



**T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ULTRASES ÖN İŞLEMİNİN PİŞMİŞ BROYLAR  
GÖĞÜS ETİNİN VAKUM SOĞUTULMASINDA  
KULLANIMI**

**Hande Özge GÜLER**

**BURDUR, 2019**



**T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ULTRASES ÖN İŞLEMİNİN PIŞMIŞ BROYLAR  
GÖĞÜS ETİNİN VAKUM SOĞUTULMASINDA  
KULLANIMI**

**Hande Özge GÜLER**

**Danışman: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ**

**BURDUR, 2019**

## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

**Hande Özge GÜLER** tarafından **Prof. Dr. Yusuf YILMAZ** yönetiminde hazırlanan “**Ultrasen Ön İşleminin Pişmiş Broylar Göğüs Etinin Vakum Soğutulmasında Kullanımı**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 24/06/2019

**Prof.Dr. Ramazan GÖKÇE**

(Başkan)

Pamukkale Üniversitesi .....



**Prof.Dr. Yusuf YILMAZ**

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi .....



**Prof.Dr. Oğuz GÜRSOY**

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi .....



### ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun \_\_\_\_\_ Tarih ve \_\_\_\_\_ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

**Prof.Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ**

Müdür  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Ultrases Ön İşleminin Pişmiş Broylar Göğüs Etinin Vakum Soğutulmasında Kullanımı”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

24/06/2019

.....  
Hande Özge GÜLER

## **TEŞEKKÜR**

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yusuf YILMAZ'a ayırdığı değerli zamanı ve hoşgörüsü için teşekkür ederim. Çalışmalarındaki desteklerinden ötürü bölüm ve anabilim dalı başkanımız değerli hocam Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY'a, bu süreçte desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşım Arş. Gör. Damla BİLECEN ŞEN'e, diğer bölüm hocalarım ve yüksek lisans arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi çalışanları değerli hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma ilgi ve yardımlarından ötürü teşekkür ederim.

Çalışmada kullanılan broyler göğüs etinin temin edildiği Çelikoğlu Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına, numunelerin vakum paketlenmesinde yardımlarını esirgemeyen Burdur Güçbirliği Gıda San. ve Tic. A.Ş. çalışanlarına ve 1170938 nolu projeye ait altyapıdan faydalandığım için TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

0559-YL-18 numaralı proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Bu zorlu ve yorucu süreçte hep yanımda olan, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme teşekkür ederim.

**Haziran, 2019**

**Hande Özge GÜLER**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ .....	vi
ÖZET .....	viii
SUMMARY .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Tavuk Etinin Özellikleri .....	3
2.2. Soğutma.....	5
2.2.1. Gıdaların Soğutulmasının Önemi .....	6
2.2.2. Soğutma Sistemleri .....	7
2.3. Vakum Soğutma .....	7
2.3.1. Vakum Soğutma İşlem Basamakları ve Bileşenleri .....	9
2.3.2. Vakum Soğutma İşleminin Avantaj ve Dezavantajları .....	10
2.3.3. Pişirilmiş Etlerin Vakum Soğutulmasını Etkileyen Faktörler .....	11
2.3.4. Vakum Soğutmanın Et ve Et Ürünleri ile Kullanımı .....	12
2.3.4.1. Kırmızı Et ile Kullanımı .....	12
2.3.4.2. Beyaz Et ve Deniz Ürünleri ile Kullanımı .....	14
2.4. Ultrases .....	16
2.4.1. Ultrases İşleminin Gıda Ürününe Etkileri ve Avantajları.....	19
2.4.2. Ultrases İşleminin Uygulanması.....	21
2.4.3. Ultrases İşleminin Et ve Et Ürünlerinde Kullanımı.....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Materyal.....	25
3.2. Aletler ve Cihazlar.....	26
3.2.1. Ultrases Ön İşlemi .....	26
3.2.2. Pişirme İşlemi .....	26
3.2.3. Vakum Soğutma Düzeneği .....	26
3.3. Yöntem .....	27
3.3.1. Sıcaklık Ölçümleri ve Sıcaklık Dağılımının Tespiti.....	27
3.3.2. Pişirme Kaybının Belirlenmesi.....	27
3.3.3. Soğutma Süresinin ve Soğutma Kaybının Belirlenmesi.....	28
3.3.4. Renk Değerlerinin Belirlenmesi .....	28
3.3.5. pH Değerinin Belirlenmesi .....	29
3.3.6. Kuru Madde İçeriğinin Belirlenmesi .....	29
3.3.7. Kül İçeriğinin Belirlenmesi .....	29
3.3.8. Su Tutma Kapasitesinin (STK) Belirlenmesi .....	29
3.3.9. Tekstürel Analiz.....	30
3.3.10. Duyusal Analiz .....	30
3.3.11. İstatistiksel Değerlendirme .....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	31
4.1. Broyler Göğüs Etlerinin Soğutma Süresi, Pişirme ve Soğutma Kaybı Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi .....	32

4.2. Pişmiş Broyles Göğüs Etlerinin Vakum Soğutulması Sırasında Yüzey ve Merkez Sıcaklıklarına Ultrases Ön İşleminin Etkisi .....	36
4.3. Broyles Göğüs Eti Örneklerinin Sertlik Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi.....	41
4.4. Broyles Göğüs Eti Örneklerinin Renk Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi.....	42
4.5. Broyles Göğüs Etinin Sıcaklık Dağılımı Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi ...	46
4.6. Broyles göğüs Eti Örneklerinin Kül ve Nem İçerikleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi.....	50
4.7. Broyles göğüs Eti Örneklerinin pH ve Su Tutma Kapasitesi Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi.....	51
4.8. Broyles göğüs Eti Örneklerinin Duyusal Sertlik Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi.....	52
5. SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	55
EKLER .....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	63



## ŞEKİL DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 2.1.</b> Vakum soğutma esnasında pişmiş et içerisindeki buhar hareketi.....	8
<b>Şekil 2.2.</b> Vakum soğutma sistemi bileşenleri .....	10
<b>Şekil 2.3.</b> Ultrasonik kavitasyon .....	18
<b>Şekil 2.4.</b> Ultrases işleminin frekans ve güce bağlı kullanımı .....	18
<b>Şekil 3.1.</b> Broylar göğüs etinin trimlenmesi.....	25
<b>Şekil 3.2.</b> Sistemin şematik gösterimi .....	27
<b>Şekil 4.1.</b> Daldırma işlemine 15 dakika maruz kalan broylar göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi .....	36
<b>Şekil 4.2.</b> Daldırma işlemine 30 dakika maruz kalan broylar göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi .....	37
<b>Şekil 4.3.</b> Ultrases ön işlemine 37 kHz frekansta 15 dakika maruz kalan broylar göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi .....	37
<b>Şekil 4.4.</b> Ultrases ön işlemine 37 kHz frekansta 30 dakika maruz kalan broylar göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi .....	38
<b>Şekil 4.5.</b> Ultrases ön işlemine 80 kHz frekansta 15 dakika maruz kalan broylar göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi .....	38
<b>Şekil 4.6.</b> Ultrases ön işlemine 80 kHz frekansta 30 dakika maruz kalan broylar göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi .....	39
<b>Şekil 4.7.</b> Ultrases ön işleminin vakum soğutulmuş broylar göğüs etinin A bölgesi CIE renk değerleri üzerine etkisi .....	43
<b>Şekil 4.8.</b> Ultrases ön işleminin vakum soğutulmuş broylar göğüs etinin B bölgesi CIE renk değerleri üzerine etkisi .....	43
<b>Şekil 4.9.</b> Broylar göğüs etine ait A bölgesinin <b>a)</b> vakum soğutma işlemi öncesi <b>b)</b> vakum soğutma işlemi sonrası yüzeyine ait sıcaklık dağılımları (termal kamera görüntüleri) .....	48

**Şekil 4.10.** Broyler göğüs etine ait A bölgesinin **a)** vakum soğutma işlemi öncesi **b)** vakum soğutma işlemi sonrası merkezine ait sıcaklık dağılımları (termal kamera görüntüleri) ..... 49

**EK 1 -** Duyusal analiz değerlendirme formu ..... 62



## ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
<b>Tablo 2.1.</b> Türkiye tavuk eti üretim, tüketim ve ihracat verileri (ton).....	3
<b>Tablo 2.2.</b> Vakum soğutma işleminin kırmızı et ve ürünleri ile kullanımı.....	12
<b>Tablo 2.3.</b> Vakum soğutma işleminin beyaz et ve deniz ürünleri ile kullanımı .....	14
<b>Tablo 2.4.</b> Gıda işlemede potansiyel ultrases uygulamaları. ....	19
<b>Tablo 4.1.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgelerinde pişirme değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma).....	32
<b>Tablo 4.2.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgelerinde soğutma değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma).....	34
<b>Tablo 4.3.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A bölgesinin sertlik değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma).....	41
<b>Tablo 4.4.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin B bölgesinin sertlik değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma).....	41
<b>Tablo 4.5.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgeleri CIE renk değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma). ....	44
<b>Tablo 4.6.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgelerinin $\Delta E$ , $\Delta C$ , C, Cl ve hue açısı renk değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma).....	45
<b>Tablo 4.7.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgelerinin kuru madde ve kül değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma).....	50
<b>Tablo 4.8.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgelerine ait pH ve su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma).....	51
<b>Tablo 4.9.</b> Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A bölgesi duyu sertlik değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma) .....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>a*</b>	: CIELAB Renk sisteminde Kırmızılık/Yeşillik değeri
<b>ABC</b>	: Hava Üfleli Soğutma
<b>b*</b>	: CIELAB Renk sisteminde Sarılık/Mavilik değeri
<b>BVC</b>	: Baloncuklu Vakum Soğutma
<b>C</b>	: Kroma
<b>CI</b>	: Renk İndeksi
<b>CRC</b>	: Soğuk Odada Soğutma
<b>IC</b>	: Daldırmalı Soğutma
<b>IVC</b>	: Daldırmalı Vakum Soğutma
<b>L*</b>	: CIELAB Renk sisteminde Parlaklık değeri
<b>PIVC</b>	: Darbeli Daldırmalı Vakum Soğutma
<b>PK</b>	: Pişirme Kaybı (%)
<b>STK</b>	: Su Tutma Kapasitesi (%)
<b>WHC</b>	: Water holding capacity (%)
<b>US</b>	: Ultrases
<b>VC</b>	: Vakum Soğutma
<b><math>\Delta C</math></b>	: Toplam Kroma Farkı
<b><math>\Delta E</math></b>	: Toplam Renk Farkı
<b><math>\Delta m_w</math></b>	: Ağırlık kaybı (g)
<b><math>\Delta T</math></b>	: Sıcaklık düşüşü

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## Ultrases Ön İşleminin Pişmiş Broyles Göğüs Etinin Vakum Soğutulmasında Kullanımı

Hande Özge GÜLER

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Haziran, 2019

Bu tez çalışmasında farklı frekans (37 ve 80 kHz) ve sürelerde (15 ve 30 dakika) uygulanan ultrases işleminin broyles göğüs etinin vakum soğutulmasında ön işlem olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Yarım broyles göğüs kasının anterior ve posterior kısımları uzaklaştırılmış, kalan kısımdan 20mm'lik iki kısım çıkarılmış anterior kısım A, posterior kısım B bölgesi olarak adlandırılmıştır. Bu bölgeler vakum paketleme sonrası ultrases ön işlemine maruz bırakılmış; alüminyum folyoya sarılıp pişirme sonrasında ise etlerin soğuma süresi, pişirme ve soğuma kaybı ile sıcaklık dağılımı gibi özellikleri belirlenmiştir. Duyusal ve tekstürel özelliklerin yanı sıra ön işlemin örneklerin pH, kuru madde, kül, renk (CIELAB) ve su tutma kapasitesi (STK) değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ultrases ön işleminin kullanımı örneklerin merkez sıcaklığının 85°C'den 12,5°C'ye soğutma süresini önemli ölçüde azaltmış; en düşük soğutma süresi 37 kHz'de 30 dakika uygulama ile A ve B bölgelerinde sırasıyla 12,72 ve 14,61 dakika olarak saptanmıştır (p<0,05). Bu işlem koşullarında broyles göğüs etlerine ait soğutma kaybı değerleri A ve B bölgeleri için sırasıyla %12,64 ve %11,61 olarak belirlenmiştir. Ultrases ön işleminde A ve B bölgeleri için frekans ve sürenin artışı ile pişirme kaybı değerlerinin daldırma işlemine göre genel olarak azaldığı, soğutma kaybı değerlerinin ise arttığı görülmüştür. Her iki frekansta da 15 dakikalık ultrases ön işlemi enstrümantal sertlik değerini daldırma grubuna göre azaltmış, 30 dakikalık işlem ise sertlik değerini arttırmıştır (p<0,05). Ultrases ön işlemi göğüs etlerinin kırmızılık değerini (a\*) artırırken, en yüksek değer 80 kHz'de 30 dakikalık işlemde saptanmıştır. Her iki bölgede de daldırma uygulanmış broyles göğüs eti örneklerinin STK değeri ultrases ön işlemine kıyasla daha yüksek bulunmuştur (p<0,05). Duyusal sertlik (14,5 cm skala) sonuçlarına göre, en yüksek değer (9,33) 37 kHz'de 30 dakikalık ultrases ön işlemi için saptanmıştır. Çalışma sonuçları, soğutma süresini önemli ölçüde kısaltması ile ultrases ön işleminin broyles göğüs etlerinde vakum soğutmada kullanım potansiyelinin olduğunu; 37 kHz'de 30 dakika uygulanacak ultrases ön işleminin nispeten daha üstün bir soğutma sağlayabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** ultrases, vakum soğutma, sertlik, su tutma kapasitesi, duyusal

Hazırlanan Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0559-YL-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

## **SUMMARY**

**M. Sc. Thesis**

**Use of Ultrasound Pre-treatment in Vacuum Cooling Process of Cooked Broiler Breasts**

**Hande Özge GÜLER**

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Division of Food Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ**

**June, 2019**

In this thesis, the use of ultrasound pre-treatment in vacuum cooling process of cooked broiler breasts at two different frequencies (37 and 80 kHz) and durations (15 and 30 minutes) was determined. The anterior and posterior parts of broiler breast halves were carefully removed, and these parts, 20mm in width, were named as A and B regions, respectively. Both regions were vacuum-packed and pre-treated by ultrasound followed by oven cooking in aluminum foils, and cooling time, weight loss and temperature distribution characteristics were determined. In addition to sensorial and textural properties, the effect of the ultrasound pre-treatment on pH, dry matter and ash contents, color (CIELAB) and water holding capacity (WHC) values of samples were determined. The ultrasound pre-treatment significantly reduced the vacuum cooling time of broiler breasts from 85°C to 12.5°C that the lowest cooling time was found for a 30 min ultrasound pre-treatment at 37 kHz as 12.72 and 14.61 min for the A and B regions, respectively ( $p<0.05$ ). The cooling losses of chicken breast were 12.64 and 11.61% for A and B regions, respectively. In comparison to the immersion pre-treatment, increasing the frequency and duration of the ultrasound pre-treatment generally decreased the cooking loss in both A and B regions while cooling loss increased. Instrumental hardness values decreased in a 15 min ultrasound pre-treatment while a 30 min pre-treatment increased these values ( $p<0.05$ ) in both frequencies. The redness values ( $a^*$ ) increased by ultrasound pre-treatment while the highest value was found for a 30 min pre-treatment at 80 kHz for both regions. The WHCs for the immersion pre-treatment were higher than those for the ultrasound pre-treatment ( $p<0.05$ ). Sensory hardness (14.5 cm scale) results indicated that the highest value was determined for a 30 min ultrasound pre-treatment at 37 kHz (9.33). In conclusion, the ultrasound pre-treatment has a potential use in vacuum cooling process of broiler breasts by reducing the cooling time significantly, and a 30 min ultrasound pre-treatment at 37 kHz can provide relatively superior cooling.

**Keywords:** ultrasound, vacuum cooling, hardness, water holding capacity, sensory

The present M.Sc. Thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü under the Project number of 0559-YL-18.

# 1. GİRİŞ

Yeterli ve dengeli beslenme bir toplumun yaşam kalitesini belirleyen temel etmenlerdendir ve toplumun sağlıklı yaşaması, yaşam standartlarının artması açısından oldukça önemlidir. Dengeli ve yeterli beslenme bireylerin yaşamsal faaliyetlerinin yanı sıra bireyin zihinsel gelişimi ve iş verimine olumlu etkileri nedeni ile toplumsal kalkınma ile de ilişkilendirilebilmektedir (Dölekoğlu ve Yurdakul, 2004).

Pek çok toplulukta et; tercih edilebilirliği, geleneksel kullanımı, ulaşılabilirliği ve besinsel içeriği de dahil olmak üzere çeşitli nedenlerle diyetle özel bir yer tutmuştur (Rogowski, 1980). Et ürünlerine olan talep artışı gıda kalitesi, güvenliği ve beslenme açısından artan ilgi ve artan gelir ile paralel olmaktadır. Diyetle etin önemi, sadece yüksek biyolojik değeri ile değil, benzer şekilde aminoasit bileşiminin bitkisel proteinleri tamamlayabilir nitelikte bir protein kaynağı oluşuyla da alakalıdır. Et, aynı zamanda iyi bir demir, çinko ve B vitamini kaynağıdır. Tüm bu sebeplerden dolayı et ve et ürünleri mikrobiyal gelişmelere ve kalite kayıplarına karşı oldukça duyarlıdır. Bu sebeple et ve et ürünleri için uygun muhafaza tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Etin raf ömrünü uzatmanın en yaygın yöntemi etkin bir soğutma işlemi olup, et kesimden sonra istenmeyen bozulmaların önüne geçilmesi amacıyla ilk önce soğutulmaktadır. Soğutma ve diğer koruma tekniklerinin eksikliği büyük kayıplarla sonuçlanmakta ve halk sağlığı sorunlarına yol açabilmektedir (Bender, 1992). Soğukta muhafaza işlemi sırasında et ve et ürünlerinin besin içeriğinde azalma gözlenmemekte, olgunlaşmadan dolayı lezzet bakımından olumlu değişiklikler sağlanabilmektedir. Diğer gıdalara benzer olarak sıcaklıktaki 10°C'lik azalma et ürünlerinin muhafaza süresini 2-3 kat arttırabilmektedir (Anar, 2012). Et ve et ürünlerinin zayıf ısıl iletkenliği dolayısıyla tüketimine kadar hızlı ve homojen bir şekilde soğutulmasına yönelik teknikler, et endüstrisi için oldukça önemlidir. En sık kullanılan geleneksel soğutma teknikleri hava üfleli soğutma, soğuk suya daldırarak soğutma, püskürtme ve vakum ile soğutma yöntemleridir. Bu amaca yönelik vakum soğutma tekniği, yüksek soğuma hızı ve kısa işlem sürelerinin eldesi, düşük enerji tüketimi ve homojen sıcaklık dağılımı ile yüksek kaliteli ürün eldesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Feng vd., 2012). Bununla birlikte, geleneksel soğutma teknikleri ile karşılaştırıldığında soğutma etkisi buharlaştırma ile sağlandığından sistemin yüksek soğutma kaybına sebebiyet vermesi düşük verimlilik anlamına gelmekte

ve et kalitesini etkileyen önemli parametreleri olumsuz etkileyebilmektedir (Feng vd., 2012). Bu alanda literatür incelendiğinde, ürünün duyuşal özelliklerini korumaya ve iyileştirmeye odaklanan çalışmalar mevcuttur. Yüksek yoğunluklu ultrases uygulamaları, et ve et ürünlerinin fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin kontrol edilmesinde son yıllarda araştırmacılarca talep görmektedir. Ultrasonik dalgaların yarattığı fiziksel, kimyasal veya mekanik etkiler başta gevreklik olmak üzere ürün özelliklerini değiştirebilmektedir (Jayasooriya vd., 2004). Her ne kadar vakum soğutma uygulamasını iyileştirmeye yönelik çalışmalar mevcut olsa da ultrases ön işleminin vakum soğutma teknolojisi ile kombinasyon halinde uygulandığı, pişmiş broyler göğüs eti üzerine etkilerinin değerlendirildiğı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasında soğutma işlemini, homojen ve hızlı şekilde sağlayabilecek vakum soğutma prensibine dayalı yeni bir ünitenin entegrasyonu ve pişirilmiş broyler göğüs eti örneklerinin soğutulması amacıyla uygulanabilirliğı incelenmiştir. Farklı iki frekans (37 ve 80 kHz) ve sürede (15 ve 30 dakika) uygulanmış ultrases ön işleminin tavuk etlerinin vakum soğutulmasında soğutma süresi, homojenliğı ve ağırlık kaybı ile pişmiş broyler göğüs etinin bazı fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Tavuk Etinin Özellikleri

Et, hayvansal gıdalar arasında besin değerinin yüksek değerli amino asitlerden oluşması, hayvansal protein gereksinimini karşılaması, kendine özgü duyuşsal özellikleri ile insan beslenmesinde önemli gıdalardan biridir. Yeterli ve dengeli beslenme söz konusu olduğunda et ve et ürünlerinin yeri vazgeçilmezdir ve günlük yaşamda mutlaka yeterli miktarda tüketilmelidir (Öztañ, 2003). Ülkemizde gelir artışı ile orantılı olarak tüketicilerin sağlıklı beslenme bilinci de artmıştır. Artan nüfus ile beraber artan gıda arzını nitelik ve nicelik bakımından güvence altına alma gerekliliğı, hayvansal proteinlere duyulan ihtiyaç, beslenme yetersizliğine bağılı olarak oluşañ sağlık sorunları, tüketicilerin farkındalığı ve sağlıklı ve dengeli bir diyet sürdürme talepleri kanatlı sektörünü dünya çapında önemli bir endüstri dalı haline getirmiştir. Piliç eti, kanatlı etleri içerisinde akla gelen ilk et ürünü olup, hindi eti, kaz, bildircin, ördek ve diğere kanatlı hayvanlara ait etler de endüstriyel boyutta tercih edilirliliğı yüksek kanatlı etleri içerisinde sayılabilmektedir (Altınel 1995, Ergezer, 2005).

Tavuk eti ülkemizde ve tüm dünyada kırmızı ete göre düşük maliyeti, vitamin ve mineralce zengin besin içeriğı, hazırlanışı ve çeşitli yemeklerle tüketiminin kolay oluşu gibi sebeplerle son yıllarda tüketimi artmakta olan, beyaz et kategorisinde en çok tercih edilen et çeşididir. Enerji değerinin düşük olmasının yanı sıra yapısında bulunan et liflerinin kısa oluşundan dolayı kolay sindirilebilir ve çiğnenebilir nitelikte olup tüm yaş grupları için günlük ve özel diyetle önem arz etmektedir (Barbut, 2002; Aral vd., 2013). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre tavuk eti üretimi ülkemizde 2017 yılında 2.136.734 ton düzeyine ulaşmıştır (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1.** Türkiye tavuk eti üretim, tüketim ve ihracat verileri (ton)

	2013	2014	2015	2016	2017	Değişim* (%)
<b>Üretim</b>	1.758.363	1.894.669	1.909.276	1.879.018	2.136.734	13,7
<b>Tüketim</b>	1.414.146	1.498.221	1.576.157	1.564.701	1.735.755	10,9
<b>İhracat</b>	357.567	396.756	334.006	314.402	403.731	28,4
<b>Kişi başı tüketim (kg)</b>	18,3	19,3	20,2	19,6	21,4	9,2

\*Verisi bulunan son iki yılın değişimini göstermektedir (TÜİK, 2018).

Tavuk eti insan beslenmesinde elzem olduğu bilinen amino asitlerin tümünü yeterli miktarlarda içermektedir. Ürün, yüksek protein içeriği ile doğrudan pişirilerek tüketilmesinin yanı sıra salam, sosis, sucuk, hamburger, döner, jambon, köfte gibi ürünlere işlenerek de tüketilebilmektedir. Derisiz haldeki kanatlı etlerinin yağ oranı kırmızı etlere kıyasla düşüktür fakat doymamış yağ asidi miktarı özellikle de elzem yağ asitlerinden linoleik asit miktarı daha yüksektir. Tavuk göğüs eti, sağlıklı beslenen ve egzersiz alışkanlığı olan birçok kişinin diyetinde kas kütesinin korunması ve sağlıklı bir metabolizmayı korumada önemli bir protein kaynağıdır (Anıl vd., 1995; Öztan, 2003).

Etin kalitesi; görünümü, duyuşsal özellikleri, kimyasal bileşimi ile tekstür gibi fiziksel özelliklerinden faydalanılarak değerlendirilmektedir. Et kalitesinin belirlenmesinde protein, yağ, kül ve su içeriği gibi kimyasal özellikleri önemli olup analiz edilen et türüne, elde edildiği hayvanın yaşına, çevresel faktörlere ve işleme yöntemine bağlı faktörlere göre değişim göstermektedir. Demby ve Cunningham (1980) tarafından yapılan bir çalışmada, tavuk etinin su içeriği %63,2-75,4, protein içeriği %17,0-23,3, yağ içeriği ise %1,0-17,4 arasında saptanmıştır. Benzer şekilde pişmiş tavuk göğüs etinin yaklaşık %64 nem, %30 protein, %4 yağ, %1 kül içerdiği ve enerji miktarının 173 kcal/100g'a tekabül ettiği bildirilmiştir (Anıl vd., 1995). Ancak, çiğ tavuk eti yüksek su aktivitesi (0,98-0,99), yüksek besin içeriği ve pH değeri (5,7-5,9) ile patojen ve bozulmaya yol açan birçok mikroorganizmanın gelişmesi için oldukça uygun bir biyolojik ortamdır ve kısa raf ömrüne sahip gıdalardandır. Ayrıca, kanatlı eti ürünleri işleme sırasında kontamine olabilmekte ve halk sağlığına zararlı *E.coli*, *Salmonella* ve *Campylobacter* spp. gibi çeşitli patojen bakteri türlerini barındırabilmektedir. Bu gıda grubu için uygun muhafaza yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Patsias vd., 2008).

Et ve et ürünlerinin pH değeri etin fonksiyonel özellikleri ve son ürün kalitesinde oldukça önemlidir. Ette su tutma kapasitesini etkileyen faktörlerden biri pH değeridir. pH değerinin yükselmesi ile etin olgunlaşma derecesi ve su tutma kapasitesi artmakta böylelikle et daha gevrek bir yapı kazanarak pişme kayıpları azaltılabilmektedir. pH değeri etin rengi ve emülsiyon özellikleri ile su tutma kapasitesi ve pişirme kaybı gibi özellikleri etkilemekte olup protein çeşidi, miktarı ve kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Et ve et ürünlerinde su tutma kapasitesi ise pişirme, soğutma, dondurma gibi et işleme proseslerindeki son ürünün kalitesini ve ağırlık kaybını etkilemekte olup mikrobiyolojik kalitenin, lezzetin ve son ürün veriminin belirlenmesinde önemlidir (Öztan 2003; Abdullah ve Al-Najdawi, 2005).

