöntemleri (örneğin temas, hava, su, buhar veya mikrodalga) açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır (Jensen ve ark., 2004).

1.2.6.1. Pişirme Teknikleri

Piştirme yöntemleri, etin su tutma kapasitesi, renk, lezzet, tekstür ve mikrobiyolojik güvenlik gibi özellikleri üzerinde farklı etkiler gösterebilmektedir.

Yüksek Sıcaklıkta Piştirme (Izgara ve Kızartma): Yüksek sıcaklıkta piştirme yöntemleri (ızgara ve kızartma), etin yüzeyinde karbonizasyon sağlayarak lezzet artırıcı bir etki yaratmaktadır. Ancak, bu yöntemler sırasında heterosiklik aminler (HCA) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi kanserojen bileşiklerin oluştuğu gözlemlenebilmektedir. Özellikle iyi pişmiş etlerin tüketimi, HCA miktarı yüksek olduğu için kanser riskini artırabilmektedir (Cross ve ark., 2009). Bu yöntemler lezzet ve aroma gelişimini desteklerken, besin değeri kaybı ve sağlık riskleri oluşturabilmektedir (Aydın ve Şahan, 2018).

Düşük Sıcaklıkta Piştirme (Sous Vide ve Vakum): Sous vide ve vakum piştirme, düşük sıcaklıkta uzun süreli piştirme sağlayarak etin gevrekliğini ve nemini korumaktadır. Ayrıca, minimal besin kaybı ve yüksek mikrobiyal güvenlik sunmaktadır (Sotelo Díaz ve ark., 2020). Ancak, duyuusal analizlerde, lezzet açısından tava veya ohmik piştirme yöntemlerine kıyasla daha düşük bir beğeni almaktadır (Sotelo Díaz ve ark., 2020).

Haşlama ve Fırında Piştirme: Haşlama yöntemi, özellikle vitamin kaybını azaltarak etin besin içeriğini koruma açısından avantajlı olmaktadır. Ancak mineral kaybı bu yöntemde daha yüksek olabilmektedir (Lorenzo ve ark., 2014). Fırında piştirme ise etin duyuusal özelliklerini geliştirmesine rağmen su kaybını artırarak piştirme kaybına neden olabilmektedir (Lorenzo ve ark., 2014).

Ohmik Piştirme: Ohmik piştirme, kısa sürede eşit ısı dağılımı sağlayarak etin fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu yöntem, protein yapılarında homojen bir denatürasyon sağlarken, tüketiciler tarafından daha çok tercih edilen yöntemlerden biri olmaktadır (Sotelo Díaz ve ark., 2020).

Jezek ve ark. (2019) çalışmalarında, farklı piştirme sıcaklıkları ve sürelerinin etin tekstürel yapısı, pişme kaybı, mikrobiyolojik ve duyuusal özellikleri üzerindeki

etkisini incelemişlerdir. Pişirme işleminin etin gevrekliğini artırdığı ancak uygulanan ısı işlem, kas lifleri ve bağ dokusunun büzülmesine neden olarak sertliğe yol açtığı ifade edilmiştir. Özellikle, 50-65 °C arasındaki sıcaklıklarda kas liflerinin büzülmesi, etin sertliğini artırırken, bağ dokusunun jelatinizasyonunu artırdığı rapor edilmiştir. Etin pişirilmesi sırasında meydana gelen ağırlık kaybı, kas lifleri ve bağ dokusunun büzülmesi sonucu oluştuğu ve büzülmenin sıcaklık arttıkça şiddetlendiği ve kullanılan pişirme cihazına bağlı olarak da değişiklik gösterebileceği bildirilmiştir.

1.2.6.2. Ultrases Uygulaması ve Pişirme

Ultrases teknolojisi, etin pişirme süreçlerinde yenilikçi bir ön işlem yöntemi olarak dikkat çekmektedir. Bu yöntem, düşük frekanslı yüksek güçte ses dalgalarının et dokusuna nüfuz ederek, kas liflerinin mikro yapısını değiştirmekte ve pişirme sırasında yağ emilimini, su kaybını ve sertliği azaltmaktadır (Cárcel ve ark., 2007; Jayasooriya ve ark., 2007). Ultrason ön işlemi uygulanan kızartılmış et ürünlerinde yağ emiliminin %30-50 oranında azaldığı ve tekstürel özelliklerin iyileştiği görülmektedir (Sánchez-González ve ark., 2020). Bu bulgular, ultrasesin et pişirme süreçlerinde hem kaliteyi artıran hem de daha sağlıklı ürünler elde edilmesine olanak tanıyan önemli bir teknoloji olduğunu göstermektedir.

Wang ve ark. (2022) çalışmalarında, ultrases destekli sous-vide pişirme işleminin baharatlı sığır etinin tekstürel özellikleri, su tutma kapasitesi, protein oksidasyonu ve mikro yapısı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 28 kHz frekans ve 60 W güç ile ultrases uygulanmış ve 60°C'de sous-vide pişirme yöntemiyle karşılaştırmalı analiz yapmışlardır. Ultrases destekli sous-vide yöntemi, kesme kuvvetini %15 oranında düşürerek etin daha yumuşak bir dokuya sahip olmasını sağlamıştır. Bu sonuçlar, ultrasesin protein yapılarında gevşemeye neden olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Ultrases uygulaması, etin su tutma kapasitesini %10-12 oranında artırmıştır. Bu durum, ultrasesin kas liflerinde suyun hapsedilmesini artıran mikro kanallar oluşturmasıyla açıklanmıştır. Ultrases etkisiyle protein oksidasyonunun %8 oranında azaldığı ve ultrasesin kas liflerinde pürüzsüz bir yapı oluşturduğu ve liflerin daha gevşek yapıya sahip olmasına neden olduğu bildirilmiştir.

Zou ve ark. (2018) çalışmalarında, pişirme sırasında uygulanan ultrasesin baharatlı sığır etinin tuz penetrasyonu, su tutma kapasitesi ve gevrekliği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada 20 kHz frekansında ve 0, 400, 600, 800 ve 1000 W güç seviyelerinde ultrases uygulanmış ve etler 80, 100 ve 120 dk süreyle pişirilmiştir. Ultrases uygulamasının, etin tuz içeriğini anlamlı derecede artırdığı gözlemlenmiştir. Bu durum ultrasesin et dokusunu modifiye ederek tuzun daha derinlere nüfuz etmesini kolaylaştırmasıyla ilişkilendirilmiştir. Sonuçlar ultrases uygulamasının basınç kaybını ve serbest su içeriğini azaltırken, immobilize su içeriğini artırarak etin pişirme sırasında daha az su kaybetmesine ve daha sulu kalmasına imkân tanıdığını göstermiştir. Etin sertliği kontrol grubuna kıyasla azalmasına rağmen esneklik, çiğnenebilirlik özelliklerinde minimal değişiklikler gözlemlenmiştir.

Firouz ve ark. (2022) çalışmalarında, yüksek yoğunluklu ultrases teknolojisinin et endüstrisindeki dondurma, çözündürme pişirme ve fermantasyon süreçlerindeki uygulamalarını, mekanizmalarını, ilerlemelerini ve karşılaşılan zorlukları incelemişlerdir. Yüksek yoğunluklu ultrases, pişirme ve kızartma işlemlerinde ısı transferini hızlandırarak pişirme süresini azalttığı ve su tutma kapasitesini iyileştirirerek genel ürün kalitesini yükselttiği rapor edilmiştir. Çalışmalarında, ultrases uygulamasının et işleme süreçlerinde işlem verimliliğini artırma, enerji tasarrufu sağlama ve ürün kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip umut verici bir teknoloji olduğunu bildirmişlerdir.

Kawasaki ve Okamoto (2023) çalışmalarında, ultrases destekli pişirme yönteminin, özellikle yüksek yoğunluklu odaklanmış ultrases kullanarak, etin belirli bölgelerini lokal ve seçici olarak ısıtma potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada yüksek yoğunluklu odaklanmış ultrases yöntemi ile tavuk butlarının belirli bölgeleri başarılı bir şekilde lokal olarak ısıtılmış ve pişirilmiştir. Ultrases destekli pişirme yönteminin, geleneksel pişirme yöntemlerine kıyasla pişirme süresini azalttığını, enerji verimliliğini artırdığı, ayrıca etin dokusu ve lezzetinde olumlu etkiler sağladığı bildirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

Çalışmada materyal olarak Manisa’da yerel bir kasaptan temin edilen ölüm sertliğini tamamlamış sığır karkaslarının ön kol kısmından elde edilen kemiksiz ve derisiz but etleri kullanılmıştır. Marinasyon çözeltisinin hazırlanmasında kullanılan soğan, kekik ve zeytinyağı Manisa’da yerel firmalardan tedarik edilmiştir.

2.1.1. Deneme Deseni

Çalışmada kontrol (ultrases ve marinasyon uygulaması yapılmamış) örneği (K), 20 dk ultrases uygulaması yapılmış et örneği (U20), 40 dk ultrases uygulaması yapılmış et örneği (U40), marinasyon uygulaması yapılmış et örneği (MK), 20 dk ultrases ve marinasyon uygulaması yapılmış et örneği (UM20) ve 40 dk ultrases ve marinasyon uygulaması yapılmış et örneği (UM40) olmak üzere altı farklı grup oluşturulmuştur. Tablo 2.1.1’de uygulama yapılan et örneklerine ilişkin deneme deseni bulunmaktadır.

Tablo 2.1.1. Ultrases ve marinasyon uygulaması yapılmış et örneklerine ilişkin deneme deseni

Gruplar	Marinat Bileşenleri			Ultrases 20 dk	Ultrases 40 dk
	Kekik	Soğan	Zeytinyağı		
K	-	-	-	-	-
U20	-	-	-	+	-
U40	-	-	-	-	+
MK	+	+	+	-	-
UM20	+	+	+	+	-
UM40	+	+	+	-	+

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: 20 dk ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM40: 40 dk ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et.

2.1.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada materyal olarak kullanılan sığır karkaslarının ön kol bölgesinden elde edilen et parçaları, belirlenen standartlara uygun olarak işlenmiştir. İlk aşamada, karkastan ayrılan kas dokuları 2×2 cm boyutlarında kuşbaşı et formuna getirilmiş ve kontrollü koşullar altında fiziksel kontrolleri gerçekleştirilmiştir. Boyut açısından standardizasyon sağlamak amacıyla, büyük parça etler steril bıçaklar kullanılarak eşit büyüklükte kesilmiştir. Elde edilen kuşbaşı et parçaları, her biri 100 g olacak şekilde hassas teraziler kullanılarak tartılmış ve steril polietilen poşetlere yerleştirilmiştir. Bu aşamada, örneklerin mikrobiyal kontaminasyondan korunması için tüm işlemler aseptik koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan et örnekleri, marinasyon ve ultrases uygulanmadan önce kontrollü koşullarda muhafaza edilmiş ve tüm analiz süreçlerine uygun hale getirilmiştir. Bu şekilde marinasyon ve ultrases uygulamasında değişkenliğinin minimize edilmesi için tüm numunelerin standart boyut ve ağırlıkta olması sağlanmıştır. Marinasyon çözeltisinin hazırlanması aşamasında, kuru soğanlar homojen bir partikül boyutu elde etmek amacıyla rendeleme işlemine tabi tutulmuştur. Belirlenen miktarlarda kekik, zeytinyağı ve kuru soğan rendesi, steril poşetler içerisinde bulunan kuşbaşı et örneklerine ilave edilmiştir. Poşetlerin kapatılmasının ardından, bileşenlerin homojen dağılımını sağlamak amacıyla manuel olarak çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan örnekler, +4°C’de 6 saat marinatın et dokusuna penetrasyonu ve bileşenlerin et yüzeyi ile etkileşim sağlaması için muhafaza edilmiştir. Marinasyon sürecinin tamamlanmasının ardından bir grup örneğe 20 dakika ve diğer grup örneğe 40 dakika ultrases uygulanmıştır. İşlem sonrasında, örnekler +4°C’de depolanmıştır.

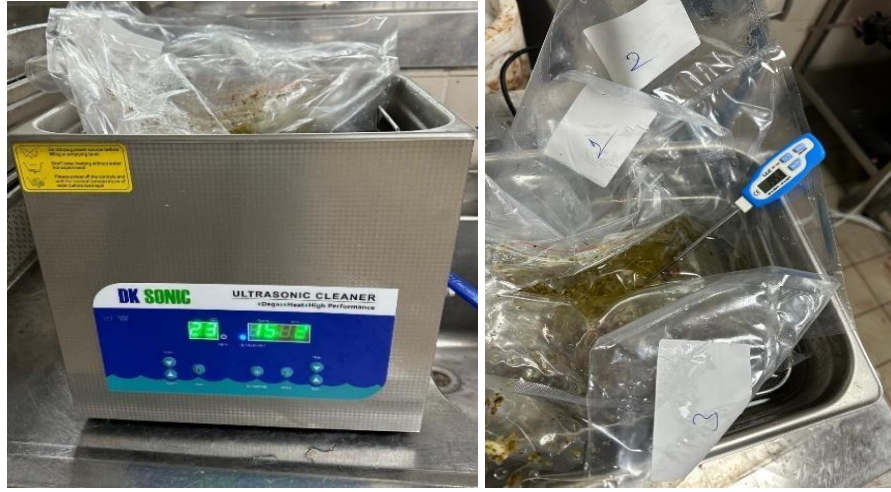
Ultrases uygulaması, etin marinasyon sürecini hızlandırmak ve marinatın et dokusuna daha derinlemesine nüfuz etmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar, ultrases destekli marinasyonun özellikle küçük parça etlerde (kuşbaşı etler) daha etkili olduğunu göstermektedir. Küçük parça etlerin yüzey alanının daha geniş olması, ultrases uygulamasının oluşturduğu kavitasyon etkisiyle marinatın et dokusuna daha homojen ve hızlı bir şekilde dağılmasına olanak tanımaktadır. Buna karşın, büyük parça etlerde ultrasonun etkinliği sınırlı olabilmekte; çünkü ultrases dalgalarının penetrasyon derinliği sınırlı olup büyük parça etlerin iç kısımlarına ulaşmasında yetersiz kalabilmektedir. Bu durum, marinatın etin merkezine ulaşmasını

engelleyerek marinasyon sürecinin homojenliğini azaltabilmektedir. Dolayısıyla, ultrason destekli marinasyonun etkinliği, et parçalarının boyutuna bağlı olup ve küçük parça etlerde daha yüksek bir performans sergilemektedir (Jayasing ve ark., 2001; Alorcon-Rojo ve ark., 2019).

2.1.3. Marinasyon ve Ultrases Uygulaması

Çalışmanın başlangıç aşamasında, marinasyon çözeltisinin bileşen oranlarının belirlenmesi amacıyla ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Marinasyon sürecinde kullanılacak kuru soğan, kekik ve zeytinyağı miktarlarının optimize edilmesi için çeşitli formülasyonlar test edilmiş ve duyu, fiziksel analizler doğrultusunda en uygun oranlar belirlenmiştir. Yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda, esas denemelerde kullanılacak kuru soğan, kekik ve zeytinyağı oranları sırasıyla %33,2, %3,6 ve %63,2 olarak tespit edilmiştir. Marinasyon işlemi, daldırma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önceden belirlenen marinasyon çözeltisi, kuşbaşı formunda hazırlanmış ve steril koşullarda tartılan et örnekleri ile kontrollü koşullarda birleştirilmiştir. Et-marinat karışımı, steril poşetler içerisinde homojen dağılım sağlanacak şekilde muhafaza edilerek ultrases uygulaması öncesinde +4°C’de 6 saat boyunca bekletilmiştir.

Marinasyon sürecinin ardından, ultrases uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ultrases işlemi için 40 kHz frekansında, 240W ultrases gücüne ve 300W ısıtma gücüne sahip DK-1000D model ultrasonik su banyosu (DK Sonic marka, 10L kapasiteli, Çin) kullanılmıştır. Ultrases uygulaması sırasında ortam sıcaklığı 20-25°C aralığında sabit tutulmuş, ürün sıcaklığı ise kontrollü olarak 18-20°C seviyesinde muhafaza edilmiştir. Ultrases uygulaması tamamlandıktan sonra, örnekler soğutma koşullarına uygun olarak +4°C’de muhafaza edilerek depolamaya alınmıştır. Bu çalışma, marinasyon ve ultrases uygulamalarının et kalitesi ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkilerini optimize etmek ve endüstriyel ölçekte uygulanabilirliğinin değerlendirilmesine yönelik bilimsel veriler elde etmek amacıyla yapılmıştır. Şekil 2.1.3’te örneklerin ultrases uygulama görselleri bulunmaktadır.



Şekil 2.1.3. Örneklerin ultrases uygulaması

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Genel Bileşim Analizleri

Örneklerin kimyasal kompozisyon analizleri (nem, protein, yağ ve kül) AOAC (2007)'ye göre gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. pH

Örneklerin pH değerleri batırmalı tip elektroda sahip pH metre (WTW Inolab pH 720, Weilheim, Almanya) ile ölçülmüştür (AOAC, 2007).

2.2.3. Su Aktivitesi

Örneklerin su aktivitesi (a_w) değerleri, su aktivitesi ölçüm cihazı (Rotronic, HygroPalm 23, İsviçre) ile ölçülmüştür (Rathod ve ark, 2017).

2.2.4. Renk Analizi

Et örneklerinde renk ölçümü, Hunter-Lab renk sistemine uygun ölçüm yapan Minolta marka (Model CR 300, Osaka, Japan) cihaz kullanılarak örnek yüzeyinin

taranması ile tespit edilmiştir. Renk analizi, L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık/yeşillik), b^* (sarılık-mavilik) renk parametreleri temel alınarak gerçekleştirilmiştir (Kayaardı ve Gök, 2003).

2.2.5. Tiyoarbutirik Asit Reaktif Maddeleri (TBARS) Tayini

Örneklerin lipit oksidasyon analizi Witte vd. (1970)'nın kullandığı TBARS yönteminde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre, kıyılmış 10 g örnek 20 mL %20'lik trikloroasetik asit (TCA) çözeltisinde homojenize edildikten sonra 4°C'de 4000 rpm'de 15 dakika santrifüjlenmiştir. Daha sonra karışım kaba filtre kağıdından filtre edilmiş ve 5 mL filtrat 5 mL 0,02 M 2-tiyoarbutirik asit çözeltisi ile karıştırılmıştır. Kör olarak 5 mL TCA ve 5 mL 2-TBA çözeltisi kullanılmıştır. Kör ve örnek çözeltileri 80 °C su banyosunda 20 dakika ısıtılmış ve süre sonunda hemen oda sıcaklığına soğutulmuştur. Absorbanslar 538 nm'de ölçüldükten sonra TBARS değeri mg malonaldehit/kg örnek cinsinden aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

2.2.6. Toplam Karbonil Miktarı Tayini

Protein karbonil içeriği 2,4-dinitrofenilhidrazin karbonil yöntemine göre belirlenmiştir (Soglia vd., 2016). 1 gr et örneği 10 mL 0.15 M potasyum klorür çözeltisi ile karıştırılmış ve 3000 rpm hızda 60 s homojenize edilmiştir. Homojenizattan her biri 100 µL olmak üzere 5 ayrı örnek alınarak 1 mL %20 TCA çözeltisi eklenmiştir. 5000 g'de 5 dk santrifüj işleminden sonra üst faz atılmış ve çökelti üzerine 400 µL %5'lik sodyum dodesil sülfat (SDS) çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra örnek 100°C'de 10 dk ısıtılmış ve 40 °C'de 30 dk ultrasonik su banyosunda bekletilmiştir. Örneklerin 3 tanesine 3 M HCL içinde çözünmüş %0,3 (w/v)'lik DNPH çözeltisinden 0,8 mL, diğer iki örneğe de 0,8 mL HCl eklenmiş ve bu iki örnek kör çözelti olarak kullanılmıştır. 30 dk inkübasyondan sonra, proteinleri çöktürmek için 400 µL %40'lık TCA çözeltisi eklenmiş ve 5000 g'de 5 dk santrifüj edildikten sonra üst faz atılmıştır. Çökelti 1 mL etanol-etilasetat (1:1, v:v) ile yıkandıktan sonra 10000 g'de 5 dk santrifüj edilmiş ve bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Yıkama işleminden sonra son çökelti azot ile kurutulmuş ve 1,5 mL 20 mM NaH₂PO₄ (pH 6.5) içinde çözünmüş 6M guanidin hidroklorid içinde çözündürülmüştür. Örnekler bir gece +4°C'de bekletildikten sonra

absorbansları 280 ve 370 nm’de okunmuştur. Karbonil içeriği aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur:

$$\text{Karbonil içeriği (nmol/mg protein)} = \frac{\text{Abs370 (örnek)} - \text{Abs 370(kör)}}{22000 \times [\text{Abs280} - (\text{Abs370 (örnek)} - \text{Abs 370(kör)}) \times 0,43]} \times 10^6$$

2.2.7. Pişme kaybı

Örnek gruplarının pişme kaybı analizi, Rodrigues ve ark. (2016) tanımladığı tekniğe uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çiğ haldeki ağırlıkları ölçülen örnekler, pişirme ambalajı içerisinde hazırlanmış su banyosunda, merkez sıcaklıkları 72°C'ye ulaşana kadar haşlanmıştır. Sonrasında, örnekler su banyosundan çıkarılıp oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, tek kullanımlık havlu ile nazikçe kurulanmış ve yeniden tartılmıştır. Pişirme kaybı, aşağıda belirtilen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Pişme kaybı (\%)} = \frac{(W_c - W_f)}{W_c} \times 100$$

Wc = Pişmemiş örnek ağırlığı (g); Wf= Pişmiş örnek ağırlığı (g)

2.2.8. Tekstür Profil Analizi (TPA)

Tüketime uygun olarak pişirilen et örneklerinin tekstür analizleri 50 kg yük aparatı bulunduran TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, England) cihazında TPA testi ile gerçekleştirilmiş, sonuçlar sertlik, gevreklik, çiğnenebilirlik, sululuk, vb. özellikler yönünden değerlendirilmiştir (Mochizuki, 2001). 2*2 cm lik kuşbaşı et örnekleri pişirme poşetlerine yerleştirilerek 80°C su banyosunda merkez sıcaklıkları 72°C ‘ye ulaşınca kadar ortalama 45 dakika bekletilmiştir. Sonrasında oda sıcaklığında 15 dakika bekletilerek soğutulup, 5 kg ‘lık yük uygulanıp 2 mm/s başlık hızı kullanılmıştır. Ölçümler 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır.

