

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MARİNE EDİLMİŞ TAVUK ETİ ÖRNEKLERİNİN YENİLİKÇİ
PIŞIRME TEKNİKLERİ İLE PIŞIRILMESİ VE BAZI KALİTE
ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasibe ZORLU COŞKUN

**Enstitü Anabilim Dalı : GASTRONOMİ VE MUTFAK
SANATLARI**
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hamza BOZKIR

Haziran 2025

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MARİNE EDİLMİŞ TAVUK ETİ ÖRNEKLERİNİN YENİLİKÇİ
PIŞİRME TEKNİKLERİ İLE PIŞİRİLMESİ VE BAZI KALİTE
ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasibe ZORLU COŞKUN

Enstitü Anabilim Dalı : GASTRONOMİ VE MUTFAK
SANATLARI

Bu tez 23/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Doç. Dr. Hamza BOZKIR	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Gülçin ÖZBAY	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Mutlu ÇEVİK	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim

Hasibe ZORLU COŞKUN

23/06/2025

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Hamza BOZKIR'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Pamukova Meslek Yüksekokulu'nun Değerli akademisyenlerine ve çalışmam boyunca beni destekleyen, yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Emine Hülya İlkay'a, Gözde Özen Işık' a, manevi destekleri için dostum İlayda Büşra Ersoy'a, biricik kuzenim Merve Irmak Kaya'ya ve Değerli Hocam Gaye Sakızlıgil'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca manevi destekleriyle yanımda olan her zaman benim için bir hocadan fazlası olan Doç. Dr Gülçin Özbay'a teşekkürlerimi sunarım.

İş hayatımda, gerek ders dönemi gerekse tez döneminde bana esneklik sağlayıp süreçte tezime odaklanmama teşvik ettiği için sevgili patronum Şevval Fatoş Yakut'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecim boyunca maddi manevi destekleriyle yanımda olan canım eşim, yol arkadaşım Ali Coşkun'a, varlıklarıyla bana güç veren babam M. Emin Zorlu, ablam Zeynep Öğütlüoğlu ve abim Enis Zorlu'ya teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca desteğini hiç esirgemeyen, hasta yatatağında bile beni motive eden ve her zaman bana dik durmayı öğreten çok sevdiğim ve çok özlediğim merhum annem Fatma Zorlu'ya teşekkürlerimi sunar ve hayattaki tüm başarılarımı ona ithaf ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
SİMGELER	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Araştırma Kapsamı ve Önemi	1
1.2. Araştırmanın Amacı	2
1.3. Araştırmanın Sınırlılıkları	3

BÖLÜM 2.

LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. Tavuk Etinin Gastronomide ve Beslenmedeki Önemi	5
2.1.1. Tavuk etinin gastronomideki önemi	5
2.1.2. Tavuk etinin besinsel değeri ve sağlık açısından önemi	6
2.1.3. Tavuk etinin kalitesini etkileyen etmenler ve muhafazasının önemi	8
2.1.4. Tavuk eti marinasyonun önemi ve marinasyon metodları	12
2.2. Pişirme Tekniklerinin Et Kalitesi Üzerine Etkisi	14
2.2.1. Geleneksel pişirme teknikleri	16
2.2.2. Yenilikçi pişirme teknikleri	18

BÖLÜM 3.

MATERYAL METOD	23
3.1. Materyal.....	23
3.2. Yöntem	24
3.3. Analiz Teknikleri.....	28

3.3.1. Marinat absorpsiyonu	28
3.3.2. Harcanan enerji ve pişirme işlem süreleri	29
3.3.3. Nem tayini	30
3.3.4. pH	31
3.3.5. Titrasyon asitliği	31
3.3.6. Yağ içeriği	32
3.3.7. Protein analizi	33
3.3.8. Tuz analizi	37
3.3.9. Pişirme kaybı (Pişirme verimi)	38
3.3.10. Tekstür profil analizi	38
3.3.11. Renk analizi	38
3.3.12. Duyusal analiz	39
3.3.13. İstatiksel analiz	40

BÖLÜM 4.

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tavuk Etine Uygulanan Analiz Sonuçları	41
4.1.1. Marinat absorpsiyonu sonuçları	41
4.1.2. Pişirme işlem süreleri ve sıcaklık ilişkisi	42
4.1.3. Harcanan enerji değerleri sonuçları	45
4.1.4. Nem analizi sonuçları	46
4.1.5. pH içeriği sonuçları	48
4.1.6. Titrasyon asitliği sonuçları	49
4.1.7. Yağ analizi sonuçları	50
4.1.8. Protein tayini sonuçları	51
4.1.9. Tuz tayini sonuçları	53
4.1.10. Pişirme kaybı (pişirme verimi) sonuçları	54
4.1.11. Tekstür analizi sonuçları	56
4.1.12. Renk analizi sonuçları	58
4.1.13. Duyusal analiz sonuçları	61

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar	64
5.2. Öneriler	67

KAYNAKLAR

KISALTMALAR

HAA	: Heterosiklik aromatik aminler
HM	: Hammadde
m	: Örnek miktarı (g)
m1	: 1. Kuru madde kabının boş ağırlığı + Ürün ağırlığı
m2	: 2. Kuru madde kabının boş ağırlığı + Ürün ağırlığı
m3	: Son tartım (İçinde tavuk fileto örneği bulunan kurutma kabı ve ürünün kurutma işleminden sonraki ağırlığı)
OH	: Ohmik ısıtma
OH 12 V/cm	: Ohmik 60 V
OH 14 V/cm	: Ohmik 70 V
OH 16 V/cm	: Ohmik 80 V
PAH	: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
SV	: Sous Vide
ST	: Son Tartım
TV	: Tavada ızgara

SİMGELER

A	: Amper
a*	: Kırmızılık – yeşillik
b*	: Sarılık-mavilik
Cm	: Santimetre
°C	: Santigrat
dk	: Dakika
ΔE	: Toplam renk farkı değeri
g	: Gram
Hue	: Renk özü
kg	: Kilogram
kkal	: Kilo kalori
KM	: Kuru madde
L*	: Parlaklık – koyuluk
M	: Metre
mg	: Miligram
mgc	: Mikrogram
N	: Newton
pH	: Hidrojen iyon konsantrasyonu
SR	: Serbest radikaller
s	: Saniye
V	: Volt
%	: Yüzde
W	: Watt
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
NaOH	: Sodyum hidroksit
AgNO ₃	: Gümüş Nitrat

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1: Çiğ tavuk etinin içerdiği enerji ve besin öğeleri miktarı/100 g (McCance ve Widdowson, 1998).	7
Tablo 2.2: Türkiye kişi başına kanatlı eti tüketimi (Kg, TÜİK, DTM.....	8
Tablo 2.3: Farklı pişirme teknikleri ile tavuk etinde oluşan HAA düzeyleri (ng/ 100 gr, Iwasaki et al, 2010).....	17
Tablo 3.1: Marinasyon formülasyonu (1.500 gr tavuk filetosu için)	24
Tablo 4.1: Marinat absorpsiyon sonuçları.....	41
Tablo 4.2: Pişirme işlem süreleri	42
Tablo 4.3: Harcanan enerji değerleri.....	45
Tablo 4.4: Nem içeriği analiz sonuçları	46
Tablo 4.5: pH içeriği analizi sonuçları.....	48
Tablo 4.6: Titrasyon asitliği sonuçları.....	49
Tablo 4.7: Yağ içeriği analizi sonuçları	50
Tablo 4.8: Protein içeriği analizi sonuçları	51
Tablo 4.9: Tuz analiz sonuçları	53
Tablo 4.10: Pişirme verimi sonuçları	54
Tablo 4.11: Pişmiş tavuk fileto örnekleri tekstür analiz sonuçları.....	56
Tablo 4.12: Renk ölçüm sonuçları	59
Tablo 4.13: Pişmiş tavuk fileto örnekleri panelist test sonuçları	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.3: Ohmik ısıtma tekniği (Sun, 2006).....	20
Şekil 3.1: Tavuk göğüs etinde marinasyon, pişirme ve analiz aşamaları.....	25
Şekil 3.2: Tavuk filetosunun vakum cihazında poşetle paketlenme aşamaları.....	26
Şekil 3.3: SV işlemine alınmış vakumlu çiğ tavuk filetosu örnekleri.....	26
Şekil 3.4: TV tekniğiyle pişirme işlemi yapılan tavuk fileto örnekleri.....	27
Şekil 3.5: TV tekniğiyle pişirme işlemi gerçekleşmiş tavuk fileto örneği.....	27
Şekil 3.6: Ohmik pişirme tekniğiyle pişirilmiş tavuk filetosu işlem aşamaları	28
Şekil 3.7: Izgara tekniğiyle pişirme işlemi sırasında harcanan enerji ölçümü.....	29
Şekil 3.8: Etüv işlemine tabi tutulan tavuk fileto örnekleri	30
Şekil 3.9: Titrasyon işlemi sonrası açık pembe renk oluşumu.....	32
Şekil 3.10: Ham yağ sokselet ekstraksiyon cihazı düzeneği ve toplama Balonunda toplanan hekzan ve ham yağdan hekzanın tekrar kazanım düzeneği.....	33
Şekil 3.11: Tartımı yapılmış pişmiş tavuk fileto örnekleri	34
Şekil 3.12: Protein yakma cihazı ve yanma işlemi	34
Şekil 3.13: Yanma işlemin gerçekleşmiş protein örneği.....	35
Şekil 3.14: Yanmış ve soğutulmuş protein örneklili tüpler.....	35
Şekil 3.15: Protein tayin cihazı gösterimi	36
Şekil 3.16: Titrasyon işleminin aşamalı olarak gerçekleştirilmesi.....	36
Şekil 3.17: Tuz analizin ön hazırlık aşaması.....	38
Şekil 3.18: Renk analiz cihazıyla tavuk filetosu renk ölçümü	39
Şekil 3.19: Duyusal analiz örnek formu.....	40
Şekil 4.1: OH tekniklerinin süreye bağlı sıcaklık değişimi.....	43
Şekil 4.2: SV ve TV tekniğinin süreye bağlı sıcaklık değişimi	44
Şekil 4.3: Duyusal analiz sonucu örümcek ağı modeli.....	63

MARİNE EDİLMİŞ TAVUK ETİ ÖRNEKLERİNİN YENİLİKÇİ PİŞİRME TEKNİKLERİ İLE PİŞİRİLMESİ VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

ÖZET

Tez çalışmasında geleneksel ve yenilikçi pişirme tekniklerinin tavuk göğüs eti üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Pişirme işlemine başlamadan önce tavuk göğüs etine yumuşaklık, lezzet, aroma ve iletkenlik kazandırabilmek için marinasyon işlemi uygulanmıştır. Tavuk filetoları 5x5x1 cm ölçümünde doğranarak geleneksel (tavada ızgara) ve yenilikçi teknikler (sous vide ve ohmik ısıtma) kullanılarak pişirilmiştir. Ohmik pişirme (OH) tekniğinde üç farklı voltaj (12 V/cm, 14 V/cm, 16 V/cm) değeri uygulanmış ve tüm tekniklerde hedef pişirme sıcaklığı 75 ± 1 °C olarak belirlenmiştir. Marinat absorpsiyon değeri incelendiğinde marinasyon çözeltisinin %8.88 oranında tavuk filetosu tarafından absorbe edilmiştir. OH 16 V/cm, OH 14 V/cm, OH 12 V/cm, tavada ızgara (TV), sous vide (SV) teknikleri için pişirme süreleri sırasıyla 53, 80, 101, 840 ve 2460 sn olarak ölçülmüş ve ohmik pişirme tekniklerinin, pişirme sürelerini önemli ölçüde düşürdüğü tespit edilmiştir. Benzer şekilde ohmik pişirme tekniklerinin harcanan enerji değerlerini düşürdüğü saptanmıştır. Nem içerikleri bakımından hammaddeye en yakın değerler ohmik pişirme gruplarında saptanmıştır. Farklı pişirme tekniklerinin pH analizi sonuçları üzerindeki farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve en yüksek pH değeri OH 16 V/cm tekniğiyle pişirilen tavuk filetolarında ölçülmüştür. En yüksek titrasyon asitliği değerleri ise çiğ tavuk filetolarında (%0.83) kaydedilmiştir. Yağ analizi sonuçlarında sadece ızgara tekniği ile pişirmede istatistiksel olarak fark anlamlı bulunmuştur. Protein içerikleri bakımından, TV tekniği ile pişirilen tavuk filetolarında en yüksek değer (%29.56) saptanmış, diğer yöntemlerden anlamlı derecede ayrılmıştır. Tuz içeriği bakımından teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Farklı pişirme teknikleri ve ohmik pişirme grupları arasında pişirme verimindeki değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek pişirme verimi %89.97 değeriyle OH 16 V/cm tekniğinde bulunurken, en düşük verim ise %60.42 değeriyle TV tekniğinde tespit edilmiştir. Doku analizleri sonucunda, en yumuşak ve gevrek yapı OH 12 V/cm ve SV teknikleriyle elde edilirken, en sert ve kuru yapı ise TV tekniğinde bulunmuştur. Renk analizlerinde ise SV ve OH tekniklerinin, geleneksel yöntemle kıyasla daha sınırlı renk değişimine yol açtığı belirlenmiştir. Duyusal analizde SV tekniği panelistler tarafından en yüksek beğeni puanını alırken; OH 14 V/cm tekniği de yüksek beğeniyle değerlendirilmiştir. Veriler ışığında yenilikçi pişirme tekniklerinin tavuk eti kalitesini arttırmada geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sağladığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tavuk Eti, Marinasyon, Pişirme, Ohmik Isıtma, Kalite.