Et ve et ürünlerinin duyu kalitesi tadına, gevrekliğine veya sululuğuna göre değerlendirilmekle birlikte beslenme özellikleri ve çeşitli dış faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Günümüzde duyu kalitenin belirlenmesi amacıyla duyu değerlendirme veya enstrümantal ölçüm gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Tavuk etinin gevrekliği, tavuğa kesime kadarki süreçte uygulanan işlemler ile kasın ete dönüşümü sırasında oluşan fiziksel ve biyokimyasal değişimlerin hızına ve süresine bağlı olarak değişmektedir (Jensen, 1982). Gevreklik genel olarak kompozisyondan, miyofibriller yapının organizasyonundan ve kas bütünlüğünden etkilenmektedir. Kesim işlemi sonrası miyofibriller proteinlerin degradasyonunun olgunlaştırma sırasında etin artan gevrekliğinden ve yapısal değişikliklerinden sorumlu olduğu bilinmektedir (Got vd., 1999).

Et ve et ürünleri tüketilmeden önce genellikle pişirilmektedir. Pişirme işlemi et dokusu üzerinde ısı etkisi ile kollajen ve miyofibriller protein fraksiyonlarının değişimine yol açması ile özellikle gevreklik ve sertlikte değişiklikler oluşturmaktadır. İki bileşenin ısı işlemi tepkisi oldukça farklıdır. Nem kaybı ile miyofibriller proteinlerin denatürasyonu 40-50°C'de, kollajenin kısmi denatürasyonu ise 55°C sıcaklıkta başlamaktadır. Protein yapılarının nem kaybı et kalitesinin, özellikle de gevrekliğinin oluşumunda önemli bir rol oynar iken gevreklik, suyun kas hücresi içerisindeki veya hücre dışı boşluğa hareketliliği ile bağlantılıdır (Califano vd., 1997).

Diğer tüm gıdalarda olduğu gibi et ve et ürünlerinin tercihinde önemli diğer karakteristik özellikler ise renk ve görünüştür. Tavuk etinin rengi tavuğun cinsiyeti, yaşı, genotipi, etin yağ ve nem oranı ile kaslar arasında dağılımı, üretim yerinin koşulları ve kesim sonrasında uygulanan işlemlerin farklılıklarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Barbut, 2002; Öztan, 2003).

## **2.2. Soğutma**

Etin dayanıklılığının artırılması çeşitli temel işlemler ile bozulmaya neden olan mikroorganizmaların öldürülmesi, üremelerinin durdurulması veya engellenmesi, etin çeşitli yollarla dış etmenlerden korunması ve et enzimlerinin etkilerinin sınırlandırılması işlemlerini kapsar. Bunlar arasında en sık kullanılanlardan biri fiziksel yöntemler olup soğutma ve dondurma gibi ısı işlem uygulamalarını içermektedir (Öztan, 2003). Soğutma işleminde amaç gıda maddelerini istenilen sıcaklık derecesine mümkün olduğunca çabuk ulaştırmak, böylece mikroorganizmaların üreme hızlarını ve metabolik fonksiyonlarını durdurmak, besin değeri ve kaliteyi koruyarak raf ömrünü uzatmaktır. Düşük sıcaklıklarda

tüm kimyasal reaksiyonlar yavaşlamakta, gıdanın yapısında doğal olarak bulunan enzimler ile mikrobiyal enzimlerin aktivitesi sınırlandırılmaktadır (Anar, 2012).

Gıda güvenliği açısından 10 ile 72°C arasında değişen sıcaklık aralığı oldukça tehlikelidir, çünkü hayatta kalan mikroorganizmalar gıda ürünü pişirildikten sonra bu sıcaklıkta kolayca çoğalabilmektedir. Bu nedenle, bu sıcaklık aralığından geçişin hızlı gerçekleştirilmesi, gıdanın hızlı bir şekilde soğutulması önem arz eder (Dong vd., 2012). Pişirilmiş etin hazır yemekler veya et bazlı ürünlerdeki bir bileşen olarak kullanılması, güvenli ve verimli iyi üretim uygulamalarının kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle, pişirme işlemlerine tabi tutulan et ürünlerinin hızlı ve homojen bir şekilde soğutulmasına yönelik teknikler, et endüstrisi için büyük önem taşımaktadır. Gıda endüstrisinde, etin işlenmesinden sonra hızlı bir şekilde soğutulmasını sağlayan uygulamalar talep edilmektedir. En sık kullanılan geleneksel soğutma teknikleri hava üfleli soğutma, soğuk suya daldırma ile soğutma, püskürtme ve vakum ile soğutma yöntemleridir Bu yöntemlerin her biri kendine özgü avantaj, dezavantaj veya gıda ürününe göre değişebilen uygulamalara sahiptir. (Desmond vd., 2000; McDonald ve Sun, 2000; Sun ve Wang, 2000; Sun and Zheng, 2006).

### **2.2.1. Gıdaların Soğutulmasının Önemi**

Düşük sıcaklık uygulamalarının et ve et ürünlerinin muhafazasında a) mikroorganizmaların faaliyetlerini geciktirmek veya tamamen durdurmak, b) mikroorganizmaların enzimlerinin veya et kaynaklı enzimlerin etkilerini azaltmak, c) etin atmosfer oksijeni ile istenmeyen oksidatif reaksiyonlarını kısıtlamak, ç) etten su kaybı ile oluşabilecek kayıpları azaltmak ve d) soğutma esnasında taze etlerin olgunlaşması için gerekli süreyi ve ortamı oluşturmak gibi değişik amaçları bulunmaktadır (Anar, 2012). Et ve et ürünlerinde bozucu etkisi olan çoğu mikroorganizma 5°C'nin altındaki sıcaklıklarda faaliyetlerini durdurmaktadır (Öztaş, 2003). Ancak, büyük parçalı et ürünlerinin zayıf ısı iletkenliği sebebiyle hava üfleli soğutmanın soğutma gereksinimlerini karşılaması zordur. Bozulma yapan bakteriler ve patojenlerin çoğalmasını en aza indirmek için, et parçalarının merkez sıcaklığının düşürülmesinde kısa sürede daha fazla soğutma gerekmektedir (Cheng ve Sun, 2006a). Et endüstrisi bu nedenle sürekli olarak daha hızlı soğutma yöntemlerini araştırmaktadır.

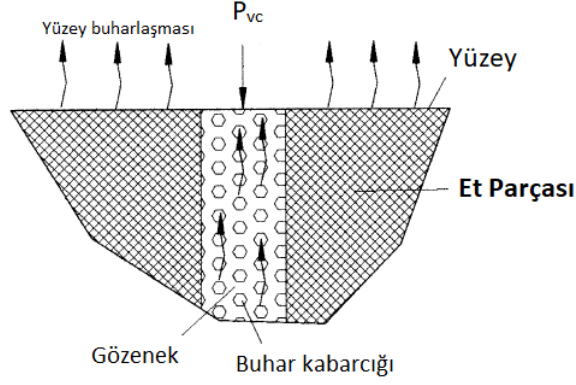
### 2.2.2. Soğutma Sistemleri

Gıda endüstrisinde ürünlere ön soğutma veya doğrudan soğutma amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Geçtiğimiz yıllarda özellikle pişirilmiş et endüstrisinde, güvenlik düzenlemeleri çerçevesinde optimize edilmiş üretimin sağlanması ve et kalitesinin artırılması için teknolojiyi geliştirmeyi amaçlayan çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Konvansiyonel soğutma yöntemlerinin çoğu büyük et parçalarının içini soğutmada ısı iletiminin yetersiz kalışından ötürü başarısız olabilmektedir (Sun ve Wang, 2000; Norton ve Sun, 2008). Etin göreceli olarak düşük ısı iletkenliği, ürün yüzeyinin donmasını önlemek için soğutma ortamının sıcaklığının yeterince düşürülememesi ile birleştiğinde soğutma hızının artırılmasını güçleştirmektedir. Et endüstrisi bu nedenle sürekli olarak daha hızlı soğutma yöntemlerini araştırmaktadır. Vakum soğutma tekniği, serbest su içeriği yüksek olan ve yapısı suyun uzaklaştırılmasıyla zarar görmeyecek çeşitli gıda ürünlerinin soğutulması amacıyla uzun süredir kullanılmaktadır (Feng vd., 2012).

### 2.3. Vakum Soğutma

Vakum soğutma, yüksek kaliteli ürün eldesinde farklı gıdalar için kullanılan; düşük enerji tüketimi ile birlikte son derece hızlı soğutmaların sağlandığı yaygın uygulanan bir soğutma tekniğidir (Feng vd., 2012). Tekniğin serbest su içeriği ve yüzey alanı fazla gözenekli yapıdaki gıdalar ile su içeriği yüksek, dokudaki suyu vakum altında kolayca uzaklaştırılabilen ürünlerle kullanımı uygundur. Teknik, vakum odasında ortam basıncının düşürülmesi ile suyun buharlaştırılması sonucu gıda ürününden ısının çekilmesi ve ürünün soğutulmasını içerir (Suslow, 2000; Dinçer, 2003).

Pişmiş et ürünleri mikrobiyal gelişmenin önlenmesi için pişirme işlemi sonunda hızla soğutulmalıdır. Vakum soğutma, su içeriği yüksek ve gözenekli yapıya sahip bu gibi ürünlerin hızlı bir biçimde soğutulabilmeleri için ideal bir soğutma yöntemidir. Şekil 2.1 vakum soğutma işlemi sırasında et içerisindeki buhar hareketini göstermektedir (Sun ve Wang, 2006). Tekniğin diğer soğutma yöntemlerinden en önemli farklılığı, soğumanın gıdanın içerisindeki suyun buharlaşması vasıtasıyla sağlanmasıdır. Yöntem, içerisinde serbest su mevcut olan ve numuneden uzaklaştırılması sonucu ürünün zarar görmeyeceği bütün gıda ürünleri için uygundur. Ürünün hacmi ve buharlaşmanın gerçekleştiği yüzey alanının ürünün ağırlığına oranı sistemin verimliliğini değerlendirmede önemli parametrelerdir (Wang ve Sun, 2001).



**Şekil 2.1.** Vakum soğutma esnasında pişmiş et içerisindeki buhar hareketi (Wang ve Sun (2002a)'dan uyarlanmıştır.)

Et ürünlerinde makro gözenekler oldukça fazla bulunmakta olup, bu gözenekler buharlaşma yüzeyini önemli ölçüde artırabilmekte, vakum soğutma işlemi esnasında uygulanan vakum basıncı ( $P_{vc}$ ) ile hızlı bir soğutma elde edilebilmektedir (Şekil 2.1). Vakum soğutma sırasında, merkez ile yüzey arasındaki basınç farkı nedeniyle su numunenin makro gözeneklerinin içerisinde buharlaşmakta, oluşan buhar gözenek boşluğundan geçerek soğutma ortamına yayılmaktadır. Bu nedenle örneklerin gözenek boyutu, gözenek şekli, toplam gözenek boşluğu hacmi, gözenek dağılımı özellikleri suyun buharlaşma hızını ve vakum soğutma hızını belirlemede kritik bir rol oynamakta fakat soğutma hızı ürünün boyutlarından ziyade gözenekliliğinden daha fazla etkilenmektedir (McDonald ve Sun, 2001b). Gözeneklerde buhar ve su ana bileşen olup hava ise ihmal edilebilmektedir. Gözenek boşluklarından geçen buhar hareketi, basınç farkının bir sonucu olarak hidrodinamik özelliktedir (Sun ve Wang, 2000).

Vakum soğutma yöntemine tarımsal ürünlerden fırıncılık ve hatta pişirilmiş et ürünlerine kadar emniyetli bir soğutma tekniği oluşu ile gıda endüstrisinde bilimsel araştırmacılarca büyük ilgi gösterilmektedir. Soğutma etkisi buharlaşma ile sağlandığından istenen son ürün sıcaklığını elde etmek için belirli bir miktar nem kaybı gerçekleşmektedir. Buharlaşma suyunun gizli ısı ile söz konusu gıdanın özgül ısı arasındaki Eşitlik (2.1)'deki bağıntı kullanılarak sıcaklık düşüşü ve ağırlık kaybı yüzdesi ilişkilendirilebilmektedir (Sun ve Wang, 2001).

$$n = \frac{\Delta m_w}{m_p} \times 100\% = \frac{c_p \times \Delta T}{h_{fg}} \times 100\% \quad (2.1)$$

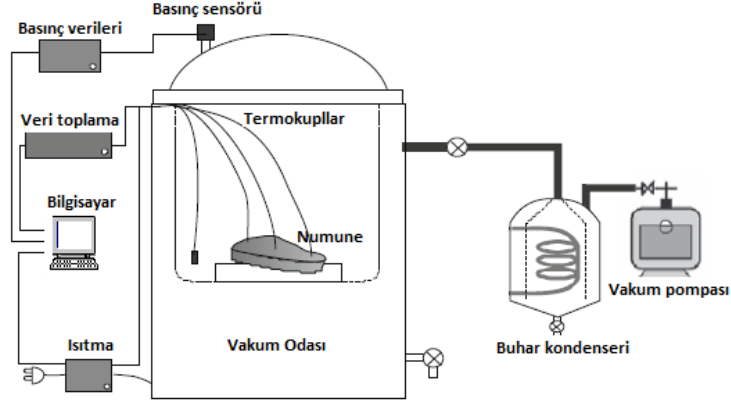
Eşitlik (2.1)'de yer alan  $\Delta m_w$  ağırlık kaybı,  $m_p$  başlangıçtaki numune kütlesi,  $h_{fg}$  buharlaşan suyun gizli ısı,  $c_p$  ürünün özgül ısı ve  $\Delta T$  elde edilen sıcaklık düşüşünü belirtmektedir.

### 2.3.1. Vakum Soğutma İşlem Basamakları ve Bileşenleri

Vakum soğutma, nemin yüzeyden ve gözenekli ürünlerin iç kısmından hızlı bir şekilde buharlaşmasına dayanmaktadır. Vakum soğutma sırasında gıda maddesi kapalı bir vakum odasına konulmakta, daha sonra odadaki hava vakum pompası vasıtasıyla boşaltılmaktadır. Vakum odasının içindeki basıncın, ürünün başlangıç sıcaklığına karşılık gelen doyma basıncına indirilmesiyle, ürün içerisindeki su vakum altında buharlaşmaya başlamakta, ürünün özellikle kendisinden ve çevresinden gelen faz değişimi için gerekli gizli ısıyı emmektedir. Ürün sadece hava ile temas halinde ise, buharlaşma için gereken gizli ısı çoğunlukla ürünün hissedilir ısısından elde edilmekte ve sonuç olarak ürünün sıcaklığı çok hızlı düşerek ürün soğumasını sağlamaktadır. Suyun buharlaşmaya başladığı sıcaklık doğrudan ortam basıncı ile belirlenmekte ve standart atmosfer basıncında (101325 Pa) su 100°C'de kaynamaya başlamaktadır (Wang ve Sun, 2001).

Sıcak, gözenekli ve nemli bir gıda vakum koşullarına maruz kaldığında buharlaşma nedeniyle mevcut serbest suyun bir kısmını yitirmekte ve üretilen buhar gıdayı çevreleyen ortama doğru uzaklaşmaktadır. Örneğin bir vakum pompası ile basınç sürekli olarak düşürülürse, kap iç basıncı ve ürünün sıcaklığına karşılık gelen doyma su buharı basıncı arasındaki fark, daha fazla buharlaşmayı ve dolayısıyla daha fazla ürünün soğutulmasını teşvik edebilmektedir (Dossat, 1991; Zheng ve Sun, 2005).

Çoğu laboratuvar ve ticari operasyon için vakum soğutma sistemi ana hatları ile gıda ürünlerinin soğutulması işlemi sırasında, numunenin koyulduğu sızdırmaz bir vakum odası, vakum işlemi oluşturan vakum pompası ve yoğuşturucudan oluşmaktadır (Schmidth vd., 2010) (Şekil 2.2). Yoğuşturucular, vakum odasından emilen havadaki su buharı oranı çok fazla olduğunda hava ile birlikte uzaklaştırmak yerine yoğuşturarak su formuna dönüştürmek daha kolay ve ekonomik olduğundan tercih edilmektedir (Wang ve Sun, 2002a).



**Şekil 2.2.** Vakum soğutma sistemi bileşenleri (Schmidth vd. (2010)'dan uyarlanmıştır.)

### 2.3.2. Vakum Soğutma İşleminin Avantaj ve Dezavantajları

Vakum soğutma, geleneksel soğutma tekniklerine göre çok sayıda avantaja sahiptir. En büyük avantajı yüksek soğutma hızının ve böylelikle oldukça kısa soğutma sürelerinin elde edilebilmesidir. Bunun yanı sıra güvenli çalışma tekniği oluşu, yüksek enerji verimliliği, uzun raf ömrü gibi etkilerinin gözlemlendiği birçok avantajı bulunmaktadır. Genel olarak, durgun havada soğutma ve hava üfleli soğutma gibi geleneksel soğutma yöntemleri yaklaşık 6–10 saat gerektirmektedir. Vakum soğutma, geleneksel soğutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında hızlı bir soğutma yöntemidir (Jin ve Xu, 2006).

Soğutma depolarında hava hızı yükseltilerek veya soğutma yükü artırılarak yüksek soğutma hızları elde edilebilmekte bu da ürünün yüzeylerinde donma, iç kısımlarında düzensiz bir sıcaklık dağılımı ve ayrıca üründe hasarlara neden olmaktadır. Vakum soğutmada suyun buharlaşması yüzeyde veya ürünün içinde gerçekleşebileceğinden işlem sırasında ürünlerin iç sıcaklık dağılımının geleneksel soğutma yöntemlerine kıyasla oldukça homojen olduğu saptanmıştır (Wang ve Sun, 2002b). Böylece buharlaşan suyun üründen uzaklaşmasına müsaade edecek şekilde ambalajlı ürünler de dahil, elde edilen homojen sıcaklık dağılımları ile sıcaklık ürünün tüm noktalarında yaklaşık olarak aynı değerlere ulaşabilmektedir. Ayrıca, incelenen diğer geleneksel soğutma işlemlerine kıyasla vakum soğutulan ürünlerin en iyi mikrobiyolojik kalite özelliklerine sahip olduğu da belirtilmiştir (McDonald ve Sun, 2000).

Vakum soğutma tekniğinin söz konusu avantajları gıda işleme alanında araştırma yapan bilim insanlarını yeni uygulamaların keşfine ve vakumla soğutulmuş et ürünlerinin fizibilitesi ve kalite özelliklerini geliştirmeye yönelik çalışma yapmaya teşvik etmektedir



(Zheng ve Sun, 2004). Bununla birlikte, mevcut yöntemlerle karşılaştırıldığında pişmiş et ürünleri gibi gıdalar için, soğutma etkisi buharlaştırma ile sağlandığından sistemin yüksek soğutma kaybına sebebiyet vermesi düşük verimlilik anlamına gelmekte ve et kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir (Feng vd., 2012).

Vakum soğutma sırasında oluşan ağırlık kaybı, diğer bazı geleneksel soğutma yöntemlerinin neredeyse iki katından fazla olabilir. Karşılaştırma için, 5–6 kg pişmiş etin aynı koşullarda iç sıcaklığının ortalama 72-74°C'den 7–9°C'ye soğutulmasındaki ağırlık kaybı vakum soğutma için %10–11 civarındayken, hava üfleli soğutucu sistemi kullanılarak yaklaşık %4,7-4,8, soğuk odada soğutma ile %4,4–6,5, suya daldırılarak soğutma için %1,6 olarak saptanmıştır (Desmond vd., 2000; Zheng ve Sun, 2004). Ek olarak, vakum soğutma sonucu ürün nem içeriğinde meydana gelen azalma, ürünün biraz daha koyu renkli olmasına karşın daha az gevrek ve sulu olması anlamına gelebilmekte ve tüketici kabulünü etkileyebilmektedir (Cheng ve Sun, 2006a). Dolayısıyla, vakum soğutma işlemi sonucu oluşan nem kaybı bazı durumlarda ürün kalitesi ve görünümüne zarar verebilmektedir. Ağırlık kaybı birçok faktöre bağlı olmakla beraber en önemlilerinden birisi gıda maddesinin yüzey alanıdır. Yüzey alanındaki artma ile vakum soğutma sırasında meydana gelebilecek ağırlık kaybı da artış göstermektedir. Ağırlık kaybını azaltmada uygulanabilecek en uygun yöntemlerden biri soğutma esnasında ürün üzerine su eklenmesi olabilir (Mutlu Öztürk, 2011).

### **2.3.3. Pişirilmiş Etlerin Vakum Soğutulmasını Etkileyen Faktörler**

Vakum soğutma işlemini etkileyen üç tip parametre belirlenmiş olup bunlar; hammadde, işleme ve sistem parametreleridir. Hammadde parametreleri örnek büyüklüğünü, soğutmadan önceki ürünün başlangıç sıcaklığını ve soğutmadan önceki tamburlama, tuzlu su enjeksiyonu, paketlenme ve pişirme gibi prosedürleri kapsarken, işleme parametreleri basınç düşürme oranı, kondenser sıcaklığı ve vakum odası hacmini içermektedir. Bunlar arasında hem tuzlu su enjeksiyon seviyesi hem de basınç düşürme oranı literatürde kapsamlı olarak araştırılmıştır (Zheng ve Sun, 2004). Sistem parametreleri içerisinde maksimum yoğuşma yükü, pompa verimi, hava sızıntı alanı sayılabilir olup sistem parametrelerinin etkisi ile ilgili çalışmalar büyük endüstriyel uygulamalarda ekipman tasarımı için önem arz etmektedir (McDonald ve Sun, 2001c).

### 2.3.4. Vakum Soğutmanın Et ve Et Ürünleri ile Kullanımı

Son yıllarda vakum soğutma, pişirilmiş etler için yeni ve hızlı bir soğutma tekniği olarak kapsamlı bir şekilde araştırılmakta; vakumla soğutulmuş et ürünlerinin fizibilitesi ve kalite özelliklerini geliştirmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Genel olarak yapılan çalışmalarda amaç, vakum soğutmaya süreklilik arz eden bir sistem haline dönüştürebilmektir. Bu alanda yapılan güncel literatür çalışmaları aşağıda başlıklar halinde sunulmuş olup vakum soğutma tekniğinin kırmızı et (Drummond ve Sun, 2008; Dong vd., 2012; Feng ve Sun, 2014; Feng vd., 2014; Feng vd., 2016), beyaz et (Schmidt vd., 2010; Schmidt ve Laurindo, 2010) ve deniz ürünlerinin (Huber vd., 2006; Cavalheiro vd., 2013) soğutulmasında sıklıkla kullanıldığı gözlenmiştir.

#### 2.3.4.1. Kırmızı Et ile Kullanımı

Vakum soğutma işleminin kırmızı etlerin soğutulmasında kullanıldığı literatür çalışmaları Tablo 2.2’de sunulmuştur.

**Tablo 2.2.** Vakum soğutma işleminin kırmızı et ve ürünleri ile kullanımı

Örnek	Metot	Sonuçlar	Kaynak
Sığır eti	Vakum soğutma (VC); vakum odası sıcaklığının etkisi	Soğutma süresi 4 dakika; ağırlık kaybı %10,31; maksimum buharlaşma hızı 2,8 g/dakika	Jin, 2007
Sığır eti	VC-hava üfleli soğutma (ABC) kombinasyonu	VC’ye kıyasla (%11,8) daha düşük soğutma kaybı (%6,5-10,6); VC’ye yakın soğutma süresi (2,9 dakika)	Jackman vd., 2007
Sığır eti	Daldırmalı vakum soğutma (IVC), VC, ABC	IVC soğutma süresi (2,93-4,22 saat), VC’den (1,52-2,05 saat) daha uzun, IVC’ye kıyasla (%5,2- 6,1) VC ile (%12,7-14,0) daha yüksek soğuma kaybı	Drummond ve Sun, 2008
Sığır eti	IVC, VC, ABC	Soğuma kaybı IVC için %6,0, ABC için %7,0, VC için %13,2; ortalama soğuma süreleri VC için 80 dakika, IVC için 110 dakika, ABC için 200 dakika	Drummond vd., 2009
Sığır eti	VC; marinasyon ve örnek ağırlığının etkisi	Marinasyon ile kütle kazanımı %0,48, ortalama soğutma süresi 762 saniye (Soğutma süresinde örnek ağırlığına bağlı değişim)	Houska vd., 2003
Sığır ve domuz eti	IVC; sebze ve baharat karışımı sosun etkisi	VC ile kütle kaybı %5,5, IVC ile %5,1, sos ile kalite parametrelerinde artış	Houska vd., 2005
Sosis	VC, IVC	IVC (23,1 dakika), VC’ den (95,7 dakika) daha hızlı; IVC için ağırlık kaybı %1,67 VC için %7,38; STK, tekstür ve renk açısından fark önemsiz ( $p>0,05$ )	Feng vd., 2012

Sosis	IVC; kaplama materyali, basınç düşürme hızı ve karıştırmanın etkisi	Doğal kılıfla kaplama IVC işlemine daha uygun, soğutma süresi 45,30-85,01 dakika arası, maksimum ağırlık kaybı %4,30	Feng vd., 2014
Sosis	IVC, daldırarak soğutma (IC); depolama süresinin (5-16-21 gün) etkisi	Toplam canlı bakteri sayısı IVC ile doğal kılıf için 4,03 log kob/g, yapay kılıf için 4,76 log kob/g, IC için 5,13 log kob/g	Feng vd., 2016
Sosis	IVC; su sıcaklığı, yoğunlaşma sıcaklığı, basınç düşürme ve karıştırma hızı etkisi	4.51°C, 72,88 mbar/dakika, 459,09 rpm, -8°C koşulları ile optimum ürün özellikleri ve yüksek soğuma hızı eldesi	Feng ve Sun, 2014
Domuz eti	IVC, ABC, soğuk odada soğutma (CRC)	En kısa soğutma süresi IVC ile 308 dakika (Geleneksel soğutma yöntemleri için 574-789 dakika), IVC soğutma kaybı %6,65 (Geleneksel yöntemler için %4.38-6.48)	Cheng ve Sun, 2007a
Domuz eti	VC; ambalaj materyalinin etkisi	Soğutma kaybı %6,8-7,7, soğutma zamanı 378-396 dakika, Pişirme torbasında pişirilen örneklerde en düşük soğutma kaybı (%6,8)	Cheng ve Sun, 2007b
Domuz eti	IVC, VC, ABC	VC, IVC, ABC için soğutma süreleri sırasıyla 50, 100 ve 225 dakika; VC'ye göre (%13,71) IVC ile (%6,99) yarı yarıya azaltılmış soğutma kaybı, IVC ile yüksek gevreklik, düşük kırmızılık değeri	Cheng ve Sun, 2006a
Domuz eti	IVC ve VC kombinasyonu, ABC, IC	Soğuma süreleri ABC (346 dakika), IVC (143 dakika), VC-IVC (85 dakika), VC (yaklaşık 50 dakika); Soğutma kayıpları ABC (%7,28), IVC (%6.54), VC-IVC (%6,69), VC (%11,82)	Dong vd., 2012
Domuz eti	Darbeli daldırılmalı vakum soğutma (PIVC) (1-4-8 kez)	Soğutma süreleri 1, 4 ve 8 atım için sırasıyla 173, 188 ve 209 dakika; soğutma kayıpları ise %7,01, %4,93 ve %5,34, optimum atım sayısı 4	Cheng ve Sun, 2006b
Domuz eti	VC, IVC, baloncuklu vakum soğutma (BVC)	Soğutma süreleri VC için 324, IVC için 709, BVC için 595 saniye, BVC ile ağırlık kaybında yaklaşık %2,3 azalış, soğutma hızı ve tekstürel özelliklerde artış	Song vd., 2018
Sığır eti	VC	VC ile soğutma süresi yaklaşık 16,1 dakika	Zhang ve Sun, 2005
Domuz eti	IC, ABC, CRC, VC; tuzlu su enjeksiyonunun etkisi	Soğutma süresi VC ile maksimum 2 saat; IC, ABC ve DHS için yaklaşık 5, 7 ve 9 saat; VC ile soğutma kaybı en yüksek (%10-13), tuzlu su enjeksiyonuyla kayıp azalabilir	Sun ve Wang, 2004
Domuz eti	VC	Maksimum evaporasyon hızı 2,8 g/dakika; soğutma kaybı %10,31; soğutma süresi 20-25 dakika	Jin ve Xu, 2006

VC: Vakum soğutma, IVC: Daldırılmalı vakum soğutma, ABC: Hava üfleli soğutma, IC: Daldırılmalı soğutma, CRC: Soğuk odada soğutma, BVC: Baloncuklu vakum soğutma, PIVC: Darbeli daldırılmalı vakum soğutma

Literatürde vakum soğutma işleminin domuz eti, sığır eti, sosis gibi kırmızı et ürünlerinde kullanıldığına dair literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır (Tablo 2.2). Çalışmalar incelendiğinde, genel olarak işlem şartlarını optimize etmeye, vakum soğutma işleminin ürün üzerine etkisinin azaltılmasına, mikrobiyal kalitenin artırılmasına, kütle kayıplarının azaltılmasına, yöntemin diğer soğutma yöntemleri ile kıyaslanmasına, işlem parametrelerinin değiştirilerek verimin ve son ürün kalitesinin artırılmasına, sistemin modellenmesine yönelik çalışmalar mevcuttur.