2.2.9. Mikrobiyolojik Analizler

2.2.9.1. Örneklerin Analize Hazırlanması

Üretim sonrası, aseptik şartlarda stomacher poşetlerine konulan örneklerden 10 g tartılıp, %0,1'lik 90 mL peptonlu su ile homojenizasyonu sağlanmıştır. Bu işlemle 10^{-1} dilüsyonu hazırlanmış ve ardından 10^{-6} seviyesine kadar sıralı dilüsyonlar oluşturulmuş, mikrobiyolojik analizler için kullanılmıştır. Petri kaplarına aktarılmadan önce homojenliğin sağlanması amacıyla dilüsyonlar vorteks ile iyice karıştırılmıştır.

2.2.9.2. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı

Hazırlanan dilüsyon sıvılarından 1 mL, çift paralel şekilde hazırlanan petri kaplarına dökülmüştür. Plate Count Agar (PCA) besiyerinden 12-15 mL, $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta petri kaplarına dökülmüş ve besiyerinin dilüsyonla homojen bir şekilde karışmasını sağlamak amacıyla düz bir yüzeyde ileri geri ve döndürme hareketleriyle çalkalanmıştır. Besiyerinin katılaşmasının ardından, petri kaplarının kapakları aşağı gelecek şekilde ters çevrilerek 30°C 'de 24-48 saat boyunca inkübasyon işlemi uygulanmıştır. İnkübe edilme süresinin bitiminde, 30 ile 300 arasında koloni içeren petri kaplarındaki koloniler toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) olarak sayılmıştır (BAM, 2001a).

2.2.9.3. Maya –küf sayımı

Maya ve küf sayımı için Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) agar kullanılarak yayma plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. DRBC agar, petri kaplarına döküldükten sonra soğutularak kuruması sağlanmış, hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 mL alınarak yüzeye bırakılmış ve drigalski spatülü yardımıyla, dilüsyonun besiyerine tam olarak emilmesi sağlanacak şekilde yüzeye yayılmıştır. Petri kapları, 25°C 'de 5 gün boyunca inkübe edilmiş olup, inkübasyonun ardından 10 ile 150 koloni içeren petri kapları değerlendirilmiştir (BAM, 2001b).

2.2.9.4. *Salmonella* spp. Aranması

Steril haldeki 225 mL tamponlanmış peptonlu suya yerleştirilen örnekler, 37°C’de 18-20 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından, kültürden 0,1 mL alınarak 10 mL Rappaport-Vassiliadis Soya Broth (RVS) içeren tüplere, 1 mL ise 10 mL Muller-Kauffmann Tetrathionate-Novobiocin Broth (MKTTn) içeren tüplere aktarılmıştır. RVS içeren tüplerin 41,5°C’de 24-27 saat, MKTTn içeren tüplerin ise 37°C’de 24-27 saat inkübe edilmesi planlanmıştır. İnkübasyon sonrası tüplerden alınan örnekler, steril petri kaplarına çizim yöntemiyle ekilerek Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar ve Xylose-Lysine-Tergitol 4 (XLT4) Agar üzerinde dağıtılmış ve petri kapları 37°C’de 24-27 saat inkübasyona bırakılmıştır (TS EN ISO 6579/AC, 2006). Örneklerde *Salmonella* spp. varlığı TS EN ISO 6579-1:2017 yöntemine göre test edilmiştir. *Salmonella* spp. cinsinin ve türlerinin doğrulanması için *Salmonella* test kiti kullanılarak identifikasyon testleri yapılmıştır (AOAC, 1999).

2.2.10. Duyusal Analiz

Örneklerin duyusal analizi, sekiz panelist tarafından skorlama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Panelist grubunu, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde görev yapan öğretim üyeleri ve araştırma görevlileri oluşturmuştur. Örneklerin duyusal özellikleri, 1 ile 5 arasında değişen bir puanlama sistemi ile değerlendirilmiştir. Pişmiş et örnekleri panelistlerin değerlendirmesine sunularak görünüş, doku, çiğnenebilirlik, usarelik, lezzet ve genel izlenim gibi duyusal kriterler açısından değerlendirme yapmaları talep edilmiştir (Meilgaard, 2015). Şekil 2.2.10’da duyusal analiz değerlendirme formu yer almaktadır.

Panelist Adı Soyadı:		Tarih:				
Size sunulan et örneklerini belirtilen kalite kriterlerine göre değerlendirip 1-5 puan aralığında puanlandırırsınız. Değerlendirme esnasında bir önceki örneğin ağızda kalan tadını gidermek amacıyla ekmek ve suyu tüketiniz. Örnekleri yutmadan önce ağızda en az 4-5 defa çiğneyiniz.						
Kalite Karakteristiği	K	MK	U20	U40	UM20	UM40
Görünüş						
Doku						
Çiğnenebilirlik						
Usarelik						
Lezzet						
Tüm izlenim						

Şekil 2.2.10. Duyusal analiz değerlendirme formu

Duyusal analizde kullanılan değerlendirme kriterleri, gıdaların tüketici kabulünü etkileyen temel özellikleri objektif bir şekilde ölçmeyi amaçlar. Bu kriterler, gıdanın genel kalitesini ve tüketici memnuniyetini belirlemede kritik öneme sahiptir. Tablo 2.2.10’da deneme gruplarının duyu kalite kriterleri ve derecelendirme tablosu yer almaktadır. Aşağıda, et ürünlerinin duyu değerlendirmesinde sıkça kullanılan kriterler ve tanımları sunulmuştur:

Görünüş: Gıdanın rengi, şekli, yüzey yapısı ve genel dış görünümü gibi özellikleri kapsar. Tüketicinin ürünü ilk algıladığı andaki izlenimini belirler ve ürünün tazeliği, pişme durumu gibi faktörler hakkında bilgi verir. Özellikle et ürünlerinde, homojen renk dağılımı ve yüzeyin pürüzsüzlüğü olumlu görünüş özellikleri arasında yer alır.

Doku: Gıdanın fiziksel yapısının ağızda oluşturduğu hisleri ifade eder. Et ürünlerinde doku, sertlik, yumuşaklık, sulu veya kuru olma durumu gibi özellikleri içerir. Uygun doku, etin doğru pişirilmiş olduğunu ve kaliteli bir yapıya sahip olduğunu gösterir.

Çiğnenebilirlik: Gıdanın ağızda çiğneme sırasında gösterdiği direnç ve parçalanma kolaylığını tanımlar. Etin ne kadar kolay veya zor çiğnendiği, tüketici memnuniyeti açısından önemlidir. İdeal çiğnenebilirlik, etin ne çok sert ne de çok yumuşak olmasıyla karakterize edilir.

Usarelik (Sulu Olma Durumu): Etin kesildiğinde veya çiğnendiğinde serbest bıraktığı sıvı miktarını ifade eder. Yüksek usarelik, etin sulu ve lezzetli olduğunu gösterirken, düşük usarelik kuru ve lezzetsiz bir etin göstergesi olabilir.

Lezzet: Gıdanın tat ve aroma bileşenlerinin birleşimi sonucu oluşan genel tadını ifade eder. Etin doğal tatları, baharatlar ve pişirme yöntemleriyle birleşerek lezzeti oluşturur. Lezzet, tüketicinin ürünü tekrar satın alma isteğini doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

Genel İzlenim: Yukarıda belirtilen tüm duyu özelliklerin birleşimi sonucu panelistin ürün hakkındaki genel değerlendirmesini kapsar. Bu kriter, panelistin ürünün genel kalitesi ve tüketiciye sunulabilirliği hakkındaki subjektif görüşünü yansıtır (Ertaş ve

Doğruer, 2010; Yüceer ve Caner, 2014; Talu ve Kayaardı, 2018; Gündüz ve Dölekoğlu, 2019).

Tablo 2.2.10. Deneme gruplarının duysal kalite kriterleri ve derecelendirme

Görünüş	
Kahverengigörünümünde.....	5
Kahverengi görünümünden çok hafif açılma veya koyulaşma.....	4
Kahverengi görünümünden hafif açılma veya koyulaşma.....	3
Kahverengi görünümünden açılma veya koyulaşma.....	2
Çok açık kırmızı görünümde.....	1
Doku	
İdeal sertlik ve gevreklikte, kolaylıkla liflerine ayrılabilen.....	5
Kabul edilebilir sertlikte ve gevreklikte, kolaylıkla liflerine ayrılabilen.....	4
Hafif yumuşaklık veya sertlik, liflerin ayrılmasında artma veya azalma.....	3
Belirgin derecede yumuşak veya sert, liflerin ayrılmasında artma veya azalma.....	2
Kabul edilemeyecek kadar yumuşak veya sert, liflerin ayrılmasında aşırı artma veya azalma.....	1
Çiğnenebilirlik	
İdeal sertlikte ve gevreklikte, kolaylıkla yutulabilen.....	5
Kabul edilebilir sertlikte ve gevreklikte, kolaylıkla yutulabilen.....	4
Sertlikte hafif artma, yutma zorluğu çekme / Hafif yumuşama.....	3
Belirgin derecede sert, yutma zorluğu çekme / Belirgin derecede yumuşama.....	2
Kabul edilemeyecek kadar sert, yutulamama / Aşırı kabul edilemeyecek düzeyde yumuşama.....	1
Usarelik	
İdeal nemli yapıda, kolaylıkla yutulabilen.....	5
Kabul edilebilir ölçüde nemli veya kuru yapıda, tükürük salgısında artma/azalma, kolaylıkla yutulabilen.....	4
Hafif nemli veya kuru yapıda, tükürük salgısında hafif artma/azalma, yutma zorluğu çekme.....	3
Belirgin derecede nemli veya kuru yapıda, tükürük salgısında belirgin derecede artma/azalma, yutma zorluğu çekme.....	2
Kabul edilemeyecek kadar çok nemli veya çok kuru yapıda, tükürük salgısında aşırı artma/azalma veya yutulamama.....	1
Lezzet	
Kendine özgü tipik et lezzetinde ve kokusunda.....	5
Kendine özgü tipik et lezzetinde ve kokusunda hafif azalma.....	4
Acılık veya hafif ekşilik veya baharatımsı veya yavan et tadı.....	3
Belirgin derecede acılık veya baharatımsı veya yabancı lezzet.....	2
Kabul edilemez düzeyde acı veya yavan veya baharatımsı lezzet.....	1
Tüm İzlenim	
Çok fazla beğendim.....	5
Çokbeğendim.....	4
Beğendim.....	3
Az beğendim.....	2
Beğenmedim.....	1

2.2.11. İstatistiksel Analiz

Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 24.0 paket programı kullanılmıştır. Denemeler farklı zamanlarda iki tekerrür olarak gerçekleştirilmiş olup tüm analizler iki paralel yapılmıştır. Ultrases ve marinasyon uygulamasının kuşbaşı et örneklerinde analizi gerçekleştirilen parametreler üzerine etkisi Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA) ile, ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örnek grupları ile depolama süresinin et kalitesine yönelik ilgili parametreler üzerine etkisi ise İki Yönlü Varyans Analizi (Two-way ANOVA) ile değerlendirilmiş olup istatistiksel değerlendirmede veriler Genel Lineer Model (GLM) prosedürü ile incelenmiş; deneme grupları ve depolama süresi sabit etki modeli, üretim tekerrürleri ise rastgele etki modeli ile incelenmiştir. Örnekler arasındaki farklılıklar $P<0,05$ seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, marinasyon ve ultrases uygulamalarının et kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla, örnekler farklı sürelerde marinasyon ve ultrases uygulaması yapılarak 6 deneme grubu oluşturulmuştur. Marinasyon ve ultrases uygulanmayan örnekler (K), 20 dk ultrases uygulanan örnekler (U20), 40 dk ultrases uygulanan örnekler (U40), sadece marinasyon uygulanan örnekler (MK), marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış örnekler (UM20) ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış örnekler (UM40) +4°C'de 15 gün depolama yapılarak değerlendirilmiştir. Depolamanın 1., 4., 7., 10. ve 15. günlerinde kuşbaşı et örnekleri üzerinde gerçekleştirilen fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşsal analizlere ait elde edilen veriler, ilgili analiz başlıkları altında ayrıntılı olarak sunulmuştur.

3.1. Kuşbaşı Et Örneklerinin Genel Bileşimi

Bu çalışmada, kuşbaşı et örneklerinin genel bileşimlerini belirlemek amacıyla nem (%), protein (%), yağ (%) ve kül (%) analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Nem

Tablo 3.1.1.'de ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış et örneklerinin depolama süresince nem değerleri değişimi yer almaktadır. Marinasyon ve ultrases uygulanan kuşbaşı et örneklerinin 15 gün depolama süresince nem içerikleri %57,56-75,62 aralığında bulunmuştur. Depolama süresince kontrol grubu nem değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($P<0,05$). 20dk ve 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında depolama süresince anlamlı bir değişiklik olmamıştır ($P>0,05$), depolama sonunda kontrol grubu ile benzerlik göstermiştir ($P>0,05$). Sadece marine edilmiş kontrol grubunda depolama başlangıcına göre depolama sonunda nem kaybederek istatistiksel olarak anlamlı bir azalış göstermiştir ($P>0,05$). Aynı zamanda depolama sonunda kontrol grubuna göre anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($P<0,05$). Marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında depolama başlangıcına göre depolama sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir azalış meydana gelmesi ($P<0,05$) ile birlikte depolama sonunda kontrol grubuna göre anlamlı bir azalış tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca et örneklerinin nem değerleri üzerine ultrases ve marinasyon uygulamasının depolama ile birlikte etkili

olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ultrases uygulaması, başlangıç aşamasında etin su tutma kapasitesini artırarak nem içeriğini olumlu yönde etkilemiştir. Ancak, depolama süresi ilerledikçe bu etkinin azaldığı ve nem kaybının belirgin hale geldiği gözlemlenmiştir. Marinasyon işlemi uygulanan gruplarda (MK, UM20, UM40), kontrol grubuna kıyasla depolama süreci boyunca daha yüksek oranda nem kaybı meydana gelmiştir. Özellikle ultrases ve marinasyonun birlikte kullanıldığı marine edilerek 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında başlangıçta su tutma kapasitesinin arttığı ancak uzun süreler sonucunda nem içeriğinde kayba yol açtığı belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda hem ultrases uygulaması hem de marinasyon uygulamalarının depolama süresiyle birlikte etin nem içeriği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Ultrases uygulaması marine edilmiş örnek gruplarında anlamlı olurken marine edilmemiş gruplarda değişiklik yaratmamıştır. Ultrases, hem fiziksel (kavitasyon ve doku gevşemesi) hem de kimyasal (protein modifikasyonu) mekanizmalar aracılığıyla etin nem içeriğini artırır (Alorcon-Rojo ve ark.,2019).

Tablo 3.1.1. Marine edilerek ultrases uygulanmış et örneklerinin depolama süresince nem değerleri değişimi (%)

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	72,73±1,24 ^{Ba}	73,58±1,42 ^{ABa}	72,00±2,36 ^{Aa}	73,44±0,81 ^{Aa}	74,71±0,35 ^{Aa}	73,74±0,57 ^{Aa}
U20	74,91±0,88 ^{Aa}	74,44±0,20 ^{Aab}	64,39±1,56 ^{Cc}	71,89±0,95 ^{Ab}	73,39±0,81 ^{Aab}	73,30±1,43 ^{Aab}
U40	75,62±0,20 ^{Aa}	71,54±0,61 ^{Bc}	73,44±0,88 ^{Aabc}	74,27±1,54 ^{Aab}	72,78±0,89 ^{Abc}	73,81±0,84 ^{Aabc}
MK	68,77±0,36 ^{Ca}	60,82±1,32 ^{Cb}	68,04±1,34 ^{Ba}	68,60±1,70 ^{Ba}	69,50±1,88 ^{Ba}	63,41±1,85 ^{Cb}
UM20	71,05±0,70 ^{Ba}	62,16±1,54 ^{Cd}	64,14±1,00 ^{Cd}	68,64±0,23 ^{Bab}	67,01±1,51 ^{Bbc}	64,27±1,15 ^{Ccd}
UM40	71,10±0,31 ^{Ba}	57,56±0,69 ^{Dc}	67,23±0,04 ^{BCb}	68,41±0,87 ^{Bb}	67,85±1,78 ^{Bb}	68,18±1,58 ^{Bb}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

****a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Erdem ve Gökmen (2023), alıç püresi ile ultrases destekli marinasyon uygulamasının hindi göğüs etinin fizikokimyasal, teknolojik ve tekstürel özellikleri

üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada hindi göğüs etlerinin nem oranını %77,31 olarak tespit edilmiştir. Alıç püresi ile ultrases destekli marinasyon uygulamasının hindi göğüs etlerinin nem değerlerini anlamlı seviyede değiştirmediği saptanmıştır ($P>0,05$).

Bao ve ark. (2022), yak eti üzerine kuru kürlenme ve ultrases uygulaması çalışmışlardır. Kürlenme ile birlikte ultrases uygulamasının örneklerin nem içeriğini ve sertlik değerini önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir ($P<0,05$). Nem içeriğindeki bu azalma, kürlenme işleminin doğal etkileri ve ultrasesin hücresel düzeyde oluşturduğu fiziksel ve kimyasal değişimlerin bir kombinasyonu olarak değerlendirilmiştir. Kürlenme sırasında nem kaybını hızlandıran ultrases, özellikle suyun hücre dışına taşınmasını kolaylaştırarak toplam nem miktarının azalmasına neden olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmada, marinasyon ve ultrases uygulamalarının kuşbaşı et örneklerinde nem içeriğini anlamlı ölçüde etkilediği, depolamanın sonunda nem değerlerinin kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Erdem ve Gökmen (2023) hindi göğüs etinde ultrases uygulaması ile nem içeriğinde değişiklik gözlemezken ($P>0,05$), bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde Bao ve ark. (2022) yak etinde ultrases uygulaması ile nem içeriğinde azalma bildirmiştir ($P<0,05$). Sonuçlardaki farklılıkların et türüne ve uygulama parametrelerindeki farklılıklara bağlı olduğu düşünülmektedir.