COOKING MARINATED CHICKEN MEAT SAMPLES WITH INNOVATIVE COOKING TECHNIQUES AND INVESTIGATING THE CHANGES IN SOME QUALITY CHARACTERISTICS

ABSTRACT

This thesis investigates the effects of traditional and innovative cooking methods on chicken breast meat. Prior to the cooking process, a marination treatment was applied to the chicken breasts to enhance tenderness, flavor, aroma, and electrical conductivity. Chicken fillets were cut into 5×5×1 cm pieces and cooked using traditional (grill) and innovative methods (sous vide and ohmic heating). In the ohmic heating (OH) technique, three different voltage levels (12 V/cm, 14 V/cm, and 16 V/cm) were applied, and the target cooking temperature for all techniques was set at 75±1 °C. Analysis of marinade absorption showed that 8.88% of the marinade solution was absorbed by the chicken fillets. The cooking times for OH 16 V/cm, OH 14 V/cm, OH 12 V/cm, grill (TV), and sous vide (SV) were 53, 80, 101, 840, and 2460 seconds, respectively, indicating that ohmic cooking significantly reduced cooking times. Similarly, energy consumption values were also lower in ohmic cooking methods. In terms of moisture content, values closest to the raw samples were observed in the ohmic cooking groups. The results of the pH analysis for the different cooking techniques were statistically significant, with the highest pH value measured for OH 16 V/cm. The highest titration acidity values were recorded in raw chicken fillets (%0.83). In the analysis of fat content, it was observed that the TV exhibited a statistically significant difference. In terms of protein content, the highest value (29.56%) was found in chicken fillets cooked with TV. There was no statistically significant difference among the cooking methods in terms of salt content. There were statistically significant differences in cooking yield between the various cooking methods. The highest yield (89.97%) was obtained with OH 16 V/cm, while the lowest yield (60.42%) was observed with TV. Texture analysis revealed that the softest and most tender structures were achieved with OH 12 V/cm and SV methods, while the firmest and driest structure was found in TV. In color analysis, SV and OH methods caused less noticeable color changes compared to the traditional method. In sensory evaluation, the SV technique received the highest overall acceptability score from panelists, while OH 14 V/cm also received high ratings. Based on the findings, innovative cooking techniques were found to offer significant advantages over traditional methods in improving chicken meat quality.

Keywords: Chicken Meat, Marination, Cooking, Ohmic Heating, Quality.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Et ürünleri, yüksek besin değeri ve su aktivitesine sahip önemli hayvansal protein kaynaklarıdır. Aynı zamanda mikroorganizmalar ve gıda kaynaklı patojenlerin çoğalması için et, idael bir ortama sahiptir. Mikrobiyal kontaminasyon ile lipit oksidasyonu etin raf ömrü ve duyusal kalitesini etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Etin raf ömrünü kısaltan en yaygın kimyasal bozulmalardan biri lipitlerin oksidasyonudur. Etin raf ömrünü uzatmak, kimyasal-fiziksel-mikrobiyal bozulmaları önlemek, gıda güvenliğini sağlamak, kalite kayıplarını en aza indirmek gibi nedenlerle pişirme teknikleri ve süreçleri önem arz etmektedir (Aymerich, Picouet ve Monfort, 2008).

Tüketicilerin hızlı, güvenli ve besin değeri korunmuş gıdalara yönelik taleplerinin artması, et ürünlerinde pişirme teknolojilerine olan ilgiyi de arttırmıştır. Özellikle tavuk eti, düşük yağ oranı, yüksek protein içeriği, uygun fiyatı ve diyetlerde sıkça tercih edilmesi gibi sebeplerle dünya genelinde en yaygın tüketilen beyaz et türlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Ancak tavuk eti, yapısal özellikleri nedeniyle pişirme sırasında su ve yağ kayıplarına daha duyarlıdır; bu durum da sertleşme ve kuruma gibi istenmeyen kalite değişimlerine yol açabilmektedir. Bu nedenle, tavuk etinin uygun şekilde pişirilmesi, duyusal kaliteyi korumanın yanı sıra, besin bileşenlerinde meydana gelebilecek kayıpların önlenmesi açısından da kritik öneme sahiptir.(İçier, 2013).

Geleneksel pişirme teknikleri (örneğin haşlama, kavurma, kızartma), etin mikrobiyal güvenliğini sağlamada etkili olmakla birlikte, uzun işlem süreleri, yüksek enerji tüketimi ve gıda bileşenlerindeki istenmeyen değişiklikler gibi olumsuzluklara neden olabilmektedir (Aymerich, Picouet ve Monfort, 2008). Ayrıca, ısı transferinin heterojen olması, etin farklı bölgelerinde sıcaklık dağılımını bozarak, kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (İçier, 2013).

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, besin değerini koruyan, işlem süresini kısaltan ve enerji tasarrufu sağlayan yenilikçi pişirme teknikleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında ohmik ısıtma, sous vide, mikrodalga, radyo frekans ve kızılötesi ısıtma gibi teknikler yer almaktadır (Pereira ve Vicente, 2010). Yenilikçi ısıtma teknikleri, ısının homojen şekilde dağılmasını sağlayarak geleneksel yöntemlere kıyasla daha kontrollü bir pişirme süreci sunmaktadır; aynı zamanda gıda kalitesinin arttırılması, su ve enerji tasarrufu gibi sürdürülebilirlik avantajları da sağlamaktadır (Misra vd., 2017).

1.1. Araştırma Kapsamı ve nemi

Et, yüksek biyolojik değere sahip protein içeriği ile insan beslenmesinde temel bir yere sahiptir. Ancak pişirme işlemleri sırasında uygulanan ısıl işlem, ürünün yapısal bütünlüğü üzerinde fiziksel ve kimyasal değişimlere neden olmakta; bu da etin besin bileşimi, doku özellikleri ve duyuşal kalitesi üzerinde doğrudan etkili olabilmektedir (Johnson, 2018; Smith, 2020). Isıya bağlı su ve besin ögesi kayıpları ile birlikte protein denatürasyonu gibi reaksiyonlar, etin lezzet, yumuşaklık ve görsel kalitesinde istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir (Tornberg, 2005; Purslow, 2017).

Bu nedenle son yıllarda, pişirme sürecinin ürünün kalitesini koruyan ve hatta iyileştiren çok aşamalı bir optimizasyon süreci olarak ele alınması gerekliliği ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda, pişirme öncesi uygulanan marinasyon işlemleri, etin hem raf ömrü hem de duyuşal özelliklerini olumlu yönde etkileyen kritik bir basamak olarak değerlendirilmektedir. Marinasyon, kas yapısının yumuşatılması, aroma profilinin geliştirilmesi, su tutma kapasitesinin arttırılması ve pişirme sırasında oluşabilecek olumsuzlukların minimize edilmesi açısından önemli bir ön hazırlık işlemidir. Uygulanan marinasyon solüsyonlarının bileşimi ve süresi, pişirme sonrası ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir (Alvarado & McKee, 2007).

Gıda teknolojilerindeki gelişmeler ve tüketicilerdeki eğilimlerindeki değişimler, bu alanda yenilikçi uygulamalara olan ihtiyaı arttırmıştır (Jones ve Taylor, 2021). Geleneksel tekniklerin ötesine geçen, kontrollü koşullarda gerçekleştirilen sous-vide ve ohmik ısıtma gibi modern pişirme teknikleri; besin ögesi kayıplarını azaltma, işlem süresini kısaltma ve istenen doku özelliklerini koruma açısından avantajlar sunmaktadır (Baldwin, 2012; İçier ve Ilicali, 2005). Bu tekniklerin, özellikle marinasyonla birlikte uygulanması, ürün kalitesini çok boyutlu olarak geliştirme potansiyeli taşımaktadır.

Pişirme öncesi uygulanan marinasyon işlemi, etin yumuşaklık, lezzet, su tutma kapasitesi ve pişirme kayıpları gibi kalite parametrelerini iyileştiren önemli bir ön hazırlık aşamasıdır. Marinasyonun, kas yapısında meydana getirdiği yapısal değişiklikler sayesinde, ısı transferi daha dengeli gerçekteşmekte ve pişirme sonrası ürün kalitesi artmaktadır. Bu nedenle, marinasyonun uygun pişirme teknikleriyle birlikte uygulanması, et ürünlerinde hem duysal hem de besin değeri açasından önemli avantajlar sağlamaktadır.

Bu bağlamda, araştırma yalnızca farklı pişirme tekniklerinin karşılaştırılmalı analizini sunmakla kalmayıp, marinasyon gibi ön işlemlerin bu süreçlerle etkileşimini de kapsamlı biçimde ele almaktadır. Elde edilen bulguların hem akademik çalışmalara hem de endüstriyel uygulamalara katkı sağlaması beklenmektedir.

1.2. Araştırmanın Amacı

Gıda endüstrisinde artan tüketici talepleriyle birlikte et kalitesi ve verimliliğinin artırılması önem arz etmektedir. Bununla birlikte besin ve doğal yapının korunması, enerji verimliliği, kısa işlem süreleri gibi kriterler geleneksel pişirme tekniklerine alternatif arayışları gerekli kılmıştır. Yenilikçi teknikler besin öğesi kaybının azaltılması, homojen ısı dağılımı, doku bütünlüğü, enerji ve zamandan tasarruf gibi avantajları ile ön plana çıkmaktadır.

Bu tez çalışması, pişirme teknikleri ve marinasyon süreçlerinin tavuk eti üzerindeki etkilerini ortaya koyarak besin bileşeni kayıpları, duysal özellikler ve fiziko-kimyasal değişimler açasından değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda; ohmik pişirme ve sous vide gibi yenilikçi tekniklerin avantajları ve sınırlılıkları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiş, tavuk eti pişirme süreçlerinde kalite açasından potansiyelleri ele alınmıştır. Ayrıca endüstriyel ölçekte uygulanabilir, kaliteli ve besin değeri yüksek ürünler elde edilmesine yönelik bilimsel temelli öneriler sunmaktadır. Bu yönüyle araştırma, hem gıda sanayi hem de akademik literatür için özgün ve değerli katkılar sunmayı hedeflemektedir.

1.3. Araştırma Sınırlılıkları

Araştırmada kullanılan pişirme tekniklerinin (ohmik ısıtma ve sous-vide) özel ve ileri düzey ekipmanlara bağımlı olması önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır. Süreçlerin

yürütülmesi için teknik bilgiye sahip eğitimli personel gerekliliği ve ekipmanların yüksek maliyeti uygulamanın yaygınlaştırılabilirliğini kısıtlamış yalnızca laboratuvar veya endüstriyel koşullarda gerçekleştirilebilmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca pişirme tekniklerinin işlem süresi değişiklik göstermekte olup, sürelerle bağlı olarak zaman yönetiminin dengeli bir biçimde sağlanması kritik bir öneme sahiptir.

Çalışmaya kırmızı et ve beyaz et kullanılarak başlanmıştır. Ancak kırmızı etin maliyetinin yüksek olması nedeniyle tavuk etine yönelim olmuş ve bu durum da araştırmada iki et türü arasında derinlemesine bir karşılaştırmanın yapılmasını kısıtlamıştır.

Marinasyon sıvısının hazırlanmasında, tüm pişirme teknikleri dikkate alınarak ortak bir karışım oluşturulmuştur. Araştırmada, elektriksel iletkenliği arttırmayacak yağ gibi bileşenlerin kullanımından kaçınılmış, aksine iletkenliği artıran tuz, soğan suyu, soya sosu gibi maddelere öncelik verilmiştir. Bu nedenle, tüm tekniklerde tek tip marinasyon sıvısı kullanılarak deneysel standart sağlanmış; ancak bu, malzeme seçimini sınırlı tutmuştur.

Duyusal analizler (tat, koku gibi) , panelist değerlendirmelerine dayalı olduğundan öznel yorumlar içermekte ve bu durum algısal farklılıklar nedeniyle sonuçları etkileyebilmektedir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Tavuk Etinin Gastronomide ve Beslenmedeki Önemi

2.1.1. Tavuk etinin gastronomideki önemi

Tarihsel gelişim sürecinde Türk Mutfağının uygulandığı coğrafya, konum itibariyle kültürel etkileşimlerin yoğun olduğu bir bölgedir. Bu etkileşimler mutfak kültürünün zenginleşmesi ve çeşitlenmesine katkı sağlamıştır. Bu süreçte gıda çeşitliliği önemli derecede artmış; mutfakta, tahıllardan sebzelere et ürünlerinden süt ürünlerine geniş çeşitlilikte malzemeler kullanılmıştır.

Başlıca protein kaynaklarından olan et ürünleri Türk Mutfağının temel bileşenlerinden biri olmuştur. Tavuk eti, hem Osmanlı Mutfağında hem de günümüz Türk Mutfağında önemli bir yer tutmaktadır. Ekonomik oluşu ve kolay erişilebilirliği sofralarda yaygın olarak tercih edilmesinin önemli sebeplerindendir (Bilgin, 2019).