#### 2.3.4.2. Beyaz Et ve Deniz Ürünleri ile Kullanımı

Vakum soğutma işleminin beyaz et ve deniz ürünlerinin soğutulmasında kullanılması ile ilgili literatür çalışmaları Tablo 2.3'te sunulmuştur.

**Tablo 2.3.** Vakum soğutma işleminin beyaz et ve deniz ürünleri ile kullanımı

Örnek	Metot	Sonuçlar	Referans
Tavuk göğüs eti	VC; basınç düşürme hızının etkisi	Soğutma süresi maksimum 10 dakika, VC ile enerji ve işlem süresi tasarrufu, %9,72-10,83 soğutma kaybı	Huber ve Laurindo, 2005
Tavuk göğüs eti	Farklı pişirme yöntemleri ile VC ve IVC kombinasyonu	IVC ile daha düşük soğutma kaybı, daha yüksek gevreklik ve soğutma süresi, soğutma kayıpları daldırarak pişirme-IVC kombinasyonunda en düşük (%3,0)	Schmidt vd., 2010
Tavuk göğüs eti	PIVC, VC, CRC	VC, PIVC ve CRC için %11,6, %2,8 ve %6,8 soğutma kaybı; PIVC için işlem süresi 61 dakika	Schmidt ve Laurindo, 2014
Midye	VC; basınç düşürme hızının etkisi	Soğutma süresi yaklaşık 3 dakika; soğutma kaybı yaklaşık %8	Huber vd., 2006
Midye	Farklı pişirme yöntemleri ile VC, IVC, IC kombinasyonları	Soğutma süreleri vakum pişirme-VC (12,1 dakika), vakum pişirme-IC (10,3 dakika) ve daldırarak pişirme-IVC (64,2 dakika); vakum pişirme-VC işlemi ile yüksek mikrobiyal kalite ve soğutma kaybı	Cavalheiro vd., 2013

VC: Vakum soğutma, IVC: Daldırmalı vakum soğutma, IC: Daldırmalı soğutma, CRC: Soğuk odada soğutma, PIVC: Darbeli daldırmalı vakum soğutma

Vakum soğutmanın kırmızı et ürünlerinde kullanıldığı çalışmalara (Tablo 2.2) benzer olarak, vakum soğutmanın beyaz et ve deniz ürünlerinde kullanıldığı çalışmalarda

(Tablo 2.3) da yöntem geleneksel soğutma yöntemleri ile kalite kriterleri doğrultusunda karşılaştırılmıştır. Çalışmalarda enerji ve işlem süresinde tasarruf edilmesi, sistem verimliliğinin ve ağırlık kayıplarının azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca, yöntemin diğer soğutma ve pişirme teknikleriyle kombine kullanımı, basınç düşürme hızının ayarlanması gibi uygulamalar da gerçekleştirilmiştir.

Et endüstrisi için, verimdeki küçük bir azalma bile ekonomik olarak anlamlıdır. Çünkü tipik olarak büyük et grupları tek seferde pişirilip soğutulmakta ve ağırlığına göre fiyatlandırılmaktadır. Güncel literatür çalışmaları incelendiğinde, vakum soğutmaya daha rekabetçi hale getirmeye, avantajlarını muhafaza etmeye, ürün duyuşsal özelliklerini korumaya ve iyileştirmeye, vakum soğutma işleminde kütle kaybını dengelemeye ve en aza indirmeye odaklanan çalışmalar mevcuttur. Bunlar arasında ürün kompozisyonunu değiştirmeye yönelik marinasyon ve farklı tuzlu su enjeksiyon seviyeleri (McDonald ve Sun, 2001a; Houska vd., 2003), soğuma öncesi ön ısıtma işlemi (McDonald vd., 2000) veya soğutma sırasında basınç düşüşünün kontrolü (McDonald ve Sun, 2001b; Feng ve Sun, 2014; Feng vd., 2014), geleneksel soğutma yöntemleri ile vakum soğutmanın kombinasyonu (Jackman vd., 2007), verimliliği arttırmaya yönelik kabarcıklı ve darbeli vakum soğutma gibi yöntemlerin geliştirildiği (Cheng ve Sun, 2006b; Schmidt ve Laurindo, 2014; Song vd., 2018) çalışmalar mevcuttur.

Vakum soğutmanın yüksek soğuma hızı, enerji verimliliği ve temizliği gibi dikkate değer avantajları olup, vakum soğutulmuş gıdaların ağırlık kayıpları oldukça yüksektir. Daldırmalı vakum soğutmanın ise geleneksel vakum soğutma prosedürlerine kıyasla gıdaların ağırlık kaybını önemli ölçüde azaltabileceği ancak soğutma hızının vakum soğutmaya kıyasla daha düşük olduğu belirtilmektedir (Song vd., 2018).

Geleneksel gıda işleme yöntemleri incelendiğinde bazı faydalı bileşiklerin kaybı, düşük üretim verimliliği, uzun süreli ısıtma ve karıştırma ile büyük hacimlerde su kullanımının gerçekleştiği, zaman ve enerji tüketimi yüksek prosedürlere rastlanılabilmektedir ve bu durum sürdürülebilir yenilikçi tekniklerin kullanılmasına yol açmaktadır. Bu teknolojilerin temel amacı işlem süresini azaltmak, enerji tasarrufu sağlamak, raf ömrünü ve gıda ürünlerinin kalitesini yükseltmektir. Radyo frekans, mikrodalga ısıtma, vakum soğutma, yüksek basınç işleme, darbeli elektrik alan ve ultrases destekli yöntemler yüksek kalitede güvenli gıda ürünleri üretme potansiyeline sahip, daha az zaman, su ve enerji gerektiren yeni teknolojilerdir (Chemat vd., 2011).

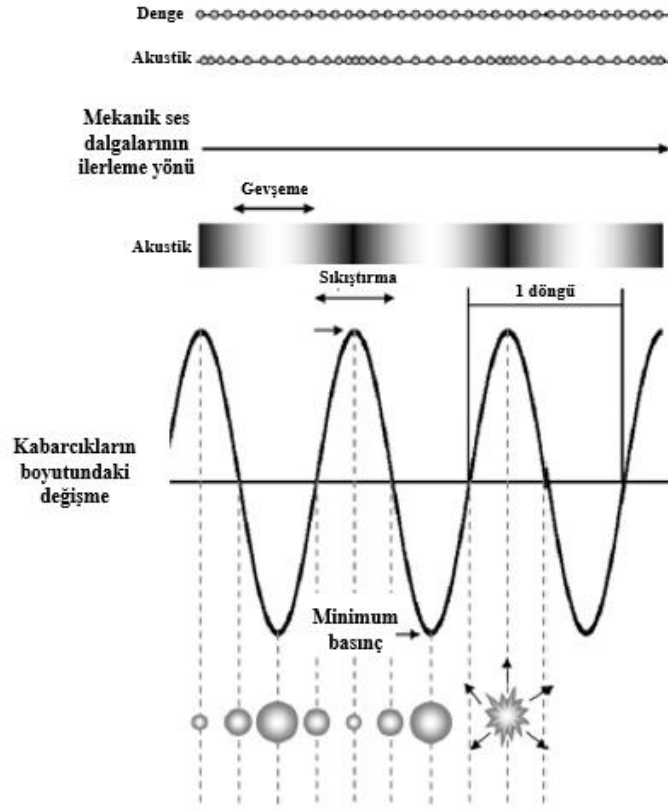
## 2.4. Ultrases

Ultrases, insan kulağı tarafından duyulan maksimum frekanstan (16–18 kHz) daha yüksek bir frekansta gerçekleşen katı veya sıvı haldeki mekanik titreşim enerjisini ifade etmektedir. Ultrases işlemi sırasında sonik bir dalga sıvı ortamla karşılaştığında, alternatif sıkıştırma ve gevşeme bölgeleri oluşturularak, uzunlamasına dalgalar meydana getirmekte, oluşan basınç değişimi ile kavitasyon yaratılmakta, bu da ortamda gaz kabarcıkları oluşturmaktadır. Bu kabarcıklar gevşeme döngüsü esnasında daha geniş bir yüzey alanına ulaşarak, gaz difüzyonunu artırır ve böylelikle kabarcık genişleyerek şok dalgaları oluşturur. Oluşan bu şok dalgaları, 5500°C sıcaklık ve 50 MPa basınca kadar ulaşabilen çok yüksek sıcaklık ve basınç bölgeleri oluşturarak ısı ve kütle transferini artırmaktadır. Böylelikle, kas gibi biyolojik bir ortam içinde yavaşça büyüyen kabarcıklar ve boşluklar neticesinde oluşan kavitasyon ile yüksek kayma kuvvetleri üretilebilmekte, yüksek sıcaklık ve basınçlar yoluyla da dokusal hasarlar oluşmaktadır (Henglein, 1987; Jayasooriya vd., 2004). Ayrıca, akustik enerjinin bir kısmı çalışma koşullarına ve gıda ürününe bağlı olarak ısı enerjisi olarak emilebilmekte ve ulaşılan sıcaklıklar genellikle 70°C'den düşük olmaktadır. Bir diğer önemli etki ise su moleküllerinin yüksek oranda reaktif serbest radikalleri ( $H_2O \rightarrow H + \bullet OH$ ) üretecek şekilde parçalanabilmesi ve diğer moleküllerle tepkimeye girebilmesidir. Tüm bu etkiler gıda endüstrisinde fiziksel ve kimyasal etkilere neden olabilecek çeşitli potansiyel uygulamaların doğmasını sağlamıştır (Soria ve Villamiel, 2010).

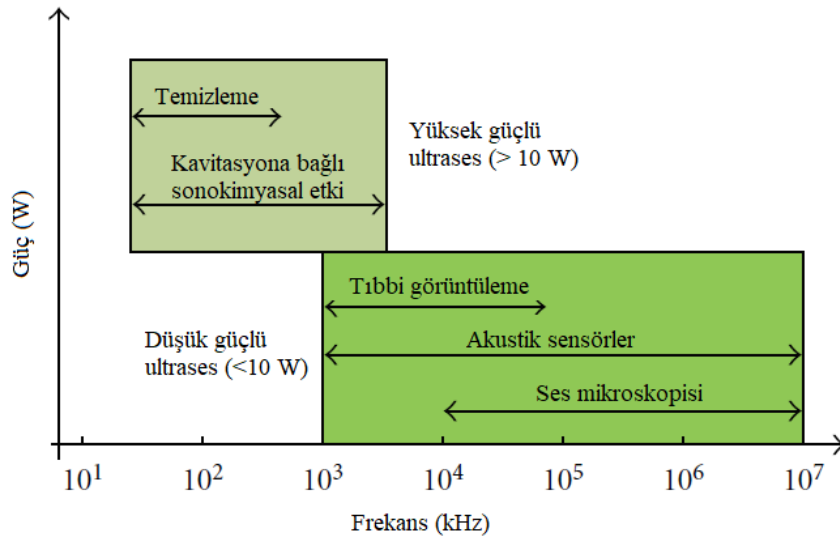
Ultrases işlemi, Şekil 2.3'te gösterildiği gibi içinden geçtiği ortamın molekülleri üzerinde sıkıştırma ve gevşeme dalgaları oluşturarak yayılır. Ultrases uygulamalarının sınıflandırılmasında kullanılan sesin enerjisi ses gücü (W), ses yoğunluğu ( $W/m^2$ ) veya ses enerji yoğunluğu ( $Ws/m^3$ ) ile belirtilmektedir. Frekans aralığına bağlı olarak, ultrases işlemi düşük güçlü ve yüksek güçlü ultrases olarak ikiye ayrılır (Knorr vd., 2004; Jayasooriya, 2004). Düşük güçlü ultrases uygulamaları, 10 W'ın altındaki ( $1 W/cm^2$ 'nin altındaki) güç seviyelerinde 100 kHz'den daha yüksek frekansların kullanımını ifade etmekle birlikte gıda işleme prosesleri genellikle ürüne daha az tahribatın gerçekleştiği düşük güç ve yüksek frekanslı ultrases işlemi kullanılarak gerçekleştirilir. Düşük güçlü ultrases işleminde ultrasonik dalgaların fiziksel veya kimyasal değişikliklere neden olmayacağı kadar küçük bir güç seviyesi kullanılır, dolayısıyla uygulama ultrasonik dalgaların içinden geçtiği malzemenin özelliklerinde tahribat yaratmayacağı süreçlerde genellikle başarıyla kullanılır. Gıda endüstrisinde düşük güçlü ultrasesin en yaygın

uygulamasý kompozisyon, yapı ve fiziksel hal gibi gıdaların fizikokimyasal özellikleri hakkında analitik bilgi sağlamak amacıyla kullanımındır (Povey ve McClements, 1988; Povey, 1998; Jayasooriya vd. 2004). Yüksek güçlü ultrases uygulamaları ise düşük frekans (genellikle 20-100 kHz aralığında) ve yüksek güç seviyelerinde (genellikle 10-1000 W/cm<sup>2</sup> aralığında) ses dalgaları kullanılarak gerçekleştirilir. Ultrasonik dalgaların bu aralıktaki fiziksel, mekanik veya kimyasal etkileri malzeme özelliklerinde çeşitli fiziksel bozulmalar ile bazı kimyasal reaksiyonların hızlandırılması gibi etkiler yaratabilmektedir. Düşük güçlü ultrases işleminin aksine düşük frekanslı uygulamalar kullanılan güç seviyeleri oldukça büyük olduğundan gıdanın fiziksel veya kimyasal özelliklerini değiştirmek için kullanılırlar (McClements, 1995). Yüksek güçlü ultrases işlemi emülsiyon üretimi, hücrelerin tahrip edilmesi, kristalizasyon işlemlerinin modifikasyonu ve kontrolü, sıvı gıdaların gazdan arındırılması, enzim inaktivasyonu, kurutma, filtrasyon ve oksidasyon reaksiyonlarının kolaylaştırılması için kullanılmaktadır. Ayrıca işlem, endüstriyel uygulamalarda ısı ve kütle transfer işlemlerinin yoğunlaştırılması ve artırılması için de kullanılmaktadır. Günümüzde yüksek güçlü ultrasesin endüstriyel gıda işlemede gelişen ve gelecek vaat eden bir teknoloji olduğu düşünülmektedir (McClements, 1995; Dolatowski vd., 2007; Legay vd., 2011). Şekil 2.4'te frekans ve güce göre ultrases işleminin kullanıldığı bazı tipik uygulamalar gösterilmektedir.

Ultrases ayrıca akustik kavitasyon ile oluşan fiziksel, mekanik ve kimyasal etkiler yoluyla mikroorganizma kümelerini etkisiz hale getirmek için kullanılabilir. Mikrobiyal azalma temel olarak hücre zarının incilmesi, lokalize ısıtma ve serbest radikallerin oluşumundan kaynaklanmaktadır. Mikrobiyal inaktivasyonun etkisi genel olarak işlem süresine, işlem yoğunluğuna, hücrelerin hassasiyetine ve sonikasyon ortamının türüne bağlıdır (Dolatowski vd., 2007).



Şekil 2.3. Ultrasonik kavitasyon (Soria ve Villamiel (2010)'dan uyarlanmıştır.)



Şekil 2.4. Ultrases işleminin frekans ve güce bağlı kullanımı (Legay vd. (2011)'den uyarlanmıştır.)



Ultrases, ölçümlerin hızlı, tahribatsız, kesin ve otomatik oluşu laboratuvarlarda veya üretim hatlarında kullanılabilmesi ile geleneksel analitik tekniklere göre avantajlara sahiptir. Ultrases kullanımı ile gıda işlemleri saniyeler veya dakikalar içerisinde yüksek tekrarlanabilirlikle tamamlanabilmekte, işlem maliyeti azalmakta, son ürünün daha yüksek saflık ile eldesi sağlanmakta, geleneksel yöntemler için gerekli enerji ve zaman azaltılabilmektedir. Gıda işlemede ultrases kullanımının avantajları daha etkin karıştırma, daha hızlı enerji ve kütle transferi, azaltılmış sıcaklık ve konsantrasyon gradyanları, seçici ekstraksiyon, azaltılmış ekipman boyutu, artan üretim basamaklarının ortadan kaldırılması olarak sayılabilir. Gıda işlemede ultrases işleminin kullanıldığı çok sayıda potansiyel uygulama mevcuttur (Tablo 2.4).

**Tablo 2.4.** Gıda işlemede potansiyel ultrases uygulamaları (Chemat vd., 2011)

Uygulama	Ultrases uygulamasının avantajları	Gıda grubu
Piştirme	Homojen sıcaklık dağılımı, kısa zaman, ısı transferi ve organoleptik kalitenin iyileştirilmesi	Et ve sebze ürünleri
Donma / kristalleşme	Homojen sıcaklık dağılımı, kısa zaman, difüzyonun iyileştirilmesi, hızlı sıcaklık düşüşü	Et, sebze, meyve ve süt ürünleri
Kurutma	Homojen sıcaklık dağılımı, kısa zaman, ısı transferi ve organoleptik kalitenin iyileştirilmesi	Kurutulmuş ürünler (meyve ve sebzeler)
Konserveleme, marinasyon	Kütle transferinde ve ürün stabilitesinde artış, kısa zaman, organoleptik kalitenin iyileştirilmesi	Et ve sebze ürünleri, balık ve peynir
Filtrasyon	Kısa zaman, iyileştirilmiş filtrasyon	Meyve suyu gibi sıvı gıdalar
Emülsifikasyon	Kısa zaman, emülsiyon stabilitesinde artış	Ketçap, mayonez gibi emülsiyonlar
Kesme	Kısa zaman, ürün kayıplarının azaltılması, doğru ve tekrarlanabilir kesme işlemi	Kek ve peynir gibi ürünler
Ekstraksiyon	Organik bileşiklerin ekstraksiyonunda artış, solventin örnek içerisine penetrasyonunda artış, kütle transferinde artış	Bitki ve tohumlar

#### 2.4.1. Ultrases İşleminin Gıda Ürününe Etkileri ve Avantajları

Meyve ve sebzeler, yağlar, şekerler, et ve süt ürünleri, kahve, kakao ve un gibi gıda ürünleri vitamin, şeker, proteinler, aromalar, pigmentler, antioksidanlar, mineral ve diğer organik bileşenlerin karışımlarıdır. Bu tür gıda ürünleri ticari hale getirilmeden önce hazır yiyeceklere işlenmeli, korunmalı veya minör bileşenlerin eldesi amacıyla ekstrakte edilmelidir. Bu amaçla kızartma, kurutma, filtrasyon ve piştirme gibi farklı yöntemler

kullanılabilmektedir. Bununla birlikte, birçok gıda bileşeni ve ürününün ısı işlemlere hassas olduğu, kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik değişikliklere karşı dayanıksız olduğu bilinmektedir. Gıda işlemede kullanılan ısı işlemler gıdanın organoleptik özelliklerini bozabilmekte, bazı besin maddelerinin içeriğini ve biyoyararlılığını azaltan kimyasal ve fiziksel değişikliklere yol açabilmektedir. Geleneksel gıda işleme yöntemleri esnasında bazı bileşiklerin kayıpları, düşük üretim verimliliği, uzun süreli ısıtma ve karıştırma, büyük miktarlarda su kullanımı gibi zaman ve enerji tüketen prosedürler ile karşılaşılabilmektedir. Bu eksiklikler yeni, sürdürülebilir ve yenilikçi tekniklerin kullanılması ile dengelenmektedir. Bu tekniklere daha az zaman, su ve enerji kullanımını sağlayan ultrases tekniği, süper kritik akışkan ekstraksiyonu, ekstrüzyon, mikrodalga işleme, kontrollü basınç düşürme işlemi, darbeli elektromanyetik alan, yüksek basınç uygulamaları örnek verilebilmektedir. Ortaya çıkan bu teknolojiler arasında ultrases işlemi son on yılda özellikle basınç ve/veya sıcaklık uygulamaları ile kombine olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Chemat vd., 2011).

Ultrases yoğunluğuna bağlı olarak, gıdanın viskozitesi geçici veya kalıcı olarak artırılabilen veya azaltılabilmektedir. Ayrıca ultrases işlemi, gıda ürünlerinden nemin uzaklaştırılmasını kolaylaştıran mikroskobik kanalların oluşturulması gibi bir dizi etki yaratabilmektedir. İşlem aynı zamanda dokusal yumuşama ve çözünme işlemi sırasında hücresel sıvının salınımını azaltarak gıda ürünlerinin tüketiciler tarafından kabul edilirliliğini etkilemekte, besinsel içeriğin ve biyoaktif maddelerinin daha iyi korunmasını da sağlamaktadır (Zheng ve Sun, 2006; Soria ve Villamiel, 2010).

İşleme ve gıda matriksine bağlı olarak, akustik kaviteyonun kimyasal etkileri yararlı ya da zararlı olabilmektedir. Kaviteyon sırasında, hidroksil radikalleri üretilebilmekte sonokimyasal yolla üretilen bu radikaller kolayca okside olabilen gıda bileşenleri ile reaksiyona girebilmektedir. Ultrasesin gevrekleştirici etkileri kaviteyonun yıkıcı doğasıyla ilişkilendirilebilir böylelikle kaviteyon etkisi ile sağlam kaslardaki kas lifleri zarar görebilir ve daha gevrek bir et elde edilebilir. Ultrasesin kaviteyona neden olma kabiliyeti (frekans, yoğunluk ve süre gibi) ultrases karakteristiklerine, (viskozite ve yüzey gerilimi gibi) ürün özelliklerine ve (sıcaklık ve basınç gibi) ortam koşullarına bağlıdır (Jayasooriya vd. 2004; Zheng ve Sun 2006). Ultrases muamelesi, daha kısa bir olgunlaşma dönemi sağlaması ile etin gevrekleştirilmesinde yeni bir yöntem olarak kullanılabilmekte; ayrıca ultrasesin antiseptik özellikleri sayesinde, kombinasyon halinde kullanıldığında, geleneksel yöntemlerin etkinliği artırılabilir (Jayasooriya vd., 2004).

Ayrıca ultrases etkisi altında geleneksel soğutma, ısı transferinin iyileştirilmesiyle çok daha hızlı gerçekleşebilmekte bu da çok daha kısa bir işlem süresi sağlamaktadır (Li ve Sun, 2002a; Li ve Sun, 2002b). Ultrases işlemi hücrelerin bütünlüğünü kırarak veya enzimatik reaksiyonları arttırarak etki yaratabilmekte (Boistier-Marquis vd., 1999), aynı zamanda beyaz et, dana eti ve sığır etinde ultrasonik gevrekleştirme sağlanabilmektedir (Pohlman vd., 1997). Bu nedenlerle ultrases işlemi et ürünlerinin su tutma kapasitesi, gevreklik ve yapışkanlık gibi fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilir (Chemat vd., 2011).

#### **2.4.2. Ultrases İşleminin Uygulanması**

Ultrases uygulamaları ürüne doğrudan uygulanma, cihazla bağlantı şeklinde uygulanma ve ultrasonik banyoya batırılmak sureti ile uygulanma şeklinde üç farklı yöntemle dayanmaktadır (Chemat vd., 2011). Ultrasonik dalgalar üretmek için tasarlanmış bu sistem jeneratör, dönüştürücü ve uygulama sistemi olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Ultrasonik ortam üretmek için kullanılan tüm yöntemler elektrik, manyetik, kinetik veya başka bir türdeki enerjiyi dönüştürücü vasıtasıyla akustik enerjiye dönüştürür. Ultrasonik banyolar literatürde yayımlanan deneysel çalışmaların çoğunda kullanılan ultrases kaynağıdır. Bu tür bir ekipman, tabana tutturulmuş piezoelektrik dönüştürücülere sahip metalik bir yapıdan oluşur. Dönüştürücüler titreştiğinde titreşimlerini tüm metal gövdeye iletmekte, ardından da bu titreşim sıvıya iletilmektedir (Mulet vd., 2003).