3.1.2. Protein, Yağ, Kül

Tablo 3.1.2’de ultrases ve marinasyon uygulamalarının protein (%), yağ (%), kül (%) değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.1.2. Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin protein, yağ, kül değerleri

Örnek	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
K	23,37±0,21 ^a	0,99±0,14 ^c	0,98±0,03 ^a
U20	21,98±0,09 ^b	0,86±0,02 ^c	0,94±0,07 ^a
U40	23,59±0,25 ^a	1,47±0,03 ^c	0,96±0,01 ^a
MK	20,62±0,06 ^c	6,43±0,24 ^b	0,93±0,02 ^a
UM20	21,75±0,11 ^b	8,82±0,66 ^a	0,94±0,01 ^a
UM40	23,13±0,30 ^a	7,26±0,70 ^b	0,96±0,08 ^a

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Marinasyon ve ultrases uygulanan kuşbaşı et örneklerinin protein değerleri %20,62-23,59 arasında bulunmuştur. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, 20dk ultrases uygulanan, sadece marine edilmiş ve marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan örnek gruplarının protein içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ($P<0,05$). Özellikle sadece marinasyon uygulanan örnek grubu, protein içeriğinde en belirgin düşüşü göstermiştir. Bununla birlikte 40 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında ölçülen protein değerleri, kontrol grubu ile benzer seviyede kalmış olup istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($P>0,05$). Elde edilen bulgular, ultrases süresi ve marinasyon işleminin kırmızı etin protein içeriği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle 20 dakika süreyle uygulanan ultrases işleminin, protein içeriğinde azalmaya neden olduğu, ancak 40 dakika uygulanan ultrases işleminin, protein stabilitesini koruyarak kontrol grubu ile benzer seviyede kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, ultrases süresinin proteinin yapısal bütünlüğünü koruma veya bozma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, marinasyon işlemiyle kombine edilen ultrases uygulamalarında marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek grupların, protein kaybının marinasyona bağlı olarak değiştiği ve ultrases süresinin bu kaybı minimize etme potansiyeline sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada protein değerleri %20,62-23,59 arasında bulunmuş olup, bu değerler Mutlu (2022)'nin sığır eti için rapor ettiği %23,37 protein miktarı ile uyum göstermektedir.

Marinasyon ve ultrases uygulanan kuşbaşı et örneklerinin yağ değerleri %0,86-8,82 arasında bulunmuştur. En yüksek yağ miktarı marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış örneklerde, en düşük yağ miktarı ise sadece 20 dk ultrases uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Marinasyon uygulanan kuşbaşı et örneklerinin yağ miktarı kontrol grubu örneklerine kıyasla yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Marinasyon sıvısında yağ kullanılması nedeni ile marine edilmiş örneklerde yağ değerleri artmıştır.

Karataş ve Özer (2022), tavuk ürünlerinde yağ değerlerinin %3,29-5,56 arasında olduğunu belirtmiş ve ultrasesin yağ oranını azalttığını rapor etmiştir. Bu çalışmadaki yağ değerleri (%0,86-8,82). Bu bulgular, ozmotik sıvının bileşimi ve ultrases işleminin, kaplamalı tavuk ürünlerinin kimyasal ve fiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Karataş ve Özer (2022) çalışmasındaki yağ aralığının dışında kalmakta ve daha yüksek bir varyasyon göstermektedir. Bu durumun marinat içerisindeki zeytinyağı bileşeninden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı şekilde Mutlu (2022) ise sığır eti için yağ miktarını %1,85 olarak rapor etmiş olup, *araştırmada incelenen sığır eti örnekleri arasında en düşük yağ içeriği %1,85* olarak belirlenmiştir.

Marinasyon ve ultrases uygulanan kuşbaşı et örneklerinin kül değerleri %0,93-0,98 arasında bulunmuştur. En yüksek kül içeriği marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış örneklerde; en düşük kül içeriği ise sadece marinasyon uygulanan örneklerde tespit edilmiştir. Marinasyon ve ultrases uygulanan kuşbaşı et örneklerinin kül içeriği kontrol grubuna göre benzerlik göstermiştir ($P>0,05$).

Karataş ve Özer (2022) çalışmalarında, kaplamalı tavuk ürünlerinin üretiminde farklı konsantrasyonlarda (%10, %20 ve %30) hazırlanan ozmotik sıvılar içerisinde belirli sürelerle (1, 2 ve 3 saat) ve periyodik olarak (5 dk/saat) ultrases işlemi uygulanan tavuk parçalarının kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada ozmotik sıvıların içeriğinde su, tuz ve şeker gibi çözeltilerin ozmotik basıncını artıran bileşenlerin bulunduğu belirtilmiştir. Araştırma sonucunda kül değerlerinin en düşük %10 konsantrasyondaki sıvıda, en yüksek ise %20 konsantrasyondaki sıvıda elde edildiği tespit edilmiştir. Ultrases uygulamasının tavuk parçalarının kül değerlerinde doğrudan bir değişikliğe neden olmadığı, ancak kullanılan kaplamanın kül değerini etkilediği bildirilmiştir. Karataş ve Özer (2022), ultrases uygulaması yapılarak marine edilen tavuk örneklerinde kül değerlerinin 0,93-0,98 aralığında olduğunu rapor etmiş ve bu değerler bu çalışmada deneme gruplarında elde edilen kül değerleriyle uyum göstermektedir.

Mutlu (2022), çalışmasında sarımsak (*Allium sativum*) ve soğan (*Allium cepa*) tozunun +4°C’de 13 gün depolama boyunca sığır, tavuk ve hindi etlerinin raf ömrü ve kalitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada sığır etinin kül miktarı %1,08 ve yağ miktarı %1,85 olarak tespit etmiş olup, bu çalışmadaki örneklerin kül değerleri bu değerden daha düşük kalmıştır.

3.2. pH

Tablo 3.2.’de ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca ortalama pH değişimleri yer almaktadır.

Tablo 3.2. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin pH değerleri

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	5,93±0,09 ^{Ac}	5,92±0,05 ^{Ac}	5,95±0,08 ^{Ac}	6,23±0,15 ^{Ab}	6,49±0,12 ^{Aab}	6,70±0,13 ^{Aa}
U20	5,92±0,04 ^{Ab}	5,99±0,23 ^{Ab}	6,03±0,07 ^{Ab}	6,09±0,21 ^{Ab}	6,10±0,05 ^{Bb}	6,44±0,08 ^{Ba}
U40	5,93±0,18 ^{Ab}	5,87±0,11 ^{Ab}	5,93±0,01 ^{Ab}	6,06±0,06 ^{Ab}	6,63±0,03 ^{Aa}	6,46±0,08 ^{Ba}
MK	5,89±0,06 ^{Aa}	5,99±0,05 ^{Aa}	5,97±0,08 ^{Aa}	6,01±0,09 ^{Aa}	6,01±0,06 ^{Ba}	6,02±0,07 ^{Ca}
UM20	5,90±0,06 ^{Aa}	5,93±0,09 ^{Aa}	5,97±0,04 ^{Aa}	5,96±0,14 ^{Aa}	6,07±0,08 ^{Ba}	6,05±0,12 ^{Ca}
UM40	5,82±0,04 ^{Ac}	5,95±0,04 ^{Aabc}	5,99±0,11 ^{Aab}	5,95±0,06 ^{Aabc}	6,09±0,04 ^{Ba}	5,94±0,04 ^{Cbc}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et,

MK:marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-B: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****a-b: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Et ve et ürünlerinde pH, kasın ete dönüşüm süreci sırasında gerçekleşen biyokimyasal değişimler, et kalitesinin oluşumu ve çeşitli proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin ortaya çıkmasında kritik bir parametre olarak tanımlanmaktadır (Uyarcın, 2018). Çalışmada elde edilen verilere göre, örnek gruplarında pH değerleri 5,82-6,70 aralığında değişmiştir. Depolama süresi boyunca tüm gruplarda belirli seviyelerde artış gözlemlenmiştir. Kontrol grubu, depolama süreci boyunca pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir (P<0,05). Marinasyon ve

ultrases uygulamalarının etkisiyle sadece marine edilmiş, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan gruplarında daha düşük değerler ölçülmüştür. Özellikle marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek grubu, en düşük başlangıç değeriyle dikkat çekmiş ve depolama süresince en az artış gösteren grup olmuştur. Marinasyon ve ultrases uygulamasının birlikte yapılması ile marine edilerek 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanan örnek grupları, depolama süresi boyunca kontrol grubuna göre istatistiksel olarak azalış göstermiştir ($P<0,05$). İki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, ultrases ve marinasyon uygulamalarının nem değerleri üzerinde depolama süresi ile birlikte anlamlı bir etkileşim gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). Özellikle, ultrasesin marinat penetrasyonunu artırarak başlangıçta nem içeriğini koruyucu bir etki sağladığı, ancak depolama süresi ilerledikçe bu etkinin azaldığı gözlemlenmiştir. Marinasyon uygulaması ise, su bağlama kapasitesindeki değişimler nedeniyle belirli gruplarda nem kaybına yol açmıştır. Bu bulgular, ultrases ve marinasyon işlemlerinin birlikte uygulanmasının etin su tutma kapasitesini doğrudan etkilediğini ve bu etkinin depolama süresi boyunca değişkenlik gösterdiğini göstermektedir.

Alp (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, tuz ve tuz+fosfat çözeltileriyle marine edilmiş farklı sürelerde ultrases işlemi uygulanmış sığır sırt bölgesinden (*M. longissimus thoracis*) alınan kasların 0-4°C'de 7 gün depolama boyunca pH değerlerinin önemli düzeyde değişmediği tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Chang ve ark. (2012), düşük frekans ve yüksek güç ultrases (40 kHz, 1500 W) uygulamasının et kalitesi ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Ultrases uygulanan örneklerin pH değerinin kontrol grubuna göre 0,1 birim düştüğünü tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, pH değerleri 5,80-6,71 aralığında değişmiş ve depolamanın sonunda tüm gruplarda önemli bir değişim gözlemlenmemiştir ($P>0,05$). Bu bulgular, Alp (2016)'ın tuz ve tuz+fosfat çözeltileri ile marine edilmiş ve farklı sürelerde ultrases uygulanmış sığır eti örneklerinde pH değerlerinde depolama süresince önemli bir değişim olmadığını rapor ettiği sonuçlarla uyum göstermektedir.

3.3. Su Aktivitesi

Tablo 3.3.'de ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca ortalama su aktivitesi (a_w) değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.3. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca su aktivitesi (a_w) değerleri

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	0,91±0,01 ^{Aa}	0,92±0,05 ^{Aa}	0,89±0,04 ^{ABa}	0,89±0,04 ^{Aa}	0,91±0,04 ^{Aa}	0,85±0,13 ^{Aa}
U20	0,90±0,02 ^{Aa}	0,91±0,03 ^{Aa}	0,89±0,02 ^{ABa}	0,89±0,05 ^{Aa}	0,87±0,03 ^{Aa}	0,88±0,14 ^{Aa}
U40	0,91±0,02 ^{Aa}	0,91±0,02 ^{Aa}	0,93±0,03 ^{Aa}	0,92±0,03 ^{Aa}	0,90±0,06 ^{Aa}	0,85±0,14 ^{Aa}
MK	0,92±0,04 ^{Aa}	0,89±0,01 ^{Aab}	0,83±0,04 ^{Cbc}	0,89±0,02 ^{Aab}	0,89±0,08 ^{Aab}	0,81±0,02 ^{Ac}
UM20	0,92±0,02 ^{Aa}	0,90±0,02 ^{Aa}	0,85±0,02 ^{BCbc}	0,88±0,02 ^{Aab}	0,93±0,03 ^{Aa}	0,83±0,07 ^{Ac}
UM40	0,89±0,03 ^{Aab}	0,90±0,01 ^{Aab}	0,84±0,05 ^{BCab}	0,91±0,02 ^{Aab}	0,95±0,03 ^{Aa}	0,82±0,15 ^{Ab}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-C: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

****a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Marinasyon ve ultrases uygulanan örnek gruplarının depolama süresince su aktivitesi değerleri 0,81-0,95 değerleri arasında tespit edilmiştir. En yüksek su aktivitesi değeri depolamanın 12. gününde marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde, en düşük su aktivitesi değeri ise depolamanın 15. gününde sadece marine edilen kuşbaşı et örneklerinde görülmüştür. Depolama başlangıcında örneklerin su aktivitesi değerlerinde kontrol grubuna göre istatistiksel olarak değişim görülmemiştir ($P>0,05$). Depolamanın sonunda ise sadece marine edilmiş örnekler ile marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış örneklerin su aktivitesi değerleri kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca et örneklerinin su aktivite değerleri üzerine uygulama gruplarından bağımsız olarak sadece depolamanın tekli etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Su aktivite (a_w) değerleri üzerinde depolama süresinin tek başına istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$),

ancak uygulama grupları arasındaki farklılıklar belirgin düzeyde istatistiksel bir etki oluşturmamıştır. Depolama süresince, özellikle sadece marine edilmiş, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarının su aktivitesinde belirgin bir azalma gözlemlenmiş, ancak genel eğilim tüm gruplarda benzer göstermiştir ($P>0,05$). Bu durum, su aktivitesindeki değişimlerin esas olarak depolama süresine bağlı olarak meydana geldiğini ve ultrases veya marinasyon gibi uygulamaların su aktivitesi üzerinde bağımsız ve doğrudan bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Sarioğlu ve ark. (2024), farklı genliklerde (%40, %70 ve %100) ultrases destekli dondurma ve çözündürme işleminin dana nuar etinin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, farklı genliklerde ultrases uygulamasının kontrol grubuna kıyasla su aktivitesi (a_w) değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı ($P>0,05$) ve tüm gruplarda su aktivitesi değerinin 0,99 olarak sabit kaldığı rapor edilmiştir.

Zheng ve ark. (2024), ekşi domates sosu ile ultrases destekli marinasyonun sığır etinin fizikokimyasal, duyuşsal, mikroyapısal ve lezzet özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Örneklerin su aktivitesi değerlerinin 0,92-0,95 arasında değiştiği ve en iyi uygulama sonuçlarının 320W güç ve 60 dk sürede ultrases destekli marinasyon işleminde elde edildiği bildirilmiştir.

Bu çalışmada, marinasyon ve ultrases uygulanan et örneklerinde su aktivitesi değerleri 0,81-0,95 arasında bulunmuş ve depolama sonunda belirli gruplarda kontrol grubuna göre önemli bir düşüş gözlenmiştir ($P<0,05$). Bu sonuçlar, Sarioğlu ve ark. (2024)'ın farklı genliklerde dana etine uygulanan ultrasesin su aktivitesinde önemli bir değişikliğe neden olmadığını ($P>0,05$) belirttiği sonuçlarla farklılık göstermektedir. Zheng ve ark. (2024) ise ekşi domates sosu ile uygulanan ultrases destekli marinasyonda su aktivitesi değerlerinin 0,92-0,95 arasında değiştiğini bildirmiştir; bu çalışmadaki belirli örnek gruplarının su aktivitesi değerleriyle örtüşmektedir ve farklılıkların kullanılan marinasyon içeriğinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

3.4. Renk

3.4.1. L^* değeri

Tablo 3.4.1’de ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca ortalama L^* (aydınlık) değerleri görülmektedir.

Tablo 3.4.1. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama süresince L^* değerleri

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	41,02±0,75 ^{Aa}	37,07±1,30 ^{Ab}	35,78±0,91 ^{BCb}	36,85±1,53 ^{Ab}	36,08±0,75 ^{ABb}	32,35±1,46 ^{Bc}
U20	37,57±1,44 ^{Ba}	36,18±0,47 ^{Aab}	34,18±0,49 ^{Cbc}	37,98±1,00 ^{Aa}	32,75±1,68 ^{CDc}	37,88±1,12 ^{Aa}
U40	37,65±0,47 ^{Ba}	37,33±0,91 ^{Aa}	36,03±0,93 ^{ABCab}	34,09±0,46 ^{Bb}	29,29±0,01 ^{Ec}	29,25±1,43 ^{Cc}
MK	37,83±0,70 ^{Ba}	36,33±1,12 ^{Aab}	34,98±1,26 ^{BCb}	34,15±1,37 ^{Bbc}	31,65±0,54 ^{DEc}	28,83±1,11 ^{Cd}
UM20	37,03±0,24 ^{Ba}	34,75±0,66 ^{Ab}	38,10±0,69 ^{Aa}	35,98±1,00 ^{2Aa}	37,81±1,07 ^{Aa}	37,88±1,43 ^{Aa}
UM40	37,05±0,49 ^{Ba}	37,06±1,47 ^{Aa}	36,48±0,52 ^{ABa}	35,87±0,46 ^{ABa}	35,21±1,12 ^{BCa}	34,88±0,20 ^{Ba}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: 20 dk ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM40: 40 dk ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-E: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

****a-d: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının L^* değerleri 28,8341,02 arasında değişim göstermiştir. En yüksek L^* değeri depolamanın 1. gününde kontrol grubu olan kuşbaşı et örneğinde, en düşük L^* değeri ise depolamanın 15. gününde sadece marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneğinde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında ultrases ve marinasyon uygulanan kuşbaşı et örneklerinin L^* değerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda kontrol, sadece 40 dk ultrases uygulaması yapılmış ve sadece marine edilmiş örnek gruplarının L^* değerlerinin depolamanın başlangıcına göre önemli düzeyde azaldığı görülmüştür ($P<0,05$). Ayrıca, iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre et örneklerinin L^* değerleri üzerine ultrases ve marinasyon

uygulamasının depolama ile birlikte etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında, başlangıçta L^* değerleri daha düşük seviyelerde başlamış olup, depolama süresince istatistiksel olarak anlamlı bir düşme göstermiştir ($P<0,05$). Ancak, 15. gün itibarıyla Marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında L^* değerleri sadece 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarına göre daha yüksek kalmıştır, bu da marinasyonun belirli koşullarda renk stabilitesini kısmen koruyabildiğini göstermektedir. Ultrases ve marinasyon uygulamalarının et dokusunda yapısal değişikliklere neden olduğu, bu değişimlerin depolama sırasında artarak L^* değerlerinde azalma ile sonuçlandığı değerlendirilmektedir.

Sarioğlu ve ark. (2024) çalışmasında, farklı genliklerde (%40, %70 ve %100) ultrases destekli dondurma ve çözündürme işlemlerinin dana nuar etinin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Analizler sonucunda, pişirme öncesi ve sonrası en az renk değişiminin %40 genlikte ultrases uygulanan örneklerde gözlemlendiği belirtilmiştir. Ayrıca, L^* değerinde ultrases uygulaması ile bir artış tespit edilmiştir. Bu artışın, ette miyofibriler proteinlerin bozunmasına bağlı yapısal değişiklikler veya serbest su içeriğinde ve/veya suyun et içindeki dağılımındaki değişikliklerden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

3.4.2. a^* değeri

Tablo 3.4.2’de ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca a^* (kırmızılık-yeşillik) değerleri görülmektedir.