Tavuk eti, Osmanlı mutfağında kırmızı et kadar yaygın tüketilmese de özellikle saray mutfağında çeşitli yemeklerde kullanılmıştır. Osmanlı yemek kültürüne dair yazılı kaynaklardan biri olan Mehmed Kâmil'in "Melceü't-Tabbâhîn" adlı eserinde tavuk etinin pilavlardan çorbalara kadar geniş bir kullanım alanına sahip olduğu belirtilmektedir (Kâmil, 1844).

Osmanlı mutfağında tavuk etinin yalnızca tuzlu yemeklerde değil, tatlılarda da kullanıldığı görülmektedir. Tavuk göğsü tatlısı, bu bağlamda Osmanlı mutfak kültürüne özgü dikkat çekici bir örnektir (Arıkan, 2017).

Tavuk eti, Türk Mutfağında hem ana yemeklerde hem de tamamlayıcı ürün olarak diğer yemeklerde de sıkça yer almaktadır. Başlıca geleneksel tavuk yemekleri şunlardır:

Tavuklu pilav: Cenaze törenleri, düğün cemiyetleri gibi sosyal faaliyetlerde tüketilen bir yemek olmakla birlikte günümüzde de yapımına devam edilmektedir (Ünsal, 2020).

Tavuk kapama: Türk Mutfağına Balkan Kültüründen giren bu ürün, baharatlar, pilav ve tavuk ile hazırlanan geleneksel bir yemektir. (Yerasimos, 2014).

Çerkes tavuğu: Ceviz, sarımsak ve tavuk ana malzemelerinden olup Osmanlı mutfağında meze olarak da servis edilmektedir (Bilgin, 2019).

Tavuk suyu çorbası: Halk mutfağında yaygın olarak tüketilen ve bağışıklık sistemini kuvvetlendirdiği düşünülen bir çorbadır (Güler, 2018).

Tavuk kebabı ve ızgara tavuk: Mangal kültürünün önemli bir unsuru olup özellikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz mutfağında sıkça tüketilmektedir (Özçelik, 2016).

2.1.2. Tavuk etinin besinsel değeri ve sağlık açısından önemi

Beslenme, sağlıklı ve dengeli bir yaşam için çok önemlidir. Uzmanlar, sağlıklı beslenmede hayvansal kaynaklı protein tüketiminin önemli rol oynadığını belirtmektedir. Tavuk eti, tüketicilerin sağlıklı yaşamı için farklı temel besinleri de içeren yüksek kaliteli bir protein kaynağıdır. İçeriğinde düşük doymuş yağ asidi, temel amino asitler, önemli mineraller, B grubu vitaminlerini barındırmaktadır (Kızıloğlu ve ark., 2013; Bircan ve ark., 2017). Yetişkin bir bireyin günlük, vücut ağırlığının her bir kilogramı için 0.8 gram hayvansal protein alması önerilmektedir (FAO/WHO/UNU, 2007).

İnsanların ihtiyaç duyduğu hayvansal protein; kırmızı et, kanatlı ürünleri ve su ürünlerinden karşılanabilmektedir. Diğer hayvansal proteinlere kıyasla tavuk etini öne çıkaran bir takım özellikler mevcuttur. Bu özelliklerin başında tavuk etinin düşük yağ içeriğiyle diyet uygulamalarında tercih edilebilmesi, üretiminin yaygın ve maliyetinin düşük olması nedeniyle erişilebilirliğinin yüksek olması gelmektedir.

Yeryüzündeki inanç sistemlerinin hiçbirinde tüketimine dair herhangi bir kısıtlama olmaması, lifli yapısı sayesinde sindiriminin kolay olması, yeme alışkanlık ve tercihlerine uygunluğu da tavuk etinin mutfakta yaygın olarak kullanılmasının nedenleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle tavuk eti maliyet, erişilebilirlik,

sindirilebilirlik açısından diğer hayvansal protein kaynaklarına göre daha avantajlı bir konumda bulunmaktadır (Altan ve ark., 1993; Sujiwo ve ark., 2018).

Tablo 2.1: Çiğ tavuk etinin içerdiği enerji ve besin öğeleri miktarı/100 g (McCance ve Widdowson, 1998).

	Göğüs	But	Derili Et
Enerji (kkal)	116	126	230
Protein (g)	21.8	19.1	17.6
Yağ(g)	3.2	5.5	17.7
Sodyum (mg)	72	89	70
Potasyum (mg)	330	300	260
Kalsiyum (mg)	10	11	10
Magnezyum (mg)	27	22	20
Demir(mg)	0.5	0.9	0.7
Bakır (mg)	0.14	0.25	0.16
Çinko (mg)	0.7	1.6	1.0
B6 vitamin (mg)	0.53	0.30	0.30
Folik asit (mcg)	8	12	7
Biotin (mcg)	2	3	2
Pantoneikasit (mg)	1.2	1.3	0.9
Tiamin (B1 vit)	1.10	0.11	0.08
Riboflavin (B2 vit)	0.10	0.22	0.14

Tablo 2.1 de farklı bölümlerine göre tavuk etinin temel besin bileşimlerinin miktarları gösterilmiştir. Tavuk etinin bölümlerine göre incelendiğinde ise göğüs eti daha yüksek protein içeriği ve daha düşük yağ oranı ile öne çıkarken; derili et, enerji ve yağ bakımından en yüksek değerlere sahiptir. But eti ise bu iki parça arasında dengeli bir dağılım göstermektedir. Ayrıca mineral ve vitamin içerikleri parçaya göre değişiklik göstermekle birlikte, özellikle çinko, demir ve B vitaminleri yönünden farklılık dikkat çekmektedir.

Tavuk eti, koroner kalp hastalıklarının önlenmesi ve bu hastalıkların diyetlerinde önemli bir besin olarak değerlendirilmektedir. Bunun başlıca nedeni, çoklu doymamış yağ asitlerini az miktarda içermesi ve kolesterol içeriğinin oldukça düşük olmasıdır (Arslan, 2014).

Tablo 2.2: Türkiye kişi başına kanatlı eti tüketimi (Kg, TÜİK, DTM)

Yıllar	Piliç Eti	Hindi Eti	Toplam Kanatlı Eti
2000	9.46	0.28	9.75
2005	13.01	0.58	13.59
2010	18.03	0.42	18.45
2011	18.79	0.46	19.25
2012	18.94	0.51	19.45
2013	18.41	0.43	18.84
2014	19.54	0.52	20.06
2015	20.29	0.6	20.89
2016	20.01	0.51	20.52
2017	21.73	0.56	22.29
2018	20.89	0.73	21.62
2019	20.47	0.56	21.02
2020	20.50	0.59	21.10
2021	20.68	0.51	21.19
2022	21.95	0.54	22.50

Türkiye’de piliç sektöründe üretim, özellikle son elli yıl içinde önemli bir ilerleme göstermiştir. Kanatlı eti üretimi için yapılan yatırımlar, dünya standartlarına erişimi desteklemiş ve tüketicinin tavuk etine daha fazla yönelmesini arttırmıştır (Canan ve Turhan, 2006). Tablo 2.2’ de yıllara göre kişi başı tavuk tüketimi gösterilmiştir.

Tavuk etine artan tüketici talebi beraberinde biyogüvenlik ve gıda güvenliği konularını da gündeme getirmiştir. Üretici, tedarikçi, mutfak profesyonelleri ve tüketiciler; tavuk eti ve ürünlerinde patojen mikroorganizmaların inaktif hale getirilmesini, hijyenik koşulların en üst seviyede sağlanmasını temel kriter olarak değerlendirmektedirler. Bu nedenle kanatlı eti üretiminde bu konulara daha fazla önem verilmesi gerekmektedir (Uğur ve ark., 2001).

2.1.3. Tavuk etinin kalitesini etkileyen etmenler ve muhafazasının önemi

Tavuk etinin kalitesini; tazelik, renk, gevreklik, sululuk, genel görünüm, lezzet ve aroma gibi özellikler belirlemektedir. Tavuk etinin besin değeri ve kalitesini etkileyen birçok etken mevcuttur. Bu etkenler arasında çevresel unsurların yanı sıra, besleme teknikleri, barındırma koşulları, yakalama, kesimhaneye taşıma süreçleri, kesim

işlemi, sıcak suya daldırma, tüy yolma, yıkama, iç organlarını temizleme, ön soğutma, depolama ve pişirme gibi aşamalar ile genetik faktörler, tavuk ırkı ve cinsiyetini de yer almaktadır. Özellikle kesim öncesi ve sonrası uygulamaların, karkas üzerinde minimum zarar oluşturacak şekilde yapılması büyük önem taşımaktadır (Akbay, 1982; Boztepe ve Aytekin, 2025). Mikroorganizmaların karkasa bulaşmasını önlemek amacıyla piliçlerin kesim öncesinde aç bırakma sürecine dikkat edilmesi ve karkasın düzenli olarak yıkanması gerektiği vurgulanmıştır (Yalçın, Koçak ve Özkan, 1992). Yapılan bir araştırmada, etlik piliçlerin kesimden 8-18 saat önce aç bırakılması karkasın besin değerini olumsuz yönde etkilemediği saptanmıştır. Öte yandan büyüme hızını arttırmak için yapılan uygulamaların, hayvanların iştahlarını arttırarak aşırı yağlanmaya sebep olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle son zamanlarda halkın yağlı karkaslara olan ilgisinin azaldığı ifade edilmiştir. İstenmeyen bu aşırı yağlanmanın yemleme stratejileriyle giderilebileceği düşünülmektedir (Altan, Yalçın ve Koçak., 1991).

Tavuk etinde kaliteyi belirleyen fiziksel ve kimyasal özellikler; pH değeri, su tutma kapasitesi (STK), yağ dağılımı-kompozisyonu, renk, lezzet-aroma bileşenleri, raf ömrü-oksidatif stabilite, işleme ve pişirme teknikleri gibi parametrelerdir.

pH değeri: Etin pH seviyesi hem mikrobiyolojik stabilite hem de fiziksel ve duyuşal özellikler üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Kesim sonrası pH düşüşü, glikojenin laktik aside dönüşümü ile gerçekleşmektedir. Normal koşullarda, tavuk etinde nihai pH değeri 5.7–6.1 aralığında olmalıdır. Düşük pH değeri su tutma kapasitesini azaltarak etin kuru ve sert bir yapı kazanmasına neden olurken, yüksek pH ise daha koyu renkli etlerle ilişkilendirilmekte olup, bu durum aynı zamanda mikrobiyal bozulmalara daha açık ürünlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, etin pH düzeyinin kontrolü hem ürün kalitesini arttırmak hem de bozulma riskini minimize etmek açısından büyük önem taşımaktadır (Barbut, 1997).

Su tutma kapasitesi (STK): Su tutma kapasitesi, etin pişirme ve depolama sırasında sahip olduğu suyu koruyabilme yeteneğini ifade etmektedir. STK, hem ürünün pişirme verimi hem de duyuşal özellikleri üzerinde doğrudan etkilidir. Düşük STK, ürünün lezzet, yumuşaklık ve sululuk gibi özelliklerinde azalmaya sebep olmaktadır (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Yağ dağılımı ve kompozisyonu: Etteki yağın miktarı ve dağılım şekli hem besin değeri hem de lezzet açısından önemlidir. Tavuk eti genel olarak düşük yağ içerikli bir üründür. Aynı zamanda doymamış yağ asitleri açısından zengin olması, sağlık açısından tercih edilebilirliğini desteklemektedir (Crespo & Esteve-Garcia, 2001).

Doku ve tekstür özellikleri: Etin dokusu; sertlik, elastikiyet, çiğnenebilirlik ve lif yapısı gibi fiziksel özellikleri kapsayan temel kalite göstergelerinden biridir. Tavuk etinin tekstürel özellikleri, tüketiciler tarafından etin genel kalitesine ilişkin algının oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu özellikler; hayvanın yaşı, cinsiyeti, kas liflerinin çapı ve yerleşimi ile birlikte, kesim sonrası uygulanan soğutma koşulları ve çözünme süresi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Duyusal analizler ve cihaz destekli ölçümler doğrultusunda, tekstürel yapı, et kalitesinin değerlendirilmesinde öne çıkan kriterlerden biridir. Özellikle tavuk etinde lifli, elastik ve aşırı dağılmayan bir doku yapısı, tüketiciler tarafından tercih edilmektedir (Cavitt et al., 2004).

Renk: Etin rengi, tüketicinin ilk izlenimini doğrudan etkileyen önemli bir görsel özelliktir. Tavuk etinde renk; yaş, cinsiyet, ırk, yem, kas içi yağ, etin su içeriği ve kesim öncesi işlemlerden etkilenmektedir. Ayrıca miyogloblin içeriği, pH seviyesi, oksijen miktarı ve ısı işlem gibi birçok faktörün etkileşimiyle şekillenmektedir. Taze tavuk eti genellikle açık pembe tonlarında olup, solgun, gri ya da aşırı koyu renkli etler ise tazelik açısından şüphe uyandırabilmekte; bu durum, tüketicilerin kalite algısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Ahn et al., 1992).