Yüksek yoğunluklu ultrases, et dokularının fiziksel olarak bozulmasına neden olarak proteolitik aktiviteyi arttırmakta ve kaviteasyon yoluyla kütle transferini hızlandırmaktadır. Bu durum miyofibriller proteinlerinin parçalanmasını ve çözünürlüğünü önemli ölçüde geliştirmekte ve bağ dokularının ayrışmasına neden olmaktadır (Chang vd., 2012). Ultrases, domuz eti ve sığır eti gibi kırmızı etin, kas liflerini ve bağ dokularını mekanik kuvvetle parçalayarak gevrekliğini etkin bir şekilde artırabilir ve böylece et kalitesinin iyileştirilmesi ve etin fiziksel olarak yumuşatılması için bir temel oluşturur. Etin asıl gücünü belirleyen iki yapısal bileşen miyofibriller proteinler ve bağ dokulardır. Bu proteinler etteki sertlikten sorumludur. Bağ dokusu bileşimini esas olarak kollajen oluşturmakla birlikte, elastin etteki sertlikten sorumludur ve gevrekliğin arttırılması amacıyla uygulanan işlemlerde esas hedeflerdir (Tarrant, 1998). Yüksek yoğunluklu ultrases, hücresel bileşenleri tahrip edebilir ve akustik basıncın periyodik salınımı hücre zarlarının yumuşamasına neden olur. Doku bozulması proteinlerin, minerallerin ve diğer bileşenlerin geçişiyle ve enzim aktivitesinin hızlanmasıyla sonuçlanır. Ultrasesin tüm bu etkileri, etin

gevreklik ve duysal özelliklerini iyileştirebilir. Ete uygulanan ultrases işleminin et gevrekliğinde etki yaratmadığı çalışmalar mevcut iken, gevrekliğin artış ya da azalışının gözlemlendiği literatür çalışmaları da mevcuttur (Jayasooriya vd., 2004). Genel olarak akustik parametreler (frekans, yoğunluk, işlem süresi ve sıcaklık gibi) ultrases işleminde elde edilmek istenen sonucun derecesini belirlemektedir. Bununla birlikte kullanılan kas tipi, hayvanın yaşı, ultrasonik ekipman ve verimlilik, yoğunluklar, ultrases tedavisinin süre ve sıklığındaki farklılıklar nedeniyle sonuçlar değişim gösterebilmektedir (Dolatowski vd., 2007). Ultrases işlemi et tenderizasyonunu, proteolizin hızlandırılması ile kas hücresinin tahribatına yol açması ve kas yapısının fiziksel olarak zayıflatılması yoluyla sağlamaktadır (Got vd., 1999).

### **2.4.3. Ultrases İşleminin Et ve Et Ürünlerinde Kullanımı**

Yüksek güçlü ultrases uygulamalarının et ve et ürünlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin kontrolü amacıyla kullanımına yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur. Yüksek güçlü ultrasonik dalgaların yarattığı fiziksel, kimyasal veya mekanik etkiler (fiziksel bozulma ve kimyasal reaksiyonların hızlanması gibi) numune özelliklerini değiştirebilmektedir (Jayasooriya vd., 2004).

Ultrasesin et teknolojisindeki kullanımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde Smith vd. (1991) kısa süreli uygulanan yüksek güçlü ultrasesin, aynı tuz çözeltisine yerleştirilmiş ve muamele edilmemiş ete kıyasla etin sertliğini azalttığını saptamıştır. Dickens vd. (1991) ultrasesin pişmiş broyler göğüs kasının bazı fiziksel özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmalarında 15 dakika ultrases işlemi uygulanıp ardından ısıtılmış tavuk göğüs örneklerinin sıvı kaybını %18 olarak saptamış olup, çalışmada kullanılan ultrases işleminin ısıtma sırasında numunenin kaybettiği sıvı miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir. Lehman ve Guy (1973) bağ dokularının kaslardan daha fazla ultrasonik dalgalardan etkilendiğini bildirmiş ve bunun da deneysel çalışmalarda bulunan gevrekleştirme etkisinin bir nedeni olabileceği belirtilmiştir.

Mikrobiyal inaktivasyon amacıyla ultrases uygulamalarına ilgi 1900'lü yıllara uzanmaktadır. Ultrases, bakteriyel hücre membranının delinmesine ve sonuçta inaktivasyona neden olan kavitasyona neden olmaktadır. Bu amaçla yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde Haughton vd. (2012) sonikasyon ve termosonikasyon uygulamasının *Campylobacter* ve enterobakterilerin sayısının azaltılması için potansiyel yöntemler olarak saptamıştır. Pohlman vd. (1997) yaptıkları bir çalışmada, ultrases uygulamasının sığır etinin gevrekliğinde, pişirme kaybı ve dokusal özellikleri üzerinde

önemli etkisini saptamamış olup mikrobiyal yük ultrases uygulaması ile başlangıçta azaltılmış, ultrases uygulanan ve uygulanmayan numunelerde 30 günlük depolama süresince mikrobiyal yük artmıştır. Kordowska-Wiater ve Stasiak (2011)'in tavuk kanadı derisi ile yaptıkları çalışmada sonikasyon işlemi örnek yüzeyindeki mikroorganizma sayısının azaltılmasını sağlamış ve kanatlı karkas derisinin dekontaminasyonunda laktik asit çözeltisi ile kombinasyon halinde kullanılan ultrasesin Gram-negatif bakterilerin inhibisyonunda etkili sonuçlar yaratabileceği saptanmıştır.

Li vd. (2015) yüksek güçlü ultrases işleminin tavuk etinin dokusal özelliklerini ve su tutma kapasitesini önemli ölçüde iyileştirdiği ve pişirme kaybında önemli farklılıklar yarattığını saptamıştır. Morild vd. (2011)'in basınçlı buharın ultrases ile kombinasyonunun patojen inaktivasyonuna etkisini inceledikleri çalışmalarında toplam canlı bakteri sayısını önemli oranda azaltmıştır. McDonnell vd. (2014) ultrases işleminin kütle transferini hızlandırabildiği ve protein ekstraksiyonunu artırabildiği ancak yüksek güç seviyelerinde miyozini denatüre edebileceğini saptamıştır. Stadnik vd. (2008)'in domuz eti numuneleri ile yaptıkları çalışmada ultrasesin sığır etinde pH üzerine önemli bir etkisi saptanmamış olup su tutma kapasitesinde artış gözlenmiş, işlemin rigor mortis ve ette olgunlaşma hızını artırılabilirliği belirtilmiştir. Bir başka çalışmada, ultrases işleminin statik bir tuzlama sistemine kıyasla et matrisine tuz difüzyonunu arttırabildiği, daha yüksek ultrases yoğunluklarında daha üstün sertlik değerleri elde edilebileceği saptanmıştır (Ojha vd., 2016). Smith vd. (2011) ultrasonik marinasyonun tavuk göğüs etinin kalitesine etkisini inceledikleri çalışmalarında sonikasyon işlemi eşliğinde uygulanan marinasyon ile daha düşük damlama kaybı, daha düşük pişirme verimi ve daha düşük marinat kazanımı tespit edilmiş, iki işlem arasında sertlik ve mikrobiyal yükte önemli farklılık saptanmamıştır. Siro vd. (2009) domuz filetosunun tuzlanması üzerine işleminin etkisini inceledikleri çalışmalarında örneklerin su tutma kapasitesi ve tekstürel özellikleri iyileştirilmiş, yüksek ultrases yoğunluğu ve işlem süresinin protein denatürasyonuna neden olabileceği saptanmıştır. Tavuk göğüs eti kullanılarak yapılan bir başka çalışmada (Xiong vd., 2012) uygulanan ultrases işlemi ile gevreklik ve su tutma kapasitesinde artış saptanmış, kesme kuvveti ve pişirme kaybı sırasıyla azalmıştır. Çalışmada ultrasesin proteolitik enzim inhibitörleri ile kullanımının tavuk etinin gevrekliğini iyileştirdiği ve pişirme kaybının azaltıldığı saptanmıştır. Yeung ve Huang (2017)'in yaptıkları çalışmada domuz filetoları ultrases işlemine bırakılmış, denemeler sonunda 6 dakika ultrases işlemi sertliği düşürerek gevrekliği arttırmış; ayrıca muamele süresinin uzatılması ile doku, gevreklik ve genel kabul için duyusal değerlendirme skorları artmıştır. Böylece, kasların parçalanması,

gevreklik ve tavukların su tutma özellikleri ultrases ve proteolitik enzim inhibitörlerinin kombinasyonu ile geliştirilmiştir.

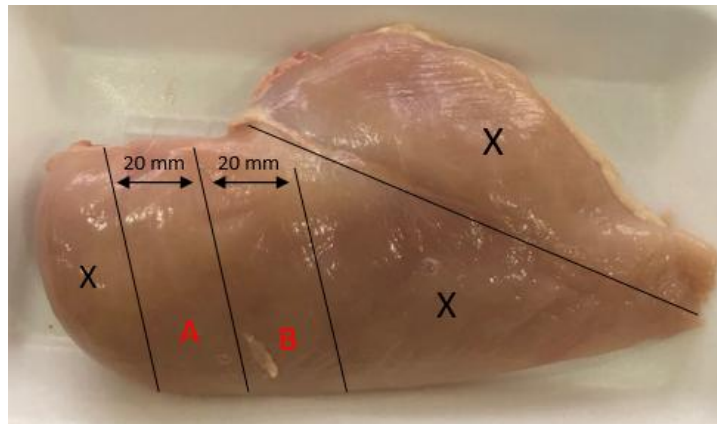
Literatür çalışmalarının genelinde, çoğu yenilikçi gıda işleme teknolojisi gibi yüksek güçlü ultrases işleminin standart bir teknoloji olmadığı ve bu nedenle her yeni uygulama için denenmesi ve geliştirilmesi gerektiğine dikkat çekilmiştir (Soria ve Villamiel, 2010).

Bu tez çalışmasında broyler göğüs eti örneklerinin soğutulması süresince kalite ve tekstürel özelliklerini arttırmak ve soğutma süresini kısaltmak için vakum soğutma ile ultrases uygulamasının kombine kullanımından faydalanılmıştır. Bu amaçla broyler göğüs etinde ultrases ön işlemlili vakum soğutma işleminin, daldırma işlemine maruz bırakılmış numuneler ile kıyaslanmak sureti ile uygulanabilirliği belirlenmiştir. Ultrases ön işlemlili vakum soğutma işlemi ile broyler etinin tekstürel özelliklerinin iyileştirilebileceği, soğutma süresinin kısaltılabileceği ve böylece enerji ihtiyacının da azaltılabileceği öngörülmüştür.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak tüketici tarafından yaygın bir şekilde tercih edilen broyler göğüs eti kullanılmıştır. Hammadde olarak kullanılan broyler göğüs eti numuneleri aynı partiden olacak şekilde Çelikoğlu Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti.'den (Burdur) temin edilmiştir. Yarım broyler göğüs numunelerinin Şekil 3.1'de gösterildiği gibi derileri, yağları ve sinirleri ayrıldıktan sonra baş (anterior) ve uç (posterior) kısımları da bıçak ile ayrılarak örnekler yaklaşık 20 mm ( $\pm 2$  mm) genişliğe ve  $46 \pm 5$  g ağırlığa sahip olacak şekilde boyutlandırılmış böylelikle her bir yarım broyler göğüs etinden iki parça elde edilmiştir. Şekil 3.1'de A ve B ile gösterilen kısımlar çalışmada kullanılan A ve B bölgelerini, X ile gösterilen kısımlar uzaklaştırılan kısımları göstermektedir. A ve B bölgelerinin boyut ve ağırlık ölçümlerinin dijital kumpas ve hassas terazi ile kontrolünün ardından numuneler Burdur Güçbirliği Gıda San. ve Tic. A.Ş.'ye (Burdur) içerisinde buz aküleri bulunan bir buz kutusunda götürülerek ayrı ayrı üzerli şekilde 250x750 mm boyutlarında ve 80 mikron kalınlıktaki polietilen torbalarda (Vishakha, Poly Fab Pvt. Ltd., Ahmedabad, Hindistan) vakum paketlenmiştir. Vakum paketlenen numuneler, içerisinde buz aküleri bulunan bir buz kutusu kullanılarak, soğuk zincir bozulmadan Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına getirilmiş ve analiz edilinceye kadar buzdolabı koşullarında ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) muhafaza edilmiştir. Çalışmalar 3 tekrerrül olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.1.** Broyler göğüs etinin trimlenmesi (X olarak işaretli bölgeler ayrılmıştır.)

(Güler, 2019)

## **3.2. Aletler ve Cihazlar**

### **3.2.1. Ultrases Ön İşlemi**

Ultrases ön işlemi için ultrasonik su banyosu (Elma Schmidbauer GmbH, Elmasonic P180H, Almanya) kullanılmıştır. Ultrases ön işlemi esnasında ultrasonik su banyosunun sıcaklığının 10°C’de sabit tutulması amacıyla, sirkülasyonlu soğutmalı su banyosu (Daihan Scientific Co., Ltd. MaXircu CR-12, Gangwon-do, Kore), etilen glikol ve helezon şekline getirilmiş bakır bir boru (1m) kullanılmıştır. Ultrases ön işleminin etkisinin belirlenmesi için, ultrases ön işlemi 10°C sıcaklıktaki ultrasonik su banyosu içerisinde vakum paketlenmiş broyler göğüs eti numunelerine iki farklı süre ile (15 veya 30 dakika) uygulanmıştır. Daldırma örneklerini içeren vakum paketlenmiş numunelere ultrases ön işlemi uygulanmamış, numuneler 10°C’lik su banyosu içerisine 15 veya 30 dakika daldırma metodu ile muamele edilmiştir. İşlemler sonrasında tüm örnekler buzdolabında (+4 ±1°C) 2 saat dinlendirilerek pişirme işlemine tabi tutulmuşlardır.

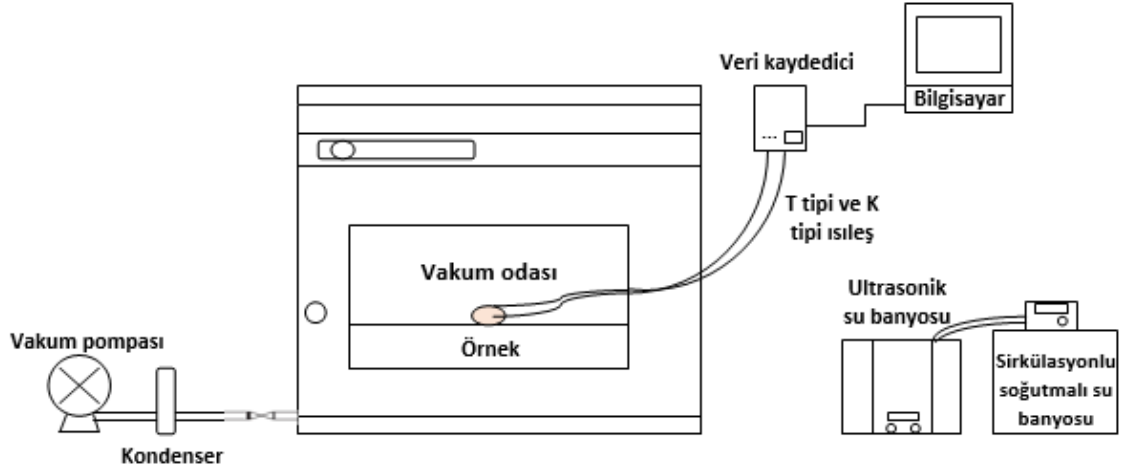
### **3.2.2. Pişirme İşlemi**

Pişirme işlemi için örnekler vakum paketlerinden çıkarılarak alüminyum folyoya sarılmış, zorlamalı konveksiyonel bir fırın (Arçelik MF 44, İstanbul, Türkiye) içerisinde 200°C’de (turbo ayarında) orta rafta 30 dakika (merkez sıcaklığı yaklaşık 85°C olana kadar) pişirilmiştir. Pişirme işlemi esnasında ürünün merkez sıcaklığı dijital fırın termometresine (Cheerman, DT1004A, Çin) bağlı ısıleş kullanılarak kontrol edilmiştir.

### **3.2.3. Vakum Soğutma Düzenegi**

Vakum soğutma işlemi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde yer alan vakumlu etüve (Memmert 30-750, Schwabach, Almanya) entegre edilmiş olan 20-24 m<sup>3</sup>/saat pompalama hızı ve 0,75 kW motor gücüne sahip vakum pompası (MVP 24, Woosung Vacuum Co. Ltd, Jeju, Kore) ile sabit vakum basıncı altında (15 mbar) ve oda sıcaklığında numunelerin merkez sıcaklığının 12,5°C’ye ulaşması hedef alınarak gerçekleştirilmiştir. 12,5°C’den daha düşük sıcaklık seviyelerinde broyler göğüs etlerinin vakum soğutma işlemi oldukça yavaş gerçekleştiğinden bu sıcaklık değeri hedef soğutma sıcaklığı seçilmiştir. Sistemin şematik gösterimi Şekil 3.2’de sunulmuştur. Soğutulan örnekler, analizleri gerçekleştirilene kadar 4°C’de buzdolabında muhafaza edilmiştir.





Şekil 3.2. Sistemin şematik gösterimi (Kaynak: Hande Özge GÜLER, 2019)

### 3.3. Yöntem

#### 3.3.1. Sıcaklık Ölçümleri ve Sıcaklık Dağılımının Tespiti

Vakum soğutma esnasında örneklerin merkez ve yüzey noktalarına ait sıcaklık ölçümleri 10'ar saniye aralıklarla veri kaydediciye (data logger) (Testo 176 T3, Lenzkirch, Almanya) bağlı T tipi ve K tipi ısıleşler aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Örneklerin sıcaklık profilleri ise pişirme işlemi ve soğutma işlemi sonrasında termal kamera (FLIR Systems OÜ, FLIR C2, Wilsonville, Oregon, ABD) ile yüzey ve ardından numunenin ortadan ikiye kesilmesi ile kesiti için belirlenmiş, cihaza ait görüntü işleme programı vasıtasıyla sıcaklık dağılımı ve homojenliği incelenmiştir. Broyles göğüs etinin A bölgesinden elde edilen soğutma süreleri B bölgesine kıyasla daha düşük olduğundan sıcaklık dağılımları termal kamera ile yalnızca A bölgesi için belirlenmiştir.

#### 3.3.2. Pişirme Kaybının Belirlenmesi

Broyles göğüs eti örneklerinin pişirme kaybı değerleri hassas terazi (Weightlab WL-3002L, İstanbul, Türkiye) kullanılarak pişirme öncesinde ve sonrasında ağırlık ölçümlerinin alınmasıyla belirlenmiştir. Pişirme kaybı değeri için pişirme işlemi sonucunda çiğ örnek ağırlığına kıyasla oluşan ağırlık kaybı Eşitlik (3.1) kullanılarak yüzde olarak hesaplanmış, % pişirme kaybı şeklinde ifade edilmiştir.

$$\% \text{ PK} = (m_1 - m_2)/(m_1) \times 100 \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte PK = pişirme kaybını (%),  $m_1$  = pişirme işlemi öncesi ağırlığı (g) ve  $m_2$  = pişirme işlemi sonrası ağırlığı (g) göstermektedir (Kayaardı ve Gök, 1999).

### 3.3.3. Soğutma Süresinin ve Soğutma Kaybının Belirlenmesi

Numunelerin merkez sıcaklığının 85°C'den 12,5°C'ye düşmesi için gerekli olan süre, soğutma süresi olarak belirlenmiştir. Soğutma kaybının ölçülmesinde broyler göğüs etlerinin pişirme sonrası ve vakum soğutma sonrası ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüştür. Soğutma işlemi sonrasında işlem öncesine kıyasla oluşan ağırlık kaybı (%) hesaplanmış ve “yüzde soğutma kaybı” şeklinde ifade edilmiştir.

### 3.3.4. Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Renk ölçümleri, kolorimetre (Konica-Minolta CR400, Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çiğ örnekler ile pişirme işlemi uygulanmış ultrases ve daldırma numunelerinin her biri porselen havan yardımıyla ezilerek homojen hale getirilmiş her bir örnek için 3 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçümler öncesinde cihaz beyaz standart levhası kullanılarak kalibre edilmiş daha sonra örneklerin renk özellikleri CIE L\*, a\* ve b\* değerleri cinsinden ölçülmüş, toplam renk farkı ( $\Delta E$ ), toplam kroma farkı ( $\Delta C$ ), renk indeksi (CI), kroma (C) ve hue açısı değerleri aşağıdaki (3.2)-(3.6) numaralı eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.2)$$

$$\Delta C = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.3)$$

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.4)$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.5)$$

$$CI = \frac{a^*}{b^*} \quad (3.6)$$

### **3.3.5. pH Değerinin Belirlenmesi**

Buzdolabından ıkarılmış (4±1°C) A ve B bölgelerine ait çiğ ve pişirilmış örneklerin pH ölçümleri önceden pH 4,0 ve 7,0 değerlerindeki tampon zeltilelerle kalibre edilmiş daldırmalı tip pH-metre (Testo 205, Lenzkirch, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

### **3.3.6. Kuru Madde İçeriğinin Belirlenmesi**

Bütün işlem grupları için kuru madde içeriğinin tayininde, önceden 3-4 saat süre ile 105°C'lik etüvde kurutulmuş alüminyum kurutma kapları, desikatörde oda sıcaklığına getirilmiş ve hassas teraziyle daraları belirlenmiştir. Ardından yaklaşık 5 g örnek alınarak kurutma kaplarına konulmuş, 105°C'lik etüv içerisinde (Nüve EN500, Ankara, Türkiye) sabit ağırlığa ulaşana kadar (yaklaşık 18 saat) kurutulmuştur. Etüvden alınan ve desikatörde sabit ağırlığa getirilmiş kurutma kapları tartılarak örneklerin kuru madde içeriği (%) hesaplanmıştır.

### **3.3.7. Kl İçeriğinin Belirlenmesi**

Kl içeriğini belirlemek amacıyla, porselen krozeler 105°C'de kurutulup darası alınmış, içerisine nem tayininde kurutulan örnekler tartılarak krozeler kül fırınında 550°C sıcaklıkta 18-24 saat süreyle renk gri beyaza dönünceye kadar yakılmıştır. Yakma sonrasında desikatörde oda sıcaklığına getirilen krozelerde kalan kl ağırlığı, yakma öncesi kuru örnek ağırlığına oranlanarak örneklerin kl içerikleri (%) kuru madde esasına göre hesaplanmıştır. Kl içeriği analizi her bir tekerrür için iki paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### **3.3.8. Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi**

Su tutma kapasitesi değerlerinin belirlenmesi amacıyla çiğ ve ultrases muamelesine tabi tutulmuş ve porselen havanda homojen hale getirilmiş 8 g broyler göğüs örnekleri, 12 mL 0,6 M NaCl zeltisinin ilavesi ile santrifüj tüpüne konulmuş ve tp içerisindeki örnekler tekrar cam baget ile ezilmiştir. Daha sonra tüpler soğutmalı sirkülasyonlu bir su banyosu içerisinde (WiseCircu WCR-P8, Gangwon-do, Kore) 5°C'de 15 dakika bekletilmiştir. Ardından rnekler, soğutmalı santrifüjde (Nüve NF800R, Ankara, Türkiye) 7450g kuvvetinde 4°C'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. İşlem tamamlandığında süpernatant ölçü silindirine boşaltılarak broyler göğüs eti örneklerinin süpernatant hacmi

ve ardından su tutma kapasitesi (STK) değerleri Eşitlik (3.7) kullanılarak hesaplanmıştır (Karakaya vd., 2006).

$$STK=[(12-V)/m] \times 100 \quad (3.7)$$

Eşitlikte STK=su tutma kapasitesini (%), V=süpernatant hacmini (mL) ve m=örnek ağırlığını (g) ifade etmektedir.

### 3.3.9. Tekstürel Analiz

Çiğ ve soğutulmuş numuneler tekstürel analizlerin gerçekleştirilmesi amacıyla analizlere kadar  $+4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de en fazla 24 saat muhafaza edilmiş, ardından buzdolabından çıkarılarak sertlik değerleri (N) kesme aparatı (Warner-Bratzler  $60^\circ$  V-cut flat end face) ve tekstür analizörü (Shimadzu Corporation EZ-X, Kyoto, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Denemelerde 5 mm/s test hızı kullanılmıştır. Örnekler kesme aparatının altına cihazın probu kas liflerine dik gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

### 3.3.10. Duyusal Analiz

Broyler göğüs eti numunelerinin duyusal analizleri Gıda Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerinden yarı eğitimli 10 panelist (22-25 yaş arası) ile gerçekleştirilmiştir. Test için, soğutmanın ardından buzdolabında bekletilen örnekler üç basamaklı nümerik rakamlarla kodlandırılıp tabaklara yerleştirilerek panelistlere aynı gün servis edilmiştir. Eğitim sırasında panelistlerin interaksiyonu ve kalibrasyonunu kolaylaştırmak amacıyla "açık masa yöntemi" kullanılırken, duyusal analizler esnasında panelistlerin birbirlerinden etkilenmesini önlemek amacıyla masa üzerine özel kabinler yerleştirilmiştir. Eğitimler sırasında sertlik testinin formatı ve skalanın değerlendirilmesi hakkında bilgilendirilmiş panelistlerden pişirilmiş broyler göğüs eti örneklerini önceden tanıtılmış standart numunelerin 14,5 cm uzunluğundaki skaladaki sertlik skorlarına (1:düşük (krem peynir), 7:orta (sosis), 14,5:yüksek (sert şeker)) göre puanlandırmaları istenmiştir (Muñoz, 1986). Standart numune olarak kullanılan krem peynir (Aknaz, Bahçivan Gıda San. Tic. A.Ş., Kırklareli), sosis (Tombik, Abalıoğlu Yem-Soya Tekstil San. A.Ş., İzmir) ve sert şeker (Olips, Kent Gıda Maddeleri San. ve Tic. A.Ş., Kocaeli) Burdur ilindeki yerel bir marketten temin edilmiştir. Eğitim, farklı günlerde her biri 60 dakikadan oluşan dört farklı seans halinde gerçekleştirilmiş ve panelist skorlarına ait varyasyon katsayısının %10'un altında inmesi sonrasında gerçek analizlere geçilmiştir. Analizde panelistlere daha kısa

soğuma sürelerinin elde edildiği A bölgesine ait 4 farklı örnek (37 kHz frekansta 15 ve 30 dakika ultrases ön işlemi uygulanmış numuneler ile 15 ve 30 dakika daldırma işlemine maruz bırakılmış numuneler) sunulmuştur. Numuneler arasında panelistlere damak temizlemek amacıyla su (Nazlı, Aydın) ve tuzsuz ekmek sunulmuştur. Panel sonuçlandırıldığında panelistlerce verilen sertlik puanlarının ortalamaları saptanmıştır. Duyusal analiz değerlendirme formu Ek-1’de yer almaktadır.