Tablo 3.4.2. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama süresince a^* değerleri

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	15,05±0,50 ^{Aa}	14,31±0,15 ^{Aab}	13,62±0,45 ^{Aab}	12,37±1,61 ^{Abc}	11,06±1,06 ^{Ac}	10,38±0,71 ^{AcD}
U20	14,38±0,18 ^{ABa}	14,20±0,91 ^{Aa}	12,39±0,72 ^{ABb}	11,47±0,86 ^{ABbc}	9,93±0,71 ^{ABcd}	8,93±0,59 ^{Ad}
U40	12,89±0,41 ^{Ba}	10,98±0,53 ^{Bab}	10,59±1,73 ^{Babc}	10,07±0,76 ^{Bbc}	8,31±0,28 ^{BCcd}	6,36±1,10 ^{Bd}
MK	6,04±0,42 ^{Ca}	5,99±0,24 ^{Ca}	6,80±0,37 ^{Ca}	7,12±0,84 ^{Ca}	5,87±0,25 ^{Da}	6,41±0,54 ^{Ba}
UM20	5,69±0,73 ^{Ca}	6,33±0,66 ^{Ca}	6,76±0,28 ^{Ca}	6,35±0,20 ^{Ca}	6,69±0,37 ^{CDa}	6,93±0,52 ^{Ba}
UM40	5,74±1,41 ^{Ca}	3,37±0,21 ^{Db}	5,48±0,09 ^{Ca}	6,09±0,08 ^{Ca}	6,39±0,91 ^{Da}	6,20±0,13 ^{Ba}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

****a-d: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örnek gruplarının a^* değerleri 3,37-15,05 arasında değişim göstermiştir. En yüksek a^* değeri depolamanın 1. gününde kontrol grubu olan kuşbaşı et örneğinde, en düşük a^* değeri ise depolamanın 4. gününde marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneğinde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında 20 dk ultrases uygulanan örnek grubu hariç diğer tüm grupların a^* değerleri kontrol grubuna göre önemli düzeyde değişmiştir ($P<0,05$). Depolamanın sonunda kontrol grubu ile sadece ultrases uygulanmış örnek gruplarının a^* değerleri depolamanın başlangıcına göre önemli düzeyde azalmış olup ($P<0,05$), ultrases destekli marinasyon gruplarında ise önemli düzeyde bir değişim tespit edilmemiştir ($P>0,05$). İki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, etin a^* değerleri üzerinde ultrases ve marinasyon uygulamalarının depolama süresi ile birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Marinasyon işlemi, depolama süreci boyunca renk stabilitesinin korunmasında olumlu bir rol oynarken, yalnızca ultrases uygulanan gruplarda depolama süresi ilerledikçe a^* değerlerinde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Bu durum, ultrasesin tek başına uygulanmasının renk stabilitesini olumsuz etkileyebileceğini, ancak

marinasyon ile birlikte kullanıldığında bu etkinin minimize edilerek depolama boyunca etin renk stabilitesinin daha iyi korunabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, ultrases ve marinasyon uygulamasının birlikte yapılması et ürünlerinde depolama süresi boyunca renk kalitesinin korunmasını sağlamak açısından daha etkili bir yöntem olduğu ortaya konmuştur.

Chang ve ark. (2012) çalışmasında, sığır etine farklı süre (5, 10 ve 15 dk) ve genlik (%20, %50 ve %80) seviyelerinde 200 W güçte ultrases işlemi uygulamıştır. Çalışmada, ultrases uygulamasının örneklerin L^* ve a^* değerlerini önemli düzeyde değiştirmedeği ($P>0,05$), ancak b^* değerleri üzerinde anlamlı etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

3.4.3. b^* değeri

Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama süresince b^* değerleri Tablo 3.4.3'te görülmektedir.

Tablo 3.4.3. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama süresince b^* değerleri

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	12,93±1,02 ^{ABa}	12,61±1,10 ^{ABab}	10,90±0,52 ^{ABabc}	10,59±0,77 ^{Bbc}	9,32±0,66 ^{CDcd}	7,96±0,81 ^{Cd}
U20	10,75±0,57 ^{Ca}	10,90±0,52 ^{Ba}	8,98±1,22 ^{Bb}	8,77±0,08 ^{cb}	8,46±0,34 ^{Db}	6,00±0,55 ^{Dc}
U40	11,32±0,34 ^{BCa}	11,42±0,09 ^{Ba}	11,57±0,98 ^{Aa}	10,65±0,57 ^{Ba}	9,97±0,71 ^{CDab}	8,28±0,98 ^{Cb}
MK	14,30±1,41 ^{Aa}	14,50±1,68 ^{Aa}	11,78±0,30 ^{Ab}	11,54±0,33 ^{Bb}	11,02±0,51 ^{BCb}	10,70±0,69 ^{Bb}
UM20	11,72±0,33 ^{BCa}	13,27±0,96 ^{ABab}	12,84±1,32 ^{Aab}	14,50±1,13 ^{Ab}	14,54±1,52 ^{Ab}	14,85±0,55 ^{Ab}
UM40	12,57±0,28 ^{ABCa}	12,56±1,33 ^{ABa}	11,86±0,42 ^{Aa}	11,77±0,40 ^{Ba}	12,13±0,19 ^{Ba}	13,11±1,01 ^{Aa}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

**** a-d: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Bu çalışmada örnek gruplarının b^* (sarılık-mavilik) değerleri 6,00-14,85 arasında değişim göstermiştir. En yüksek b^* değeri depolamanın 15. gününde marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde, en düşük b^* değeri ise depolamanın 15. gününde 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneğinde tespit edilmiştir. Depolamanın başlangıcında sadece 20 dk ultrases uygulanan örnek grubu hariç diğer tüm örneklerin b^* değerleri kontrol grubu ile benzerlik göstermiştir ($P>0,05$). Depolama sonunda ise tüm örnek gruplarının b^* değerleri kontrol grubuna göre önemli düzeyde değişmiştir ($P<0,05$). Ayrıca iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, et örneklerinin b^* değerleri üzerine ultrases ve marinasyon uygulamasının depolama ile birlikte etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Marinasyon uygulanan gruplarda sadece marine edilmiş, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanana örnek gruplarında, depolama süresi boyunca b^* değerleri anlamlı bir değişim göstermemiş ($P>0,05$) ve renk değişimi daha kontrollü ilerlemiştir. Özellikle marine edilerek 20dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında 10. gün ve sonrasında b^* değerlerinin daha yüksek seviyelerde görülmesi, marinasyonun etin sarı tonlarının stabilitesini artırmada etkili olduğunu düşündürmektedir. Buna karşılık, sadece 20dk ve 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında, depolama süresi ilerledikçe b^* değerlerinde belirgin düşüşler meydana gelmiş ve bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Ultrases uygulamasının tek başına uygulanmasının b^* değerlerinde daha hızlı bir azalmaya neden olduğunu, ancak marinasyonla birlikte uygulandığında bu etkinin dengelendiğini ve renk stabilitesinin daha uzun süre korunabildiğini göstermektedir.

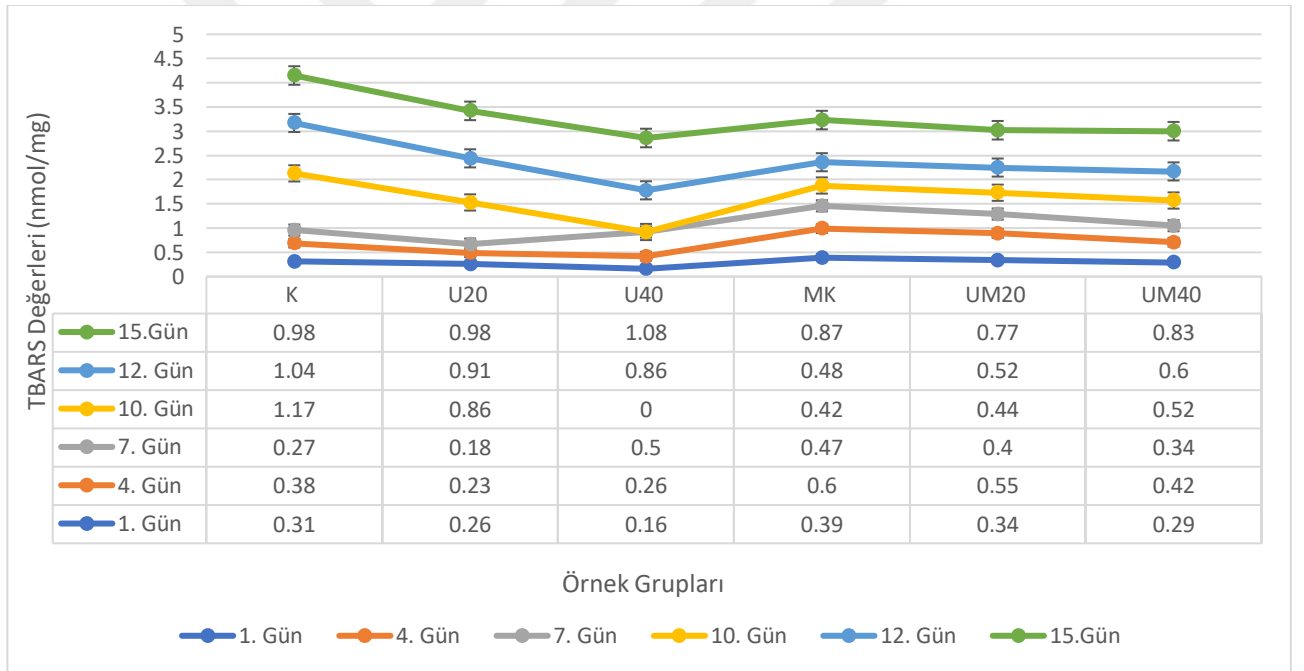
Bu çalışmada ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış et örneklerinde, L^* , a^* ve b^* değerleri depolama süresince önemli değişiklikler göstermiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek L^* değeri kontrol grubunda tespit edilirken, depolamanın sonunda kontrol grubu örneklerinde anlamlı bir azalma olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda 20dk ultrases uygulanarak marine edilmiş örnek grubunun en yüksek değeri aldığı ve depolama süresince L^* değerinin anlamlı artış gösterdiği görülmektedir ($P<0,05$). Sarioğlu ve ark. (2024) çalışmasında %40 genlikte uygulanan ultrases işleminin L^* değerinde artış sağladığını ve bu değişimin protein denatürasyonu veya su dağılımı gibi yapısal faktörlerden kaynaklandığını belirten sonuçlarla ilişkili olmaktadır. Ancak, Chang ve ark. (2012) çalışmasında farklı genlik ve sürelerde

uygulanan ultrases işlemlerinin L^* ve a^* değerlerinde anlamlı bir değişiklik yaratmadığı ($P>0,05$), b^* değerleri üzerinde ise etkili olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada ise b^* değerlerinin depolama sonunda kontrol grubuna göre anlamlı değişim göstermesi ($P<0,05$), Chang ve ark. (2012) bulgularıyla uyumlu olmaktadır.

3.5. Tiyobarbitirik Asit Reaktif Maddeleri (TBARS)

Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca ortalama TBARS değerleri Tablo 3.5'te görülmektedir.

Şekil 3.5. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca TBARS değerleri değişimi (mg MDA/kg)



*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-C: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

****a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Örnek gruplarının depolama süresince TBARS (tiyobarbitirik asit reaktif maddeleri) değerleri 0,16- 1,17 mg MDA/kg aralığında değişim göstermiştir.

Depolamanın başlangıcında, yalnızca 40 dakika ultrases uygulanan örnek grubu hariç tüm örnek gruplarının TBARS değerleri kontrol grubu ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Ancak, depolama süresi ilerledikçe lipid oksidasyonu artmış ve tüm gruplarda TBARS değerlerinde anlamlı bir yükseliş meydana gelmiştir ($P<0,05$). Depolamanın 7. gününe kadar TBARS seviyelerinde kademeli bir artış gözlenirken, 10. günde kontrol grubu en yüksek oksidasyon seviyesine ulaşmıştır. Özellikle 40 dakika ultrason uygulanan grup hariç tüm gruplarda oksidatif bozulma belirgin hale gelmiştir. Marinasyon uygulanmış gruplarda TBARS değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Depolama sonunda tüm örnek gruplarının TBARS değerleri başlangıç seviyelerine kıyasla artış göstermiştir ($P<0,05$). Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, sadece ultrases uygulanan, sadece marine edilmiş, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında TBARS seviyeleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Ancak, sadece 40 dakika ultrases uygulanan örnek grubunun depolamanın sonunda diğer gruplara kıyasla en düşük TBARS değerine sahip olduğu gözlemlenerek lipid oksidasyonunun daha düşük seviyelerde kaldığı belirlenmiştir. Bu durum, uzun süreli ultrases uygulamasının oksidatif bozulmayı yavaşlatıcı bir etkisi olabileceğini göstermektedir. İki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, TBARS değerleri üzerinde ultrases ve marinasyon uygulamalarının depolama süresi ile birlikte anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ultrases uygulaması, lipid oksidasyonunu azaltıcı bir etki göstererek başlangıçta TBARS değerlerini düşürmüş, ancak depolama süresi ilerledikçe bu etkinin azaldığı belirlenmiştir. Özellikle 40 dakika ultrases uygulanan gruplarda TBARS seviyelerinin diğer gruplara kıyasla daha düşük kaldığı, bu durumun ultrasesin hücresel yapı ve serbest radikal oluşumu üzerindeki potansiyel etkilerine bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Sanches Riberio ve ark. (2021), sığır etine farklı sürelerde (10, 20, 30 dk) 25 kHz frekansta ve 200 W güçte ultrases destekli tuzlama işlemi uygulamıştır. Çalışmada, ultrases işlemi 25 kHz frekansta ve 200 W güçte uygulanmış, et örnekleri %15'lik tuz çözeltisi içerisinde ultrasesda belirli sürelerde (10, 20 ve 30 dk) tutulmuştur. Araştırma sonucunda, ultrases uygulamasının sığır eti örneklerinde TBARS (tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artışa yol açtığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Bu artışın, ultrasesin kavitasyon etkisiyle lipid oksidasyonunu hızlandırmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ayrıca, ultrases

destekli tuzlama işleminin etin tuz alımını artırarak difüzyon verimliliğini önemli ölçüde iyileştirdiği ve işlem süresini kısalttığı belirtilmiştir.

Zhang ve ark. (2019), soğuk depolama (+4°C) süresince baharatlı sığır etinin kalite özellikleri üzerine ultrases destekli pişirme işleminin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, ultrases uygulaması 20 kHz frekansta ve 200 W güçte, 10 ve 20 dk süreyle gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, ultrases destekli pişirmenin, soğuk depolama sırasında sığır etinde lipit oksidasyonunu etkin bir şekilde azaltarak sığır etinde istenmeyen lezzet oluşumunu engellediğini göstermiştir. Özellikle, 20 dk süreyle uygulanan ultrases işlemi, TBARS değerlerinde %15'lik bir azalma sağlamıştır ($P<0,05$). Bu bulgular, ultrases destekli pişirme yönteminin et ürünlerinin raf ömrünü ve duyu özelliklerini iyileştirmede potansiyel bir teknoloji olduğunu ortaya koymaktadır.

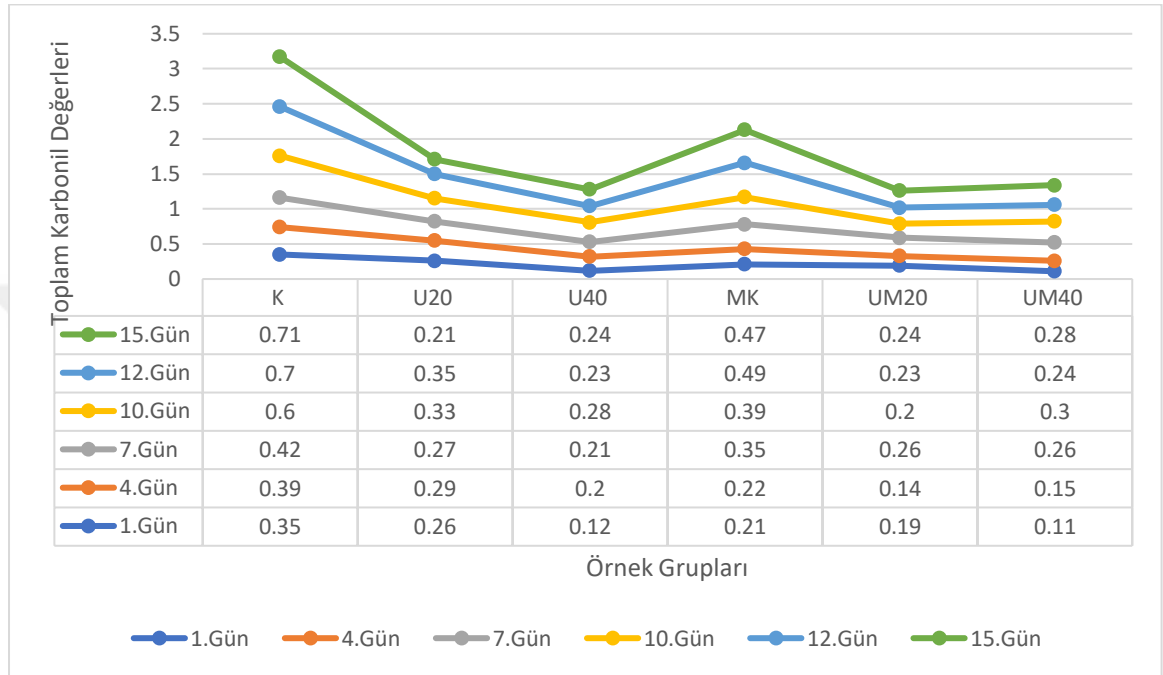
Bu çalışmada, TBARS değerlerinin depolama boyunca arttığı ve en yüksek değerin kontrol grubunda gözlemlendiği, en düşük değerin ise 40 dk ultrases uygulanmış örneklerde tespit edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar, Zhang ve ark. (2019) tarafından bildirilen, sığır etine 20 dk süreyle uygulanan ultrases işleminin TBARS değerlerini %15 oranında azalttığı ve lipit oksidasyonunu etkin bir şekilde engellediği bulgularıyla uyumludur. Ancak bu çalışmadan farklı olarak Riberio ve ark. (2021) çalışmasında, ultrasesin kavitasyon etkisiyle lipit oksidasyonunu artırarak TBARS değerlerinde anlamlı bir artışa neden olduğu belirtilmiştir. Bu farklılıkların, kullanılan et türü, ultrases parametreleri (frekans, güç, süre) ve marinasyon içerikleri gibi faktörlerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çalışma sonuçları, uygun parametrelerde uygulanan ultrases işleminin lipit oksidasyonunu kontrol altına alarak etin kalite özelliklerini koruyabileceğini göstermektedir.

3.6 Toplam Karbonil Değerleri

Protein oksidasyonu esansiyel aminoasitlerin parçalanmasına neden olan, sindirilebilirlik ve biyoyararlılığı azaltarak et ve et ürünlerinin besin değerini olumsuz etkileyen ve böylece et ve et ürünlerinde kalitenin olumsuz etkilenmesine neden olan reaksiyonlardandır (Ferreira de Campos ve ark., 2022). Ultrases ve marinasyon

uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin toplam karbonil değeri Tablo 3.6.'da görülmektedir.

Şekil 3.6. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca toplam karbonil değerleri (nmol/mg protein)



*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-C: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının depolama süresince toplam karbonil değerleri 0,11- 0,71 nmol/mg protein aralığında bulunmuştur. Örnek gruplarının depolama süresince toplam karbonil değerleri 0,11-0,71 mg/g aralığında değişim göstermiştir. En yüksek toplam karbonil değeri, depolamanın 15. gününde kontrol grubunda (0,71 mg/g) tespit edilirken, en düşük değer 1. gün itibarıyla yalnızca 40 dakika ultrason uygulanan grupta (0,11 mg/g) belirlenmiştir. Depolamanın başlangıcında, tüm örnek gruplarında toplam karbonil değerleri kontrol grubuna benzer seviyelerde bulunmuştur (P>0,05), Ancak sadece 40 dk ultrases uygulanan ve

marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında daha düşük değerler tespit edilmiştir. Depolama süresince, tüm grupların toplam karbonil değerlerinde artış gözlenmiş ve 15. gün itibarıyla en yüksek seviyelere ulaşmıştır ($P<0,05$). Özellikle 40 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında toplam karbonil değerlerinin daha düşük seviyelerde kaldığı, bunun da ultrases uygulamasının proteoliz üzerinde inhibe edici bir etki gösterebileceğini düşündürdüğü belirlenmiştir. Sadece marine edilmiş kontrol grubu, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarının depolama süresi boyunca toplam karbonil değerlerinde daha kontrollü bir artış gözlenmiş, ancak kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık kaydedilmiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda kontrol grubuna göre en yüksek toplam karbonil değerleri sadece marine edilmiş kontrol grubunda tespit edilirken en düşük değerler ise sadece 20dk ve 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında ölçülmüştür. Marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek grupları ise kontrol grubuna göre daha düşük seviyelerde kalmıştır ($P<0,05$). Ayrıca iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, et örneklerinin toplam karbonil değerleri üzerine ultrases ve marinasyon uygulamasının depolama ile birlikte etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ultrases uygulaması, toplam karbonil değerlerini başlangıçta daha düşük seviyede tutarken, depolama süresi ilerledikçe artış göstermiştir. Özellikle 40 dk ultrases uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre daha düşük olduğu ve bu durumun protein hidroliz sürecinin gecikmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

Marinasyon uygulamalarının etkisi ise gruba bağlı olarak farklılık göstermiş, sadece marine edilmiş kontrol grubu en yüksek toplam karbonil değerlerine ulaşırken, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarında daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, ultrases ve marinasyon kombinasyonunun proteoliz sürecini kontrol etmede etkili olabileceğini, ancak uzun süreli depolamada bu etkinin azaldığını düşündürmektedir.