Lezzet ve aroma bileşenleri: Etin tat ve aroma karakteristikleri; içerdiği amino asitler, yağ asitleri, uçucu bileşikler ve pişirme sırasında gelişen Maillard reaksiyonları sonucunda oluşur. Bu bileşenler, özellikle panelist değerlendirmelerinde tüketici beğenisini belirleyen temel faktörlerdendir (Mottram, 1998).

Raf ömrü ve oksidatif stabilite: Et ürünlerinde oksidasyon süreci hem renk değişikliklerine hem de istenmeyen tat-bozulmalarına yol açar. Tavuk eti, doymamış yağ asitleri bakımından zengin olduğundan, oksidasyona karşı oldukça hassastır. Antioksidan uygulamaları ve uygun ambalajlama teknikleri bu sürecin geciktirilmesinde etkilidir (Zhou et al., 2010).

İşleme ve pişirme teknikleri: Etin kalitesi, üretim sonrası uygulanan pişirme ve işleme tekniklerinden doğrudan etkilenir. Geleneksel tekniklerin yanı sıra, ohmik ısıtma, sous vide ve vakum pişirme gibi yenilikçi teknolojiler; besin öğelerinin korunması,

tekstürel özelliklerin iyileştirilmesi ve mikrobiyal güvenliğin artırılması açısından avantaj sağlamaktadır (Roldán et al., 2013).

Tavuk etinin kalite kaybını önlemek ve mikrobiyal güvenliğini sağlamak amacıyla uygun muhafaza ve işleme yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Çiğ et biyolojik yapısı nedeniyle bozulmaya son derece elverişli bir gıdadır. Nem, ışık, sıcaklık, atmosferik oksijen, mikroorganizmalar gibi birçok etken etin tazelik ve raf ömrünü belirleyici koşullar arasında yer almaktadır. Ayrıca et, patojenler ve bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimi ve çoğalmaları için uygun bir gıdadır bu gibi nedenlerden ötürü etin muhafazasında kullanılan teknikler önem arz etmektedir (Zhou, Xu ve Liu, 2010).

Tüketiciler yüksek kaliteli, besleyici, taze görümlü ve doğal tada sahip et ürünlerini tercih etmektedir. Beklentilerini güvenlikten ödün vermeden karşılayabilmek amacıyla son yıllarda yenilikçi muhafaza ve pişirme teknikleri geliştirilmiştir (Aymerich, Picouet ve Monfort, 2008).

Gıda muhafazasının temel amacı depolama süresi boyunca gıdanın renk, besin değeri, aroma ve fiziksel yapısı gibi duyu niteliklerini de korumaktır. Gıdaların mikrobiyal ve enzimatik değişimlere karşı korunması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla günümüzde çeşitli muhafaza teknikleri uygulanmaktadır (Ensoy ve Coşar, 2006). Gıda sanayinde yaygın olarak kullanılan katkı maddeleri ve ısı işlemlerin, gıdalar üzerinde istenmeyen bazı etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir (Crehan, Troy, Buckley, 2000; Öz ve Kaya, 2006). Isıl işlemler, mikrobiyal inaktivasyon amacıyla yaygın olarak tercih edilmektedir; ancak bu tekniklerin gıdanın duyu, besleyici ve fonksiyonel özellikleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği de ifade edilmektedir. Özellikle et ürünlerinde, ısı işlem süresine bağlı olarak belirgin yapısal değişimler meydana gelmektedir (Tornberg, 2005). Etin bileşenleri, tekstürel yapısı, su tutma kapasitesi, rengi ve lezzeti gibi fizikokimyasal özelliklerinde oluşan bu değişimler, ürünün genel kalitesini doğrudan etkilemektedir (Jensen, Devine ve Dikeman, 2004).

Gıda tüketicilerinin, doğala yakın ve minimum düzeyde işlenmiş ürünlere yönelik artan talebi, araştırmacıları alternatif muhafaza tekniklerine yönlendirmiştir (Öz ve Kaya, 2006). Bu doğrultuda, mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlarken ısı işlem gerektirmeyen yenilikçi teknikler geliştirilmiş ve bu yöntemler gıda

muhafazasında giderek önem kazanmıştır (Ross, Griffiths, Mittal ve Deeth, 2003). Et ürünlerine uygulanan bu yenilikçi teknolojiler arasında yüksek basınç işleme, ohmik ısıtma, dielektrik ısıtma, yüksek yoğunluklu vurgulu ışık, X ışınları ve elektron demetleri gibi yöntemler yer almaktadır. Bu tekniklerin temel prensibi gıdaların doğal yapısını koruyarak patojen ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların eliminasyonunu sağlayarak; güvenli, kaliteli ürünler elde edilmesine imkan tanımaktadır (Hugas, Garriga ve Monfort, 2002).

2.1.4. Tavuk eti marinasyonun önemi ve marinasyon metodları

Gıda ürünlerinin tercih edilmesinde, tüketicilerin algılarını doğrudan etkileyen duysal nitelikler önemli bir belirleyicidir. Et ve et ürünlerinde lezzet ile aroma bileşenlerini ön plana çıkaran temel duysal nitelikler arasında gevreklik ve sululuk önemli bir yer tutmaktadır. Etin dişler arasında kesilmesi ve çiğnenmeye karşı gösterdiği direnç gevreklik terimi ile ifade edilirken, sululuk ise çiğneme sırasında etin yağ ve su içeriğinden kaynaklanan özsuyunun yarattığı hissiyat olarak tanımlanmaktadır (Xargayo vd., 2001). Gevrekliğin artırılması amacıyla çeşitli fiziksel ve kimyasal tekniklerin kullanıldığı bildirilmektedir. Fiziksel uygulamalar arasında elektriksel uyarı ve yüksek basınç uygulamaları yer alırken, kimyasal yöntemler olarak fosfat ve tuz ekleme, proteolitik enzim uygulamaları ve marinasyon süreçleri ön plana çıkmaktadır (Żochowska-Kujawska vd., 2012).

Etin duysal özellikleri; hayvanın türü, kas yapısı ve uygulanan işleme tekniklerine bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Diğer et türlerine göre kanatlı etleri, yapısal olarak daha yoğun ve sert bir dokuya sahip olduğundan, gevreklik ve sululuk özelliklerinin iyileştirilebilmesi için çeşitli teknolojik işlemler gerekmektedir. Bu bağlamda marinasyon işlemi, etin duysal kalitesini arttırmaya yönelik yaygın olarak tercih edilen bir ön işlemdir. Literatürde, marinasyonun etin tekstürel özellikleri üzerinde olumlu etkiler sağladığı; protein çözünürlüğünü arttırarak, su tutma kapasitesini iyileştirdiği belirtilmektedir. (Alvarado ve McKee, 2007; Bianchi vd., 2009; Ergezer, 2005). Bu durum, etin gevreklik ve sululuk özelliklerini doğrudan etkileyerek tüketici tarafından algılanan kaliteyi arttırmaktadır.

Marinasyon, et ürünlerinin kalitesini iyileştirmek amacıyla uygulanan bir ön işleme tekniğidir. Bu işlem, etin pH seviyesini izoelektrik noktadan uzaklaştırarak su tutma kapasitesini arttırmayı hedefler. Böylece hem doku yapısında yumuşama sağlanır hem

de pişirme sonrası kayıplar azalır. Marinasyon aynı zamanda lezzet gelişimini destekler; asidik, tuzlu ya da baharatlı çözeltilerle yapılan uygulamalar, etin aromatik profilini zenginleştirirken duyuşal özelliklerini de olumlu yönde etkiler. İşlemin süresi ve etkinliği; etin türü, yapısı ve kullanılan marinasyon bileşenlerine bağılı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Şeker, tuz, çeşitli baharat karışımları ile birlikte süt, yoğurt, su, sirke, meyve suyu, şarap ve bitkisel yağ gibi sıvılar, marinasyon çözeltilerinde yaygın olarak kullanılan bileşenlerdir (Ergezer ve Gökçe, 2011).

Marinasyonda tercih edilen bazı baharatların antimikrobiyal özellikleri, örneğin kekikte bulunan timol ve biberiyedeki karnosik asit, ürünün mikrobiyal güvenliğini arttırarak tüketici sağlığı açısından önemli katkılar sunmaktadır (Yusop vd., 2011). Öz ve Kaya (2011) yaptıkları bir çalışmada köfte içeriğine ekledikleri karabiberin heterosiklik amin (HA) oluşumunu %48.8-65 oranları arasında inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Iwasaki ve arkadaşlarının (2010) yaptıkları başka bir çalışmada ise, ete uygulanan marinasyon işleminin pişirme sırasında ette oluşan HA oluşumunu engellediği belirtilmiştir. Kanatlı etlerinde baharat kullanımı, istenmeyen kokuların giderilmesine katkı sağlarken, ürünün duyuşal kalitesini de arttırmaktadır (Deniz, 2009; Bor, 2011; Yusop vd., 2011).

Marinasyon sıvısında yer alan sirke, yoğurt, şarap ve meyve suyu gibi bileşenler, ortam pH'ını düşürerek mikrobiyal gelişimi sınırlandırmakta ve bu sayede ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Ergezer ve Gökçe, 2004; Deniz, 2009). Etin lezzet ve aroma profilini geliştiren temel bileşenler arasında asetik asit, laktik asit ve sitrik asit gibi zayıf organik asitler yer almaktadır (Varlık vd., 1993; Bor, 2011). Literatürde, organik asitlerin marinasyon süresini kısalttığına dair bulgulara da rastlanmaktadır (Varlık vd., 1993; Yusop vd., 2011).

Marinasyon işlemlerinde etin lezzet ve sululuk özelliklerini arttırmada en etkili bileşenlerden bir diğeri ise tuzdur. Miyofibriler proteinlerin çözünürlüğünü hızlandırarak, kas dokusunun suyu bağlama yetisini iyileştirmekte; bu durum özellikle tamburlama gibi mekanik uygulamalar esnasında pişme kaynaklı sıvı kayıplarının sınırlandırılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, polifosfatlarla birlikte kullanıldığında, ürünün duyuşal niteliklerinde ve aromatik profilinde anlamlı iyileşmeler sağladığı bildirilmektedir (Babdji & Ngoka, 1982; Goodwin & Maness, 1984).

Marinasyon işlemi, tüketici beklentilerini karşılamak ve gıda ürünlerinin kalitesini arttırmak gibi amaçlara hizmet eden önemli bir teknik olarak değerlendirilmektedir. Duyusal kalite, tüketicinin et ürünlerine yönelik algısını şekillendiren temel unsurlardan biridir. Kanatlı etinde marinasyon işlemi, duyusal kaliteyi arttırmada etkili bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Marinasyonun etkinliği, etin duyusal ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesine katkı sağlayan önemli bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir.

Marinasyon uygulamalarında; geleneksel daldırma, mekanik tamburlama (tumbling) ve enjeksiyon gibi farklı metotlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel marinasyon (daldırma) tekniğinde, et ürünleri doğrudan marinasyon çözeltisine yerleştirilmekte ve genellikle 4–6 °C aralığındaki soğuk ortamda belirli bir süre bekletilmektedir. Tamburlama tekniği, tavuk eti gibi kas yapılı ürünlerin marinasyon çözeltisiyle daha etkin temas etmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş mekanik bir prosestir. Geleneksel yöntemle kıyasla daha kısa sürede çözeltinin et dokusuna etkin şekilde dağılmasını sağlaması, bu tekniğin endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmesinin başlıca nedenidir. Enjeksiyon tekniğinde ise marinasyon çözeltisi, çok iğneli sistemler yardımıyla doğrudan et dokusuna enjekte edilmektedir. Geniş hacimli üretimlerde tercih edilen enjeksiyon tekniği, su tutma kapasitesini arttırmakta, pişirme kayıplarını azaltmakta ve işlem süresini önemli ölçüde kısaltmaktadır (Ergezer & Gökçe, 2011).

2.2. Pişirme Tekniklerinin Et Kalitesi Üzerine Etkisi

Etin pişirilmesi; hem mikrobiyolojik güvenliği sağlamak hem de ürünün lezzet, aroma ve dokusal özelliklerini geliştirmek amacıyla uygulanmaktadır. Etin fiziksel özellikleri pişirme sıcaklığı ve zamandan etkilenmektedir. Türk Gıda Kodeksi'ne göre, kanatlı et ürünlerinde merkezi sıcaklığın en az 72 °C olması gerektiği vurgulanmaktadır.

Pişirme işlemi, etin kendine has tat ve koku oluşumu için oldukça önemlidir. Pişirme esnasında uçucu olmayan bazı bileşiklerde kimyasal tepkimeler oluşmakta ve alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler gibi uçucu özellik gösteren 60'dan fazla tat ve koku bileşikleri de tepkime sonucu ortaya çıkmaktadır (Brewer, 2006).

Pişirme işlemi, tüketici için yenilebilirlik ve sindirilebilirliği sağlarken, bir yandan da sağlık açısından riskli bileşiklerin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Bu nedenle

etin pişirilmesinde, seçilen teknik önem taşımaktadır. Izgara ve kızartma tekniğinde yüksek derecelerde sıcaklık uygulandığı için polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve heterosiklik aromatik aminler (HAA) gibi kanserojen bileşiklerin oluşumu artmaktadır. Bilhassa doğrudan ateş üzerinde pişirme işlemi gerçekleştirilen etlerde, yağın yanmasıyla etin dumanla teması sonucu bu bileşiklerin ete bulaşma ihtimali artmakta ve kızgın yağda yüksek ateşte pişirme işlemi akrilamidlerin oluşumunu hızlandırmaktadır (Batu, 2024).