### **3.3.11. İstatistiksel Değerlendirme**

Broyler göğüs eti numunelerine farklı süre ve frekanslarda uygulanan ultrases ön işleminin numunelerin renk ve diğer fizikokimyasal özellikleri ile duyusal analizlerinden elde edilen veriler %95 güven seviyesinde ( $\alpha=0,05$ ) SAS paket programı (The SAS System for Windows 9.0, Şikago, ABD) kullanılarak Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmalar üç tekerrür, analizler iki ve/veya üç paralelli şekilde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama±standart sapma şeklinde sunulmuştur.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Broyles Göğüs Etlerinin Soğutma Süresi, Pişirme ve Soğutma Kaybı Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi

İki farklı sürede uygulanan daldırma işlemi ile farklı frekans ve sürelerde uygulanmış ultrases ön işlemlerinin broyles göğüs etinin A ve B bölgelerinin pişirme öncesi ve sonrası ağırlık ile pişirme kaybı değerlerine etkisi Tablo 4.1’de sunulmuştur. Pişirme öncesi ağırlıklarda A ve B bölgesi için farklı muameleler ve muamele sürelerinin önemli etkisi saptanmamıştır ( $p>0,05$ ). Pişirme sonrası A bölgesine ait ağırlık değerleri incelendiğinde ultrases ön işlemi ile daldırma işlemlerinin arasında her iki farklı uygulama süresi için de istatistiksel olarak farklılık saptanmamıştır ( $p>0,05$ ). B bölgesine ait pişirme sonrası ağırlık değerleri incelendiğinde ultrases ön işleminin her iki dakikası için de değerler istatistiksel olarak fark göstermemiştir ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.1.** Ultrases ön işleminin broyles göğüs etinin A ve B bölgelerinde pişirme değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	Pişme öncesi ağırlık (g)	Pişme sonrası ağırlık (g)	Pişirme kaybı (%)
<b>A BÖLGESİ</b>				
Daldırma	15	47,52±2,80 <sup>A</sup>	28,04±1,47 <sup>A</sup>	40,96±1,24 <sup>A</sup>
	30	44,70±3,59 <sup>A</sup>	24,20±6,00 <sup>A</sup>	40,21±2,62 <sup>AB</sup>
US (37 kHz)	15	44,87±3,88 <sup>A</sup>	28,49±2,38 <sup>A</sup>	36,49±0,43 <sup>AB</sup>
	30	42,69±6,59 <sup>A</sup>	30,05±2,69 <sup>A</sup>	28,97±7,24 <sup>C</sup>
US (80 kHz)	15	48,17±2,36 <sup>A</sup>	29,96±3,08 <sup>A</sup>	33,46±1,63 <sup>BC</sup>
	30	43,11±2,82 <sup>A</sup>	28,53±4,00 <sup>A</sup>	29,11±1,41 <sup>C</sup>
<b>B BÖLGESİ</b>				
Daldırma	15	50,13±3,74 <sup>A</sup>	25,54±1,01 <sup>B</sup>	48,96±2,18 <sup>A</sup>
	30	47,73±4,89 <sup>A</sup>	30,71±1,39 <sup>AB</sup>	40,38±2,26 <sup>B</sup>
US (37 kHz)	15	51,81±2,47 <sup>A</sup>	33,11±2,94 <sup>A</sup>	36,16±2,96 <sup>BC</sup>
	30	49,93±4,03 <sup>A</sup>	33,23±0,86 <sup>A</sup>	34,02±6,57 <sup>CD</sup>
US (80 kHz)	15	50,49±2,74 <sup>A</sup>	36,37±5,27 <sup>A</sup>	33,16±1,98 <sup>CD</sup>
	30	50,27±1,38 <sup>A</sup>	35,42±2,54 <sup>A</sup>	29,59±3,22 <sup>D</sup>

<sup>A-D</sup>; Her bir bölge için, aynı sütundaki farklı harfler ilgili parametre için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir ( $p<0,05$ ).

Pişirme kaybı değerleri incelendiğinde her iki bölgede de ultrases ön işlemi ile pişirme kaybı değerleri azalmıştır. Her iki frekans değeri için de ultrases ön işleminin 30 dakikası A bölgesinde pişirme kaybı değerlerini en çok azaltan yöntem olup daldırmaya maruz bırakılmış örnekler ile aradaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). B

bölgesine ait değerler incelendiğinde ise, daldırma işleminin 15. dakikasında en yüksek pişirme kaybı değeri (48,96) elde edilmiş ( $p<0,05$ ), ultrases ön işlemindeki frekans ve sürenin artışı ile pişirme kaybı değerleri B bölgesi için genel olarak azalış göstermiştir. Pişirme kaybı değerleri üzerine A ve B bölgelerinde muamele ve sürenin etkisi önemli iken ( $p<0,05$ ), muamele-süre interaksyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Ultrases ön işlemin uygulanan broyler göğüs etleri için saptanan nispeten düşük pişirme kaybı değerleri ekonomik kayıplarının azaltılması açısından önemli bir sonuç olabilir.

Cheng ve Sun (2006a) tarafından domuz eti ile yapılan bir çalışmada pişirme kaybı değerleri vakum soğutma için %8,98 olarak saptanmıştır. Song vd. (2018)'un domuz etinin vakum soğutulması amacıyla yaptıkları çalışmada pişirme kayıpları vakum soğutma tekniği için %12,4 olarak saptanmışken, Cheng ve Sun (2007b)'in farklı paketleme malzemeleri ile paketlenmiş ve vakum soğutulmuş domuz jambonunun özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada pişirme kaybı değeri %8,8-12,9 arasında değişmiştir. Schmidt vd. (2010) tavuk göğüs eti ile yaptıkları çalışmada vakum soğutma ve daldırma vakum soğutma için pişirme kaybı değerleri %19,1-19,6 aralığında saptanmıştır. Ağırlık kaybının esas olarak, et liflerinin ve bağ dokunun büzülmesinin ve protein denatürasyonunun bir sonucu olarak pişirme işlemi sırasında kasın su tutma kapasitesindeki azalmadan kaynaklandığı belirtilmiştir (Bendall ve Restall, 1983; Schmidt vd., 2010). Dong vd. (2012)'nin domuz eti ile yaptıkları çalışmada pişirme kaybı değeri %23,23 bulunmuştur.

Daldırma yöntemi ile farklı frekans ve sürelerde uygulanmış ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgesine ait soğutma süresi, soğutma sonrası ağırlık ve soğutma kayıplarına ait değerlerin ortalamaları Tablo 4.2'de sunulmuştur. A bölgesine ait soğutma süreleri incelendiğinde en uzun soğutma süresi 15 dakikalık daldırma işleminde (1093,33 saniye) tespit edilmişken, en düşük değer 37 kHz'de 30 dakika uygulanan ultrases ön işleminde (763,33 saniye) saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Yine B bölgesine ait soğutma süreleri incelendiğinde, en düşük soğutma süresi 37 kHz'de uygulanan ultrases ön işleminin 30. dakikasında (876,67 saniye) saptanmış, en düşük ikinci soğutma süresi 80 kHz'de uygulanan ultrases ön işleminin 30 dakikasında (940,00 saniye) gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Leong vd. (2011) ultrases işlemi sırasında oluşan kabarcıkların rezonans büyüklüğü olarak bilinen kritik bir boyuta ulaşana kadar büyüyebileceğini, rezonans büyüklüğünün ise uygulanan frekansa bağlı olduğunu bildirmiştir. Yine bu çalışmada frekans değeri ile baloncuk yarıçapı arasında ters ilişki olduğu, 20 kHz frekansta üretilen kabarcıkların nispeten büyük olup güçlü şok dalgaları ile sonuçlandığı, 100 ila 1000 kHz

arasında üretilen kabarcıkların ise çok daha küçük olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda düşük frekansta uygulanan ultrases işleminin (37 kHz) yarattığı kavitasyonun daha büyük kabarcıklar yaratması ile broyler göğüs eti üzerinde daha etkili olduğu, böylelikle elde edilen soğutma süresinin daha kısa olduğu düşünülmektedir.

Soğutma süresi üzerine muamele, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkisi her iki bölge için de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Soğutma kaybı değeri üzerine A bölgesinde muamelenin etkisi önemli iken, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur ( $p>0,05$ ). B bölgesinde ise muamele, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

**Tablo 4.2.** Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgelerinde soğutma değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	Soğutma süresi (saniye)	Soğutma sonrası ağırlık (g)	Soğutma kaybı (%)
<b>A BÖLGESİ</b>				
Daldırma	15	1093,33±81,45 <sup>A</sup>	25,62±0,85 <sup>A</sup>	8,57±1,88 <sup>C</sup>
	30	976,67±5,77 <sup>B</sup>	24,56±3,26 <sup>A</sup>	9,65±0,96 <sup>BC</sup>
US (37 kHz)	15	946,67±20,82 <sup>B</sup>	25,33±2,05 <sup>A</sup>	9,58±0,55 <sup>BC</sup>
	30	763,33±15,28 <sup>D</sup>	26,26±2,45 <sup>A</sup>	12,64±0,61 <sup>A</sup>
US (80 kHz)	15	923,33±11,55 <sup>B</sup>	26,38±2,32 <sup>A</sup>	11,84±1,57 <sup>AB</sup>
	30	856,67±11,55 <sup>C</sup>	25,38±3,94 <sup>A</sup>	11,18±1,56 <sup>AB</sup>
<b>B BÖLGESİ</b>				
Daldırma	15	1203,33±15,28 <sup>A</sup>	23,22±1,06 <sup>C</sup>	9,07±0,93 <sup>C</sup>
	30	1176,67±15,28 <sup>AB</sup>	26,04±3,60 <sup>BC</sup>	8,71±0,65 <sup>C</sup>
US (37 kHz)	15	1130,00±10,00 <sup>BC</sup>	30,06±2,66 <sup>AB</sup>	9,22±0,08 <sup>BC</sup>
	30	876,67±32,15 <sup>E</sup>	29,38±0,95 <sup>AB</sup>	11,61±1,45 <sup>A</sup>
US (80 kHz)	15	1126,67±15,28 <sup>C</sup>	32,51±4,94 <sup>A</sup>	10,69±0,69 <sup>AB</sup>
	30	940,00±52,9 <sup>D</sup>	31,19±2,42 <sup>AB</sup>	11,96±0,73 <sup>A</sup>

<sup>A-E</sup>; Her bir bölge için, aynı sütundaki farklı harfler ilgili parametre için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir ( $p<0,05$ ).

Tablo 4.2'ye göre soğutma sonrası ağırlıklar arasında A bölgesi için muamele yöntemleri ve süreleri arasında istatistiksel olarak farklılık gözlenmezken ( $p>0,05$ ), B bölgesinde önemli interaksiyonlar gözlenmiştir. Soğutma kaybı değerleri incelendiğinde ise ultrases ön işleminin uygulanması ile soğutma kaybı bir miktar artmış, A bölgesinde 37 kHz'de 30 dakika uygulanan ultrases ön işleminin için soğutma kaybı değeri %12,64 olarak belirlenmiştir. B bölgesinin soğutma kaybı değerleri incelendiğinde ise, A bölgesinde olduğu gibi daldırma numunelerine kıyasla ultrases ön işleminin ile soğutma kaybı değerleri



genel olarak artmıştır. Ultrases ön işlemi ile elde edilen yüksek soğutma kaybı değerleri soğutma işlemi sırasında yüksek miktarlardaki suyun buharlaşmasıyla ilişkilendirilebilir (Feng vd., 2014).

B bölgesinde pişirme sonrası ve soğutma sonrası ağırlık değerleri üzerine muamelenin etkisi önemli, süre ve muamele-süre interaksiyonlarının etkisi önemsiz bulunmuştur. A bölgesinde ise pişirme ve soğutma sonrası ağırlık değerlerinin üzerine muamele, süre ve interaksiyonlarının etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Yapılan bir çalışmada 1 kg tavuk göğüs etinin merkez noktasının 80°C'den 10°C'ye vakum soğutma tekniğiyle soğutulması 28 dakikada tamamlanmıştır. Daldırarak pişirme ile kombine kullanılan vakum soğutma işleminde pişirme kaybı %19,3, soğutma kaybı %11,6 bulunmuştur (Schmidt ve Laurindo, 2014).

Jackman vd. (2007) pişmiş sığır etlerinin 72°C'den 10°C'ye kadar soğutulmasında vakum soğutma ile hava üfleli soğutmanın kombine kullanımı ile soğutma kaybı değerini %9,3-11,8 arasında bulmuşlardır. Pişmiş sığır eti ile yapılan bir çalışmada (Jin, 2007) vakum soğutma işleminde ağırlık kaybı %10,31 olarak saptanmıştır. Houska vd. (2003) pişirilmiş sığır etinin vakum soğutulmasını gerçekleştirmiş, 75°C'den 5°C'ye vakum soğutma süresi ortalama 762 saniye olarak saptanmıştır. Feng vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada sosislerin soğutma kaybı değeri %7,38 olarak, McDonald vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada ise sığır etinde 70°C'den 4°C'ye vakum soğutma süresi yaklaşık 133 dakika, soğutma kaybı değeri ise %6,08 olarak bulunmuştur. Sun ve Wang (2004)'ün sığır eti kullanarak yaptıkları çalışmada örneklerin 74°C'den 10°C'ye vakum soğutulmasında ağırlık kaybı %9-12 arasında saptanmıştır. Cheng ve Sun (2006a) tarafından yapılan bir başka çalışmada domuz eti jambonunun 74°C'den 10°C'ye soğutulmasında soğutma kaybı %13,71, pişmiş sığır eti ile yapılan diğer bir çalışmada soğutma kaybı değerleri %12,7-14 arasında saptanmıştır (Drummond ve Sun, 2008). Huber ve Laurindo (2005) silindir şeklinde boyutlandırılmış tavuk göğüs etinin (54±3.7 g) soğutma kaybı değerini %9,72-10,83 arasında saptamıştır. Sığır eti kullanılarak yapılan çalışmada ise vakum soğutmada %13,2'lik bir soğutma kaybı saptanmıştır (Drummond vd., 2009). Huber vd. (2006) midyelerin vakum soğutulmasını gerçekleştirmiş örneklerin vakumla soğutulması sırasındaki ağırlık kaybı başlangıç numune ağırlığının yaklaşık %8'i olarak saptanmıştır. Cheng ve Sun (2007b)'ın domuz jambonu ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında ise soğutma kaybı %6.8-7.7 arasında bulunmuştur.

Jin ve Xu (2006)'nın domuz eti ile yaptıkları çalışmada vakum soğutma ile soğutma kaybı %10,31 olarak bulunmuştur. Schmidt vd. (2010)'nin tavuk göğüs eti ile yaptıkları

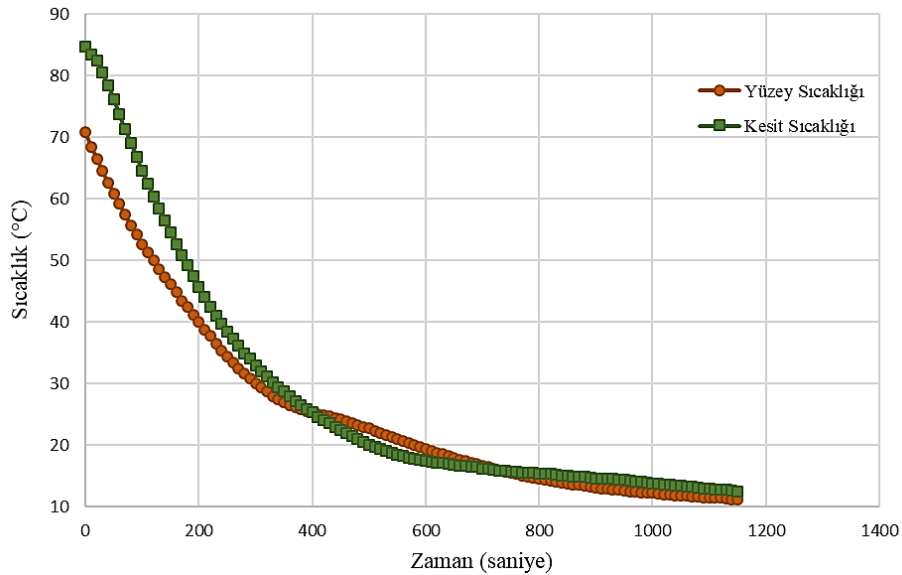
çalışmada vakum soğutma ve daldırmalı vakum kaybı değeri %3-12 arasında saptanmıştır. Dong vd. (2012)'nin domuz eti ile yaptıkları çalışmada vakum soğutma işlemi ile soğutma kaybı değeri %11,8 bulunmuştur.

Dickens vd. (1991) yaptıkları çalışmada ultrases işlemi uygulanmamış örneklerin ağırlık kaybına kıyasla (%17,9), 15 dakika ultrases işlemi uygulanıp ardından pişirilmiş tavuk göğüs eti örneklerinin ağırlık kaybını %18 olarak saptamış, ultrases işleminin numunenin pişirme esnasında kaybettiği ağırlık üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir.

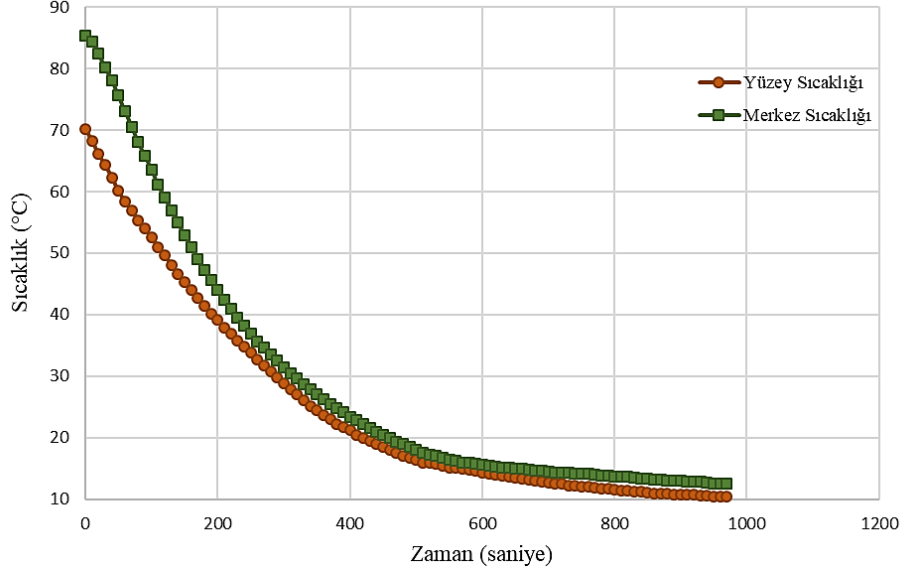
Çalışmamızda ultrases ön işlemine iki farklı sürede maruz bırakılıp pişirilen broyler göğüs etlerinin vakum soğutulması sonrasındaki soğutma kayıpları %9,22-12,64 aralığında belirlenmiş olup, literatürdeki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

#### 4.2. Pişmiş Broyler Göğüs Etlerinin Vakum Soğutulması Sırasında Yüzey ve Merkez Sıcaklıklarına Ultrases Ön İşleminin Etkisi

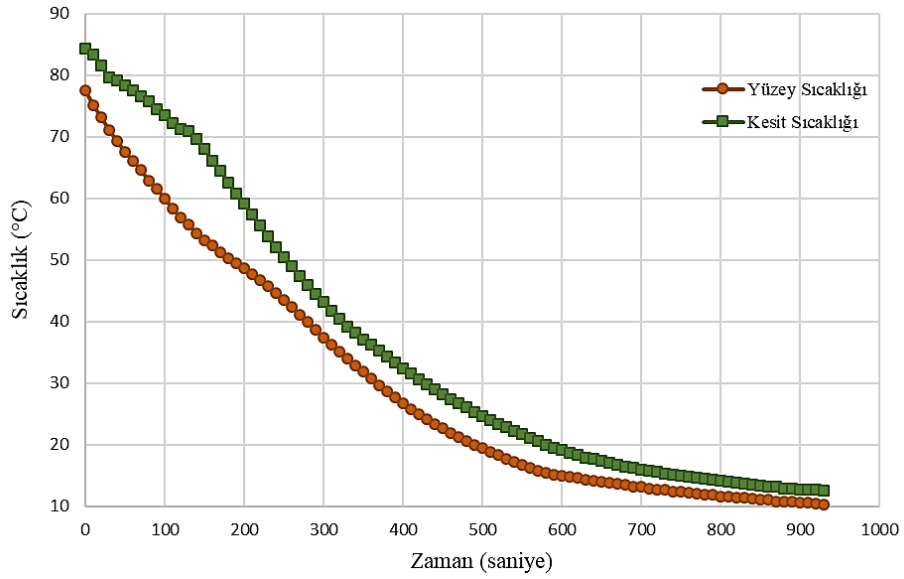
Ultrases ön işlemi ile daldırma işleminin ardından pişirilmiş broyler göğüs etlerinin vakum soğutulması sırasındaki yüzey ve merkez noktalarına ait sıcaklık değişimleri A bölgesi için Şekil 4.1-4.6'da verilmiştir.



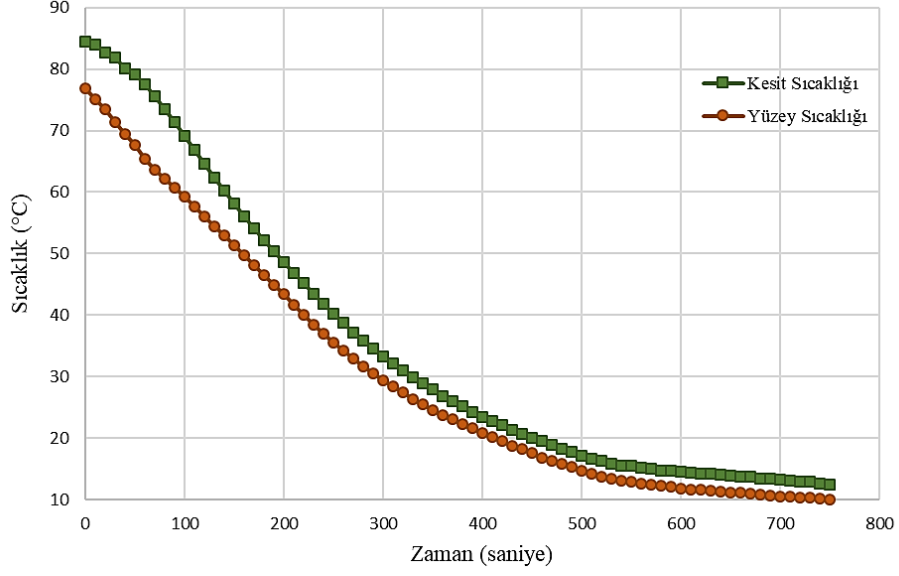
Şekil 4.1. Daldırma işlemine 15 dakika maruz kalan broyler göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi



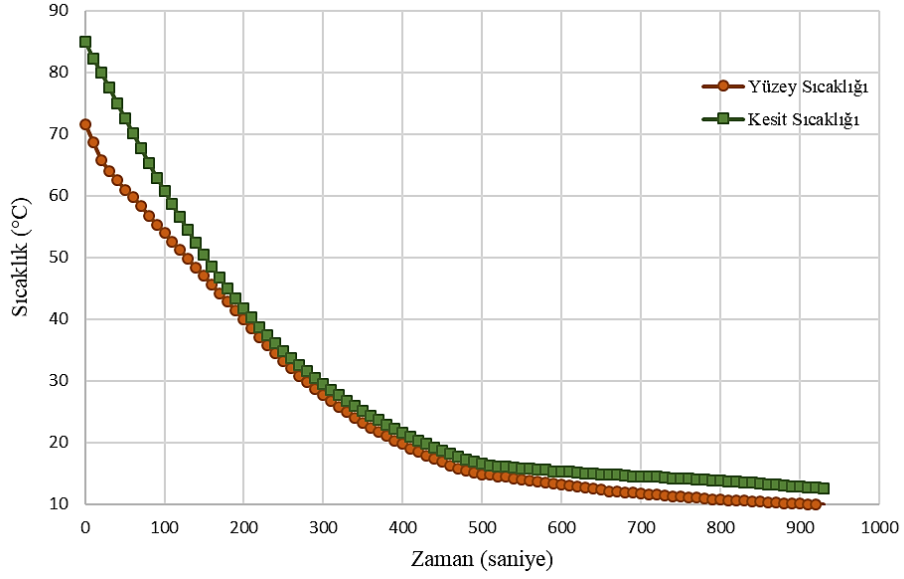
**Şekil 4.2.** Daldırma işlemine 30 dakika maruz kalan broyler göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi



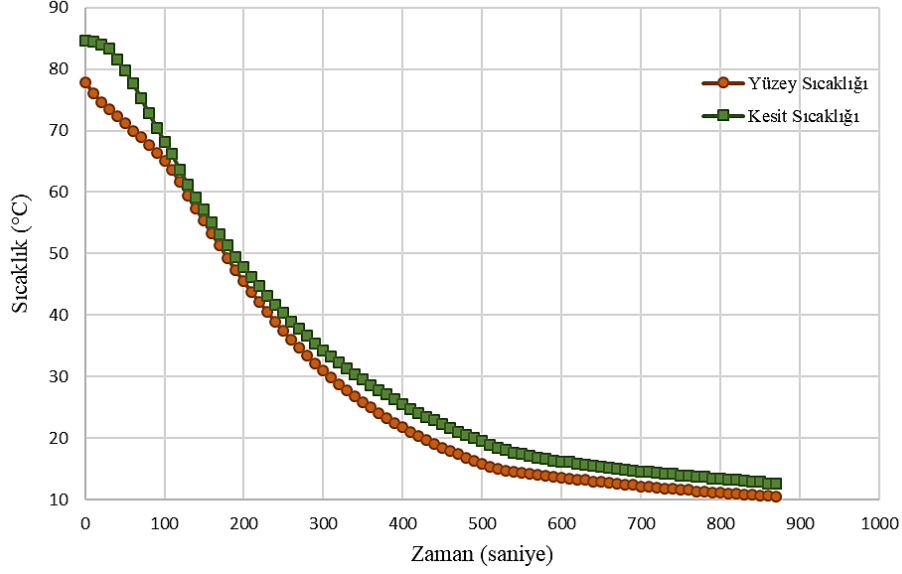
**Şekil 4.3.** Ultrases ön işlemine 37 kHz frekansta 15 dakika maruz kalan broyler göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi



**Şekil 4.4.** Ultrases ön işlemine 37 kHz frekansta 30 dakika maruz kalan broyler göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi



**Şekil 4.5.** Ultrases ön işlemine 80 kHz frekansta 15 dakika maruz kalan broyler göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi



**Şekil 4.6.** Ultrases ön işlemine 80 kHz frekansta 30 dakika maruz kalan broyler göğüs etinin A bölgesindeki sıcaklığın vakum soğutma işlemi sırasında zamana bağlı değişimi

Şekil 4.1 ve 4.2 incelendiğinde daldırma işleminin 15 ve 30 dakika muamele süreleri için yüzey sıcaklığı sırasıyla 70,9°C'den 11,2°C'ye ve 70,2°C'dan 10,4°C'ye; merkez sıcaklığı ise 84,8°C'den 12,5°C'ye ve 85,4°C'den 12,5°C'ye ulaşmıştır. Şekil 4.3 ve 4.4 incelendiğinde 37 kHz'de uygulanan ultrases ön işleminin 15 ve 30 dakika muamele süreleri için yüzey sıcaklığı sırasıyla 77,5°C'den 10,3°C'ye ve 76,9°C'dan 10,1°C'ye; merkez sıcaklığı ise 84,4°C'den 12,5°C'ye ve 84,4°C'den 12,5°C'ye düşmüştür. Şekil 4.5 ve 4.6 incelendiğinde 80 kHz'de uygulanan ultrases ön işleminin 15 ve 30 dakika muamele süreleri için yüzey sıcaklığı sırasıyla 71,6°C'den 9,9°C'ye ve 77,8°C'dan 10,60°C'ye; merkez sıcaklığı ise 85,0°C'den 12,5°C'ye ve 84,60°C'den 12,60°C'ye düşmüştür.