Pan ve ark. (2022), ultrases destekli tuzlamanın domuz etinin protein oksidasyonu, su tutma kapasitesi, mikro yapısı ve duyu özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Tuzlamanın et proteinlerinin oksidatif hassasiyetini önemli ölçüde artırdığı ve buna karşılık ultrases uygulamasının neden olduğu kavitasyon etkisi ile

hızlandırılmış tuz penetrasyonunun protein karbonilasyonu üzerinde olumlu bir etkisi olduğu bildirilmiştir.

Lin ve ark. (2024), ultrases destekli marinasyonun, protein bozulması, yapısal değişiklikler ve aroma maddelerinin oluşumu üzerindeki etkisi 12 saat ve 24 saatlik sürelerle incelemiştir. Ultrases uygulaması ile protein bozulma indeksi ve proteaz aktivitelerindeki artışa bağlı olarak, serbest amino asitlerin oluşumunun arttığı bildirilmiştir. Ultrases uygulamalı kuru marinasyonun, protein denatürasyonunu artırarak etteki aroma maddelerinin oluşumunu etkileyerek marinasyon verimliliğini artırdığı ifade edilmiştir.

Bu çalışmada toplam karbonil değerlerinin depolama süresince kontrol grubuna kıyasla ultrases ve marinasyon uygulanan gruplarda belirgin şekilde düşük olduğu ve bu düşüşün özellikle 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanan gruplarda anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Pan ve ark. (2022) çalışmasında belirtilen, ultrases uygulamasının kavitasyon etkisiyle protein karbonilasyonunu olumlu yönde etkileyerek oksidatif hassasiyeti azalttığı bulgularıyla paralellik göstermektedir. Ayrıca, Lin ve ark. (2024) çalışmasında bildirilen, ultrasesin protein yapısında değişimlere yol açarak protein denatürasyonu ve amino asit oluşumunu artırdığı bulgularını desteklemektedir.

3.7. Pişme kaybı

Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca pişme kaybı değerleri Tablo 3.7.'de görülmektedir.

Tablo 3.7. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca pişme kaybı değerleri (%)

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	39,75±0,92 ^{ABab}	37,25±1,15 ^{ABbc}	36,51±1,19 ^{BCc}	41,37±1,00 ^{Aa}	33,15±0,91 ^{Cd}	41,46±1,16 ^{Aa}
U20	37,06±0,89 ^{Ba}	33,07±1,20 ^{Cc}	37,02±0,94 ^{BCa}	35,95±1,25 ^{Bab}	35,98±0,86 ^{Bab}	34,02±1,03 ^{CDbc}
U40	40,52±1,36 ^{Aa}	36,44±0,98 ^{Bb}	39,07±1,00 ^{ABab}	36,22±1,22 ^{Bb}	27,12±1,27 ^{Dc}	36,37±1,04 ^{BCb}
MK	30,49±1,27 ^{Cc}	39,43±0,92 ^{Aa}	35,21±0,91 ^{CDb}	35,58±0,98 ^{Bb}	38,79±1,00 ^{Aa}	32,11±0,99 ^{Dc}
UM20	24,55±0,89 ^{Dc}	37,60±1,05 ^{ABb}	40,42±1,04 ^{Aa}	36,80±0,96 ^{Bb}	39,85±0,85 ^{Aab}	37,29±1,00 ^{Bb}
UM40	31,01±1,30 ^{Cc}	31,88±1,22 ^{Cbc}	32,72±1,13 ^{Dbc}	37,11±1,05 ^{Ba}	34,70±1,03 ^{BCab}	37,49±0,91 ^{Ba}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** A-B: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

***a-b: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının depolama süresince pişme kayıpları %24,55-41,46 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek pişme kaybı değeri depolamanın 15. gününde kontrol grubunda, en düşük pişme kaybı değeri ise depolamanın 1. gününde marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde tespit edilmiştir. Depolamanın başlangıcında sadece 20 dk ve 40 dk ultrases işlemi uygulanmış örnek grupları hariç diğer tüm grupların pişme kaybı değerleri kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur (P<0,05). Depolama sonunda ise tüm grupların pişme kaybı değerlerinin kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Ayrıca iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre, et örneklerinin pişme kaybı değerleri üzerine ultrases ve marinasyon uygulamasının depolama ile etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Pişme kaybı değerleri üzerine ultrases ve marinasyon uygulamalarının depolama süresi ile birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (P<0,05). Genel olarak, ultrases ve marinasyon işlemleri, depolama süresi boyunca etin pişme kaybını önemli ölçüde etkilemiş ve belirli gruplarda pişme kaybının kontrol grubuna göre daha düşük seviyelerde kalmasını sağlamıştır. Özellikle 20 ve 40 dk ultrases uygulanmış gruplar, depolamanın başlangıcında kontrol grubu ile istatistiksel olarak benzer pişme kaybı değerlerine sahipken (P>0,05), marinasyon uygulanan grupların yani sadece

marine edilmiş kontrol grubu, marine edilerek 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanan örnek gruplarının depolama başlangıcında pişme kaybının daha düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Depolamanın süresince, tüm gruplarda pişme kaybında bir artış gözlemlenmiş ancak ultrases ve marinyasyon uygulamalarının kombinasyon halinde olduğu gruplarda bu artışın nispeten daha kontrollü ilerlediği tespit edilmiştir. Depolamanın sonunda ise tüm grupların pişme kaybı değerleri kontrol grubuna kıyasla anlamlı olarak daha düşük seviyede bulunmuştur ($P<0,05$), bu durum ultrases ve marinyasyonun pişme kaybını azaltıcı etkisinin depolama süreci boyunca devam ettiğini göstermiştir. Ultrases uygulamasının, etin mikrobiyolojik yapısını ve su tutma kapasitesini etkileyerek pişme kayıplarını azalttığı düşünülmektedir. Özellikle marine edilerek 20 dk ultrases uygulanan örnek grubunda en düşük pişme kaybı değerleri gözlemlenmiş olup, bu kombinasyonun etin su tutma kapasitesini daha etkin bir şekilde artırdığı düşünülmektedir.

($P<0,05$). Bu uygulamalar, etin su tutma kapasitesini artırarak pişirme sırasında oluşan ağırlık kaybını minimize etmekte ve etin gevrekliğini artırmaktadır. Ayrıca, ultrases uygulaması, etin iç yapısını modifiye ederek ısı transferini hızlandırmakta ve böylece pişme süresini kısaltmaktadır. Bu bulgular, marinyasyon ve ultrases teknolojilerinin et ürünlerinin pişirme özelliklerini iyileştirmede potansiyel araçlar olduğunu göstermektedir (Erdem ve Demirci, 2021; Yüksel ve ark., 2022).

Pohlman ve ark. (1997), ultrases destekli pişirme uygulamasının sığır etinde pişirme özellikleri, tekstürel ve duyuşal özellikler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ultrases destekli pişirme yönteminin örneklerde pişirme kaybı değerlerini konveksiyonel pişirmeye göre %8,2 azalttığını tespit etmişlerdir.

Chang ve ark. (2012), düşük frekans ve yüksek güç seviyelerinde ultrases uygulamasının (40 kHz, 1500 W) sığır eti kalitesi ve tekstürel özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ultrases uygulanan örneklerin kontrol grubuna göre pişirme kaybının %7,8 azaldığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada depolama süresince ultrases ve marinyasyon uygulanan gruplarda pişme kaybı değerlerinin kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde düşük olduğu ve bu etkinin depolama boyunca devam ettiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu bulgular,

Pohlman ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada, ultrases destekli pişirme yönteminin pişirme kaybını %8,2 oranında azalttığı ve Chang ve ark. (2012) çalışmasında düşük frekanslı ultrases uygulamasının pişirme kaybını %7,8 oranında azalttığı bulgularıyla uyumludur.

3.8. Tekstür Profil Analizi

Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca sertlik değerleri Tablo 3.8.1.'de görülmektedir.

Tablo 3.8.1. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca sertlik değerleri (N)

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	50,97±3,05 ^{Aa}	49,24±6,72 ^{Aab}	40,86±1,56 ^{Abc}	32,71±2,85 ^{Acd}	30,21±3,27 ^{Ad}	28,16±2,32 ^{Ad}
U20	46,56±6,79 ^{ABa}	32,50±3,07 ^{Bb}	29,12±1,14 ^{Cb}	26,43±0,16 ^{Bbc}	24,26±6,33 ^{ABbc}	17,65±1,68 ^{BCc}
U40	36,49±5,78 ^{Ba}	35,09±1,13 ^{Ba}	23,84±0,01 ^{Db}	18,75±1,14 ^{Cbc}	16,23±3,29 ^{Bc}	15,23±1,96 ^{BCc}
MK	49,68±8,57 ^{ABa}	41,06±1,66 ^{ABa}	29,37±1,65 ^{Cb}	27,66±1,08 ^{Bb}	15,88±0,63 ^{Bc}	14,64±1,32 ^{Cc}
UM20	46,50±2,73 ^{ABa}	32,59±0,21 ^{Bb}	25,08±1,31 ^{Dc}	20,53±1,10 ^{Ccd}	19,04±3,22 ^{Bde}	13,82±2,62 ^{Ce}
UM40	43,82±0,30 ^{ABa}	35,86±8,82 ^{Bab}	34,19±0,24 ^{Bb}	29,00±0,40 ^{Bbc}	24,61±0,56 ^{ABc}	20,09±1,26 ^{Bc}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

***A-C: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Örnek gruplarının depolama süresince sertlik değerleri 13,82 N ile 50,97 N arasında değişim göstermiştir. En yüksek sertlik değeri, depolamanın 1. gününde kontrol grubunda belirlenirken, en düşük sertlik değeri depolamanın 15. gününde marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında, sadece 40 dk ultrases işlemi uygulanmış örnek grubu hariç diğer tüm grupların sertlik değerleri kontrol grubu ile benzerlik göstermiştir (P>0,05). Depolamanın sonunda ise tüm örnek gruplarının sertlik değerinin kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Ayrıca, depolama

sonunda tüm örnek gruplarının sertlik değerlerinde, depolama başlangıcına oranla önemli ölçüde bir azalma tespit edilmiştir ($P<0,05$). İki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre et örneklerinin sertlik değerleri üzerine depolamadan bağımsız olarak sadece ultras ve marinasyon uygulamasının tekli etkisinin bulunduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Tablo 3.8.2. Ultras ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca iç yapışkanlık değerleri

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	0,60±0,06 ^{ABa}	0,59±0,02 ^{Aa}	0,59±0,007 ^{Aa}	0,60±0,007 ^{Aa}	0,58±0,06 ^{Aa}	0,54±0,02 ^{Aa}
U20	0,53±0,04 ^{Ba}	0,58±0,02 ^{Aab}	0,60±0,03 ^{Ab}	0,59±0,01 ^{Ab}	0,58±0,007 ^{Aab}	0,52±0,03 ^{Aa}
U40	0,64±0,02 ^{Aa}	0,56±0,01 ^{Ab}	0,59±0,02 ^{Aab}	0,57±0,02 ^{Ab}	0,56±0,007 ^{Ab}	0,59±0,04 ^{Aab}
MK	0,61±0,007 ^{ABa}	0,58±0,007 ^{Aa}	0,60±0,03 ^{Aa}	0,59±0,02 ^{Aa}	0,60±0,02 ^{Aa}	0,58±0,02 ^{Aa}
UM20	0,56±0,01 ^{ABa}	0,60±0,02 ^{Aa}	0,59±0,04 ^{Aa}	0,56±0,05 ^{Aa}	0,54±0,04 ^{Aa}	0,56±0,03 ^{Aa}
UM40	0,58±0,03 ^{ABa}	0,58±0,01 ^{Aa}	0,58±0,01 ^{Aa}	0,55±0,05 ^{Aa}	0,60±0,01 ^{Aa}	0,59±0,01 ^{Aa}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultras uygulanan kuşbaşı et, U40: 40 dk ultras uygulanan kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultras uygulanan kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultras uygulanan kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** A-B: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

****a-b: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Örnek gruplarının depolama süresince iç yapışkanlık değerleri 0,52-0,64 arasında değişim göstermiştir. En yüksek iç yapışkanlık değeri depolamanın 1. gününde 40 dk ultras uygulanan kuşbaşı et örneklerinde, en düşük iç yapışkanlık değeri ise depolamanın 15. gününde 20 dk ultras uygulanan kuşbaşı et örneklerinde tespit edilmiştir. Depolamanın başlangıcı ve sonunda tüm grupların iç yapışkanlık değerleri kontrol grubu ile benzer bulunmuştur ($P>0,05$).

Ultras ve marinasyon uygulanan kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca elastikiyet değerleri Tablo 3.8.3.'de görülmektedir.

Tablo 3.8.3. Ultrases ve marinasyon uygulanan kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca elastikiyet değerleri

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	0,76±0,09 ^{Aa}	0,70±0,07 ^{Aa}	0,76±0,08 ^{Aa}	0,78±0,11 ^{Aa}	0,72±0,04 ^{Aa}	0,74±0,06 ^{Aa}
U20	0,74±0,03 ^{Aa}	0,77±0,92 ^{Aa}	0,75±0,71 ^{Aa}	0,75±0,007 ^{Aa}	0,74±0,08 ^{Aa}	0,74±0,08 ^{Aa}
U40	0,82±0,01 ^{Aa}	0,74±0,03 ^{Ab}	0,76±0,01 ^{Ab}	0,76±0,007 ^{Ab}	0,74±0,02 ^{Ab}	0,78±0,03 ^{Aab}
MK	0,75±0,05 ^{Aa}	0,78±0,08 ^{Aa}	0,72±0,06 ^{Aa}	0,74±0,02 ^{Aa}	0,78±0,04 ^{Aa}	0,71±0,03 ^{Aa}
UM20	0,75±0,06 ^{Aa}	0,77±0,06 ^{Aa}	0,73±0,01 ^{Aa}	0,72±0,06 ^{Aa}	0,71±0,04 ^{Aa}	0,74±0,01 ^{Aa}
UM40	0,72±0,007 ^{Aa}	0,78±0,02 ^{Aa}	0,75±0,10 ^{Aa}	0,70±0,01 ^{Aa}	0,71±0,02 ^{Aa}	0,71±0,02 ^{Aa}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** A-B: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** a-b: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Çalışmada örnek gruplarının depolama süresince elastikiyet değerleri 0,70-0,82 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek elastikiyet değeri depolamanın 1. gününde 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde, en düşük elastikiyet değeri ise depolamanın 10. gününde marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında ve sonunda ultrases ve marinasyon uygulanan kuşbaşı et örneklerinde istatistiksel anlamda önemli bir değişime rastlanmamıştır (P>0,05).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca sakızsızlık değerleri Tablo 3.8.4.'de görülmektedir.

Tablo 3.8.4. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca sakızimsılık değerleri (N)

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	30,55±5,09 ^{Aa}	28,73±2,67 ^{Aab}	23,96±1,02 ^{Aabc}	19,44±1,54 ^{Abcd}	17,63±3,47 ^{Acđ}	15,00±0,60 ^{Ad}
U20	24,22±1,70 ^{Aa}	18,86±2,48 ^{Bb}	17,44±1,62 ^{Cb}	15,57±1,77 ^{Bb}	14,02±3,51 ^{ABb}	9,10±0,35 ^{Cc}
U40	23,16±4,56 ^{Aa}	19,68±1,24 ^{Ba}	13,98±0,52 ^{Db}	10,55±0,31 ^{Cb}	8,98±1,73 ^{Bb}	9,00±0,50 ^{Cb}
MK	29,89±5,57 ^{Aa}	23,63±0,52 ^{ABb}	17,50±0,09 ^{Cc}	16,21±1,07 ^{Bc}	9,45±0,14 ^{Bđ}	8,43±1,07 ^{Cđ}
UM20	26,07±2,14 ^{Aa}	19,33±0,45 ^{Bb}	14,75±0,11 ^{Dc}	11,30±0,43 ^{Ccd}	10,28±2,55 ^{Bđ}	7,69±1,09 ^{Cđ}
UM40	25,48±1,21 ^{Aa}	20,73±4,41 ^{Bab}	19,75±0,54 ^{Bbc}	15,78±1,53 ^{Bbcd}	14,78±0,71 ^{ABcd}	11,79±1,06 ^{Bđ}

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****a-d: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örnek gruplarının depolama süresince sakızimsılık değerleri 7,69-30,55 N aralığında tespit edilmiştir. Sakızimsılık değeri en yüksek olarak depolamanın 1. gününde kontrol grubunda, en düşük olarak sakızimsılık değeri depolamanın 15. gününde 20 dk ultrases uygulanarak marine edilmiş kuşbaşı et örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında tüm örnek gruplarının sakızimsılık değerleri kontrol grubuna benzer bulunmuştur (P>0,05). Depolama süresince ultrases ve marinasyon uygulanan kuşbaşı et örneklerinin sakızimsılık değerinde istatistiksel olarak önemli düşüş izlenmiştir (P<0,05). Ayrıca et örneklerinin sakızimsılık değerleri üzerine depolamadan bağımsız olarak sadece ultrases ve marinasyon uygulamasının tekli etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca çıgnenebilirlik değerleri Tablo 3.8.5'te görülmektedir.

Tablo 3.8.5. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca çiğnenebilirlik değerleri (N)

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	23,33±6,83 ^{Aa}	20,00±0,34 ^{Aab}	18,19±1,20 ^{Aab}	15,09±3,22 ^{Aab}	12,76±3,33 ^{Ab}	11,07±1,28 ^{Ab}
U20	17,93±2,03 ^{Aa}	14,51±3,69 ^{Aab}	13,03±0,06 ^{BCb}	11,53±0,24 ^{ABb}	10,17±1,47 ^{ABbc}	6,67±0,45 ^{BCc}
U40	18,98±3,93 ^{Aa}	14,55±1,48 ^{Aab}	10,61±0,64 ^{Cbc}	7,97±0,25 ^{Bc}	6,62±1,52 ^{Bc}	7,06±0,64 ^{BCc}
MK	22,09±2,74 ^{Aa}	18,24±1,40 ^{Ab}	12,57±1,20 ^{BCc}	11,91±1,15 ^{ABc}	7,36±0,35 ^{Bd}	6,02±0,98 ^{Cd}
UM20	19,40±0,11 ^{Aa}	14,71±0,86 ^{Ab}	10,75±0,19 ^{Cc}	8,09±1,03 ^{Bd}	7,26±1,41 ^{Bde}	5,72±0,70 ^{Ce}
UM40	18,20±0,55 ^{Aa}	15,96±3,00 ^{Aa}	14,77±1,58 ^{Bab}	11,04±1,22 ^{Bbc}	10,39±0,16 ^{ABc}	8,35±1,03 ^{Bc}

** K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

**** A-C: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

*** a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örnek gruplarının depolama süresince çiğnenebilirlik değerleri 5,72-23,33 N arasında değişim göstermiştir. En yüksek çiğnenebilirlik değeri depolamanın 1. gününde kontrol grubunda, en düşük ise 15. gününde marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış et örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında kontrol grubuna göre ultrases ve marinasyon uygulanan örneklerde istatistiksel olarak önemli bir değişime rastlanmamıştır (P>0,05). Depolama süresince kontrol grubu ile birlikte örnek gruplarının tamamında istatistiksel olarak önemli düşüş tespit edilmiştir (P<0,05). Depolama sonunda ultrases ve marinasyon uygulaması yapılmış örneklerin çiğnenebilirlik değerleri kontrol grubuna göre önemli seviyede azalmıştır (P<0,05). Ayrıca et örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri üzerine depolamadan bağımsız olarak sadece ultrases ve marinasyon uygulamasının tekli etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Kumar ve ark. (2019), %20 limon suyu ile marine edilen tavuk eti örneklerinde dokusal parametrelerin kontrol grubuna kıyasla belirgin şekilde azaldığını rapor etmişlerdir (P>0,05). Çalışmada, tavuk etinin sertlik, çiğnenebilirlik, sakızimsılık ve iç yapışkanlık değerlerinin, kontrol grubuna göre sırasıyla 0,3 cm/mm, 0,4, 6,4 N/cm² ve 2,8 N/cm²'ye düştüğü tespit edilmiştir. Bu bulgular, limon suyu marinasyonunun etin tekstürünü geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Zhang ve ark. (2021), ultrases uygulamasının etin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığını ve bu yöntemin etin tekstürel özelliklerini iyileştirdiğini rapor etmişlerdir. Çalışmada, ultrases uygulamaları 20 kHz ve 40 kHz frekanslarda, sırasıyla 5 dk ve 10 dk süreyle gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar sonucunda, sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerindeki azalmanın kontrol grubuna kıyasla anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca, 20 kHz frekans ve 10 dk süre ile uygulanan ultrasesin, etin tekstürünün geliştirilmesinde en verimli yöntem olduğu belirtilmiştir. Depolama süresine bağlı olarak bu iyileştirici etkiler stabil kalmış, kontrol grubu ile kıyaslandığında depolama süresi boyunca da etkinliğini koruduğu ve düşük ile orta frekanslı ultrases uygulamalarının, etin tekstürel özelliklerini iyileştirme potansiyelini desteklediğini bildirmişlerdir.