Isıl işlemler sonucunda Maillard reaksiyonları (MR) ve karamelizasyon gibi enzimatik olmayan esmerleşme süreçleriyle birlikte serbest radikallerin (SR) oluşumu hız kazanmaktadır. Bu radikaller, özellikle yüksek sıcaklıklarda yapılan pişirme işlemleri sonucunda artış göstermektedir. Pişirme sırasında oluşan serbest radikaller, etin yapısında bulunan lipitler, proteinler, karbonhidratlar ve vitaminler gibi besin öğeleriyle etkileşime girerek hem besinsel değerinde hem de duyuşal özellikleri üzerinde olumsuz değişimlere yol açabilmektedir. Bu durum, ürünün raf ömrünün kısalmasına ve kalite kaybına neden olmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz, 2003). Lipitlerin oksidasyona uğraması ise, ısıl işlem görmüş et ürünlerinin de tat ve koku değişimlerine sebep olan temel nedenlerden biridir. Ayrıca bu süreç, tekstür kaybı, uçucu yağ asitlerinin azalması ve toksik bileşiklerin meydana gelmesi gibi sorunları ortaya çıkarabilmektedir (Domínguez vd., 2014).

Ete uygulanan pişirme teknikleri, kullanılan ekipman ve istenilen ürüne göre farklılık göstermektedir. Örneğin az pişmiş bifteklerde iç yüzey sıcaklığı 50 °C iken rostoda bu sıcaklık 70-80 °C'ye ulaşmakta; yüzeyde oluşan dehidrasyon, lezzetin belirginleşmesini sağlamaktadır (Serdaroğlu ve Değirmencioğlu, 2002).

Etlerin pişirilmesi sırasında uygun süre-sıcaklık uygulaması ve sulu bir ortamda pişirme tercih edildiğinde, proteinlerin denatürasyonu önlenmektedir. Haşlama ve buharda pişirme işlemleri, ızgara tekniğine kıyasla daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşmekte ve su bazlı pişirme teknikleri oldukları için besin değeri korunmakta, zararlı bileşik oluşumu engellenmektedir. Ancak duyuşal özellikler bakımından bazı olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Örnek verilecek olursa, tüketici tarafından tercih edilen dış kabuk oluşumu gözlenmemektedir. Haşlama ve buharda pişirme işlemi sırasında karnozin gibi antioksidan bileşiklerin suya geçmesi sebebiyle bunların miktarlarında azalma meydana gelmektedir (Babür ve Gürbüz, 2020).

Sous vide tekniğinde ise düşük sıcaklık, uzun süre uygulandığı için etin tekstürel özellikleri ve sululuğu korunarak duyuşal olarak yüksek kalitede bir ürün elde edilmektedir. Protein denatürasyonu minimal düzeeye inmekte, kolejen çözünməsi arttığı için etin yumuşaklığı da istenilen yapıda olmaktadır. Ancak özel ekipman gerektirmesinin yanı sıra düşük sıcaklıklarda uygulanan yetersiz sürede yapılan işlemlerin mikrobiyal yük aktivasyonu açısından gıda güvenliği konusunda risk oluşturması da dezavantajları arasında yer almaktadır (Derin ve Serdaoğlu, 2020).

Ohmik ısıtma, elektriksel akımın gıda maddesi veya farklı materyaller içinden geçirilerek ısıtılmaları prensibine dayanan bir pişirme tekniğidir. Bu yöntemde gıdanın hızlı ve homojen (eşit düzeyde) pişirilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca bu tekniğin bir diğeri avantajı, kısa sürede pişirme sağlayarak enerji tüketimini azaltmasıdır (Sastrı ve Barach, 2000).

Sağlık açısından incelendiğinde ise, yüksek sıcaklıkta uygulanan pişirme işlemleri, etin duyuşal kabul edilebilirliğini arttırırsa da, riskli bileşiklerin oluşumunu hızlandırabilmektedir. Bu nedenle, uygun pişirme tekniğı seçimi ve uygulama aşamaları dikkatle planlanmalı, pişirme sıcaklığı ve süresi mutlaka kontrol edilmelidir. Pişirme tekniklerinin avantajlı ve sakıncalı yönleri de dikkate alınarak, lezzet ve sağlık açısından en uygun teknik tercih edilmelidir.

2.2.1. Geleneksel pişirme teknikleri

Mevcut yöntemler, etin işlenmesi ve muhafazası açısından temel mekanizmalardan biri olup yenilikçi yöntemlerle birlikte de kullanılabilir. Dünya genelinde ete uygulanan geleneksel pişirme tekniklerinden; haşlama (boiling), kızartma (frying) ızgara (grilling), rosto (roasting), buharda pişirme (steaming) başta gelmektedir. Bu pişirme teknikleri sırasında etin yapısında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler, ürünün kalite özellikleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

Literatürde pişirme işlemi sırasında etin iç sıcaklığında meydana gelen artış; kollajen kontraksiyonunu arttırarak, su tutma kapasitesini düşürmekte, pişirme verimini azaltmakta ve ürünün hem kalite hem de duyuşal kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu bağlamda pişirme süresi, kullanılan yöntem, sıcaklık düzeyi ve ısı iletkenliği etin kalite parametrelerini belirleyen kritik değişkenler arasında yer almaktadır (Bakalis vd., 2001).

Geleneksel pişirme tekniklerinden ızgara tekniği, yüksek sıcaklıkta ve kısa süreli pişirme sağlayan bir tekniktir. Genellikle 190-232 °C aralığında uygulanan bu yöntem, etin yüzeyinde lezzet verici bileşiklerin oluşumunu sağlarken, tüketiciler tarafından istenilen dış kabuk oluşumunu da mümkün kılmaktadır (Nolin, 2022).

Bu yöntemde yüksek sıcaklık uygulandığı için besin öğelerinde kayıplar meydana gelmekte ve sağlık açısından riskli bileşiklerin oluşumu hızlanmaktadır (Lee vd., 2016). Bu yöntem yüksek sıcaklıklarda pişirme işlemi sonucu HAA (Tablo 2.3) ve PAH gibi kanserojen bileşiklerin oluşumuna sebep olmaktadır. Bununla birlikte, akrilamid oluşumu da et pişirme sürecinde karşılaşılan önemli sorunlardan biridir. Özellikle etlerin yağda, yüksek ısıda kaplanarak pişirilmesiyle ortaya çıkan bu bileşiklerin, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bildirilmektedir (Babür ve Gürbüz 2020).

Tablo 2.3: Farklı pişirme teknikleri ile tavuk etinde oluşan HAA düzeyleri (ng/ 100 gr, Iwasaki et al, 2010)

Et Türü	Pişirme Tekniği	Pişirme Derecesi	Toplam HAA (ng/100 g)
Tavuk	TV	Orta	0.76
		İyi	0.35
	Izgara	Çok iyi	34.6
		Orta	0.67
		iyi	27.38
		Çok iyi	--
	Şiş	Orta	1.73
		İyi	12.0
		Çok iyi	47.3

Yüksek sıcaklıklarda uygulanan pişirme işlemleri, etin yapısal bütünlüğünü olumsuz yönde etkileyerek amino asit kayıplarına ve aynı zamanda suda çözünebilen vitaminlerin miktarlarında azalmalara neden olmaktadır. Bu durum, ızgara (tava) tekniğiyle pişirilen etlerin besin değeri bakımından daha düşük nitelikte değerlendirilmesine yol açmaktadır.

Tavada ızgara ile pişirme tekniği, etin lezzetini arttırdığı için tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Ancak, yüksek sıcaklıklarda pişirme esnasında oluşabilecek besin öğesi kayıpları ve sağlık açısından riskli bileşiklerin oluşumu göz ardı edilmemesi

gereken önemli kısımlardandır. Bu sebeple, pişirme sıcaklığı ve süresi dikkatlice ayarlanmalı, sağlıklı pişirme yağları ve marinasyonlar kullanılmalıdır (Çiçek ve Bulgan, 2013).

Geleneksel pişirme tekniklerinde, ete uygulanan pişirme sıcaklığı yüksek ve işlem süresi uzundur. Bu durum, enerji tüketimini arttırmakla birlikte, ette oluşan bazı bileşikler de insan sağlığı açısından risk oluşturabilmektedir.

Geleneksel yöntemler, et ve et ürünlerinin raf ömrünü uzatıp mikrobiyal açıdan gıda güvenliğini sağlarken, besin değerinde ve duyu niteliklerinde kayıplara yol açabilmektedir (Candan ve Bağdatlı, 2018). Bu olumsuzlukları en aza indirmek amacıyla, sağlık açısından güvenli, besin içeriği korunmuş, minimum düzeyde işlenmiş gıda ürünleri elde etmek hedeflenmekte ve artan tüketici beklentileri doğrultusunda geleneksel pişirme tekniklerine alternatif olabilecek yeni teknolojiler ortaya çıkmaktadır.

Ohmik ısıtma, mikrodalga ısıtma, radyo frekans ısıtma, infrared ısıtma gibi alternatif ısıtma teknikleri başta gelen yenilikçi tekniklerdendir. Söz konusu tekniklerin işleyişini anlamak ve etkinliklerini arttırmak amacıyla yapılan bilimsel çalışmalar devam etmektedir (Lee vd., 2016).

2.2.2. Yenilikçi pişirme teknikleri

Yenilikçi pişirme teknikleri, ısı enerjisinin doğrudan gıdanın iç yapısında üretildiği hacimsel ısıtma teknikleridir ve bu sayede ürün içerisinde ısının homojen bir şekilde dağılması sağlanmaktadır (Yıldız, İçier vd., 2013). Özellikle et ve et ürünleri gibi kolay bozulan hayvansal gıdalarda, mikrobiyal kontaminasyon riskinin azaltılması açısından bu tür uygulamalar önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yöntemler gıda israfının önlenmesini ve tüketici beklentilerine uygun, kaliteli ve raf ömrü uzun ürünlerin geliştirilmesini ve minimum düzeyde işlenmiş yeni ürünler hedeflemektedir. Gıda sektöründe karşılaşılan taleplere yanıt verebilmek adına bazı yenilikçi işleme ve koruma teknolojileri gıda endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır (Özlu ve Atasever, 2007).

Sous vide, ohmik ısıtma, radyofrekans ve mikrodalga gibi sistemler, sürdürülebilirlik odaklı ve yenilikçi işleme/koruma teknikleri arasında yer almaktadır. Sous vide tekniği, gıdaların vakumlu ambalajlar içerisinde, düşük sıcaklıklarda ve uzun süre

boyunca kontrollü pişirilmesini sağlayan modern bir ısıtım işlemi teknolojisidir (Schellekens, 1996). Bu teknikte gıdalar, ısıya dayanıklı özel poşetlere yerleştirilip vakum uygulanarak, hava geçirmez şekilde kapatılır. Ardından, vakumlanmış poşetler sıcaklığı tamamen kontrol edilebilen ve su sirkülasyonu sağlayan pişirme kabına konulur. Süreç boyunca, gıdanın türüne uygun olarak belirlenen süre-sıcaklık değerleri uygulanır. Pişirme işlemi tamamlandıktan sonra ürün, doğrudan tüketime sunulabileceği gibi, kısa süreli kızartma veya ızgara işlemlerine tabii tutularak da servis edilebilmektedir (Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013).

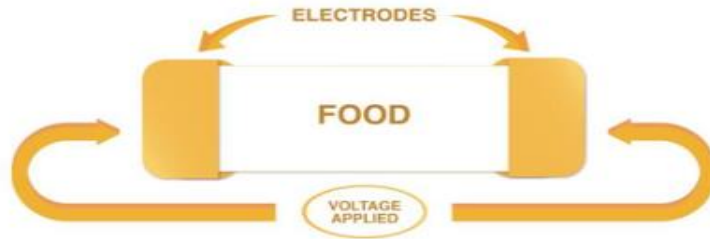
Sous vide tekniğiyle uygulanan düşük sıcaklık, özellikle ısıya duyarlı vitaminlerin ve suda çözünen bileşenlerin korunmasında geleneksel pişirme tekniklerine göre daha etkilidir (Roldán vd., 2013). Bu durum, ürünün besleyici niteliğini artırarak, fonksiyonel özelliklerinin de sürdürülebilirliğini desteklemektedir.

Tekniğin en büyük avantajlarından biri, sıcaklığın gıdanın tüm bölgelerine eşit şekilde dağılmasıyla homojen bir pişirme sağlanmasıdır. Ayrıca bu mevcut yöntemle sıcaklık kontrolünün daha hassas yapılabilmesi ve her uygulamada standart bir ürün kalitesine ulaşılması sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra sous vide tekniğiyle pişirilen gıdaların tekstürel ve kalite özellikleri korunmakta ve etin dış yüzeyinde aşırı kuruma oluşmamaktadır. Pişirme süreci, sürekli gözetim gerektirmediği için operasyonel kolaylık da sağlamaktadır. Ek olarak bu teknikte pişirilen gıdalar soğutulup uygun şartlarda muhafaza edildikten sonra tekrar ısıtılarak servis edilebilmesi de sahip olduğu başka bir avantajdır.