Şekiller değerlendirildiğinde farklı muameleler ve muamele süreleri için soğutma hızlarındaki farklılıklar soğuma eğrilerinin incelenmesi ile saptanmış olup, 37 kHz'de gerçekleştirilen ultrases ön işleminin 30 dakika muamele süresindeki soğuma hızının diğer muameleler ve muamele sürelerine göre yüksek olduğu (daldırma numunesine kıyasla işlem süresinde yaklaşık 213 saniye (yaklaşık %22) azalma) saptanmıştır. Benzer şekilde Scmidth vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada tavuk eti numunelerinin merkez sıcaklığının yaklaşık 80°C'den 14°C'ye vakum soğutulması yaklaşık 800 saniye (13 dakika) sürmüştür. Drummond vd. (2009) yaklaşık 1 kg sığır etini 72°C'den 4°C'ye vakumla soğutmuş, vakum soğutma ile soğutma süresi yaklaşık 100 dakikada

tamamlanmış, bu değerin hava üfleme soğutmadan (315 dakika) oldukça düşük olduğu saptanmıştır.

Yine Şekil 4.1-4.6'da yer alan soğuma eğrileri incelendiğinde merkez sıcaklığının 20°C'nin altına düşmesi ile soğuma hızı genel olarak yavaşlamıştır. Benzer şekilde, Sun ve Wang (2000)'in domuz etinin vakum soğutulması ile ilgili yaptıkları çalışmada 25°C ara sıcaklığa ulaşıldıktan sonra, domuz etinin soğuma hızı azalmıştır. Feng vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada sosislerin merkez sıcaklığı vakum soğutma ile 72°C'den minimum 10,4°C'ye indirilebilmiş, işlem yaklaşık 95,7 dakika sürmüştür, vakum soğutmanın son aşamalarına doğru, düşük sıcaklıklarda pişirme işlemi ile yüzeye çıkmış yağ tabakasının katı bir forma dönüşebileceği ve suyun buharlaşma hızını yavaşlatabileceği belirtilmiştir. Jin ve Xu (2006)'nın domuz eti ile yaptıkları çalışmada vakum soğutma işleminde soğuma hızı başlangıçta oldukça hızlı olup ilk 4-5 dakikada sıcaklık 63°C'den 10°C'ye düşürülebilmiş, ardından soğuma süresi azalmıştır.

Sun ve Wang (2004) sığır eti (4,2–7,4 kg) kullanarak yaptıkları çalışmada örneklerin 74°C olan başlangıç sıcaklığının minimum 10°C'ye düşüşü 2 saatten az sürmüştür. Cheng ve Sun (2006a) tarafından yapılan bir başka çalışmada domuz eti jambonunun (2,2±0,2 kg) 74°C'den 10°C'ye soğutma işlemi vakum soğutma ile yaklaşık 50 dakika sürmüştür, soğutma kaybı %6,99 olarak saptanmıştır. Cheng ve Sun (2006b)'nin yaptıkları çalışmada ortalama 2,2 kg ağırlığındaki domuz etinin pompanın durdurulup çalıştırılarak atımlı şekilde vakum soğutulmasında işlem süresi 173 dakika olarak saptanmış, atım sayısının artırılmasıyla soğutma süresi artmış, soğutma kaybı azalmıştır.

Huber ve Laurindo (2005) yaptıkları çalışmada tavuk göğüs etinin 90°C'den 20°C'ye soğutulması sırasında en yüksek sıcaklık düşüşü vakum uygulamasından sonraki ilk 300 saniyede, serbest suyun çoğunun buharlaştığı zaman meydana gelmiştir. Soğutulan malzemede serbest su kalmadığında buharlaşma önemli ölçüde azalmıştır. Drummond ve Sun (2012) soğutma işleminde ana kütle kaybının buharlaşmanın baskın bir rol oynadığı ilk aşamada meydana geldiğini saptamıştır. Daha uzun vakum soğutma süreleri bildiren başka çalışmalar da vardır. McDonald vd. (2000) yaklaşık 2 saatlik bir süre bildirmiştir. Vakum soğutma süresi gözenekliliğe ve diğer faktörlere güçlü bir şekilde bağlı olduğundan literatür çalışmaları arasındaki farklılıkların gözlemlenebileceği belirtilmiştir (Jackman vd., 2007).

### 4.3. Broyles Göğüs Eti Örneklerinin Sertlik Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi

İki farklı süre ile uygulanan daldırma işlemi ile farklı frekans ve sürelerde uygulanmış ultrases ön işleminin broyles göğüs etinin A bölgesindeki sertlik değerleri üzerindeki etkileri Tablo 4.3'te sunulmuştur.

**Tablo 4.3.** Ultrases ön işleminin broyles göğüs etinin A bölgesinin sertlik değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	Sertlik (N)
Daldırma	15	67,17±1,57 <sup>A</sup>
	30	52,02±3,43 <sup>C</sup>
US (37 kHz)	15	48,38±2,93 <sup>C</sup>
	30	65,91±5,27 <sup>AB</sup>
US (80 kHz)	15	49,45±2,83 <sup>C</sup>
	30	62,24±3,94 <sup>B</sup>

<sup>A-C</sup>; aynı sütundaki farklı harfler ilgili renk parametresi için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir (p<0,05)

Broyles göğüs etinin A bölgesinin sertlik değerleri incelendiğinde ultrases ön işleminde aynı muamele süresi için farklı frekans değerleri arasında elde edilen sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir (p>0,05). Ultrases ön işleminin her iki frekans değerinde de 30 dakika muamele süresinden elde edilen sertlik değeri 15 dakika muamele süresinden elde edilen sertlik değerinden daha yüksektir (p<0,05) (Tablo 4.3). Genel olarak ultrases ön işleminin 15 dakika muamele süresinin sertlik değerini daldırma grubuna göre azalttığı, 30 dakika muamele süresinin ise sertlik değerini arttırdığı görülmüştür (p<0,05).

Daldırma işlemi ile ultrases ön işleminin broyles göğüs etinin B bölgesindeki sertlik değerleri üzerindeki etkileri Tablo 4.4'te sunulmuştur.

**Tablo 4.4.** Ultrases ön işleminin broyles göğüs etinin B bölgesinin sertlik değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	Sertlik (N)
Daldırma	15	55,66±1,86 <sup>C</sup>
	30	49,44±1,32 <sup>D</sup>
US (37 kHz)	15	50,29±5,30 <sup>CD</sup>
	30	62,28±6,08 <sup>B</sup>
US (80 kHz)	15	47,50±3,31 <sup>D</sup>
	30	69,55±7,21 <sup>A</sup>

<sup>A-D</sup>; aynı sütundaki farklı harfler ilgili sertlik parametresi için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir (p<0,05).

A bölgesinden elde edilen sonuçlara benzer olarak (Tablo 4.3), ultrases ön işleminin her iki frekans değerinde de 30 dakika muamele süresine ait sertlik değerleri 15 dakika muamele süresine ait sertlik değerinden yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Yine A bölgesinden elde edilen sonuçlara benzer olarak 30 dakika ultrases ile muamele süresi sertlik değerini daldırma grubuna göre arttırmıştır ( $p<0,05$ ), 15 dakika muamele süresinde 80 kHz'de uygulanan ultrases ön işleminin ise daldırma grubuna göre sertlik değerini azaltmıştır ( $p<0,05$ ). A ve B bölgesine ait sertlik değerlerinin üzerine muamele, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkileri istatistiksel olarak önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur.

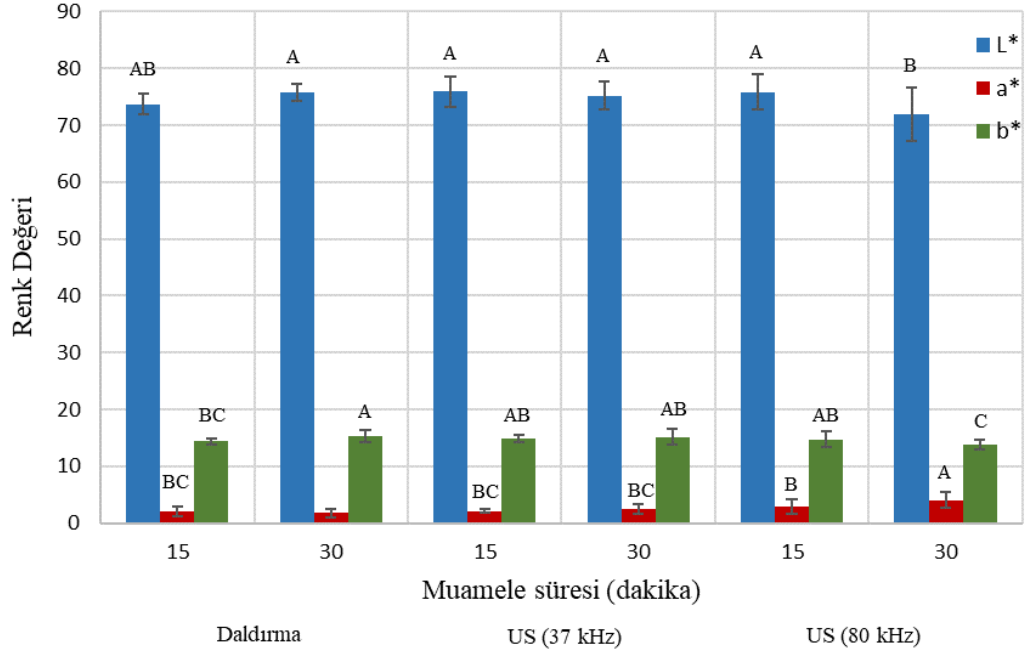
McDonald vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada sığır etinde sertlik değeri vakum soğutma ile ortalama 21,93 N değerinde saptanmıştır. Sertlik değerindeki artışın, vakum soğutma sırasındaki yüksek su kaybı ve bunun sonucunda kas liflerinin sıkışmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Bir başka çalışmada (Feng vd., 2016), oluşan nem kaybının, protein içeriğini değiştirebileceği ve bu durumda sertliğin artabileceği belirtilmiştir. Schmidt vd. (2010) vakum soğutulmuş broyler göğüs örneklerinin Warner Bratzler sertlik değerini 24,7-40,8 N arasında saptamıştır. Song vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada vakum soğutulmuş domuz eti örneklerinin sertlikleri ise 48,34 N olarak tespit edilmiştir. Et ve et ürünlerinin gevrekliğini arttırmada su kaybının azaltılması gerektiği, yüksek su içeriğinin gevrekliğin geliştirilmesinde yardımcı olacağı belirtilmiştir (Desmond vd., 2000; McDonald ve Sun, 2000).

Vakum soğutma işlemi sırasında ani basınç değişimleri numune gözenekleri içindeki gazın genişmesi ile kas lifleri arasındaki boşluklarda ve lif demetleri arasındaki boşluklarda artışa neden olabilmektedir. Vakum soğutma işlemi sonrasındaki yüksek sertlik değerleri, işlem sırasında çok fazla suyun uzaklaşması ve bu durumun ürün yüzeyinde işlem sonunda kurumaya sebep olması ile açıklanmıştır. Elde edilen yüksek sertlik değerinin bir başka olası açıklaması aşırı su kaybından kaynaklanan yüksek protein içeriği ile ilişkilendirilmiştir (Schmidt ve Laurindo, 2014).

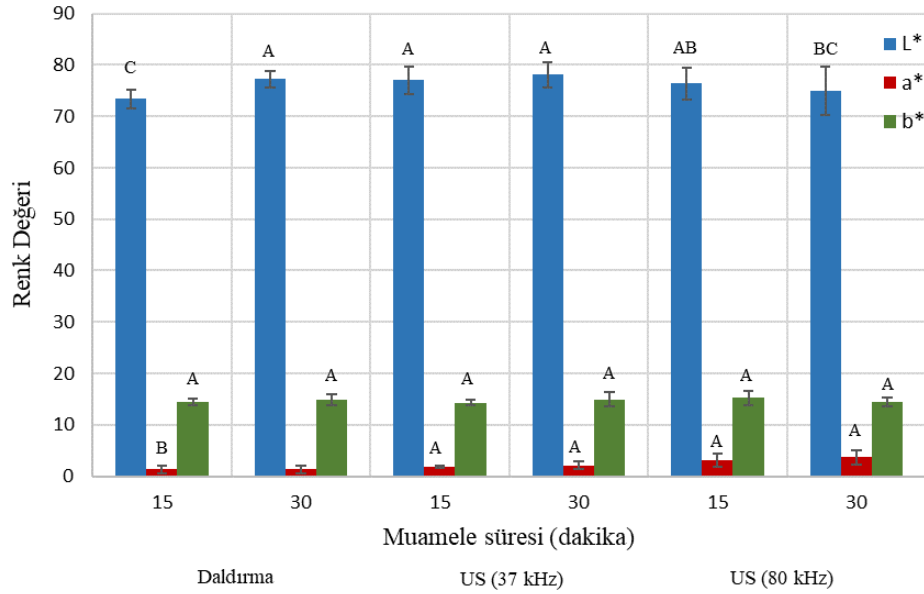
#### **4.4. Broyler Göğüs Eti Örneklerinin Renk Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi**

Broyler göğüs etinin ultrases ve daldırma ön işlemlerinin ardından vakum soğutulması ile CIE L\*, a\* ve b\* değerlerindeki değişim A ve B bölgeleri için sırasıyla Şekil 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.





**Şekil 4.7.** Ultrases ön işleminin vakum soğutulmuş broyler göğüs etinin A bölgesi CIE renk değerleri üzerine etkisi



**Şekil 4.8.** Ultrases ön işleminin vakum soğutulmuş broyler göğüs etinin B bölgesi CIE renk değerleri üzerine etkisi

Broyler göğüs etinin A ve B bölgesine ait CIE renk değerlerinin ultrases ön işlemi ve daldırma işlemiyle değişimi Tablo 4.5'te, renk değerlerinden hesaplanan  $\Delta E$ ,  $\Delta C$ ,  $C$ ,  $CI$  ve hue açısı renk değerleri ise Tablo 4.6'da verilmiştir.

**Tablo 4.5.** Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgeleri CIE renk değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	L*	a*	b*
<b>A Bölgesi</b>				
Daldırma	15	73,71±1,87 <sup>AB</sup>	2,04±0,76 <sup>BC</sup>	14,38±0,56 <sup>BC</sup>
	30	75,83±1,53 <sup>A</sup>	1,75±0,71 <sup>C</sup>	15,37±1,10 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	75,93±2,72 <sup>A</sup>	2,09±0,29 <sup>BC</sup>	14,87±0,60 <sup>AB</sup>
	30	75,21±2,46 <sup>A</sup>	2,47±0,76 <sup>BC</sup>	15,13±1,38 <sup>AB</sup>
US (80 kHz)	15	75,84±3,06 <sup>A</sup>	2,84±1,28 <sup>B</sup>	14,75±1,38 <sup>AB</sup>
	30	71,95±4,78 <sup>B</sup>	4,05±1,40 <sup>A</sup>	13,74±0,88 <sup>C</sup>
<b>B Bölgesi</b>				
Daldırma	15	73,39±2,66 <sup>C</sup>	1,34±0,97 <sup>B</sup>	14,43±1,31 <sup>A</sup>
	30	77,24±1,45 <sup>A</sup>	1,36±0,40 <sup>B</sup>	14,81±0,88 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	77,00±2,71 <sup>A</sup>	1,85±0,70 <sup>A</sup>	14,33±1,63 <sup>A</sup>
	30	78,08±1,44 <sup>A</sup>	2,08±0,80 <sup>A</sup>	14,91±0,87 <sup>A</sup>
US (80 kHz)	15	76,39±1,96 <sup>AB</sup>	3,12±1,14 <sup>A</sup>	15,23±1,35 <sup>A</sup>
	30	74,98±2,22 <sup>BC</sup>	3,68±0,96 <sup>A</sup>	14,46±0,78 <sup>A</sup>

<sup>A-C</sup>; Her bir bölge için, aynı sütundaki farklı harfler ilgili renk parametresi için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir (p<0,05).

Şekil 4.7 ve Tablo 4.5 incelendiğinde, ultrases ön işlemlenmiş örnekler arasında, A bölgesine ait en düşük parlaklık değeri (L\*) 80 kHz ultrases uygulamasının 30 dakikasında (71,95) saptanmıştır; elde edilen değer daldırma işleminin 15 dakikası ile benzer bulunmuştur (p>0,05). Yine bu bölge için, kırmızılık değeri (a\*) 80 kHz ultrases uygulamasının 30 dakika muamele süresi için en yüksek (4,05) olup, fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05). Ultrases ön işlemlenmiş örnekler ile elde edilen kırmızılık renk değerleri daldırma yöntemine kıyasla genel olarak yüksek saptanmıştır. A bölgesine ait sarılık değerleri (b\*) incelendiğinde ise 80 kHz ultrases uygulamasının 30 dakikası için 13,74 olarak saptanmıştır, sarılık değeri daldırma işleminin 15 dakikası ile benzer bulunmuştur (p>0,05).

Şekil 4.2 ve Tablo 4.5 incelendiğinde, B bölgesinde parlaklık değeri daldırma işleminin 15 dakikası için 73,39 olurken, 80 kHz ultrases ön işleminin 30 dakikasında da (74,98) benzer parlaklık değeri saptanmıştır (p>0,05). Kırmızılık değerleri incelendiğinde ultrases ön işlemlenmiş örnekler ile kırmızılık değerlerinin daldırma yöntemine göre arttığı ve farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır (p<0,05). 80 kHz ultrases ön işlemlenmiş örnekler 30 dakika maruz kalan örnekleri için kırmızılık değeri 78,08 iken, ultrases ön işlemlenmiş örnekler arasında kırmızılık arasındaki fark önemsiz olmuş (p>0,05); daldırma gruplarına göre ise değerler yükselmiştir (p<0,05). Sarılık değerleri incelendiğinde, B bölgesi için ultrases ve daldırma muamelesi ile muamele süreleri arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır (p>0,05).

**Tablo 4.6.** Ultrases ön işleminin broyler göğüs etinin A ve B bölgelerinin  $\Delta E$ ,  $\Delta C$ , C, CI ve hue açısı renk değerleri üzerine etkisi (ortalama $\pm$ standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	$\Delta E$	$\Delta C$	C	CI	Hue Açısı
<b>A Bölgesi</b>						
Daldırma	15	26,68 $\pm$ 2,62 <sup>AB</sup>	6,93 $\pm$ 1,68 <sup>A</sup>	14,54 $\pm$ 0,59 <sup>AB</sup>	0,14 $\pm$ 0,05 <sup>BC</sup>	1,43 $\pm$ 0,05 <sup>AB</sup>
	30	29,04 $\pm$ 1,78 <sup>A</sup>	7,97 $\pm$ 2,46 <sup>A</sup>	15,48 $\pm$ 1,13 <sup>A</sup>	0,11 $\pm$ 0,04 <sup>C</sup>	1,46 $\pm$ 0,04 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	28,96 $\pm$ 3,40 <sup>A</sup>	7,37 $\pm$ 2,30 <sup>A</sup>	15,01 $\pm$ 0,63 <sup>AB</sup>	0,14 $\pm$ 0,02 <sup>BC</sup>	1,43 $\pm$ 0,01 <sup>AB</sup>
	30	28,38 $\pm$ 3,51 <sup>A</sup>	7,66 $\pm$ 3,03 <sup>A</sup>	15,36 $\pm$ 1,30 <sup>AB</sup>	0,17 $\pm$ 0,06 <sup>BC</sup>	1,41 $\pm$ 0,06 <sup>AB</sup>
US (80 kHz)	15	28,87 $\pm$ 3,07 <sup>A</sup>	7,26 $\pm$ 2,46 <sup>A</sup>	15,05 $\pm$ 1,64 <sup>AB</sup>	0,19 $\pm$ 0,06 <sup>B</sup>	1,39 $\pm$ 0,06 <sup>B</sup>
	30	24,88 $\pm$ 4,58 <sup>B</sup>	6,43 $\pm$ 1,98 <sup>A</sup>	14,38 $\pm$ 0,96 <sup>B</sup>	0,30 $\pm$ 0,10 <sup>A</sup>	1,29 $\pm$ 0,09 <sup>C</sup>
<b>B Bölgesi</b>						
Daldırma	15	23,45 $\pm$ 3,14 <sup>C</sup>	6,92 $\pm$ 1,26 <sup>A</sup>	14,52 $\pm$ 1,35 <sup>A</sup>	0,09 $\pm$ 0,06 <sup>C</sup>	1,48 $\pm$ 0,06 <sup>AB</sup>
	30	27,19 $\pm$ 1,80 <sup>AB</sup>	7,17 $\pm$ 1,42 <sup>A</sup>	14,88 $\pm$ 0,91 <sup>A</sup>	0,09 $\pm$ 0,02 <sup>C</sup>	1,48 $\pm$ 0,02 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	26,84 $\pm$ 3,28 <sup>AB</sup>	6,80 $\pm$ 1,53 <sup>A</sup>	14,46 $\pm$ 1,67 <sup>A</sup>	0,13 $\pm$ 0,04 <sup>C</sup>	1,45 $\pm$ 0,04 <sup>AB</sup>
	30	28,05 $\pm$ 1,64 <sup>A</sup>	7,38 $\pm$ 1,44 <sup>A</sup>	15,07 $\pm$ 0,93 <sup>A</sup>	0,14 $\pm$ 0,05 <sup>C</sup>	1,43 $\pm$ 0,05 <sup>B</sup>
US (80 kHz)	15	26,61 $\pm$ 1,21 <sup>AB</sup>	7,95 $\pm$ 1,41 <sup>A</sup>	15,57 $\pm$ 1,55 <sup>A</sup>	0,20 $\pm$ 0,06 <sup>B</sup>	1,37 $\pm$ 0,06 <sup>C</sup>
	30	25,06 $\pm$ 2,55 <sup>BC</sup>	7,29 $\pm$ 1,29 <sup>A</sup>	15,94 $\pm$ 0,89 <sup>A</sup>	0,25 $\pm$ 0,06 <sup>A</sup>	1,32 $\pm$ 0,06 <sup>D</sup>

<sup>A-C</sup>; Her bir bölge için, aynı sütundaki farklı harfler ilgili renk parametresi için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir (p<0,05).

A bölgesinde toplam renk farkı ( $\Delta E$ ) 80 kHz ultrases uygulamasının 30 dakikasında için 24,88 iken, daldırma işleminin 15 dakikası hariç diğer muameleler ile sonuçlar istatistiksel olarak önemli ve farklı olmuştur (p<0,05) (Tablo 4.6). B bölgesinin  $\Delta E$  değerleri incelendiğinde, 37 kHz ultrases ön işleminin 30 dakikası için 28,05 değeri elde edilmişken, daldırma işleminin 15 dakikası için  $\Delta E$  değeri 23,45 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.6'ya göre toplam kroma farkı ( $\Delta C$ ) değerleri için A ve B bölgelerinde muamele ve muamele süreleri arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır (p>0,05). Yine B bölgesi için kroma (C) değerlerinde farklılık gözlenmezken, A bölgesinde 80 kHz ultrases ön işleminin 30 dakikası ile daldırma işleminin 30 dakikası arasındaki fark önemli olup ultrases ön işleminde bu değer düşüktür (p<0,05). En yüksek renk indeksi (CI) değerleri hem A ve hem B bölgeleri için de 80 kHz ultrases uygulamasının 30 dakikasında saptanmıştır (p<0,05). En düşük hue açısı değerleri ise A ve B bölgelerinin her ikisinde de 80 kHz ultrases ön işleminin 30 dakikasında elde edilmiştir (p<0,05).

A bölgesinde L\*, b\*,  $\Delta E$  değerleri üzerine muamele ve sürenin etkisi önemsiz iken muamele-süre interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuş (p<0,05); a\* değeri üzerine ise muamelenin etkisi önemli olmuştur (p<0,05). Hue açısı ve CI değerleri üzerine muamele, süre ve interaksiyonlarının etkisi önemli (p<0,05); C ve  $\Delta C$  değerlerinin üzerine etkileri önemsizdir (p>0,05). B bölgesinde L\*,  $\Delta E$  değerleri üzerine muamele, süre ve interaksiyonlarının etkisi önemli (p<0,05), b\*, C ve  $\Delta C$  değerlerinin üzerine etkileri

önemsizdir ( $p>0,05$ ).  $a^*$ , hue açısı ve CI değerleri üzerine ise muamelenin etkisi önemli olmuştur ( $p<0,05$ ).