Shi ve ark. (2020), potasyum alginat çözeltisi ile ultrases destekli marinasyon uygulamasının tavuk göğüs etinin dokusal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, %2 potasyum alginat çözeltisi kullanılmış ve tavuk etine 20 kHz frekansta, 150 W gücünde ultrases uygulanmıştır. Uygulama süreleri 10 dk olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, ultrasesin potasyum alginat çözeltisiyle birlikte kullanılmasıyla sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık gibi dokusal parametrelerde anlamlı bir iyileşme sağlandığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sertlik değerlerinin kontrol grubuna kıyasla %12 oranında azaldığı, çiğnenebilirlik değerlerinin %15 oranında düştüğü belirtilmiştir.

Çarbuğa (2019), farklı marinasyon sıvıları ile marine edilmiş sığır etinde tekstür özelliklerini incelemiştir. Sertlik değerleri incelendiğinde en yüksek sertlik değeri kontrol grubunda tespit edilirken, en düşük sertlik değeri zeytinyağı ile marine edilmiş et örneklerinde saptanmıştır. Marinasyon süresindeki artışın sertlik değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Çiğnenebilirlik değerlerinin de marinasyon sıvıları ile birlikte düştüğü ve sertlik değerlerinde olduğu gibi artan marinasyon sürecinin çiğnenebilirlik değerlerini düşürdüğü belirtilmiştir. Etlerin elastikiyet değerlerinin marinasyon süresinden önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Sığır etlerinde marinasyon sıvısının ve süresinin iç yapışkanlık değerlerinde önemli bir etki oluşturmadığını belirtmiştir ($P>0,05$).

Bu çalışmada depolama süresince elastikiyet ve iç yapışkanlık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir ($P>0,05$). Bu bulgu, Çarbuğa (2019) tarafından elastikiyetin marinasyon süresinden etkilenmesine karşın, iç yapışkanlık değerlerinin marinasyon sıvısı ve süresinden etkilenmediğini bildiren sonuçlarla uyumludur. Bununla birlikte, Shi ve ark. (2020) potasyum alginat çözeltisi ile ultrases uygulamasının iç yapışkanlık gibi dokusal parametrelerde iyileşme sağladığını rapor etmiştir. Bu çalışmada sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızimsılık değerlerinde depolama süresince belirgin azalmalar tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu sonuçlar, Zhang ve ark. (2021) tarafından düşük ve orta frekanslı ultrases uygulamalarının sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığını ve bu etkilerin depolama boyunca korunduğunu bildiren bulgularla benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Shi ve ark. (2020) ve Çarbuğa (2019) çalışmalarında benzer şekilde ultrases ve marinasyonun dokusal parametreler üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. Bu literatür sonuçları, ultrases ve marinasyon uygulamasının birlikte kullanımının etin tekstürel özelliklerini iyileştirmede etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

3.9. Mikrobiyolojik Analizler

3.9.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB)

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca TAMB değerleri 3,14-8,47 log kob/g aralığında bulunmuştur. Depolamanın 1. gününde ultrases ve marinasyon uygulanan tüm örneklerin TAMB değerleri kontrol grubuna göre önemli değişiklik göstermiştir ($P<0,05$). Depolama sonunda 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanarak marine edilmiş örneklerin TAMB değeri kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre et örneklerinin TAMB sonuçları üzerine ultrases ve marinasyon uygulamasının depolama ile birlikte etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Zhang ve ark. (2021), ultrases destekli pişirme işleminin $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 28 gün depolama boyunca sığır etinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Depolama boyunca 400, 600 ve 800 W güçlerinde ultrases

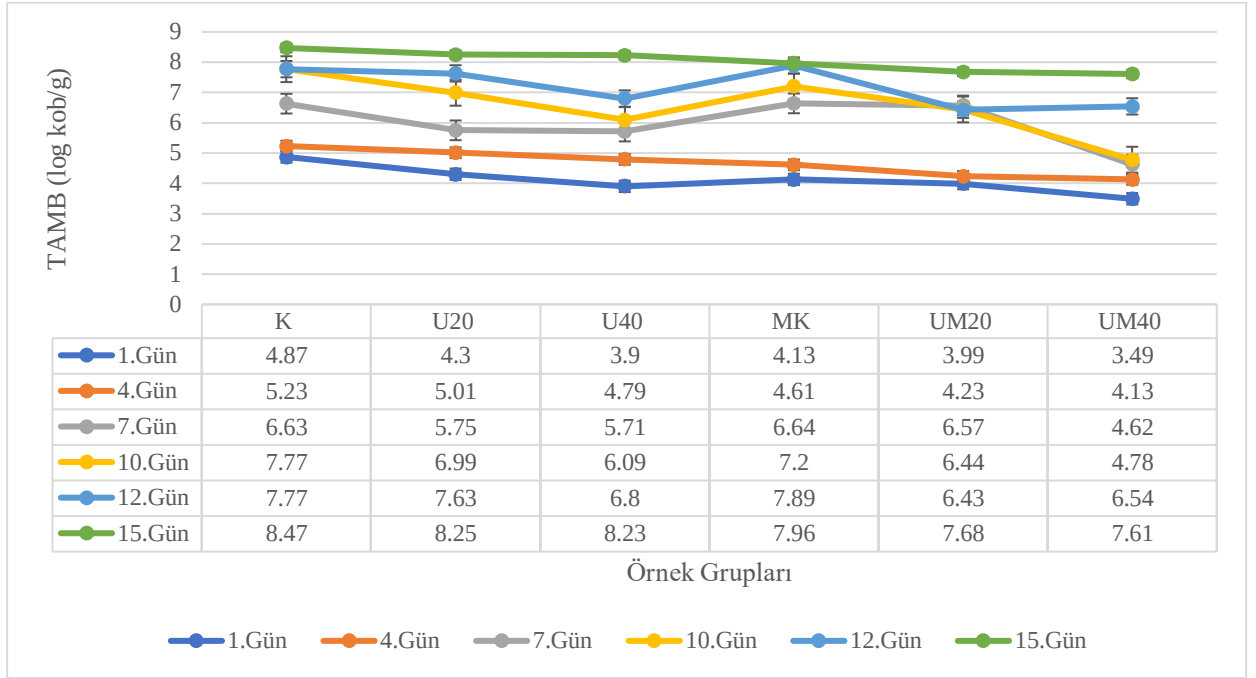
uygulanmış örneklerin TAMB sayısında kontrol grubuna göre önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Careveo ve ark. (2014), çalışmalarında ultrases işlemi uygulanmış sığır etinin fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini araştırmışlardır. Ultrases işlemi uygulanmış sığır etlerinde $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün depolama süresince koliform, mezofilik ve psikrofilik bakteri sayılarının azaldığı ve en iyi sonucun 90 dk ultrases uygulamasında alındığı bildirilmiştir.

Bu çalışmada depolama süresince 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanarak marine edilmiş örneklerde TAMB değerlerinin kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu sonuçlar, Zhang ve ark. (2021) tarafından sığır etinde $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 28 gün depolama süresince farklı güç seviyelerinde (400, 600 ve 800 W) uygulanan ultrases işleminin TAMB değerlerini önemli ölçüde azalttığını bildiren bulgularla benzerlik göstermektedir ($P<0,005$). Careveo ve ark. (2014) çalışmasında da $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 7 gün depolama süresince sığır etinde koliform, mezofilik ve psikrofilik bakteri sayılarında azalma tespit edilmiştir. Bu literatür sonuçları, ultrases ve marinasyon uygulamasının birlikte kullanımı ile etin mikrobiyal kalitesini iyileştirilebileceğini göstermektedir. Ultrases uygulaması, gıdalardaki mikroorganizmaların inaktivasyonunda etkili bir yöntemdir. Bu etki, ultrasonun oluşturduğu kavitasyon ile ilgili olmaktadır. Kavitasyon sırasında, sıvı ortamda oluşan mikroskobik kabarcıklar hızla büyüyerek patlayarak bu süreçte yüksek sıcaklık ve basınç bölgeleri oluşmaktadır. Bu ani değişimler, mikroorganizmaların hücre duvarlarının ve zarlarının zarar görmesine, hücre içi bileşenlerin sızmasına ve sonuç olarak hücre ölümüne yol açmaktadır (Ercan ve Soysal, 2011). Ultrases uygulaması, gram negatif bakterilerde daha belirgin bir etki gösterirken, gram pozitif bakteriler, sporlu mikroorganizmalar ve protozoalarda etkisi uygulama koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu uygulama, özellikle ısı veya marinasyon uygulamaları ile kombine edildiğinde daha geniş bir mikrobiyal inaktivasyon sağlamaktadır (Chemat ve ark., 2011).

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca TAMB (log kob/g) değerlerinin değişimi Şekil 3.9.1'de görülmektedir.

Şekil 3.9.1. Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca TAMB (log kob/g) değerlerinin değişimi



* K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: 20 dk ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM40: 40 dk ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

*** a-f: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

3.9.2. Maya-küf

Maya

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örnek gruplarının depolama boyunca maya (log kob/g) değerleri Tablo 3.9.2’de görülmektedir.

Tablo 3.9.2. Ultrases ve marinasyon uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin depolama boyunca maya sayısı (log kob/g)

Örnek/Depolama	1.Gün	4.Gün	7.Gün	10.Gün	12.Gün	15.Gün
K	3,22±0,25 ^{Aa}	3,86±0,33 ^{Ab}	4,66±0,02 ^{Ac}	5,11±0,02 ^{AcD}	5,28±0,34 ^{Ad}	5,11±0,21 ^{AcD}
U20	2,63±0,21 ^{Aa}	3,62±0,24 ^{Ab}	4,11±0,31 ^{Abc}	4,68±0,02 ^{ABCcd}	4,77±0,40 ^{Ad}	4,99±0,08 ^{ABd}
U40	2,69±0,001 ^{Aa}	3,58±0,39 ^{Ab}	4,00±0,47 ^{Abc}	4,41±0,18 ^{BCc}	4,51±0,34 ^{Ac}	4,69±0,15 ^{BCc}
MK	2,95±0,16 ^{Aa}	3,82±0,31 ^{Aab}	4,08±0,91 ^{Abc}	4,77±0,11 ^{ABbc}	4,82±0,11 ^{Abc}	4,91±0,10 ^{ABc}
UM20	2,83±0,08 ^{Aa}	3,22±0,42 ^{Aab}	3,85±0,52 ^{Abc}	4,64±0,45 ^{ABCcd}	4,67±0,16 ^{AcD}	4,77±0,10 ^{Bd}
UM40	2,91±0,08 ^{Ab}	2,69±0,08 ^{Aa}	3,59±0,04 ^{Ac}	4,24±0,04 ^{Cd}	4,35±0,16 ^{Ad}	4,40±0,08 ^{Cd}

** K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

**** A-C: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

*** a-d: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Sonuçlara göre en yüksek maya değeri depolamanın 12. gününde kontrol grubunda, en düşük maya değeri ise depolamanın 1. gününde marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında tüm örnek grupların maya sayısı kontrol grubu ile benzer bulunmuştur (P>0,05). Depolama süresince tüm grupların maya sayısında istatistiksel olarak önemli artış tespit edilmiştir (P<0,05). Depolama sonunda sadece 40 dk ultrases uygulaması yapılmış, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış örnek gruplarının maya sayısının kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Ayrıca et örneklerinin maya değerleri üzerine depolamadan bağımsız olarak sadece ultrases ve marinasyon uygulamasının tekli etkisinin olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Evelyn ve ark. (2020), ultrases uygulamasının gıdalarda; sporlar, patojen ve bozulma yapan mikroorganizmalar, mantarlar ve mayalar üzerine etkisini araştırmıştır. Ultrases uygulamasının mikroorganizmaları inaktive etme mekanizması, 20-100 kHz frekans aralığında ve 10-1000 W/cm² gücünde yüksek yoğunluklu ses dalgalarının yayılmasıyla ortaya çıkan basınç dalgalarına dayandığını açıklamışlardır.

Bu çalışmada marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış ve marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde depolama sonunda maya sayılarının kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Evelyn ve ark. (2020) çalışmasında belirtilen, yüksek yoğunluklu ultrases uygulamasının mikroorganizmaları, özellikle mayaları inaktive etmesi ile uyum göstermektedir. Evelyn ve ark. tarafından 20-100 kHz frekans ve 10-1000 W/cm² güç aralığında gerçekleştirilen uygulamaların, mikroorganizmaların yapısal bütünlüğünü bozarak etkin bir şekilde inaktivasyon sağladığı bildirilmiştir. Literatür sonuçları ile bu çalışmada çıkan sonuçlar benzerlik göstermektedir.

Küf

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde +4°C’de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde küf sayısının saptama sınırının altında (<1 log kob/g) olduğu tespit edilmiştir.

3.9.3. *Salmonella* spp.

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinde +4°C’de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde *Salmonella* spp. mikroorganizmasına rastlanmamıştır.

3.10. Duyusal analiz

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örnek gruplarının duyusal analiz sonuçları Tablo 3.10’da görülmektedir.

Tablo 3.10. Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış kuşbaşı et örneklerinin duyusal analiz değerleri

Örnek/Depolama	Görünüş	Doku	Çiğnenebilirlik	Usarelik	Lezzet	Tüm İzlenim
K	4,17±0,75 ^a	3,33±0,52 ^a	3,33±0,52 ^{bc}	3,33±0,52 ^a	3,50±0,55 ^{bc}	3,50±0,55 ^{bc}
U20	4,00±0,63 ^{ab}	3,00±0,020 ^a	2,67±0,52 ^{cd}	3,50±0,84 ^a	3,00±0,030 ^{cd}	3,00±0,030 ^{cd}
U40	3,33±0,82 ^{abc}	3,50±0,84 ^a	2,33±0,52 ^d	2,67±0,52 ^b	2,83±0,41 ^d	2,83±0,41 ^d
MK	3,17±0,98 ^{bc}	3,50±0,55 ^a	3,50±0,84 ^b	3,67±0,52 ^a	4,00±0,63 ^b	4,00±0,63 ^b
UM20	2,83±0,41 ^c	3,00±0,030 ^a	3,83±0,41 ^b	3,83±0,41 ^a	3,83±0,41 ^b	3,83±0,41 ^b
UM40	3,83±0,41 ^{ab}	3,00±0,020 ^a	4,67±0,52 ^a	3,83±0,41 ^a	4,67±0,52 ^a	4,67±0,52 ^a

*K: Kontrol kuşbaşı et, U20: 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, U40: 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, MK: marinasyon uygulanmış kuşbaşı et, UM20: marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et, UM40: marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış kuşbaşı et.

** Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

**** a-e: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Duyusal analiz sonuçlarına göre, ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının görünüş parametresinde en yüksek puan kontrol grubunda (4,17) belirlenmiş olup, en düşük puan marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış örnek grubunda (2,83) tespit edilmiştir. Görünüş açısından kontrol grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının, doku özellikleri incelendiğinde, en yüksek doku puanı 40 dk ultrases uygulanan örnek grubu ile sadece marinasyon uygulanan örnek grubu (3,50); en düşük doku puanı ise 20 dk ultrases uygulanan örnek grubu (3,00) tespit edilmiştir. Ancak, doku parametresinde kontrol grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (P>0,05).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının, çiğnenebilirlik parametresinde en yüksek puan 40 dk ultrases uygulanmış örnek grubu (4,67) için tespit edilirken, en düşük puan 20 dk ultrases uygulanmış örnek grubu için (2,33) tespit edilmiştir. Sadece marinasyon uygulanmış örnek grubu ile 20 dk ultrases uygulanarak marine edilmiş

örnek grubu arasında benzerlik görülürken ($P>0,05$) diğer tüm gruplar arasında anlamlı farklılık görülmüştür ($P<0,05$).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının, usarelik parametresinde en yüksek değer marine edilerek 20 dk ve 40 dk ultrases uygulanmış örnek gruplarında (3,83) gözlemlenirken, en düşük değer ise 40 dk ultrases uygulanmış örnek grubunda (2,67) tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 40 dk ultrases uygulanmış örnek grubu haricinde, diğer tüm grupların usarelik puanları kontrol grubuyla benzerlik göstermiştir ($P>0,05$).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının, lezzet parametresinde en yüksek puan, 40 dk ultrases uygulanarak marine edilmiş örnek grubu (4,67), en düşük lezzet puanı ise 40 dk ultrases uygulanmış örnek grubu (2,83) için tespit edilmiştir. Sadece marine edilmiş ve marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış örnek grupları kontrol grubuna benzerlik gösterirken ($P>0,05$) diğer tüm gruplar farklılık göstermiştir ($P<0,05$).

Ultrases ve marinasyon uygulanmış örnek gruplarının, genel izlenim parametresinde en yüksek değer marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış örnek grubunda (4,67), en düşük ise 40 dk ultrases uygulanmış örnek grubunda (2,83) gözlemlenmiştir. Kontrol grubuna göre marinasyon uygulanmış ve marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış örnek grupları benzerlik göstermiştir ($P>0,05$). Diğer tüm gruplar kontrol grubuna göre anlamlı farklılık göstermiştir ($P<0,05$).

Sonuç olarak ultrases ve marinasyon uygulamasının birlikte kullanımı panelistlerin skorlaması sonucu verileri doğrultusunda artı değer kattığı görülmüştür. Panelistler genel olarak marinasyon ve ultrases uygulamasıyla birlikte marinasyon uygulanmış örnekleri sadece ultrases uygulanmış örneklerden daha fazla beğenmişlerdir. Örneklerin tüm izlenim puanları arasında $UM40>MK>UM20>K>U20>U40$ şeklinde bir sıralama elde edilmiştir. En yüksek tüm izlenim puanının marine edilerek 40 dk ultrases uygulanmış örnek grubu almıştır ve bu puan kontrol grubu örneğine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).

Pena-Gonzalez ve ark. (2019), 14 gün boyunca 4°C'de depolanan sığır etine 20 kHz frekansta ve 200 W gücünde 30 dk süreyle ultrases uygulandığını, bu işlemin etin duyuşsal

özelliklerini iyileştirerek daha yoğun bir taze et kokusu ve belirgin bir yağlı tat algısı oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Erdem ve Gökmen (2023), alıç püresi ile marine edilen hindi göğüs etlerine 40 kHz frekansta ve 400 W gücünde 15 dk süreyle ultrases uygulamış, ardından ürünleri 4°C’de 15 gün boyunca depolamışlardır. Çalışmada, depolama süresi boyunca tat, koku, görünüş ve genel kabul edilebilirlik açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış, bu nedenle marinasyon ve ultrases tekniklerinin birlikte kullanımının uygulanabilir olduğu sonucuna vardıkları rapor edilmiştir.