Sous vide tekniğinin tüm bu olumlu yönlerine karşın, tekniğin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Örneğin, pişirme için gerekli ekipman her mutfakta bulunmamakta ve bu ekipmanların temini ek maliyet gerektirmektedir. Düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen pişirme süreci uzun sürelerde gerçekleşmekte ve enerji maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca düşük sıcaklıklarda pişirme nedeniyle yüzeyde kızarma veya karamelizasyon gibi kahverengi renk oluşumu gerçekleşmemekte, bu da bazı ürünler için istenen görünümün elde edilememesine yol açmaktadır (Church ve Ghazala, 1998; Garcia-Linares vd., 2004; Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013).

Yenilikçi ve alternatif gıda işleme tekniklerinden biri olarak değerlendirilen ohmik ısıtım, gıda maddesinin içinden bir elektrik akımı geçirilerek, bu akıma karşı oluşan iç direnç sayesinde ürünün doğrudan ısıtılması esasına dayanmaktadır (Şekil 2.3).

Literatürde, ohmik ısıtma tekniği; doğrudan elektriksel direnç ısıtma, elektro-ısıtma, elektrokondüktif ısıtma ve joule ısıtma gibi farklı terimlerle ifade edilmektedir (Külcü vd., 2018).



Şekil 2.1: Ohmik ısıtma yöntemi (Sun, 2006).

Bu yöntemde, elektrik akımı gıda matrisi içerisinde homojen bir şekilde yayılmakta ve böylece eşit sıcaklık dağılımı sağlanmaktadır. Ohmik ısıtma, gıdanın tamamını hacimsel olarak ısıttığı için klasik yöntemlere oranla daha kısa sürede gerçekleşen bir uygulama olmakla beraber daha kontrollü bir ısı transferi de sağlamaktadır.

Ohmik ısıtma sürecinin verimliliği; sistemde üretilen ısı miktarı, gıdanın elektriksel iletkenliği, elektrik alanının şiddeti ve uygulama süresi gibi parametreler, tekniğin verimliliği üzerinde doğrudan etkilidir (Varghese vd., 2014). Bu süreçte en kritik faktörlerden biri, gıdanın elektriksel iletkenliği ve iletkenliğin sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterme eğilimidir (Kaur ve Singh, 2016). Sıcaklığın artması, gıdanın elektriksel direncinde azalmaya neden olmakta ve bu durum ısıtma sürecinin uzamasına yol açabilmektedir (Sakr ve Liu, 2014). Bununla birlikte, elektrik alan şiddetinin artırılması, gıdanın elektriksel iletkenliğini yükselterek ısıtma hızını olumlu yönde etkilemektedir (Kaur ve Singh, 2016).

Ohmik ısıtma sürecinin etkinliğini belirleyen bir diğer önemli unsur, gıdanın fiziksel özellikleridir. Gıdanın fiziksel yapısı, partikül oranı ve geometrisi, tekniğin kinetiğini doğrudan etkileyen etmenlerdendir (Chen, 2015). Özellikle partikül konsantrasyonundaki artış, iyonik hareketliliği sınırlandırarak elektriksel iletkenliğin azalmasına ve dolayısıyla ısıtma sürecinin uzamasına neden olmaktadır. Ayrıca, yoğunluğu ve özgül ısısı yüksek olan gıdaların ohmik ısıtma tekniği ile daha yavaş ısındığı bildirilmiştir.

Sıvı gıdalarda ise viskozitenin, ohmik ısıtmanın etkinliğini etkileyen temel faktörlerden biri olduğu belirtilmektedir. Nitekim, yüksek viskoziteli sıvıların düşük viskozitelilere kıyasla ohmik ısıtma tekniğiyle daha hızlı ısındığı tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmalar gıdaların elektrik iletkenliğinin 0.01 ile 10 S/m arasında değiştiğini ve bu aralığın ohmik ısıtma için uygun olduğunu göstermektedir. Gıdaların elektriksel iletkenlikleri, sıcaklık ve bileşen kompozisyonuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Tuz veya asit içeriği yüksek olan gıdalar, artan elektriksel iletkenlik gösterirken, yüksek oranda yağ içeren gıdalarda iletkenliğin düştüğü rapor edilmiştir.

Gıdanın elektriksel iletkenliği; sahip olduğu iyon düzeyi, su içeriğinin hareketliliği ve fiziksel özellikleriyle doğrudan bağlantılıdır. Ohmik ısıtmayı diğer ısıl yöntemlerden ayıran temel unsurlar; elektrotların doğrudan ürünle temas etmesi, uygulanan frekans aralığı ve kullanılan dalga biçimleri dir. Genellikle, gıda maddelerine uygulanan ohmik ısıtma işlemleri 50-60 Hz frekans aralığında gerçekleştirilmektedir (Sarkis vd., 2013).

Ohmik ısıtma sistemi; elektrik enerjisini sağlayan g nitesi, elektrik akımının gıda üzerinden geçmesini sağlayan elektrotlar, ısıtma işlemlerinin gerçekleştiği bir hücre, sürecin kontrolünü sağlayan mikro işlemci ve bilgisayar tabanlı denetim bileşenlerinden oluşmaktadır (Gavahian ve Farahnaky, 2018). Gıda rnlerinin homojen ve yüksek verimle ısıtılmasını sağlamak amacıyla geliştirilen bu sistem, günümüzde sürekli olarak iyileştirilmekte ve farklı uygulama alanlarına adapte edilmektedir.

Son yüzyıllarda, yeni tekniklerin geliştirilmesiyle birlikte pişirme tekniklerinde çeşitlilik sağlanmış bu teknikler geleneksel pişirme tekniklerine alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştir (Cummins ve Lyng, 2017). Bu alternatif tekniklerinde geliştirilmesindeki temel amaç, tüketicilerin beklentilerini karşılamak, ürün güvenliğini arttırmak ve besin değerlerini koruyarak daha kaliteli gıdalar elde etmektir. Özellikle et ürünleri, kimyasal yapıları gereği bozulmaya son derece yatkın olduğundan, bu ürünlerin korunması için birçok ısı ve ısıl olmayan yöntemler kullanılmaktadır.

Kavurma, haşlama ve ızgara gibi geleneksel pişirme teknikleri gıdanın raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal güvenliğini sağlamak açısından etkili olsa da bazı sınırlılıkları da beraberinde getirmektedir. Örneğin; ısı dağılımında homojenliğin sağlanamaması, uzun pişirme süresine bağlı enerji kayıpları ve ürün kalitesindeki düşüşler gibi dezavantajlar literatürde sıkça dile getirilmektedir (Chii vd., 2011).

Bu bağlamda, yenilikçi ısıl işlem tekniklerinden ohmik ısıtma, mikrodalga uygulamaları ve radyo frekans teknolojileri son yıllarda dikkat çekmektedir. Bu yöntemler, klasik tekniklere göre işlem süresini azaltmakta, enerji verimliliğini

arttırmakta ve mikrobiyal güvenliği sağlamaktadır (Candan ve Bağdatlı, 2018). Sous vide tekniği ise dűşűk sıcaklıkta uzun sűreli bir pişirme tekniği olmasına rağmen diğer yenilikçi teknikler gibi besin bileşenlerinin korunmasını da sağlamaktadır (Derin, 2020). Fonksiyonel, duyuşal özelliklerin korunması ve homojen bir pişirme işlemini sağlaması yenilikçi tekniklerin bir diğer avantajları arasında yer almaktadır (Candan ve Bağdatlı , 2018).

Yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi, gıda endűstrisini sűrdürülebilirliđe taşımak için önem teşkil etmektedir. İşlem süresinin kısalması ticari enerji kullanımında tasarrufu, dolayısıyla yerel ve global çevrelerin korunmasını sağlayarak bu konudaki sorumluluğu yerine getirmektedir (Proctor, 2011). Yeni ve yenilikçi teknolojiler, bireysel veya kombinasyon hâlinde uygulandıklarında, et ürünleri üzerindeki etkileriyle et işleme tekniklerinin gelişimine katkı sağlamaktadır. (Cummins ve lyng 2017). Bu teknolojilerin uygulanması ile birlikte, et endűstrisinin sűrdürebilirliđinin sağlanabileceği, gıda güvenliği standartlarının arttırabileceği bilim insanları tarafından düşünölmektedir.

BÖLÜM 3. MATERYAL METOD

3.1. Materyal

Çalışmada, Kocaeli ilindeki yerel bir marketten temin edilen tavuk filetosu kullanılmıştır. Tavuk etinin fileto kısmı, düşük yağ içeriğine sahip olması ve elektriksel iletkenliğini daha iyi koruyabilmesi nedeniyle tercih edilmiştir. Marinasyon işleminde kullanılan malzemeler ise (şeker, tuz, maden suyu, bal, soya sosu, kırmızı toz biber, karabiber, limon suyu, soğan suyu, sarımsak) aynı ilde bulunan süper marketlerden temin edilmiştir. Marinasyon çözeltisinin hazırlanmasında, etin tat ve aroma özelliklerini geliştirmek, dokusal yumuşaklığını arttırmak ve özellikle ohmik pişirme tekniği açısından önemli olan elektriksel iletkenliği yükseltmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çeşitli marinasyon denemeleri yapılmış, ilk aşamada uygulanan bazı reçetelerde süt ve yoğurt gibi yağ içeriği yüksek bileşenler kullanılmıştır. Ancak bu gıdaların, özellikle ohmik ısıtma sürecinde ısı iletimini olumsuz etkileyerek pişirme başarısını düşürdüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle, yeni reçete oluşturulurken söz konusu yağlı bileşenler marinasyon sıvısından çıkarılmış ve yerine elektriksel iletkenliği artırıcı özelliğe sahip olduğu bilinen soğan suyu, maden suyu ve soya sosu gibi bileşenler eklenmiştir. Aynı zamanda bu bileşenlerin miktarları optimize edilerek reçete yeniden düzenlenmiştir. Tavuk etleri, 1,5 kg olacak şekilde tartılmış ve 300 ml'lik marinasyon çözeltisi içerisine daldırılmış, 4 °C olan buzdolabında streç filmle kaplanarak 18 saat boyunca bekletilmiştir. Bu marinasyon işleminin ardından tavuklar farklı pişirme tekniklerine tabi tutulmuş ve yeni reçeteye, ohmik ısıtma tekniği de dahil olmak üzere tüm tekniklerde başarılı bir şekilde pişirme sağlanmıştır.

Çalışma süresince üretim, pişirme ve analizler Kasım 2024- Şubat 2025 tarihleri arasında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Pamukova Meslek Yüksekokulu

Gıda Laboratuvarlarında yapılmıştır. Üretilen ürünler analizler için +4 °C de muhafaza edilmiştir.

Tablo 3.1: Marinasyon formülasyonu (1.500 gr tavuk filetosu için)

Marinasyon Malzemeleri	Ölçüleri
Sade maden suyu	400 ml
Limon suyu	15ml
Soya sosu	10 ml
Soğan suyu	10 ml
Sarımsak rendesi	5 gr
Bal	5 gr
Karabiber	3 gr
Kekik	3 gr
Kırmızı toz biber	3 gr
Tuz	15 gr
Şeker	5 gr

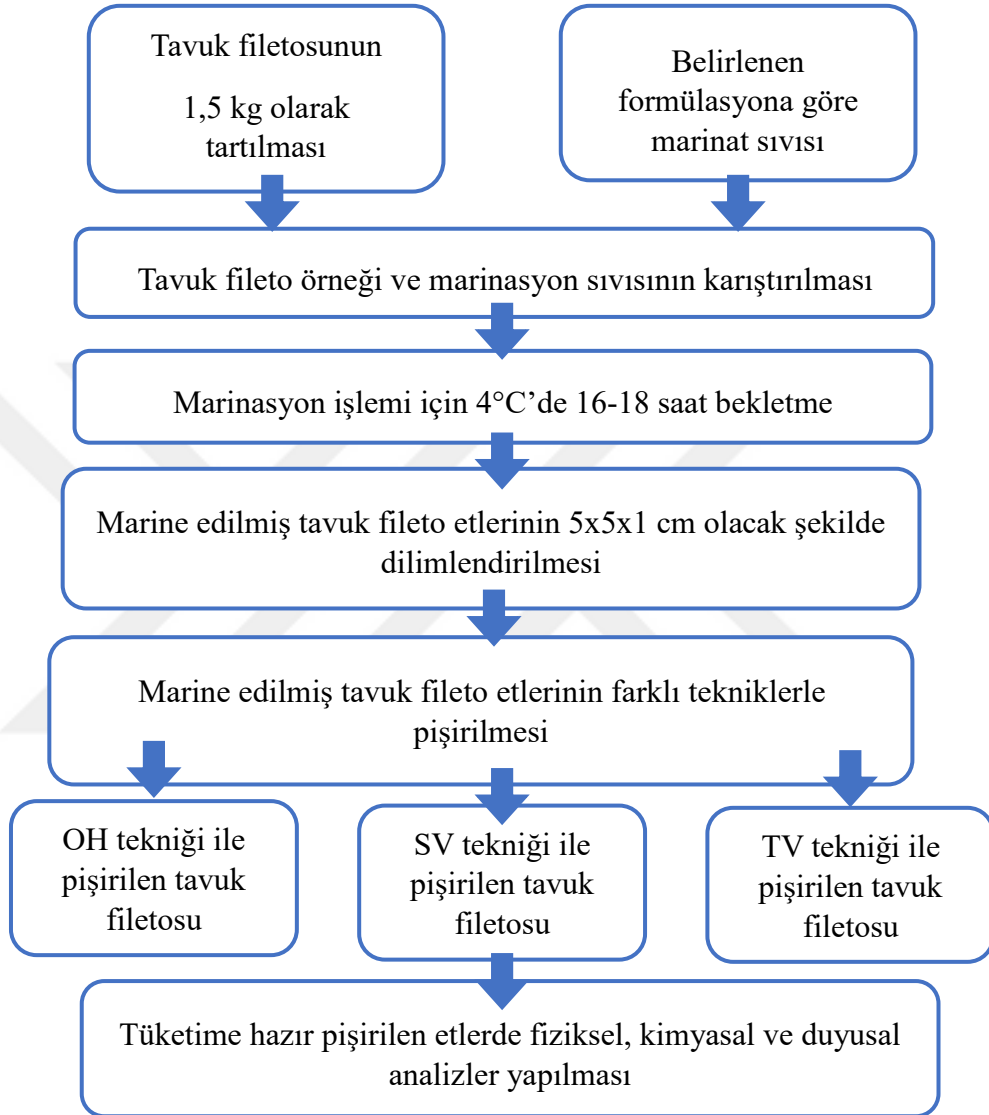
3.2. Yöntem

Ohmik, sous vide ve ızgara (tava) tekniğiyle pişirilecek olan tavuk filetosu pişirme işleminden önce marinasyon işlemine tabii tutulmuş, bir kap içerisine alınıp streçlenerek 0-4 °C aralığında buzdolabında 18 saat muhafaza edilmiştir. Her bir pişirme tekniği için tavuk filetosu 5×5×1 cm ölçüsünde olacak şekilde dilimlenmiştir. Çiğ ağırlıkları tartılmıştır.