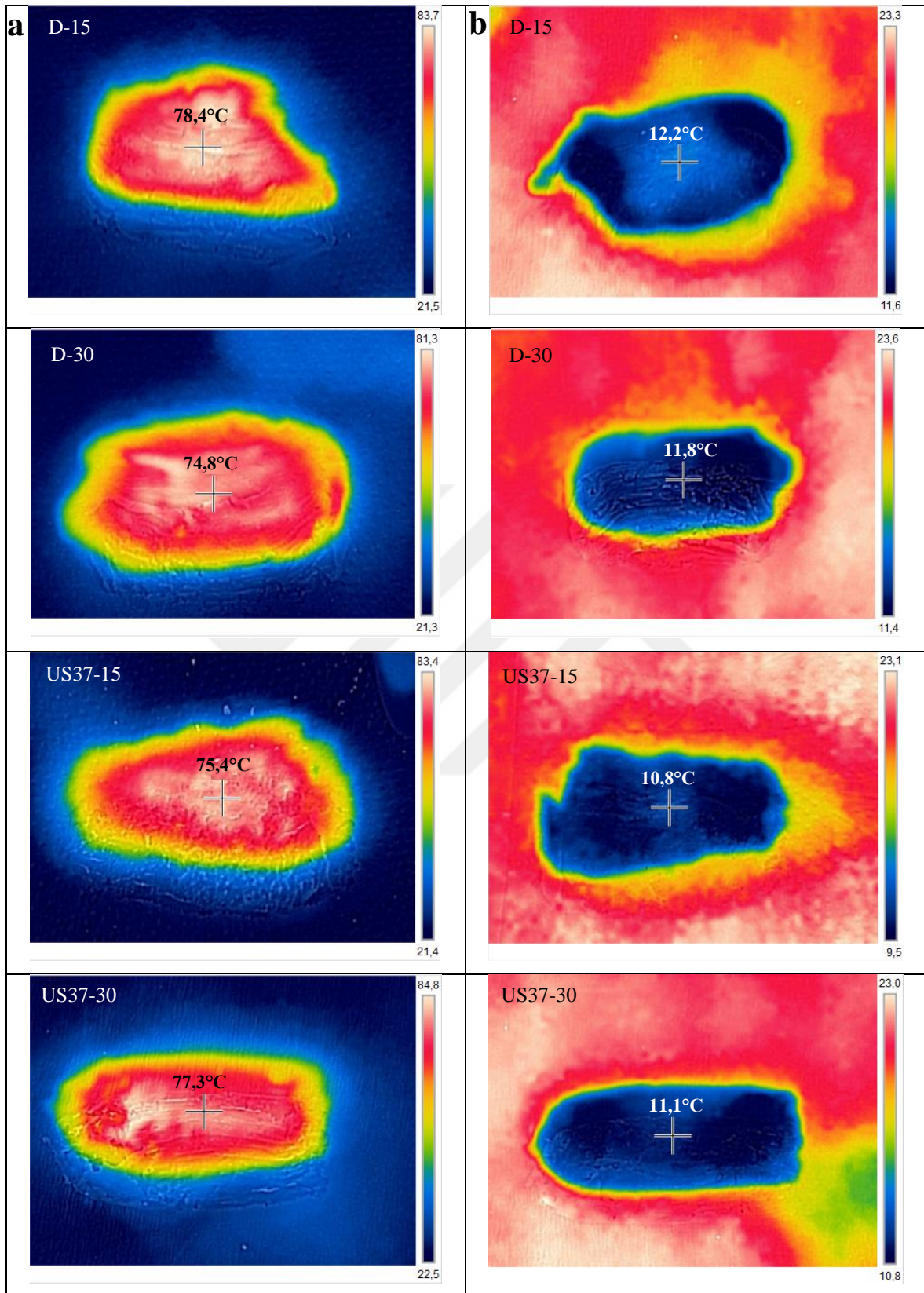
Renk, tüketicinin et ve et ürünlerinin kalitesini değerlendirmesinde önemli bir faktördür. Nemin uzaklaştırılması, kas lifleri arasındaki ayrılmayı arttırması ayrıca renk pigmentleri dahil suda çözünen maddelerin yüzeye göç etmesine neden olması ile hipokromik etki yaratabilmektedir (McDonald ve Sun, 2000). Dong vd. (2012)'nin domuz eti ile yaptıkları çalışmada vakum soğutulmuş örneklerin parlaklık değeri diğer soğutma yöntemlerine göre daha düşük, kırmızılık değeri daha yüksek çıkmıştır bu durum yüksek soğutma kayıpları nedeniyle yüzeydeki pigment konsantrasyondaki artış ile açıklanmıştır. Vakum soğutma ile gerçekleşen yüksek nem kaybının kas liflerinin birbirine yapışmasını ve pigment yoğunluğunu arttırdığı, ışık penetrasyonunu arttırdığı ve dolayısıyla parlaklık değerinde azalışa yol açabileceği belirtilmiştir (McDonald ve Sun, 2000).

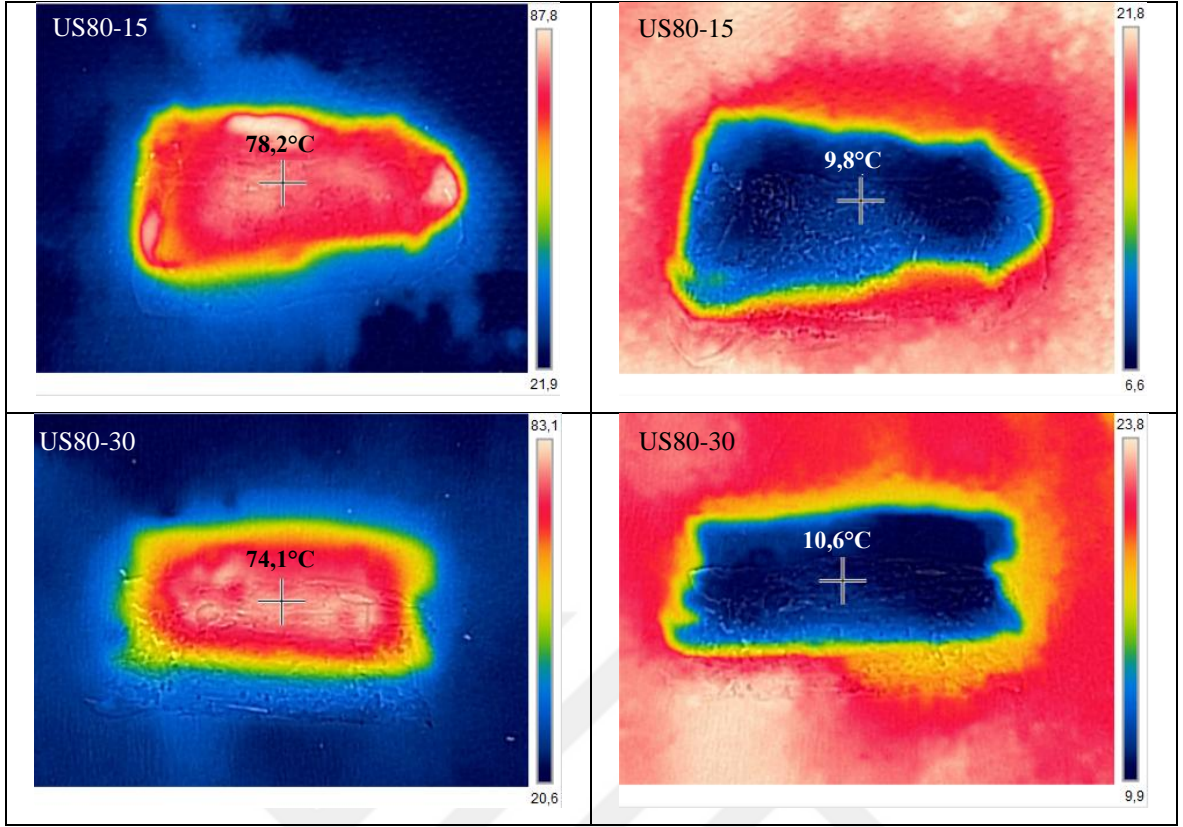
Feng ve Sun (2014) et ve et ürünlerinin sarılık değerinin doğrusal olarak yağ seviyesi ile ilişkili değiştiğini, düşük sarılık değerinin etin yağ içeriğindeki azalma ile bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Yine yazarlar, parlaklık değerlerinin doğrudan yağ içeriği ile ilişkili olduğunu ve yüksek yağ içeriğinin ışığın saçılması ile ilişkilendirildiğinden parlaklığı arttıracığını bildirmişlerdir.

Ultras es ön işleminin ette yer alan suyun buharlaşma hızını arttırarak vakum soğutma tekniğinde daha hızlı soğutma sağladığından, pigment konsantrasyonunu arttırarak daldırma numunelerine kıyasla kırmızılık değerinde artışa neden olabildiği düşünülmektedir.

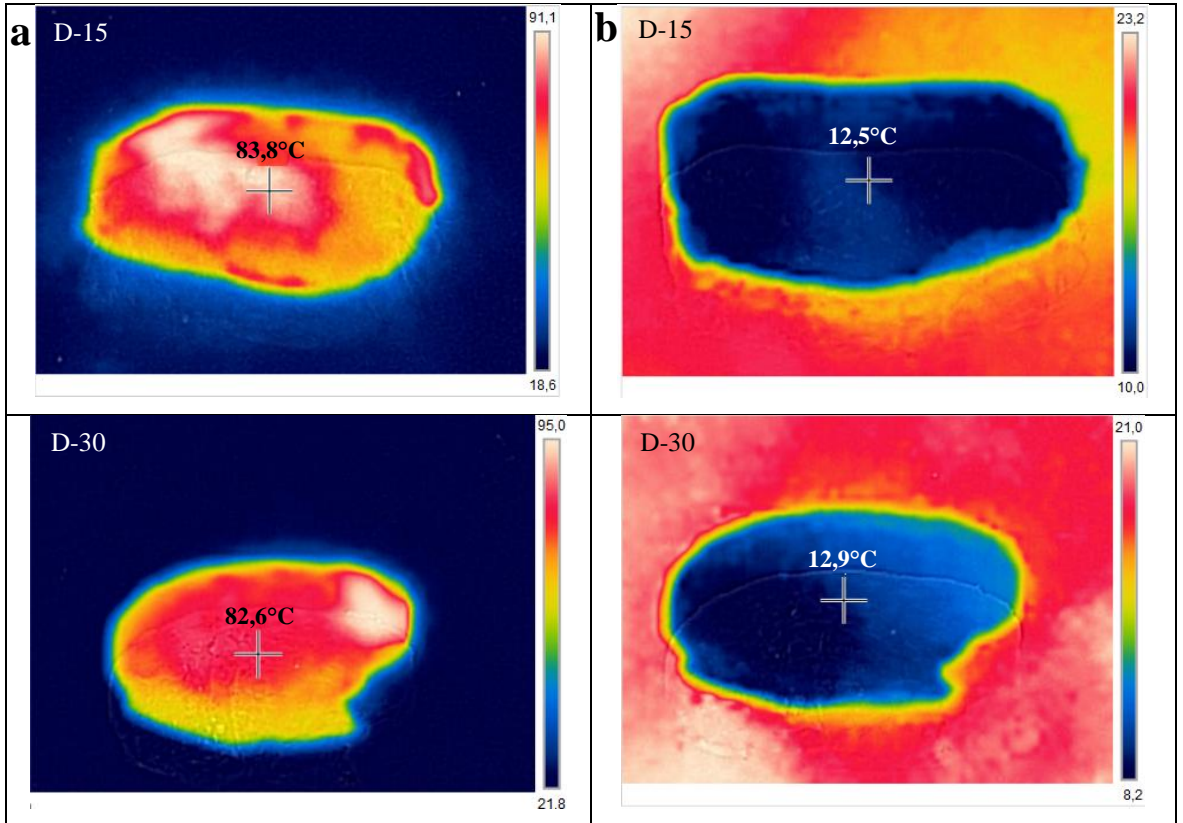
#### **4.5. Broyler Göğüs Etinin Sıcaklık Dağılımı Üzerine Ultras es Ön İşleminin Etkisi**

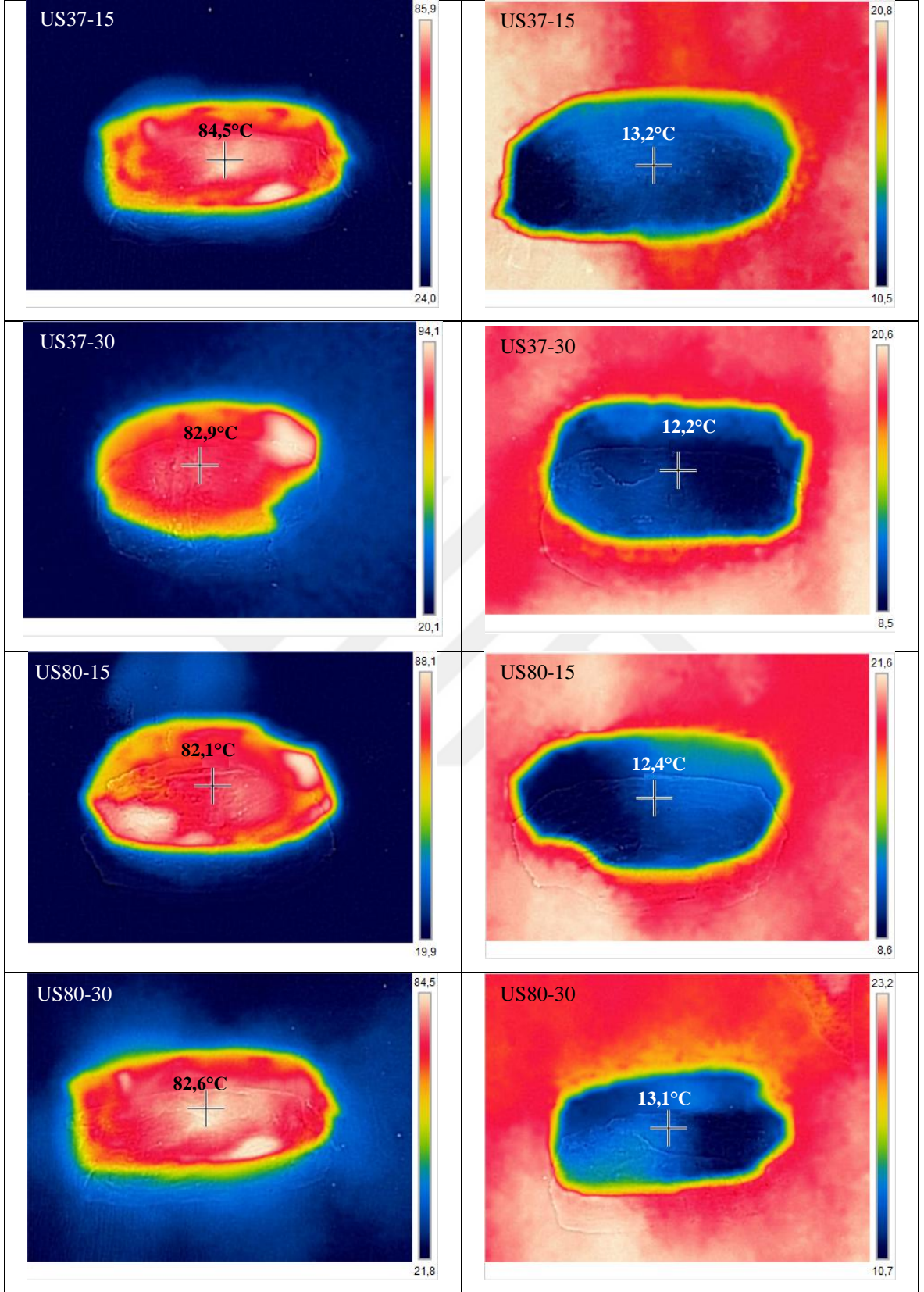
Bu çalışmada, vakum soğutma işlemi öncesinde ve sonrasında numune kesit ve yüzey sıcaklık dağılımlarının saptanabilmesi amacıyla broyler göğüs etlerinin termal kamera görüntüleri alınmış, sıcaklık dağılımları değerlendirilmiştir. Ölçümler sonucunda her iki muamele yöntemi için de çalışma koşullarındaki sıcaklık dağılımları yüzey ve kesit alanları için sırasıyla Şekil 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.





Şekil 4.9. Broylar göğüs etine ait A bölgesinin a) vakum soğutma işlemi öncesi b) vakum soğutma işlemi sonrası yüzeyine ait sıcaklık dağılımları (termal kamera görüntüleri)





**Şekil 4.10.** Broylar göğüs etine ait A bölgesinin **a)** vakum soğutma işlemi öncesi **b)** vakum soğutma işlemi sonrası merkezine ait sıcaklık dağılımları (termal kamera görüntüleri)

Şekil 4.9 incelendiğinde her iki muamele yöntemi için de pişirme ve soğutma işlemleri sonrasında yüzeyine ait sıcaklık dağılımlarının benzer olduğu saptanmış, göğüs eti yüzey sıcaklıklarının pişirme işlemi sonrasında 74,1-78,4°C aralığında, soğutma işlemi sonrasında ise 9,8-12,2°C aralığında olduğu görülmüştür. Şekil 4.10'da sunulan termal kamera görüntülerine göre pişirme işlemi sonrasında ultrases ön işlemine maruz bırakılan broyler göğüs eti numunelerinde sıcaklık dağılımlarının daldırma işlemine kıyasla daha homojen olduğu söylenebilir. Yine Şekil 4.10'a göre numune kesit alanlarına ait sıcaklıkların pişirme sonrasında 82,1-84,5°C aralığında, soğutma sonrası ise 12,2-13,2°C aralığında olduğu tespit edilmiştir. Pişmiş etin içerisindeki ısı iletimi nedeniyle, vakum soğutulması sonrasında merkez ile yüzey noktaları arasında sıcaklık farklılıklarının olduğu şekilde görülmektedir. Sun ve Wang (2000) benzer şekilde domuz etinin vakumla soğutulmasını gerçekleştirmiş, numunelerin yüzeyinden 20 ve 80 mm mesafelerde homojen sıcaklık dağılımları rapor etmişlerdir.

#### 4.6. Broiler göğüs Eti Örneklerinin Kül ve Nem İçerikleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi

Vakum soğutulmuş broiler göğüs etinin kuru madde ve kül içeriklerine ultrases ön işleminin etkisi A ve B bölgeleri için Tablo 4.7'de sunulmuştur.

**Tablo 4.7.** Ultrases ön işleminin broiler göğüs etinin A ve B bölgelerinin kuru madde ve kül değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	KM (%)	Kül içeriği (% , km bazında)
<b>A Bölgesi</b>			
Daldırma	15	38,83±2,05 <sup>BC</sup>	10,22±1,24 <sup>B</sup>
	30	37,61±0,51 <sup>C</sup>	11,31±1,06 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	38,88±1,12 <sup>ABC</sup>	10,43±0,41 <sup>AB</sup>
	30	40,19±1,32 <sup>AB</sup>	10,17±0,48 <sup>B</sup>
US (80 kHz)	15	38,72±2,73 <sup>BC</sup>	10,45±0,81 <sup>AB</sup>
	30	41,37±2,36 <sup>A</sup>	10,51±1,08 <sup>AB</sup>
<b>B Bölgesi</b>			
Daldırma	15	38,84±1,73 <sup>ABC</sup>	11,00±1,23 <sup>A</sup>
	30	37,21±0,82 <sup>CD</sup>	11,36±1,04 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	37,54±1,52 <sup>BCD</sup>	11,23±1,16 <sup>A</sup>
	30	39,35±1,38 <sup>AB</sup>	11,20±0,87 <sup>A</sup>
US (80 kHz)	15	37,00±1,63 <sup>D</sup>	10,93±1,35 <sup>AB</sup>
	30	39,64±1,85 <sup>A</sup>	9,63±0,63 <sup>B</sup>

<sup>A-D</sup>; Her bir bölge için, aynı sütundaki farklı harfler ilgili parametre için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir (p<0,05).



A ve B bölgesi için 80 kHz’de 30 dakika uygulanan ultrases ön işleminde örneklerin kuru madde içerikleri sırasıyla %41,37 ve 39,64 iken, 37 kHz’de 30 dakika uygulanan ultrases ön işleminin muamele süresi ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Jin (2007) tarafından yapılan çalışmada pişmiş sığır etinin vakum soğutulması sırasında nem içeriği %71’den %66’ya hızla düşmüştür. Örneklerin kül içerikleri kuru madde bazında %9,63-11,36 aralığında değişmiştir.

#### 4.7. Broyles göğüs Eti Örneklerinin pH ve Su Tutma Kapasitesi Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi

Ultrases ön işleminin broyles göğüs eti örneklerinin A ve B bölgelerindeki pH ve su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi Tablo 4.8’de sunulmuştur. Broyles göğüs etlerinin A ve B bölgesinde farklı muameleler ve muamele süreleri için pH değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık saptanmamıştır (Tablo 4.8) ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.8.** Ultrases ön işleminin broyles göğüs etinin A ve B bölgelerine ait pH ve su tutma kapasitesi değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele süresi (dakika)	pH	Su tutma kapasitesi (%)
<b>A Bölgesi</b>			
Daldırma	15	6,24±0,02 <sup>A</sup>	45,08±2,53 <sup>A</sup>
	30	6,27±0,06 <sup>A</sup>	44,27±3,19 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	6,22±0,05 <sup>A</sup>	22,55±2,65 <sup>B</sup>
	30	6,24±0,05 <sup>A</sup>	17,44±1,31 <sup>C</sup>
US (80 kHz)	15	6,24±0,03 <sup>A</sup>	16,64±2,10 <sup>C</sup>
	30	6,29±0,06 <sup>A</sup>	12,98±1,66 <sup>D</sup>
<b>B Bölgesi</b>			
Daldırma	15	6,25±0,07 <sup>A</sup>	36,65±2,63 <sup>A</sup>
	30	6,29±0,08 <sup>A</sup>	36,59±2,13 <sup>A</sup>
US (37 kHz)	15	6,24±0,04 <sup>A</sup>	5,95±3,44 <sup>B</sup>
	30	6,24±0,04 <sup>A</sup>	5,47±2,89 <sup>B</sup>
US (80 kHz)	15	6,28±0,04 <sup>A</sup>	6,58±3,79 <sup>B</sup>
	30	6,30±0,06 <sup>A</sup>	4,97±1,95 <sup>B</sup>

<sup>A-D</sup>; Her bir bölge için, aynı sütundaki farklı harfler ilgili parametre için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir ( $p<0,05$ ).

Her iki bölgede de pH değeri üzerine muamele, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkisi önemsizdir ( $p<0,05$ ). Su tutma kapasitesi sonuçları bakımından ise, her iki bölgede de daldırma uygulamasına maruz bırakılmış broyles göğüs eti örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). B bölgesinde ultrases ön işleminin frekans seviyesi ve muamele süresi su tutma kapasitesi değerini istatistiksel olarak etkilememiştir ( $p<0,05$ ). A bölgesinde ise en düşük su tutma kapasitesi değeri 80

kHz'de uygulanan ultrases ön işleminin 30 dakikasında (%12,98) saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Her iki bölgede de su tutma kapasitesi değeri üzerine muamele ve süre etkisi önemli iken ( $p<0,05$ ), muamele-süre interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Su tutma kapasitesi, gıda ürünlerin nemi veya diğer sıvıları tutma kabiliyetini tahmin etmede faydalı bir parametredir ve üretim sırasında kritik bir rolü bulunur aynı zamanda pH değerinin de fiziksel özellikleri (renk, su tutma kapasitesi gibi) etkilemesi ile birlikte mikrobiyolojik açıdan da önemi bulunmaktadır (Feng vd., 2014). Ultrases ön işleminin sonucu su tutma kapasitesindeki azalış ile soğutma kaybının artması sonucu sertliğin yüksek çıktığı düşünülmektedir.

#### 4.8. Broiler göğüs Eti Örneklerinin Duyusal Sertlik Değerleri Üzerine Ultrases Ön İşleminin Etkisi

Ultrases ön işleminin broiler göğüs eti örneklerinin A bölgesinin duyusal sertlik değerleri üzerine etkisi Tablo 4.9'da sunulmuştur.

**Tablo 4.9.** Ultrases ön işleminin broiler göğüs etinin A bölgesi duyusal sertlik değerleri üzerine etkisi (ortalama±standart sapma)

Muamele	Muamele Süresi (dakika)	Sertlik
Daldırma	15	8,66±0,87 <sup>BA</sup>
	30	8,41±0,80 <sup>B</sup>
US (37 kHz)	15	8,05±0,64 <sup>B</sup>
	30	9,33±0,96 <sup>A</sup>

<sup>A-B</sup>; aynı sütundaki farklı harfler ilgili parametre için örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı belirtmektedir ( $p<0,05$ )

Tablo 4.9'da yer alan duyusal skorlar incelendiğinde muamele ve muamele sürelerinin broiler göğüs eti örneklerinin A bölgesinde duyusal özellikleri üzerine etkisi saptanmıştır. 37 kHz'de 30 dakika uygulanan ultrases ön işleme maruz bırakılıp pişirilen ve vakum soğutulan örnekler için ortalama duyusal sertlik değeri 9,33 olarak belirlenmiştir. Bu değer, 37 kHz'de 15 dakika ultrases ön işlem uygulanan (8,05) ve 30 dakika daldırma uygulanmış numunelerden (8,41) daha yüksek olduğu ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Yeung ve Huang (2017)'nin domuz filetolarına uyguladıkları ultrases işleminin sonucunda sertlik değerleri işlem sonucunda azalmış, gevreklik ve genel beğeni için duyusal değerlendirme skorları artmıştır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada vakum soğutma yöntemi öncesinde farklı frekans ve sürelerde uygulanan ultrases ön işleminin broyler göğüs etinde uygulanabilirliği incelenmiş, bu amaçla işlem parametreleri, fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri daldırma muamelesine tabi tutulan numuneler ile kıyaslanmıştır.

Ultrases ön işlemleri ile daldırma işlemi uygulanan broyler göğüs eti numunelerinde pH değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz iken su tutma kapasitesi değerleri ultrases ön işlemleri için daldırma muamelesine göre daha düşük saptanmış, fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Kuru madde analizi sonuçlarına göre hem A hem de B bölgeleri için 80 kHz'de 30 dakika uygulanan ultrases ön işlemleri için en yüksek değerler saptanmış olup, 37 kHz'de uygulanan ultrases ön işleminin 30 dakika muamele süresi ile aradaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ).

Soğutma sürelerine ait sonuçlar incelendiğinde muamele, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuş ( $p < 0,05$ ), en kısa soğutma süresi A bölgesine 37 kHz frekansta 30 dakika uygulanan ultrases ön işlemleri için saptanmış (763,33 saniye), aynı muamele süresine sahip daldırma grubuna göre soğutma süresi %22 kısaltılmıştır ( $p < 0,05$ ). B bölgesinde de en kısa soğutma süresi 37 kHz frekansta 30 dakika uygulanan ultrases ön işlemleri için (876,67 saniye) bulunmuş olup fark daldırma numunelerine göre önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

Soğutma kaybı değeri üzerine A bölgesinde muamelenin etkisi önemli iken, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur ( $p > 0,05$ ). B bölgesinde ise muamele, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ( $p < 0,05$ ), her iki bölgede de soğutma kaybı değerleri ultrases ön işlemleri ile artış göstermiştir.