Bu çalışmada 40 dk ultrases uygulanarak marine edilmiş kuşbaşı et örneklerinin duyuşal parametrelerde en yüksek genel izlenim puanını alması ve kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermesi ($P<0,05$), Pena Gonzalez ve ark. (2019) tarafından bildirilen, ultrasesin etin duyuşal özelliklerini iyileştirerek daha yoğun taze et kokusu ve yağlı tat algısı oluşturduğu verileri ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Erdem ve Gökmen (2023) çalışmasında, alıç püresi ile marine edilen hindi göğüs etlerinde tat, koku ve genel kabul edilebilirlik açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmaması, bu çalışma sonuçlarında da bazı gruplar arasında duyuşal parametrelerin benzerlik göstermesiyle eşleşmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Tez kapsamında ultrases ve marinasyon işleminin kırmızı et kalitesi ve raf ömrü üzerine etkileri incelenmiştir. Taze etin fonksiyonel ve organoleptik özelliklerini geliştirmenin yanı sıra temiz etiketli ürünlü üretmek amacı ile doğal bitkisel kaynaklardan (kekik, zeytinyağı ve soğan) oluşan marinasyon sıvısı ile marine edilmesi, bunun yanı sıra ultrases teknolojisinin kullanımı ile marinasyon etkinliğinin artırılması ve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan marinasyon sıvısını içeren ambalajlara koyulan kuşbaşı et örneklerine ultrasonik su banyosunda farklı sürelerde (20-40 dk) ultrases uygulaması yapılarak kontrol grubu dahil olmak üzere 6 örnek grubu oluşturulmuştur. Örnekler +4°C’de 15 gün depolanmış ve depolama süresince fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler yapılarak ürünlerin kalite özellikleri belirlenmiştir. Üretimler 2 tekerrürlü olarak yapılmış ve her grup örnek 2 paralelli olarak analize alınmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir.

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanan kuşbaşı et örneklerinin nem içeriklerinin depolama sürecinin sonunda kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Marinasyon kontrol grubuna göre karşılaştırma yapıldığında ise ultrases ve marinasyonun birlikte kullanıldığı gruplarda nem değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlardan sadece ultrases uygulamasının örneklerin nem değerlerini belli bir seviyede tuttuğunu ve ultrases işlemi ile birlikte marinasyon uygulamasının ise örneklerin nem değerini azaltan etki gösterdiği düşünülmektedir.

Ultrases ve marinasyon işlemi kuşbaşı et örneklerinin protein değerini önemli ölçüde etkilemektedir. 20 dk ultrases uygulanan örnek grubunda protein içeriği azalırken, 40 dk ultrases uygulanan örnek grubunda protein değeri stabil ilerlemiştir. Ayrıca marinasyon ile birlikte uygulanan ultrases işleminin protein kaybını minimize etme potansiyeli olduğu görülmüştür.

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanan kuşbaşı et örnekleri ile sadece marinasyon işlemi uygulanan örneklerin yağ miktarının kontrol grubu örneğine göre istatistiksel olarak

önemli düzeyde arttığı gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Marinat içinde bulunan zeytinyağı nedeniyle, marinasyonlu örneklerin yağ miktarlarının daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Ultrases ve marinasyon işlemi kuşbaşı et örneklerinin kül değerini anlamlı düzeyde değiştirmemiştir ($P>0,05$). Benzer sonuçlar örneklerin pH ve su aktivitesi değerlerinde de tespit edilmiştir ($P>0,05$). Diğer yandan sadece 20 dk ultrases uygulanmış, marine edilerek 20 dk ultrases uygulanmış ve sadece marinasyon uygulanmış örneklerin protein değerlerinin kontrol grubu örneğine kıyasla değişim gösterdiği görülmüştür.

Ultrases ve marinasyon uygulamalarının et ürünlerinin renk parametreleri (L , a , b^*) üzerindeki etkisi; L^* değerleri depolama süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir azalma göstermiş ($P<0,05$), bu azalma özellikle yalnızca marinasyon uygulanan gruplarda daha belirgin olmuştur. Ultrases ve marinasyon kombinasyonu, depolama boyunca L^* değerlerini daha yüksek seviyelerde tutarak renk stabilitesinin korunmasına katkı sağlamıştır. a^* değerleri açısından, yalnızca ultrases uygulanan gruplarda depolama süresince belirgin bir düşüş gözlemlenmiş olup ($P<0,05$), ultrases destekli marinasyon uygulamalarında bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Marinasyon işleminin, etin kırmızılık değerinin korunmasında olumlu bir rol oynadığı ve ultrases ile birlikte kullanıldığında renk stabilitesini artırdığı belirlenmiştir. b^* (sarılık) değerleri bakımından, marinasyon uygulaması depolama boyunca sarı tonlarının daha iyi korunmasını sağlamış, yalnızca ultrases uygulanan gruplarda ise b^* değerlerinde belirgin düşüşler gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Özellikle marine edilerek ultrases uygulanan gruplarda b^* değerlerinin depolamanın ilerleyen günlerinde daha yüksek seviyelerde kalması, marinasyonun etin sarılık stabilitesini artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Ultrases ve marinasyon uygulamalarının birlikte kullanımı, depolama süresi boyunca etin renk stabilitesinin korunmasına katkıda bulunmuş, yalnızca ultrases uygulaması ise renk parametrelerinde daha hızlı bir bozulmaya yol açmıştır. Bu veriler, etin görsel kalitesinin korunması açısından ultrases ve marinasyonun sinerjik etkisinin dikkate alınması gerektiğini düşündürmektedir.

Ultrases ve marinasyon işleminin depolama sonunda örneklerin depolama süresi boyunca TBARS değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış meydana geldiğini göstermektedir ($P<0,05$). Marinasyonun lipid oksidasyonunu geciktirici etkisi gözlemlenirken, yalnızca ultrases uygulanan gruplarda bu etkinin daha belirgin olduğu tespit

edilmiştir. Özellikle 40 dk ultrases uygulanan gruplarda TBARS seviyeleri diğer gruplara kıyasla daha düşük kalmış ve oksidatif bozulmanın daha yavaş ilerlediği gözlemlenmiştir. Ultrases uygulaması, lipid oksidasyonunu başlangıçta baskılamış ancak depolama süresi ilerledikçe bu etkinin azaldığı görülmüştür. Bu bulgular, uzun süreli ultrases uygulamalarının lipid oksidasyonunu yavaşlatabileceğini ve marinasyon ile kombine edildiğinde oksidatif stabilitenin korunmasına katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örneklerde depolama süresi boyunca tüm gruplarda toplam karbonil seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış meydana geldiğini göstermektedir ($P<0,05$). Ancak, yalnızca ultrases uygulanan ve ultrases destekli marinasyon uygulanan gruplarda toplam karbonil değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük seviyelerde kaldığı belirlenmiştir. Özellikle 40 dakika ultrases uygulanan gruplarda protein oksidasyonunun daha düşük seviyelerde gerçekleştiği ve bu durumun ultrasesin proteoliz sürecini geciktirici etkisiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Marinasyonun, toplam karbonil değerlerinin artışını kontrol altında tutarak protein oksidasyonunu belirli ölçüde sınırladığı, ancak depolama süresince bu etkinin azaldığı tespit edilmiştir. Ultrases ve marinasyon uygulamalarının kombinasyonu, protein oksidasyonunu azaltmada etkili olmuş, özellikle uzun süreli ultrason uygulaması toplam karbonil seviyelerini kontrol altına alarak oksidatif bozulmayı geciktirmiştir.

Ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örneklerin depolama sonunda kontrol grubuna göre pişme kaybı değerlerinin önemli düzeyde azaldığı görülmüştür ($P>0,05$). Kontrol grubu hariç tüm örneklerin pişme kaybı değerleri benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Bu sonuçlar ultrases ve marinasyon uygulamasının ayrı ayrı ve birlikte kullanımının örneklerin pişme kaybını azalttığını göstermektedir.

Ultrases ve marinasyon işleminin kuşbaşı et örneklerinin bazı tekstürel özelliklerini değiştirdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda uygulama yapılan örneklerin sertlik ve, sakızimsılık değerlerinin önemli düzeyde azaldığı ve çiğnenebilirlik değerlerinin önemli düzeyde arttığı saptanmıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte ultrases ve marinasyon uygulamasının örneklerin iç yapışkanlık ve elastikiyet değerlerini değiştirmedeği tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan ultrases ve marinasyon uygulamalarının örneklerin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini olumlu yönde etkileyerek tekstürünü geliştirdiği daha yumuşak ve çiğnenebilir bir yapı kazandırdığı kanısına varılmıştır ($P>0,05$).

Depolama sonunda ultrases ve marinasyon işlemi uygulanmış örneklerin TAMB değerleri kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmıştır ($P<0,05$). En yüksek logaritmik birim azalma 40 dk ultrases uygulanarak marine edilmiş örnek grubunda tespit edilmiştir. Diğer yandan sadece 40 dk ultrases uygulaması yapılmış ve sadece marinasyon uygulaması yapılmış örneklerin maya sayısı kontrol grubuna göre anlamlı seviyede düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Bununla birlikte tüm deneme gruplarının maya sayısı da kontrol grubuna göre daha düşük seviyede kalmıştır. Bu bulgular ultrases ve marinasyon işleminin ayrı ayrı veya birlikte kullanımının örneklerin toplam mikrobiyal yükü üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, ultrases ve marinasyon işlemlerinin birlikte kullanımı, renk, tekstür, pişirme kaybı, protein oksidasyonu, duyu özellikler ve mikrobiyal güvenirlilik üzerinde olumlu etkiler sağlayarak etin kalite ve raf ömrünü artıracak etkili ve geliştirilmesi mümkün bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

4.2. Öneriler

Günümüzde gıda muhafazası alanında yapılan araştırmalar, yenilenen teknolojilerin gıda üretim süreçlerinde kullanılabilirliğine ve yeni sistemlerin Ür-Ge çalışmalarıyla desteklenerek sektöre kazandırılmasına yoğunlaşmaktadır. Gıdaların muhafazasında ve parametrelerinin iyileştirilmesinde kullanılan katkı maddelerinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri günümüzde yaygın olarak bilinmektedir. Tüketicilerin minimum düzeyde işlenmiş doğal gıdalara yönelik artan talepleri, üreticileri üretim yöntemlerini değiştirme ve geliştirme arayışına yöneltmiştir. Bu çalışmada, gıdaların doğal yapısını koruyarak muhafaza edilmesine ve işlenmesine olanak tanıyan ısısı olmayan teknolojilerden biri olan ultrases teknolojisi ile marinasyon işleminin taze et üzerindeki etkileri araştırılmış; daha iyi görünüm, doku ve kalite özelliklerine sahip minimum düzeyde işlenmiş ürünlerin üretilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın sonucunda, ultrases ve marinasyon işleminin birlikte uygulanmasının et kalitesini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Bu uygulamaların, etin doğal özelliklerini koruyarak doku yapısının iyileştirilmesine katkı sağladığı ve aynı zamanda mikrobiyolojik güvenlik açısından uygun gıda üretimine imkan tanıdığı tespit edilmiştir. Günümüzde, et ve

et ürünlerinin kalite ve güvenliğini artırmaya yönelik yenilikçi teknolojik yaklaşımların et üreticilerinin en çok ihtiyaç duyduğu ve eksiklik hissettiği alanlarda olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulguların, endüstriyel seviyede gerçekleştirilecek ileri çalışmalarıyla desteklenmesi halinde, sektörde yenilikçi teknolojilere yönelim hususunda farkındalık yaratması ve proses yöntemlerinin ileriye taşınmasında katma değer sağlaması öngörülmektedir.



KAYNAKLAR

AOAC. (2007). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (18th ed.). Washington, DC: AOAC International.

Akkara, M., & Kayaardı, S. (2014). İleri muhafaza tekniklerinin et kalitesi üzerine etkisi. Akademik Gıda, 12(4), 79–85.

Ardıçlı, S., Ardıçlı, Ö., & Üstüner, H. (2024). Unraveling the complexities of beef marination: Effect of marinating time, marination treatments, and breed. Foods, 13(18), 2979.

Aguilar-Villalva, R., Molina, G. A., España-Sánchez, B. L., Díaz-Peña, L. F., ElizaldeMata, A., Valerio, E., Azanza-Ricardo, C., & Estevez, M. (2021). Antioxidant capacity and antibacterial activity from Annona cherimola phytochemicals by ultrasasesassisted extraction and its comparison to conventional methods. Arabian Journal of Chemistry, 14(7), 103239. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103239>

Akyüz, A., & Güneşer, O. (2020). Farklı marinasyon formülasyonlarının hindi göğüs etlerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuusal özellikleri üzerindeki etkileri. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 15(1), 33-42. <https://doi.org/10.31537/gidateknolojileri.1234567>

Al-Hilphy, A. R., Al-Temimi, H. H. M., Al Rubaiy, U., Anand, G., Delgado-Pando, N., & Lakhssassi, N. (2020). Ultrases applications in poultry meat processing: A systematic review. Journal of Food Science, 85(5), 1386–1396. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15110>

Alarcon-Rojo, A. D., Janacua, H., Rodriguez, J. C., Paniwnyk, L., & Mason, T. C. (2015). Power ultras in meat processing. Meat Science, 107, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.015>

Alarcon-Rojo, A. D., Carrillo-Lopez, L. M., Reyes-Villagrana, R., Huerta-Jimenez, M., & Garcia-Galicia, I. A. (2019). Ultrasound and meat quality: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 369-382.

Alp, H. (2016). Sığır etlerinin bazı kalite karakteristikleri üzerine ultrasonik dalgaların, tuz ve tuz-fosfat çözeltilerinin etkileri (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye).

Alvarado, C. Z., & McKee, S. R. (2007). Marination to improve functional properties and safety of poultry meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 113-120.

Anar, Ş. (2020). Et ve et ürünleri teknolojisi kitabı (5th ed.). Bursa, Türkiye: Dora Yayınları.

Anonim. (2006). TS EN ISO 6579/AC Mikrobiyoloji – Gıda ve hayvan yemleri – Salmonella türlerinin belirlenmesi için yatay yöntem. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Ardıçlı, S., Ardiçlı, Ö., & Üstüner, H. (2024). Unraveling the complexities of beef marination: Effect of marinating time, marination treatments, and breed. *Foods*, 13(18), 2979.

Aydar, A. Y., Yılmaz, T., Mataracı, C. E., & Sağlam, T. B. (2021). Gıdaların kurutulmasında ultrason ön işleminin kullanımı. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 1165–1175.

Aydın, Ö. Ş., & Şahan, Y. (2018). Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi. *Gıda*, 43(4), 387-394.

BAM. (2001a). Bacteriological analytical manual: Aerobic plate count (8th ed., rev., Chapter 3).

BAM. (2001b). Bacteriological analytical manual: Yeasts, molds, and mycotoxins (8th ed., Chapter 18).

Bao, G., Niu, J., Li, S., Zhang, L., & Luo, Y. (2022). Effects of ultrasounds pretreatment on the quality, nutrients, and volatile compounds of dry-cured yak meat. *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, 105864. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105864>

Baranauskienė, R., Venskutonis, P. R., Viskelis, P., & Dambrauskienė, E. (2003). Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7751–7758.

Bayraktaroğlu, G., & Obuz, E. (2006). Ultrasound yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı* (pp. 57–60). Bolu, Türkiye.

Baysal, T., & İçier, F. (2012). *Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Bekhit, A. E.-D. A. (Ed.). (2017). *Advances in meat processing technology*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Bianchi, M., Petracci, M., & Cavani, C. (2007). The influence of marination on the quality of meat products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 31(2), 190–201.

Bingöl, E. B., & Ergün, O. (2011). Effects of temperature conditioning and citrus juice marinade on quality and microstructure of aged beef. *Meat Science*, 88(3), 488–493.

Bisen, S. P., & Emerald, M. (2016). Nutritional and therapeutic potential of garlic and onion (*Allium* sp.). *Current Nutrition & Food Science*, 12, 190–199.

Brown, T. (2018). *Cooking with oils: A guide to food processing oils*. New York, NY: Food Tech Publishers.

Bose, S., & Basak, S. (2020). Antimicrobial activity of onion (*Allium cepa*) extract against *Escherichia coli* and other pathogenic bacteria. *Journal of Microbial Research*, 34(3), 45-52.

Cao, C., Xiao, Z., Tong, H., Tao, X., Gu, D., Wu, Y., & Ge, C. (2021). Effect of ultrasounds-assisted enzyme treatment on the quality of chicken breast meat. *Food and Bioprocess Processing*, 125, 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.09.003>

Cárcel, J. A., Benedito, J., Bon, J., & Mulet, A. (2007). High intensity ultrasound effects on meat brining. *Meat Science*, 76(4), 611–619.

Caraveo, O., Alarcon-Rojo, A. D., Renteria, A., Santellano, E., & Paniwnyk, L. (2015). Physicochemical and microbiological characteristics of beef treated with high intensity ultrasound and stored at 4°C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(12), 2487–2493.

Chang, H. J., Xu, X. L., Zhou, G. H., Li, C. B., & Huang, M. (2012). Effects of characteristic changes of collagen on meat physicochemical properties of beef semitendinosus muscle during ultrasonic processing. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 285–297. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0333-2>

Chemat, F., Huma, Z., & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation, and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813–835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>

Cheng, J., Chang, Y., & Kim, S. (2018). Effect of vacuum tumbling on marination of beef. *Food Process Engineering*, 43(2), e12929. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12929> Cho, S. H., et al. (2013). The role of injection marination in meat processing. *Meat Science Review*, 57(5), 320–329.

Cichoski, A. J., Silva, M. S., Leães, Y. S. V., Brasil, C. C. B., Menezes, C. R., Barin, J. S., Wagner, R., & Campagnol, P. C. B. (2019). Ultrasound: A promising technology to improve the technological quality of meat emulsions. *Meat Science*, 148, 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.009>

Combes, S., Lepetit, J., Darche, B., & Lebas, F. (2002). Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Science*, 66(1), 91–96.

Cross, A. J., Peters, U., Kirsh, V. A., Andriole, G. L., Reding, D., Hayes, R. B., & Sinha, R. (2009). A prospective study of meat, cooking methods, meat mutagens, heme iron, and lung cancer risks. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89(6), 1884–1894.

<https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.26736>

Çarbuğa, Ü. (2019). Marinasyon işlemlerinin sığır eti üzerindeki kimyasal, duyuşal ve tekstürel etkilerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, Konya, Türkiye).

Çelik, S. (2019). Soğan suyunun et marinasyonunda kullanılabilirliğinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Çiçekdağı, F. (2011). Ultrasonik ses dalgalarının oluşturduğu akustik kavitasyonu etkileyen değişkenler ve kavitasyon enerjisi ölçümü (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye).

Daferera, D. J., Ziogas, B. N., & Polissiou, M. G. (2000). GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2576–2581.
<https://doi.org/10.1021/jf990835x>

Demirdöven, A., & Baysal, T. (2009). The use of ultrasounds and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25(1), 1–11.

Deniz, E. E. (2009). Kesim sonrasında farklı sürelerde enjekte edilen marinat çözeltilerinin et kalitesi üzerine etkileri (Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye).

Di Pasqua, R., Betts, G., Hoskins, N., Edwards, M., & Mauriello, G. (2007). Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(12), 4863–4870.

Dinçoğlu, A. H. (2010). Soğanın farmakolojik ve toksikolojik etkileri. *Veterinary Sciences*, 5(1), 31–35.

Dolatowski, Z. J., & Stasiak, D. M. (2007). Tumbling machine with ultrasounds. In *The 9th Congress of Food Science and Technology* (p. 153). Budapest, Hungary.

Dong, Y., Zhang, H., Mei, J., Xie, J., & Shao, C. (2022). The effect of ultrasounds on physicochemical properties of meat. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 969503.

Duran, K., Bahtiyar, M. İ., Körlü, A. E., Dereli, S., & Özdemir, D. (2006). Ultrasound technology. *Textile and Apparel*, 16(3), 155–158.

Ercan, Ş., & Soysal, Ç. (2011). Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması. *Gıda*, 36(4), 225–232.

Erdem, N., & Gökmen, S. (2023). Alıç püresi ile marınasyon ve ultrason uygulamasının hindi göğüs etinin fizikokimyasal, teknolojik ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi. In *5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences* (pp. 889–899). Konya, Türkiye.

Ergezer, H., & Gökçe, R. (2004). Kanatlı etlerinin marınasyon tekniği ile işlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(2), 227–233.

Ertaş, A. H., & Doğruer, Y. (2010). *Et ve et ürünlerinin tekstürel özelliklerini enstrümantal olarak tespit etme yöntemleri ve tekstür profil analizi üzerine bir derleme*. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 35(2).

Ertürk, R., Çelik, C., Kaygusuz, R., & Aydın, H. (2010). Ticari olarak satılan kekik ve nane uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri. *Cumhuriyet Medical Journal*, 32(4), 281–286.