Tavuk filetosu pişirme işlemleri ohmik ısıtma destekli pişirme ünitesinde, sous vide işlemi su banyosu tankında ve ızgara işlemi ise Karaca marka tava içerisinde, MTOPS MS300HS markalı elektrikli tek gözlü ocak üzerinde gerçekleştirilmiştir. SV tekniğinde pişirme için sızdırmaz 25×35 cm ebatında yaklaşık 100 °C'ye kadar dayanıklı vakumlu poşetlere yerleştirilmiş, Lipovak marka vakum makinesi ile vakum uygulanarak paketlenmiştir.

Tüm yöntemlerde etin geometrik merkez sıcaklığının 75±1 °C'ye ulaşması hedeflenmiştir. Pişirme işlemine ilk olarak SV tekniğiyle başlanmıştır. Ölçülendirilmiş tavuk filetosu vakum cihazına alınarak içerisine konulduğu poşetin havayla teması kesilmiştir.

Sıcaklığı 20 °C olan vakumlanmış çiğ tavuk filetosu bu şekilde su banyosuna yerleştirilmiş, sıcaklığı 75±1 °C’de pişirilmiştir. Pişirme sonrası etlerin ağırlık ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.1: Tavuk göğüs etinde marinasyon, pişirme ve analiz aşamaları

Pişirme süresince süre ve sıcaklık değerleri T tipi ısı eş ile özel yapım mikroişlemci ile saptanmış, ayrıca toplam tüketilen enerji güç ölçer yardımıyla (Wellhise PM003. Çin) kaydedilmiştir.



Şekil 3.2: Tavuk filetosunun vakum cihazında poşetle paketlenme aşamaları



Şekil 3.3: SV işleme alınmış vakumlu çiğ tavuk filetosu örnekleri



Şekil 3.4: Pişirme işlemi sonrası tavuk filetosu örneği

Izgara tekniği için ise tavaya ölçülendirilmiş, 20 °C olan çiğ tavuk filetoları yerleştirilmiş ve elektrikli ısıtıcı ile çalışılmıştır. Tam pişirme sağlanması için etin geometrik merkez sıcaklığının 75 ± 1 °C'ye gelmesine dikkat edilmiştir. Pişirme sonrası ağırlık tartımı yapılmış, pişirme süresince süre ve sıcaklık değerleri T tipi ısıtıcı

eş ve özel yapım mikroişlemci ile kaydedilmiş, toplam tüketilen enerji güç ölçerle (Wellhise PM003. Çin) tespit edilmiştir.



Şekil 3.5: TV tekniğiyle pişirme işlemi yapılan tavuk fileto örnekleri



Şekil 3.6: TV tekniğiyle pişirme işlemi gerçekleştirilmiş tavuk fileto örneği

Ohmik ısıtma sistemi ise izole edilmiş bir trafo, güç kaynağı, test hücresi, elektrotlar ve bilgisayardan meydana gelmektedir. Ohmik ısıtma tekniği için tasarlanan test hücresi, polioksümetilenden yapılmış olup iç boyutları 5×5×10 cm'dir. Hücrede kullanılan elektrotlar ise paslanmaz çelikten üretilmiş ve boyutları 5×0.1×15 cm olarak belirlenmiştir. Akım, gerilim, süre ve sıcaklık değerleri özel yapım mikroişlemci ile kaydedilmiştir. Ucu izole edilmiş T tipi ısı eşler (Cole-Parmer, UK) sıcaklık ölçümleri için kullanılmıştır. Ohmik pişirme için 60 (12 V/cm), 70 (14 V/cm) ve 80 (16 V/cm), olmak üzere 3 voltaj değerinde çalışılmıştır.



Şekil 3.7: Ohmik pişirme tekniğiyle pişirilmiş tavuk filetosu işlem aşamaları

3.3. Analiz Teknikleri

3.3.1. Marinat absorpsiyonu

Tavuk göğüs fileto etlerinde marinat absorpsiyonu Ergezer (2005)'e göre belirlenmiştir. Marinat absorpsiyonu ürünün ağırlığına göre yapılan bir analiz olup tavuk eti örneklerinin marinyasyon öncesi ve sonrası ağırlıkları ölçülmüş ve 3.1'deki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Marinat absorpsiyonu} = 100 \times (wt_m - wt_i) / wt_i \quad (3.1)$$

w_{t_m} : Marinasyon sonrası ağırlık (g)

w_{t_i} : Marinasyon öncesi ağırlık (g)

3.3.2. Harcanan enerji ve pişirme işlem süreleri

Her bir pişirme tekniği için enerji verimliliği, pişirme süresi boyunca kullanılan toplam enerji miktarının joule (J) cinsinden hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

Izgara (tava) ve sous vide tekniklerinde, elektriksel enerji tüketimi priz tipi dijital güç ölçer cihazı (Wellhise PM003. Çin) ile doğrudan ölçülmüştür. Cihaz, ısıtma işleminin başlamasından sona ermesine kadar olan süreçte harcanan enerjiyi kilowatt-saat (kW h) cinsinden kaydetmiş, bu değer daha sonra joule (J) birimine çevrilmiştir. Ohmik ısıtma tekniğinde ise enerji tüketimi mikroişlemci aracılığıyla her saniye kaydedilen voltaj (V) ve akım (I) verileri kullanılarak Eşitlik 3.2 aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Q_{ohmic} = \sum (V \times I \times \Delta t) \quad (3.2)$$

V: Voltaj

I: Akım

Δt : Toplam işlem süresi (saniye)



Şekil 3.8: Izgara yöntemiyle pişirme işlemi sırasında harcanan enerji ölçümü

3.3.3. Nem tayini

Tavuk filetoları Demsan marka değirmende öğütülmüştür. Pişirme öncesi ve sonrası tavuk filetosunun nem miktarını belirlemek için, örneğin konulacağı kaplar 105 °C’de ayarlanan etüv cihazında iki saatten az olmayacak şekilde bekletilmiş, süre sonunda sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmıştır. 5 g örneğin darası alınarak kaba konulmuş, tartılmış ve etüvde 105 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma işlemine tabii tutulmuş ve % nem miktarları Eşitlik 3.3’ e göre hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\% KM = \frac{m1-m2}{m3-m2} \times 100$$

(3.3)

m1 : (Kuru madde kabının boş ağırlığı + Ürün ağırlığı) (g)

m2: (Kuru madde kabının boş ağırlığı) (g)

m3: Son tartım (İçinde tavuk fileto örneği bulunan kurutma kabı ve ürünün kurutma işleminden sonraki ağırlığı) (g)

$$\% \text{ Nem} = 100 - \text{KM}$$



Şekil 3.4: Etüv işlemine tabii tutulan tavuk fileto örnekleri

3.3.4. pH

pH değeri gıda içerisinde bulunan hidrojen iyonu (H⁺) konsantrasyonunu göstermektedir. Gıdalarda ki pH değeri 0-14 arasında değişmekte olup; pH < 7 den asidik, 7'den büyükse bazik, 7 ise nötr ortamı göstermektedir. (Fennema, 1996).

Çiğ ve pişmiş örneklerden yaklaşık 10 g tartılarak 100 ml distile su ilave edilip Micra marka homojenizatör (Model D-9. Almanya) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnek pH değeri, pH metre cihazıyla (Bante Instrument 921 pH/mV/ORP/°C/°F Meter) her örnek için ölçüm yapılarak tespit edilmiştir. Örneklerde pH ölçümüne başlamadan önce pH metrenin pH 4 ve pH 7 tampon çözeltileri ile kalibrasyonu yapılmıştır. Ölçümler Cemeroğlu, (2010)'da belirtilen yöntemle göre gerçekleştirilmiştir.

3.3.5. Titrasyon asitliği

Titrasyon asitliği, örnekteki serbest asit içeriğinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmektedir. AOAC (2005) tarafından önerilen yöntem doğrultusunda aşağıdaki prosedür izlenmiştir:

Örnek Hazırlama: Pişirilmiş tavuk filetosu homojenize edilerek her teknik için 5 g numune alınmış ve 50 ml saf su içinde çözülmüştür. Filtre kağıdı ile filtre edilmiştir. Elde edilen süzüntüden 20 ml titrasyon için alınmıştır. Çiğ tavuk filetosundan ise 5 gram örnek tartılmış 50 ml saf su ilave edilerek homojenize edilmiş, daha sonra filtre işlemi uygulanmış ve elde edilen süzüntüden 40 ml titrasyon için alınmıştır.

Titrasyon prosedürü: Numuneye birkaç damla fenolftalein indikatörü eklenmiş ve 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH 8.1'ye ulaşıncaya kadar (açık pembe renk) titrasyon işlemine devam edilmiştir.

Hesaplama: Titrasyon asitliği değerleri Eşitlik 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Titrasyon Asitliği} = \frac{(V) \times N \times E \times 100 \times 0.1}{m}$$

(3.4)

V= Kullanılan NaOH hacmi (mL)

N= NaOH normalitesi

E = 1 mL 0.1 N NaOH'ın eşdeğeri malik asit miktarı, g

m= Numune ağırlığı (ml/g)



Şekil 3.9: Titrasyon işlemi sonrası açık pembe renk oluşumu

3.3.6. Yağ içeriği

Örneklerin toplam yağ miktarı, sıcak ekstraksiyon tekniği ile Soxhlet düzeneği kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla yaklaşık 3 gramlık çiğ ve pişmiş örnekler Soxhlet kartuşuna konulduktan sonra 1.5 sifon yapacak şekilde 180 ml hekzan kullanılarak Soxhlet ünitesinde örnekte bulunan yağ miktarı yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Anonymous 1990).

Kartuşta bulunan örneğin çözünen maddeye geçmemesi için filtre kağıdı kullanılmış ve bu şekilde ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Düzenek hekzanın yavaş şekilde kaynamasına olanak verecek şekilde hazırlanmıştır. Kuru madde üzerinden % ham yağ olacak biçimde sonuçlar hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010). Ekstrakte işlemi sonunda damıtma balonuna geçen yağ ile hekzan vakumlu damıtma işlemine tabii tutulmuş bu şekilde çözünen (hekzan) ayrıştırılmıştır. Ekstrakte işlemi 7 saat sürmüştür. Daha sonra ise yağ içeren balon etüve konulmuş ve içerisinde kalan hekzandan tamamen arındırılması için 105 °C deki etüvde 15-20 dak. tutulup soğutulduktan sonra tartımı yapılarak Eşitlik 3.5 kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$\% \text{ Yağ } \left(\frac{\text{g}}{100\text{g}} \right) = \frac{M_2 - M_1}{m} * 100$$

(3.5)

M_1 =Sabit tartımdaki damıtma balonunun ağırlığı (g)

M_2 =Toplama balonundaki son tartım (Toplam yağ miktarı ve cam balonun darasının ağırlığı) (g)

m =Alınan örneğin ağırlığı (g)



Şekil 3.5: Ham yağ Soxhlet ekstraksiyon cihazı ve toplama balonunda toplanan hekzan ve ham yağdan hekzanın tekrar kazanım düzeneği

3.3.7. Protein analizi

Çiğ ve pişmiş örneklerin % azot miktarı Kjeldahl tekniği ile belirlenerek, yağ yakma işlemi uygulanmış, 6.25 faktörü ile çarpılarak % protein miktarları tespit edilmiştir (Wrolstad vd., 2005). Protein miktarı % olarak gösterilmiştir.