Pişirme kaybı değerleri incelendiğinde, daldırma numunelerine kıyasla ultrases ön işlemleri ile genel olarak azalmıştır. Pişirme kaybı değerleri üzerine A ve B bölgelerinde muamele ve sürenin etkisi önemli iken ( $p < 0,05$ ), muamele-süre interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p > 0,05$ ).

Sertlik değerleri üzerine A ve B bölgelerinde muamele, süre ve muamele-süre interaksiyonunun etkileri önemli bulunmuştur. Her iki bölgede de farklı frekans seviyelerinde uygulanan ultrases ön işleminin 30 dakika muamele süresi sertlik değerini daldırma grubuna göre arttırmış; 15 dakika muamele süresi ise daldırma grubuna göre sertlik değerini azaltmıştır ( $p < 0,05$ ). Her iki frekans değerinde de 30 dakika muamele

süresine ait sertlik değerleri 15 dakika muamele süresine ait sertlik değerinden önemli derecede yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Duyusal sertlik sonuçları incelendiğinde, A bölgesine ait en yüksek değer 37 kHz frekansta 30 dakika uygulanan ultrases ön işlemi için saptanmış (9,33); 15 dakika muamele süresi sonucu saptanan sertlik değeri ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Renk açısından değerlendirme yapıldığında, kırmızılık değeri genel olarak ultrases ön işlemi ile artmış, her iki bölgede de 80 kHz ultrases ön işlemi uygulamasının 30 dakika muamele süresinde en yüksek değerlere sahip olmuştur ( $p<0,05$ ). A ve B bölgelerinin toplam kroma farkı ( $\Delta C$ ) değerlerinde muamele ve muamele süreleri arasında önemli bir farklılık saptanmamış ( $p>0,05$ ), diğer renk değerleri arasında interaksiyonlar gözlemlenmiştir.

Termal kamera görüntüleri incelendiğinde pişirme ve soğutma aşamaları sonrasında ultrases ön işlemine maruz bırakılan broyler göğüs eti numunelerinin kesitindeki sıcaklık dağılımlarının daldırma işlemine kıyasla daha homojen olduğu, yüzey sıcaklıklarında ise her iki muamele için de benzer sonuçlar olduğu söylenebilir.

Sonuçlar, pişmiş broyler göğüs etinin soğutulmasında ultrases ön işlemi kullanımının numunelerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerinde önemli değişimlere neden olduğunu göstermiştir. Ultrasesin vakum soğutma tekniği öncesinde ön işlem olarak kullanımı, daha yüksek soğutma hızları elde etmeyi olanaklı kılmaktadır. Ultrases ön işleminin daha düşük pişirme kayıplarının ve daha yüksek soğuma hızlarının eldesi açısından vakum soğutma öncesi kullanılacak etkili bir ön işlem olacağı düşünülmektedir. Broyleler göğüs etinin vakum soğutulması işleminde ultrases ön işleminin 37 kHz frekansta uygulanması soğutma hızı açısından daha etkin olmasından dolayı önerilmektedir. Çiğ haldeki ürünlere uygulanabilecek ultrases ön işleminin, pişmiş etlerin vakum soğutulması sırasında kullanım olanakları bu çalışmayla ortaya koyulmuş olup, endüstriyel uygulamalarda pişmiş etlerin kalite özelliklerinin korunması, geliştirilmesi ve/veya iyileştirilmesi üzerine etkisinin belirlenmesi için farklı boyut ve türde etler üzerinde detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

- Abdullah, B., Al-Najdawi, R., 2005. Functional and sensory properties of chicken meat from spent-hen carcasses deboned manually or mechanically in Jordan. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 537-543.
- Anar, Ş., 2012. *Et ve Et Ürünleri Teknolojisi*, Dora Yayınları, Bursa, 61 - 66 s.
- Anıl, N., Doğruer, Y., Gürbüz, U., 1995. Tavuk Etinin Beslenmedeki Yeri ve Önemi, VI. *Hayvancılık ve Beslenme Sempozyumu, Tavuk Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Bildiriler Kitabı*, Konya, 167 - 174.
- Aral, Y., Aydın, E., Demir, P., Akin, A.C., Cevger, Y., Kuyululu, Ç.Y.K., Arikan, M.S., 2013. Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara Province, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37(5), 582 - 587.
- Barbut, S., 2002. *Poultry Products Processing: An Industry Guide*. CRC Press, New York.
- Bendall, J.R., Restall, D.J., 1983. The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef *M. psoas* and *M. sternomandibularis* muscles at varying heating rates and temperatures. *Meat Science*, 8(2), 93 - 117.
- Bender, A.E., 1992. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. *FAO Food and Nutrition Paper*, 53, 1 - 91.
- Boistier-Marquis, E., Lagsir-Oulahal, N., Callard, M., 1999. Applications des ultrasons de puissances en industries alimentaires. *Industries Alimentaires et Agricoles*, 116, 23 - 31.
- Califano, A.N., Berlota, N.C., Bevilacqua, A.E., Zaritzky, N.E., 1997. Effect of processing conditions on the hardness of cooked beef. *Journal of Food Engineering*, 24(1), 41 - 54.
- Cavalheiro, D., Schmidt, F.C., Rodrigues, L.G.G., Siga, C., Leitempergher, F., Laurindo, J. B., 2013. Processing of perna perna mussels using integrated process of cooking and vacuum cooling. *Journal of Food Process Engineering*, 36(2), 192 - 201.
- Chang H.J., Xu X.L., Zhou G.H., Li C.B., Huang M., 2012. Effects of characteristics changes of collagen on meat physicochemical properties of beef semitendinosus muscle during ultrasonic processing. *Food Bioprocess Technology*, 5, 285 - 297.
- Chemat, F., Khan, M.K., 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813 - 835.
- Cheng, Q.F., Sun, D.W., 2006a. Feasibility assessment of vacuum cooling of cooked pork ham with water compared to that without water and with air blast cooling. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 938 - 945.

- Cheng, Q.F., Sun, D.W., 2006b. Improving the quality of pork ham by pulsed vacuum cooling in water. *Journal of Food Process Engineering*, 29, 119 - 133.
- Cheng, Q., Sun, D. W., 2007b. Effect of cooking bag and netting packaging on the quality of pork ham during water cooking. *Meat Science*, 75, 243 - 247.
- Cheng, Q., Sun, W., 2007a. Effects of combined water cooking–vacuum cooling with water on processing time, mass loss and quality of large pork ham. *Journal of Food Process Engineering*, 30, 51 - 73.
- Demby, J.H., Cunningham, F.E., 1980. Factors affecting composition of chicken meat. A literature review. *World's Poultry Science Journal*, 36(1), 25 - 67.
- Desmond, E.M., Kenny, T.A., Ward, P., Sun, D.W., 2000. Effect of rapid and conventional cooling methods on the quality of cooked ham joints. *Meat Science*, 56, 271 - 277.
- Dickens, J.A., Lyon, C.E., Wilson, R.L., 1991. Effect of ultrasonic radiation on some physical characteristics of broiler breast muscle and cooked meat. *Poultry Science*, 70(2), 389 - 396.
- Dinçer, İ., 2003. *Refrigeration systems and applications*, Second Edition. John Wiley & Sons, İngiltere, 582 s.
- Dolatowski Z.J., Stadnik J., Stasiak D., 2007. Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6, 88 - 99.
- Dölekoğlu, C.Ö., Yurdakul, O., 2004. Adana ilinde hane halkının beslenme düzeyleri ve etkili faktörlerin logit analizi ile belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(8).
- Dong, X., Chen, H., Liu, Y., Dai, R., Li, X., 2012. Feasibility assessment of vacuum cooling followed by immersion vacuum cooling on water-cooked pork. *Meat Science*, 90(1), 199 - 203.
- Dossat, R.J., 1991. *Principles of Refrigeration*, Third Edition. Prentice Hall, London.
- Drummond, L., Sun, D.W., 2008, Immersion vacuum cooling of cooked beef–safety and process considerations regarding beef joint size. *Meat Science*, 80, 738 - 743.
- Drummond, L., Sun, D.W., Vila, C.T., Scannell, A.G., 2009. Application of immersion vacuum cooling to water-cooked beef joints-Quality and safety assessment. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 332 - 337.
- Ergezer, H., 2005. Değişik Yöntemlerle Marine Edilmiş Kanatlı Etlerinin Kimyasal, Mikrobiyolojik, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye.
- Feng, C., Drummond, L., Zhang, Z., Sun, D. W., Wang, Q., 2012. Vacuum cooling of meat products: current state-of-the-art research advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(11), 1024 - 1038.

- Feng, C.H., Drummond, L., Zhang, Z.H., Sun, D.W., 2014. Evaluation of innovative immersion vacuum cooling with different pressure reduction rates and agitation for cooked sausages stuffed in natural or artificial casing. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 77 - 85.
- Feng, C.H., García Martín, J.F., Li, C., Liu, B.L., Song, X.Y., Dong, Q.L., Wang, W., Yang, Y., 2016. Evaluation of physicochemical properties and microbial attributes of cooked sausages stuffed in casing modified by surfactants and lactic acid after immersion vacuum cooling and long- term storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2270 - 2279.
- Feng, C.H., Sun, D.W., 2014. Optimisation of immersion vacuum cooling operation and quality of Irish cooked sausages by using response surface methodology. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(8), 1850 - 1858.
- Güler, H.Ö., 2019. Kişisel Arşiv: Broylar Göğüs Etinin Trimlenmesi.
- Haughton, P.N., Lyng, J.G., Morgan, D.J., Cronin, D.A., Noci, F., Fanning, S., Whyte, P., 2012. An evaluation of the potential of high-intensity ultrasound for improving the microbial safety of poultry. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 992 - 998.
- Henglein, A., 1987. Sonochemistry: historical developments and modern aspects. *Ultrasonics*, 25, 6 - 17.
- Houska, M., Landfeld, A., Sun, D.W., 2005. Eating quality enhancement of cooked pork and beef by ripening in brine and vacuum cooling. *Journal of Food Engineering*, 68, 357 - 362.
- Houska, M., Sun, D.W., Landfeld, A., Zhang, Z.H., 2003. Experimental study of vacuum cooling of cooked beef in soup. *Journal of Food Engineering*, 59, 105 - 110.
- Huber, E., Laurindo, J.B., 2005. Weight loss of precooked chicken breast cooled by vacuum application. *Journal of Food Process Engineering*, 28, 299 - 312.
- Huber, E., Soares, L.P., Carciofi, B.A.M., Hense, H., Laurindo, J.B., 2006. Vacuum cooling of cooked mussels (*Perna perna*). *Food Science and Technology International*, 12(1), 19 - 25.
- Jackman, P., Sun, D.W., Zheng, L.Y., 2007. Effect of combined vacuum cooling and air blast cooling on processing time and cooling loss of large cooked beef joints. *Journal of Food Engineering*, 81, 266 - 271.
- Jayasooriya, S.D., Bhandari, B.R., Torley, P., D'arcy, B.R., 2004. Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: a review. *International Journal of Food Properties*, 7(2), 301 - 319.
- Jensen, J.F., 1982. Quality of Poultry Meat-an Issue of Growing Importance. *World's Poultry Science Journal*, 38(2), 105 - 113.
- Jin, T.X., 2007. Experimental investigation of the temperature variation in the vacuum chamber during vacuum cooling. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 333 - 339.

- Jin, T.X., Xu, L., 2006. Development and validation of moisture movement model for vacuum cooling of cooked meat. *Journal of Food Engineering*, 75, 333 - 339.
- Karakaya, M., Sariçoban, C., Yılmaz, M.T., 2006. The effect of mutton, goat, beef and rabbit-meat species and state of rigor on some technological parameters. *Journal of Muscle Foods*, 17, 56 - 64
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D.U., 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261 - 266.
- Kordowska-Wiater, M., Stasiak, D.M., 2011. Effect of ultrasound on survival of gramnegative bacteria on chicken skin surface. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 55, 207 - 210.
- Legay, M., Gondrexon, N., Le Person, S., Boldo, P., Bontemps, A., 2011. Enhancement of heat transfer by ultrasound: review and recent advances. *International Journal of Chemical Engineering*.
- Lehman, J.F., A.W. Guy, 1973. *Ultrasound Therapy: Interaction of Ultrasound and Biological Tissues*, Department of Health, Education and Welfare Publication, Washington, DC, 141 - 152 s.
- Leong, T., Ashokkumar, M., Kentish, S., 2011. The fundamentals of power ultrasound-a review. *Acoustics Australia*, 39(2), 54 - 63
- Li, B., Sun, D.W., 2002a. Effect of power ultrasound on freezing rate during immersion freezing of potatoes. *Journal of Food Engineering*, 55, 277 - 282.
- Li, B., Sun, D.W., 2002b. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods-a review. *Journal of Food Engineering*, 54, 175 - 182.
- Li, K., Kang, Z.L., Zou, Y.F., Xu, X.L., Zhou, G.H., 2015. Effect of ultrasound treatment on functional properties of reduced-salt chicken breast meat batter. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2622 - 2633.
- McDonald, K., Sun, D.W., 2000. Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review. *Journal of Food Engineering*, 45, 55 - 65.
- McDonald, K., Sun, D.W., 2001a. The formation of pores and their effects in a cooked beef product on the efficiency of vacuum cooling. *Journal of Food Engineering*, 47, 175 - 183.
- McDonald, K., Sun, D.W., 2001b. Pore size distribution and structure of a cooked beef product as affected by vacuum cooling. *Journal of Food Engineering*, 24, 381 - 403.
- McDonald, K., Sun, D.W., 2001c. Effect of evacuation rate on the vacuum cooling process of a cooked beef product. *Journal of Food Engineering*, 48(3), 195 - 202.
- McDonald, K., Sun, D.W., Kenny, T., 2000. Comparison of the quality of cooked beef products cooled by vacuum cooling and by conventional cooling. *LWT-Food Science and Technology*, 33(1), 21 - 29.



- McDonnell, C.K., Allen, P., Morin, C., Lyng, J.G., 2014. The effect of ultrasonic salting on protein and water-protein interactions in meat. *Food Chemistry*, 147, 245 - 251.
- Mulet, A., Cárcel, J.A., Sanjuan, N., Bon, J., 2003. New food drying technologies-Use of ultrasound. *Food Science and Technology International*, 9(3), 215 - 221.
- Muñoz, A.M., 1986. Development and application of texture reference scales. *Journal of Sensory Studies*, 1(1), 55 - 83.
- Mutlu Öztürk, H., 2011. Gıda Ürünlerinin Vakum Soğutma ve Klasik Soğutma Yöntemleri ile Soğutulmasının Karşılaştırılması, Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Norton, T., Sun, D.W., 2008. Recent advance in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 2 - 34.
- Ojha, K.S., Keenan, D.F., Bright, A., Kerry, J.P., Tiwari, B.K., 2016. Ultrasound assisted diffusion of sodium salt replacer and effect on physicochemical properties of pork meat. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(1), 37 - 45.
- Öztan, A., 2003. *Et bilimi ve teknolojisi*, TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, Ankara.
- Patsias, A., Badeka, A.V., Savvaidis, I.N., Kontaminas, M.G., 2008. Combined effect of freeze chilling and MAP on quality parameters of raw chicken fillets. *Food Microbiology*, 25, 575 - 581.
- Pohlman, F.W., Dikeman, M.E., Zayas, J.F., 1997. The effect of low intensity ultrasound treatment on shear properties, color stability and shelf-life of vacuum packaged beef semitendinosus and biceps femoris muscles. *Meat Science*, 45, 329 - 337.
- Povey, M.J.W., 1998. *Rapid Determination of Food Material Properties*, Blackie Academic & Professional, London, 30 - 41 s.
- Povey, M.J.W., McClements, D.J., 1988. Ultrasonics in food engineering. Part 1: introduction and experimental methods. *Journal of Food Engineering*, 8, 217 - 245.
- Rogowski, B., 1980. Meat in human nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 34, 46 - 101.
- Schmidt, F.C., Aragão, G.M.F., Laurindo, J.B., 2010. Integrated cooking and vacuum cooling of chicken breast cuts in a single vessel. *Journal of Food Engineering*, 100(2), 219 - 224.
- Schmidt, F.C., Laurindo, J.B., 2014. Alternative processing strategies to reduce the weight loss of cooked chicken breast fillets subjected to vacuum cooling. *Journal of Food Engineering*, 128, 10 - 16.
- Siro, I., Ven, Cs., Balla, Cs., Jonas, 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, 353 - 362.

- Smith, N.B., Cannon, J.E., Novakofski, J.E., McKeith, F.K., O'Brien Jr., W.D., 1991. Tenderization of Semitendinosus Muscle Using High Intensity Ultrasound, *Ultrasonics Symposium*, USA, 1371 - 1374.
- Smith, 2011. Effect of ultrasonic marination on broiler breast meat quality and *Salmonella* contamination. *International Journal of Poultry Science*, 10(10), 757 - 759.
- Song, X.Y., Guo, Z.Y., Liu, B.L., Jaganathan, G.K., 2018. Evaluation of Bubbling Vacuum Cooling for the Small-Size Cooked Pork. *Food and Bioprocess Technology*, 1 - 8.
- Soria, A.C., Villamiel, M., 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 21(7), 323 - 331.
- Stadnik, J., Dolatowski, Z.J., Baranowska, H.M., 2008. Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (m. semimembranosus) during ageing. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 2151 - 2158.
- Sun, D.W., Wang, L., 2000. Heat transfer characteristics of cooked meats using different cooling methods. *International Journal of Refrigeration*, 23, 508 - 516.
- Sun, D.W., Wang, L., 2004. Experimental investigation of performance of vacuum cooling for commercial large cooked meat joints. *Journal of Food Engineering*, 61(4), 527 - 532.
- Sun, D.W., Wang, L., 2006. Development of a mathematical model for vacuum cooling of cooked meats. *Journal of Food Engineering*, 77, 379 - 385.
- Sun, D.W., Wang, L.J., 2001. *Advances in Food Refrigeration: Vacuum Cooling.*, Leatherhead Publishing, UK, 263 - 303 s.
- Sun, D.W., Zheng, L., 2006. Vacuum cooling technology for the agri-food industry: Past, present and future. *Journal of Food Engineering*, 77(2), 203 - 214.
- Suslow, T., 2000. *Postharvest Handling for Organic Crops Division of Agriculture and Natural Resources*, UC ANR Publication, California.
- Tarrant, P.V., 1998. Some recent advances and future properties in research for the meat industry. *Meat Science*, 49, 1 - 16.
- TÜİK, 2019. *Hayvancılık Üretim İstatistikleri*, Türkiye İstatistik Kurumu, <https://www.turkiye.gov.tr/turkiye-istatistik-kurumu-baskanligi-tuik> (26.05.2019)
- Wang, L.J., Sun, D.W., 2001. Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology. *Trends in Food Science and Technology*, 12, 174 - 184.
- Wang, L.J., Sun, D.W., 2002b. Experimental evaluation of the performance of vacuum cooling method for large cooked meat joints. *Journal of Food Process Engineering*, 25, 455 - 471.

- Wang, L., Sun, D.W., 2002a. Modelling vacuum cooling process of cooked meat-part 2: mass and heat transfer of cooked meat under vacuum pressure. *International Journal of Refrigeration*, 25, 862 - 871.
- Wang, L.J., Sun, D.W., 2003. Effect of operating conditions of a vacuum cooler on cooling performance for large cooked meat joints. *Journal of Food Engineering*, 61(2), 231 - 240.
- Xiong, G.Y., Zhang, L.L., Zhang, W., Wu, J., 2012. Influence of ultrasound and proteolytic enzyme inhibitors on muscle degradation, tenderness, and cooking loss of hens during aging. *Czech Journal of Food Science*, 30, 195 - 205.
- Yeung, C.K., Huang, S.C., 2017. Effects of ultrasound pretreatment and ageing processing on quality and tenderness of pork loin. *Journal of Food and Nutrition Research*, 5(11), 809 - 816.
- Zhang, Z., Sun, D.W., 2005. Modelling of Three-Dimensional Heat and Mass Transfer During Vacuum Cooling of Cooked Diced Beefs, *III International Symposium on Applications of Modelling as an Innovative Technology in the Agri-Food Chain*, Spain, 199 - 204.
- Zheng, L.Y., Sun, D.W., 2004. Vacuum cooling for the food industry—a review of recent research advances. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 555 - 568.
- Zheng, L., Sun D.W., 2006. Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes—a review. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 16 - 23.
- Zheng, L.Y., Sun, D.W., 2005. *Emerging Technologies for Food Processing: Vacuum cooling of foods*, Elsevier Academic Press, UK, 579 - 598 s.

## EKLER

EK-1

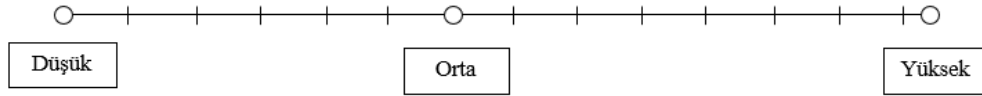
Panelist Numarası:.....

### BROYLER GÖĞÜS ETİ DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

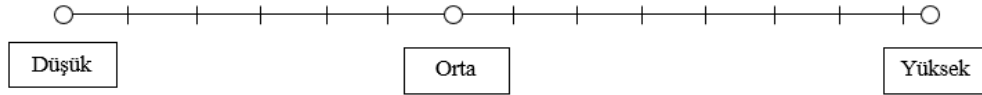
Sayın Panelist,

Size, toplamda 4 (dört) adet vakum soğutulmuş broyler göğüs eti örneği sunulacaktır. Örneklerin tadına bakmadan önce ağızınıza bir miktar tuzsuz ekmek alıp, su içiniz. Örneklerin tadına baktıktan sonra, sertlik skorunuzu aşağıdaki skalada uygun gördüğünüz kısma ÇENTİK (☒) atarak belirtiniz. Örnekler arasında bir parça ekmek ile birlikte biraz su içiniz. Dilerseniz örnekleri tekrar test edebilirsiniz. Katılımınız için teşekkür ederiz.

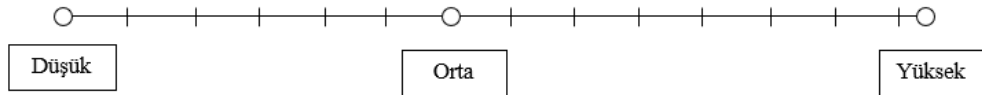
ÖRNEK NUMARASI: ...



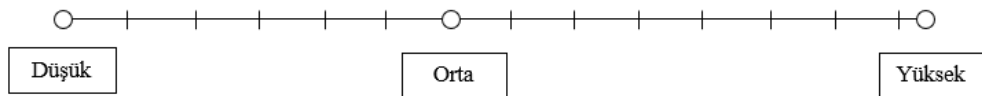
ÖRNEK NUMARASI: ...



ÖRNEK NUMARASI: ...



ÖRNEK NUMARASI: ...



## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hande Özge GÜLER  
Doğum Yeri ve Yılı : 17/01/1993, Sivas



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Ayvalık Anadolu Lisesi	2008-2011
Lisans : Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2011-2016

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (Araştırma Görevlisi)	2017-Halen

### Yayımları (SCI ve diğer makaleler, kitap bölümü ve bildiriler)

- 1- Güler, H.Ö., Yılmaz, Y., Tanrikulu, H.E., Göç, F., Yıldırım, D., Gürsoy, O., 2018. Ultrasonikasyon İşleminin Partiküllü İçeceklerin Çözünürlükleri Üzerine Etkisi. Mühendislik Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar-2018 (Current Academic Studies in Engineering Sciences-2018). Cilt/Volume 1, Editörler: S. Salman, D. Kavak, A. Kılıçer, ISBN: 978-9940-540-50-0, IVPE Publishing, Cetinje, Montenegro, pp. 543-552.
- 2-Güler, H.Ö., Yılmaz, Y., Gürsoy, O., 2018. Vakum Soğutma İşleminin Et Teknolojisinde Kullanımı. Mühendislik Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar-2018 (Current Academic Studies in Engineering Sciences-2018). Cilt/Volume 1, Editörler: S. Salman, D. Kavak, A. Kılıçer, ISBN: 978-9940-540-50-0, IVPE Publishing, Cetinje, Montenegro, pp. 531-542.
- 3-Katırcı, N., Işık, N., Güpür, Ç., Guler, H.O., Gürsoy, O., Yılmaz, Y., 2018, Differences in antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of commercial and homemade tomato pastes, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences (In Press).
- 4-Pekdoğan Göztek, S., Güler, H. Ö., Kaya, O., İçier, F., 2017, Gıdaların Kurutma Sürelerinin Paket Program Yardımı ile Öngörülmesi, V. Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, izmir, Türkiye.
- 5-Güler, H.O., Tuncer, A.D., Şirin, C., Usta, H., 2019, Effect of Forced Convection Drying on The Thin Layer Characteristics of ‘Deveci’ Pear (*Pyrus Communis L.*), 3. International

Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences (ICAFOP 2019).

6-Güler, H.O., Yılmaz, Y., Gürsoy, O., 2019, Effect of Different Cooking Methods on Textural, Sensorial and Color Properties of Commercial Chicken Nuggets, 5th International Poultry Meat Congress (UBEK2019), 24-28 April 2019, Antalya, Turkey.

7-Kuleaşan, Ş, Güler, H. Ö., Bedel, H., 2018 Vegetable Sources of Omega 3,1st International Health Science and Life Congress, Burdur, Türkiye.

8-Kuleaşan, Ş, Güler, H. Ö., 2018, Single Cell Oil: Health Benefits and Nutrition, 1st International Health Science and Life Congress, Burdur, Türkiye.

9-Kuleaşan, Ş, Güler, H. Ö., 2018, Single Cell Oil: Biosynthesis, Production Economics and Uses, 2nd International Tourism and Microbial Food Safety Congress, Antalya, Türkiye.

10-Pekdoğan Göztek, S, Güler, H. Ö., Kaya, O., Çevik, M., Sabancı, S., Çokgezme, Ö. F., İçier, F., 2017, Evaluation of the Quality Properties of Mint Samples Dried at Different Temperatures in Carbon Fiber Assisted Cabin Dryer, 1st International Congress on Medical and Aromatic Plants, Konya, Türkiye.

11-Kuleaşan, Ş., Demirok, H., Güler, H. Ö., Çınar, A., 2017, Effect of Ultrasound Assisted Alkali Neutralization Process on Fatty Acid Profile of Soybean Oil, 2nd International Tourism and Microbial Food Safety Congress, Antalya, Türkiye.

12-Güler, H. Ö., 2017, Farklı Sıcaklık Uygulamaları ve Su İçeriği Bileşimlerinin Gıdalarda Isıl İletkenlik Üzerine Etkileri, 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017), Adana, Türkiye.