Erdem, N., & Şahin, S. (2005). Et ve et ürünlerinde baharatların doğal antioksidan ve antimikrobiyel etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(1), 66–72.

Et ve Süt Kurumu. (2023). *2023 Yılı Faaliyet Raporu*. Erişim adresi: https://www.esk.gov.tr/upload/Node/10256/files/2023_Yili_Faaliyet_Raporu_.pdf

Evelyn, & Silva, F. V. M. (2020). Ultrasonics-assisted thermal inactivation of spores in foods: Pathogenic and spoilage bacteria, molds, and yeasts. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 402–415. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.019>

Firouz, M. S., Sardari, H., Chamgordani, P. A., & Behjati, M. (2022). Power ultrasonics in the meat industry (freezing, cooking, and fermentation): Mechanisms, advances, and challenges. *Ultrasonics Sonochemistry*, 86, 106027. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106027>

Fisher, M. (2019). *Barbecue and smoking techniques*. Chicago, IL: GrillMaster Press.

Gargi, A., & Şengün, Y. İ. (2021). Marination liquids enriched with probiotics and their inactivation effects against food-borne pathogens inoculated on meat. *Meat Science*, 182, 108624. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108624>

Gibis, M. (2007). Effect of oil marinades with garlic, onion, and lemon juice on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10240–10247. <https://doi.org/10.1021/jf071959u>

Gök, V., Güçlü, M., & Köse, E. (2020). Effect of organic acids on the texture and flavor of meat products. *Food Science Journal*, 32(3), 243–256.

Guo, L., Xu, X., Zhang, X., Chen, Z., He, R., & Ma, H. (2023). Application of simultaneous ultrasonic curing on pork (Longissimus dorsi): Mass transport of NaCl, physical characteristics, and microstructure. *Ultrasonics Sonochemistry*, 92, 106267.

Gündüz, S., Dölekoğlu, C., & Say, D. (2019). *Kaz eti tüketim tercihleri ve ikame ürünlerle duyuusal analiz*. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 32-40.

Guerrero, L., Valero, M. V., Campo, M. M., & Sañudo, C. (2020). *Impact of marinades on texture and quality attributes of beef and veal*. *Meat Science*, 161, 108017. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108017>

Goli, T., Ricci, J., Bohuon, P., Marchesseau, S., & Collignan, A. (2012). Kinetic study of mass transfer during the acidic marination of turkey.

İnce, D. Ve Ayhan, V. Koyunlarda Karkas Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. *Hayvanlar Üretim*. 2008, 49(1):57-61.

Jay, N. (2017). *Advances in meat processing technology*. Boca Raton, FL: CRC Press. Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2017). *Modern food microbiology* (8th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9374-8>

Jayasingh, P., Cornforth, D. P., Carpenter, C. E., & Whittier, D. (2001). Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. *Meat Science*, 59(3), 317-324.

Jayasingh, P., & Cornforth, D. P. (2004). Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. *Meat science*, 66(1).

Jeremiah, L. E. (2001). Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribution. *Food Research International*, 34(9), 749-772. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00096-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00096-7).

Jezek, F., Kameník, J., Macharáčková, B., Bogdanovičová, K., & Bednář, J. (2019).

Jensen, J. A., Robbins, K. L., & Ryan, K. J. (2004). Temperature profiles within beef steaks cooked with various methods. *Food Science and Technology International*, 10(5), 349-358.

Jones, P. (2017). Microbial inhibition by acetic acid in meat preservation. *Journal of Meat Processing*, 40(5), 317–329.

Jones, P., & Lee, M. (2019). Injection marination and its effect on meat quality. *Food Quality and Safety Journal*, 29(3), 123–130. <https://doi.org/10.1093/fqsj/hpz017>

Kahraman, T., Bayraktaroğlu, A., Issa, G., & Aksu, F. (2010). Bazı organik asitlerle yapılan marinasyon işleminin sığır et kalitesi üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 36(2), 25–32.

Kang, S. M., Zhang, W., Lorenzo, M. J., & Chen, X. (2016). Ultrasonics-assisted marination in meat products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.04.010>

Karataş, N., & Özer, C. O. (2022). Ultrasonik destekli osmotik dehidrasyon ön işleminin kaplanmış tavuk ürününün kalite parametreleri üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Nevşehir, Türkiye).

Kayaardı, S., Gök, V., Fermente Sucukların Olgunlaştırılmasında Lipolitik ve Proteolitik Enzimlerin Kullanılması.3. Gıda Kong., Ankara. 2003.

Kawasaki, S., & Okamoto, M. (2023). Proposal of a new meat cooking method using high-intensity focused ultrasonics. *Journal of Food Engineering*, 315, 110798. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.110798>

- Kilic, B., & Richards, M. (2020). Comparison of tumbling and injection marination techniques in meat processing. *Journal of Meat Science*, 36(4), 248–258.
- Kim, Y. J., Jin, S. K., Park, W. Y., Kim, B. W., Joo, S. T., & Yang, H. S. (2010). The effect of garlic or onion marinade on the lipid oxidation and meat quality of pork during cold storage. *Journal of Food Quality*, 33, 171–185.
- Kose, A., & Kilic, B. (2020). Evaluating injection and tumbling techniques in poultry marination. *Journal of Poultry Science*, 52(1), 28–35.
- Köse, A. (2020). Spices and their preservative effects in meat processing. *Turkish Journal of Food Science*, 14(1), 109–115.
- Köseoğlu, O., Ergönül, P. G., & Ünal, M. K. (2011). Zeytinyağında bulunan fenolik bileşikler ve insan sağlığına etkileri. *Akademik Gıda*, 9(2), 40–50.
- Küçükkömürler, S., & Uluksar, F. Ö. (2018). Türk mutfak kültüründe zeytinyağı kullanımı: Muğla örneği. *Journal of Tourism and Gastronomy*
- Kumar, P., Verma, A. K., Kumar, D., Umaraw, P., Mehta, N., & Malav, O. P. (2019). Meat snacks: A novel technological perspective. In *Innovations in Traditional Foods* (pp. 293–321).
- Kürekci, C., & Sakin, F. (2017). Uçucu yağlar: Antimikrobiyal açıdan uçucu yağlar: In-vitro ve in-vivo çalışmalar. *Türkiye Klinikleri Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları - Özel Konular*, 3(1), 15–20.
- Lee, J., & Kim, T. (2012). Effect of acid marinades on tenderization and flavor of meat. *Food Chemistry*, 134(4), 2038–2044. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.110>
- Lee, J., Park, H., & Kim, S. (2021). The role of oils in meat marinades and flavor enhancement. *Asian Food Science Journal*, 28(2), 185–196.
- Lee, S., Park, J., & Kim, H. (2019). The role of tumbling in meat marination: Improving texture and flavor. *Journal of Food Processing*, 30(7), 341–350.

Lin, W., Zhu, J., Sun, Y., Pan, D., Xia, Q., Zhou, C., He, J., & Dang, Y. (2024). Effects of ultrasonic-assisted marinating on degradation of beef protein and formation of flavor precursors. *Journal of Food Composition and Analysis*, 133, 106407.

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.106407>

Lorenzo, J. M., Sarriés, M. V., Tateo, A., Polidori, P., Franco, D., & Lanza, M. (2014). The effect of cooking methods on the nutritional value of foal meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(5), 838–846.

Mantzourani, I., Daoutidou, M., Nikolaou, A., Kourkoutas, Y., Alexopoulos, A., Tzavellas, I., Dasenaki, M., Thomaidis, N., & Plessas, S. (2022). Microbiological stability and sensorial valorization of thyme and oregano essential oils alone or combined with ethanolic pomegranate extracts in wine marinated pork meat. *International Journal of Food Microbiology*, 361, 109463.

Mason, T. J. (2024). A simple new approach for mapping an ultrasonic tank for sonochemistry. Retrieved from

<https://pureportal.coventry.ac.uk/files/98216562/Mason2024VoR.pdf>

Mata, A. T., Valerio, E., Azanza-Ricardo, C., & Estevez, M. (2021). Antioxidant capacity and antibacterial activity from *Annona cherimola* phytochemicals by ultrasounds-assisted extraction and its comparison to conventional methods. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(7), 103239.

McClements, D. J. (1995). Advances in the application of ultrasounds in food analysis and processing. *Trends in Food Science & Technology*, 6, 293–299.

[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)89008-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)89008-2)

Mehenktaş, C. (2022). Süt işlemede ultrason kullanımı. *Akademik Gıda*, 20(4), 474–481.

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2015). *Sensory evaluation techniques* (5th ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Mengers, H. G., Schier, C., Zimmermann, M., Gruhlke, M. C., Block, E., Blank, L.

M., & Slusarenko, A. J. (2022). Seeing the smell of garlic: Detection of gas phase volatiles from crushed garlic (*Allium sativum*), onion (*Allium cepa*), ramsons (*Allium ursinum*), and human garlic breath using SESI-Orbitrap MS. *Food Chemistry*, 397, 133804. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133804>

Mochizuki, Y. (2001). Texture profile analysis. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, (1), H2–H3.

Mutlu, K. E. (2022). Soğukta muhafaza edilen sığır, tavuk ve hindi etinin raf ömrü ve kalitesi üzerine sarımsak (*Allium sativum*) ve soğanın (*Allium cepa*) etkisi (Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye).

Mutlu, H., & Koç Terlemez, E. (2024). Marinasyon yöntemlerinin kırmızı etin kimyasal ve organoleptik kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 12(1), 1–6.

Nakilcioğlu, E., & Özdal, H. R. (2024). Türkiye’de yetişen ticari değere sahip kekik türlerine ait uçucu yağ bileşenlerinin GC-MS yöntemiyle karakterizasyonu. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), 385–392.

Özbek, M. N. (2024). Karvakrol, timol ve küminaldehit'in *Escherichia coli* ATCC 25922 ile kontamine edilmiş kıyma örneklerinde doğal antimikrobiyel olarak tek tek ve kombine kullanımları durumunda koruyuculuklarının belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). *Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*.

Öztan A. (2013). *Et Bilimi ve Teknolojisi*. 9. Baskı, S. 309-312, Ankara.

Pan, J., Li, C., Liu, X., He, L., Zhang, M., Huang, S., Huang, S., Liu, Y., Zhang, Y., & Jin, G. (2022). A multivariate insight into the organoleptic properties of porcine muscle by ultrasounds-assisted brining: Protein oxidation, water state and microstructure. *LWT - Food Science and Technology*, 113136.

Park, M., Cho, S., & Kim, K. (2019). Antimicrobial properties of herbs in meat marination. *Journal of Natural Products*, 57(4), 389–395.

Parks, S. S., Reynolds, A. E., & Wickert, L. (2000). Aqueous apple flavoring in breast muscle has physical, chemical, and sensory properties similar to those of phosphatemarinated controls. *Poultry Science*, 79, 1183–1188.

Pathak, V., Singh, V. P., & Sanjay, Y. (2011). Ultrases as a modern tool for carcass evaluation and meat processing: A review. *International Journal of Meat Science*, 1(2), 83–92.

Peña-González, E., Alarcón-Rojo, A. D., García-Galicia, I., Carrillo-López, L., & Huerta-Jiménez, M. (2019). Ultrases as a potential process to tenderize beef: Sensory and technological parameters. *Ultrasonics Sonochemistry*, 53, 134–141.

Pinton, M. B., Lorenzo, J. M., Seibt, A. C. M. D., Santos, B. A. D., Rosa, J. L., Correa, L. P., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2022). Effect of high-power ultrases and bamboo fiber on the technological and oxidative properties of phosphate-free meat emulsions. *Meat Science*, 193, 108931. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108931>

Pohlman, F. W., Dikeman, M. E., Zayas, J. F., & Unruh, J. A. (1997). Effects of ultrases and convection cooking to different endpoint temperatures on cooking characteristics, shear force, sensory properties, composition, and microscopic morphology of beef Longissimus and Pectoralis muscles. *Journal of Animal Science*, 75(2), 386–401.

Rahman, S. M. E., Islam, S., Pan, J., Kong, D., Xi, Q., Du, Q., Yang, Y., Wang, J., Oh, D.-H., & Han, R. (2023). Marination ingredients on meat quality and safety – A review. *Food Quality and Safety*, 7, fyad027. <https://doi.org/10.1093/fqsj/fyad027>

Rathod, K. S., Ambadkar, R. K., & Naveena, B. M. (2017). Quality analysis of vacuum-packed super-chilled chicken breast at 24-hour storage. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 675–683.

Rupasinghe, R. A., Alahakoon, A. U., Alakolanga, A. W., Jayasena, D. D., & Jo, C. (2022). Oxidative stability of vacuum-packed chicken wings marinated with fruit juices during frozen storage. *Food Science of Animal Resources*, 42(1), 61–72.
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2022.e3>

Sagar, N. A., & Pareek, S. (2020). Antimicrobial assessment of polyphenolic extracts from onion (*Allium cepa* L.) skin of fifteen cultivars by sonication-assisted extraction method. *Heliyon*, 6, e05478. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05478>

Sanches, M. A. R., Silva, P. M. O. C., Barretto, T. L., Darros-Barbosa, R., da SilvaBarretto, A. C., & Telis-Romero, J. (2021). Technological and diffusion properties in the wet salting of beef assisted by ultrasounds. *LWT*, 149, 112036.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112036>

Sarioğlu, H. Y., & Dirim, S. N. (2024). The effect of ultrasounds-assisted freezing, metal plate-assisted freezing, and conventional freezing on the quality characteristics of beef samples. *International Journal of Refrigeration*, 135–149.
<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2023.09.006>

Serdaroğlu, M., Yüncü-Boyacı, Ö., & Karaman, M. (2024). Kuşburnu infüyonu ile marinasyonun hindi göğüs filetolarının kalite parametreleri üzerindeki etkileri. *GIDA*, 49(2), 238–251.

Shi, H., Zhang, X., Chen, X., Fang, R., Zou, Y., Wang, D., & Xu, W. (2020). How ultrasounds combined with potassium alginate marination tenderizes old chicken breast meat: Possible mechanisms from tissue to protein. *Food Chemistry*, 328, 127144.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127144>

Singh, P., Mahajan, V., Shabeer, T. P. A., Banerjee, K., Jadhav, M. R., Kumar, P., & Gopal, J. (2020). Comparative evaluation of different *Allium* accessions for allicin and other allyl thiosulphinates. *Industrial Crops & Products*, 147, 112215.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112215>

Singh, J., & Gupta, S. (2018). Evaluation of antibacterial properties of onion juice on *Salmonella typhimurium* and *Streptococcus* species. *International Journal of Natural Sciences*, 26(1), 56-63.

Siró, I., Vén, C., Balla, C., Jónás, G., Zeke, I., & Friedrich, L. (2009). Application of an ultrasonic-assisted curing technique for improving the diffusion of sodium chloride in porcine meat. *Journal of Food Engineering*, 91(2), 353–362. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.015>

Smith, D. (1999). Marination: Tender to the bottom line. *Broiler Industry*, 6, 22–25.

Smith, J., & Doe, A. (2020). Effects of hot and cold marination on meat quality attributes. *Meat Science*, 156, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.105112>

Smith, D. P., & Acton, J. C. (2019). *Meat marination: Effects on tenderness and water-holding capacity*. *Journal of Food Science*, 84(3), 487-495. <https://doi.org/10.xxxx/jfs.2019.8493>

Soltani Firouz, M., Sardari, H., Chamgordani, P. A., & Behjati, M. (2022). Power ultras in the meat industry: Mechanisms, advances, and challenges. *Ultrasonics Sonochemistry*, 86, 106027. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106027>

Sánchez-González, J. A., Rodríguez-Casado, A., & Roldán, M. (2020). Ultrasessassisted frying: Effect on oil uptake and crust microstructure in chicken breast. *Ultrasonics Sonochemistry*, 67, 105186.

Söbeli, C., & Kayaardı, S. (2014). Et kalitesini belirlemede yeni teknikler. *Gıda*, 39(4), 251–258.

Sujiwo, J., Kim, H. J., Song, S. O., & Jang, A. (2019). Relationship between quality and freshness traits and Torrymeter value of beef loin during cold storage. *Meat Science*, 149, 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.016>

Sotelo Díaz, L. I., Ángel Rendón, S. V., Filomena Ambrosio, A., Llorca Martínez, E., Quiles Chulia, A., Hernando Hernando, I., & Hernández Carrión, M. (2020). Pork meat prepared by different cooking methods: A microstructural, sensorial, and physicochemical approach. *Meat Science*, 163, 108089.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108089>

Şeker, İ. T., Hastaoğlu, E., & Göksel Saraç, M. (2021). Farklı aromatik bitkilerle marine edilip vakumlanarak saklanan dana etlerinin bazı özelliklerinin incelenmesi.

Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 4(3), 2087–2101.

Talu Özkaya, P., & Kayaardı, S. (2018). *Et ve et ürünlerinin kalitesini geliştirmede kullanılan yeni teknikler*. *Akademik Gıda*, 16(3), 323-331.

Türksönmez, Ç., & Diler, A. (2021). Gıda endüstrisinde ultrason uygulamaları. *Aydın Gastronomy*, 5(2), 177–191.

Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493–508.

Uçar, E., Odabaş Köse, E., Özyiğit, Y., & Turgut, K. (2015). Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerde esansiyel yağların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 118-124.

Ulusoy, K., & Karakaya, M. (2011). Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *Gıda*, 36(2), 113–120.

Wang, H., Gao, Z., Guo, X., Gao, S., Wu, D., Liu, Z., Wu, P., Xu, Z., Zou, X., & Meng, X. (2022). Changes in textural quality and water retention of spiced beef under ultrasounds-assisted sous-vide cooking and its possible mechanisms. *Foods*, 11(15), 2251. <https://doi.org/10.3390/foods11152251>

Yıldırım, F. K., Ulusoy, B. H., & Karataş, İ. (2024). Tüketicilerin Et Tüketim Tercihleri Üzerine Bir Araştırma. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(1), 15-21.

Yıldız, G. (2021). Ultrases Teknolojisinin Gıdaların Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi. Ankara: İksad Yayayınevi.

Yılmaz, E., & Akıncı, A. (2019). Farklı pişirme yöntemlerinin sığır bonfilelerinin besinsel ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Tez Çalışması, 34-45.
<https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11630/6037/10013056.pdf>.

Yüceer, M., & Caner, C. (2014). *Et ve et ürünlerinde duyuşal değeriendirme yöntemleri*. Gıda Teknolojisi Dergisi, 39(2), 123-130.

Yüksel, F. Gıda teknolojisinde ultrases uygulamaları. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi. 2013, 8(2), 29-38.

Yüksel Sarioğlu, H., Köproalan Aydın, Ö., Dirim, S. N., & Kaymak Ertekin, F. (2022). Etlerin ultrason destekli dondurulması ve çözündürülmesi. *GIDA/The Journal of Food*, 47(1), 143-156.

Xargayo, M., Lagares, J., Fernandez, E., Ruiz, D., & Borell, D. (2001). Marination of fresh meats by means of spray effect: Influence of spray injection on the quality of marinated products. *Fleischwirtschaft International*, 81(2), 93–98.

Xiong, G.Y., Zhang, L.L., Zhang, W., Wu, J. Influence of ultrases and proteolytic enzyme inhibitors on muscle degradation, tenderness, and cooking loss of hens during aging. *Czech Journal of Food Science*. 2012, 30, 195–205.

Xiong, G., Fu, X., Pan, D., Qi, J., Xu, X., & Jiang, X. (2020). Influence of ultrasesassisted sodium bicarbonate marination on the curing efficiency of chicken breast meat. *Ultrasonics sonochemistry*, 60, 104808.

Zhang, J., Zhang, Y., Zou, Y., Zhang, W. Effects of ultrases-assisted cooking on quality characteristics of spiced beef during cold storage. *LWT*. 2021, 136(2), 110359.

Zhang, Z.H., Wang, L.H., Zeng, X.A., Han, Z., Brenman, C.S. Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry. *International Journal of Food Science and Technology*. 2019, 54, 1–13.

Zhang, Y., Liu, X., Wang, J., Zhao, W., Li, H., & Chen, Y. (2024). Evaluation of lowtemperature ultrasonic marination of pork meat at various frequencies on physicochemical properties, myoglobin levels, and volatile compounds. *Meat Science*, 198, 108865. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.108865>