Klasik Kjeldahl tekniği ile protein tayini 3 aşamada gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalar; Yakma, damıtma, titrasyon.

1.Aşama-Yakma: Cam tüp içerisine küçük parçalar haline getirilmiş tavuk fileto örneklerinden yaklaşık 1gr konulmuş, %95'lik 10 ml Sülfirik asit zeltisi (H_2SO_4) zerine eklenmiş ve 1 adet Kjeldahl tableti ilave edilmiştir.

Sıcaklık, kademeli olarak (8-10) yakma bölümünde arttırılmıştır. Berrak yeşil renk elde edilene kadar yakma işlemine devam edilmiştir.



şekil 3.6: Tartımı yapılmış pişmiş tavuk fileto örnekleri



şekil 3.7: Protein yakma cihazı ve yanma işlemi



Şekil 3.8: Yanma işlemi gerçekleştirilmiş protein örneği

2. Damıtma: Yakma işlemi gerçekleştirilmiş, soğutulmuş tüplerin üzerine 200 ml saf su ilave edilmiştir. Ardından yanmış tavuk fileto örnekleri yağ oksidasyonu sonucu oluşan amonyağın (NH_3) sodyum hidroksit (NaOH) ile serbest hale getirilip damıtılma işlemine tabii tutulmuştur. 60 ml %4'lük Borik asit ve 1 ml karışık indikatör bulunan bir asit içinde tutularak damıtma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9: Yanmış ve soğutulmuş protein örneği tüpleri



Şekil 3.10: Protein tayin cihazı gösterimi

3. Titrasyon: Distilasyon cihazında distilasyonu gerçekleştirilmiş tavuk fileto örnekleri 0.25 N H_2SO_4 (Sülfirik asitle) ile kırmızı renk oluncaya kadar titre edilmiştir (Cemeroğlu, 2013).



Şekil 3.11: Titrasyon işleminin aşamalı olarak gerçekleştirilmesi

Protein miktarı, titrasyon işlemi sırasında harcanan asit miktarından azot miktarı bulunarak faktör ile çarpılması sonucu % olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan denklemler 3.6.a ve 3.6.b Eşitlikleri ile gösterilmiştir.

$$\text{Azot Miktarı (g)} = [(V1 - V0) \times N \times 0.014] \quad (3.6a)$$

$$\% \text{ Protein Miktarı} = \frac{\text{Azot miktarı} \times F}{\text{Numune miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.6b)$$

V_1 = Asıl deneme için titrasyonda harcanan 0.25 N H_2SO_4 miktarı (ml)

V_0 = Şahit deneme için titrasyonda harcanan 0.25 N H_2SO_4 miktarı (ml)

N = Titrasyonda kullanılan H_2SO_4 çözeltisinin kesin normalitesi

F = Protein dönüşüm faktörü

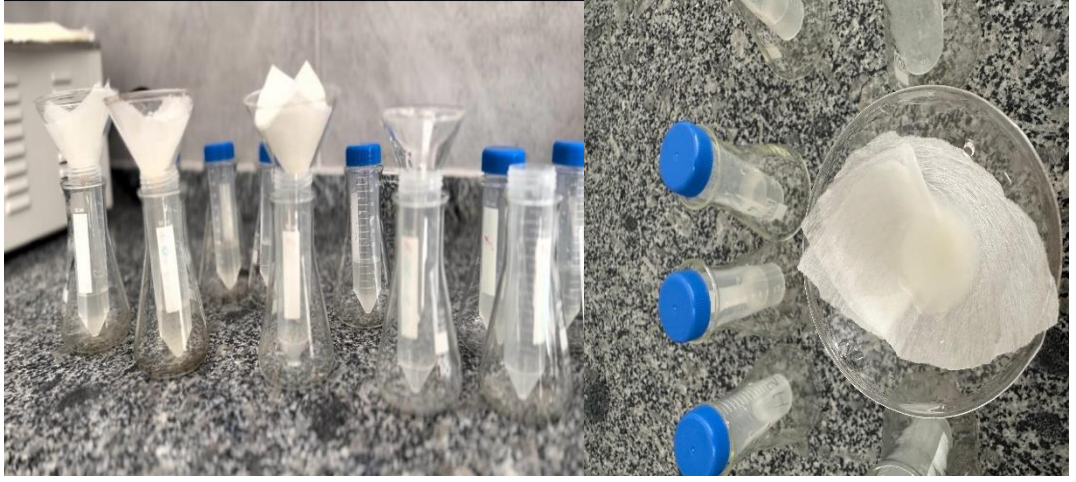
m = Örnek miktarı (g)

3.3.8. Tuz analizi

Çiğ ve pişmiş tavuk filetolarının tuz miktarları Mohr tekniği esas alınarak belirlenmiştir. İlk olarak homojen hale getirilmiş tavuk filetolarından 2 g alınıp tartılarak bir erlen içerisine konulmuş, üzerine saf sıcak su eklenip 5-10 dk homojen hale gelmesi için alt üst edilmiştir. Daha sonra bu karışım filtre kağıdından 100 ml'lik bir cam balon içerisine süzülerek cam balonun toplam hacmi 20 ml'ye tamamlanacak şekilde ayarlanmıştır. Bu süzüntüden 10 ml alınıp, üzerine 2-3 damla potasyum kromat eklenerek büretteki gümüş nitrat ile kiremit kırmızısı renge kadar titre edilmiş ve % tuz miktarı Eşitlik 3.7 deki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\% \text{ Tuz} = \frac{0.00585 \times V \times 10}{\text{örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.7)$$

V : Harcanan $AgNO_3$ miktarı



Şekil 3.17: Tuz analizinin ön hazırlık aşaması

3.3.9. Pişirme kaybı (Pişirme verimi)

SV, OH, TV tekniğiyle pişirilen tavuk fileto örnekleri yaklaşık 20 °C dereceye geldiğinde ağırlıkça hassas olan terazi de tartımı yapılmış ve pişirme uygulanmadan önce yapılan ilk tartım ağırlığına göre yüzde oranda olacak şekilde Eşitlik 3.8 ile hesaplanmıştır (Bıyıklı, 2015).

$$\text{Pişme Verimi (\%)} = (\text{Pişme sonrası ağırlık} / \text{Pişme öncesi ağırlık}) \times 100 \quad (3.8)$$

3.3.10. Tekstür profil analizi

Piştirilen tavuk fileto örneklerinin tekstürel özelliklerini belirlemek amacıyla sertlik, dış yapışkanlık, esneklik, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet parametrelerini TA-XT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) ile Derin (2020)'de belirtilen yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Doku profil analizi (TPA) için et örnekleri 2 cm x 2 cm x 1 cm boyutlarında kesilmiştir. Test koşulları; test hızı 2 mm s⁻¹; ön test hızı 5 mm s⁻¹ , son test hızı 5 mm s⁻¹ ; sıkıştırma (gerilme) %50; zaman 5 s olarak uygulanmıştır.

3.3.11. Renk analizi

Tavuk fileto örneklerinde renk ölçümü 3nh NR60CP (Çin) renk tayin cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçüme başlanmadan önce sonuçların doğruluğu için kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Ölçümün standart olması için tavuk fileto örnekleri Detsan marka değirmende öğütüldükten sonra renk tayin cihazı ile L* (açıklık (100)-koyuluk (0)),

a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Renk okuma işlemleri 20 °C’de ve her grup için üç paralelde dört ayrı okuma yapılarak belirlenmiştir. Eşitlik 3.9.a ve 3.9.b yardımı ile hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\Delta E = \sqrt{\{a^* - a^*_{ref}\}^2 + \{b^* - b^*_{ref}\}^2} \quad (3.9a)$$

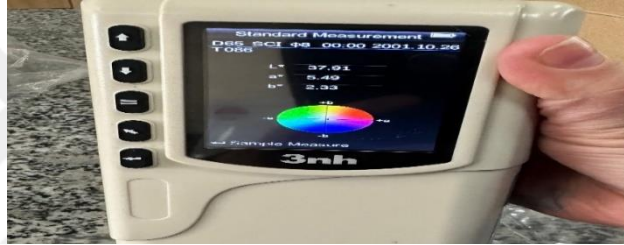
$$Hue^0 = \arctan(b^* / a^*) \quad (3.9b)$$

ΔE : Renk farkı

a^* : (+a) kırmızılık, (-a) yeşillik

b^* : (+b)sarılık, (-b) mavilik

Hue^0 : Metrik renk tonu



Şekil 3.18: Renk analiz cihazıyla tavuk filetosu renk ölçümü

3.3.12. Duyusal analiz

Duyusal analiz Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesinin Pamukova Meslek Yüksekokulu öğrencileri, personelleri ve akademisyenlerden oluşan 11 kişilik panelist grubuyla gerçekleştirilmiştir. Panelistlerin yaş aralığı 20-50 yaş arası olarak belirlenmiştir. Farklı tekniklerle pişirilmiş tavuk fileto örnekleri rastgele rakamlarla kodlanarak tabaklara alınmıştır. Panelistlere tavuk filetolarının tadımı esnasında bir önceki örnekten ağızda kalan tadı gidermek için içme suyu içilmesi gerektiği bildirilmiştir. Panelistlerden Şekil 3.19’a göre puanlayarak değerlendirme yapmaları istenmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2015).

Adı - Soyadı:

Örnek Kodu	Tat	Koku	Renk (Görünüş)	Tekstür (Yapı)	Genel Kabul Edilebilirlik
111					
112					
113					
212					
313					

(9 = Fevkalade beğendim, 8= pek çok beğendim, 7= Az beğendim, 6= Orta derece beğendim, 5= Ne beğendim ne beğenmedim, 4= hafif beğendim, 3= orta derece beğenmedim, 2= Beğenmedim, 1= Hiç beğenmedim.)

Şekil 3.19: Duyusal analiz örnek formu

3.3.13. İstatiksel analiz

Fiziksel ve kimyasal analizler 3 tekerrür, 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde SPSS İstatik Yazılım (SPSS 20.0. Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma metotları kullanılarak analiz edilmiştir.

BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tavuk Etine Uygulanan Analiz Sonuçları

Tavuk filetosuna uygulanan analizler: Marinat absorpsiyonu, nem tayini, pH, titrasyon asitliği, yağ tayini, protein analizi, tuz tayini, pişirme verimi, testtür, renk ve duyu analizlerdir. Pişirme tekniklerinin harcadığı enerji miktarı ile pişirme süresi ve sıcaklık değerleri de hesaplanmış olup, bu hesaplama tekniklerinin endüstrideki kullanımında maliyet karşılaştırılması yapılması açısından son derece önem teşkil etmektedir.

4.1.1. Marinat absorpsiyonu sonuçları

Tablo 4.1: Marinat absorpsiyon sonuçları

İşlem türü	Marinat Absorpsiyon değeri(%)
Çiğ Hamdde	%8.88±1.09

Çiğ tavuk filetosu (1.5 kg başına, 300 ml marinasyon sıvısı) önceden hazırlanmış marinasyon çözeltisine daldırılmış ve örnekler hava almayacak şekilde kapatılmış kaplarda buzdolabında (4 °C) 18 saat süreyle dinlendirilmiştir. Bekleme süresi sonunda yapılan ölçümlerde, çiğ tavuk filetolarının marinasyon sıvısını %8.88±1.09 oranında absorbe ettiği belirlenmiştir (Tablo 4.1).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Ergezer'in (2005) yaptığı bir çalışmada farklı marinasyon tekniklerinin kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel, duyu özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bazı marinasyon uygulamalarında marinat absorpsiyonu değerleri %12.97 ile %34.95 arasında değişirken, asidik marinasyon uygulamalarında % 6.49 ile %25.75 arasında olduğu tespit edilmiştir. Veriler ışığında

bazik marinasyonun asidik marinasyona oranla daha yüksek marinat absorpsiyonu sağladığı ve ekonomik olduğu bildirilmiştir.

Akyüz, Güneşer ve Esen (2020) tarafından yapılan hindi göğüs etinin marinat absorpsiyonları incelendiğinde acılı yoğurt marinasyonunda marinasyon absorpsiyonunun diğer marinasyon uygulamalarından daha yüksek olduğu belirlenmiş ve marinasyon absorpsiyonu için bulunan verilerin diğer çalışmalarla (Ergezer, 2005; Serdaroğlu vd., 2007; Malgorzata Ormian vd., (2019) benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Malgorzata Ormian vd., (2019) yaptıkları çalışmada yapılan marinasyon işlemi sonrası etin pH seviyesinin düşük olmasının doku üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir. Mevcut çalışmada, uygulanan marine katkı maddelerinin hem çığ tavuk göğüs etlerinde hem de ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde etin yumuşaklığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Serdaroğlu vd. (2007) yaptığı bir başka çalışmada hindi göğüs etini marine etmek için greyfurt suyu ve sitrik asit kullanarak marinatin daha yüksek emilime sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

4.1.2. Pişirme işlem süreleri ve sıcaklık ilişkisi

Tablo 4.2: Pişirme işlem süreleri

Piştirme Tekniğı	Süre (sn)
OH 12 V/cm	101±3.0 ^c
OH 14 V/cm	80±2.0 ^d
OH 16 V/cm	53±1.0 ^e
SV	2460±15 ^a
TV	840±10 ^b

Aynı sütunda (a-e) farklı harflerle gösterilenler arasında $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel fark anlamlıdır.

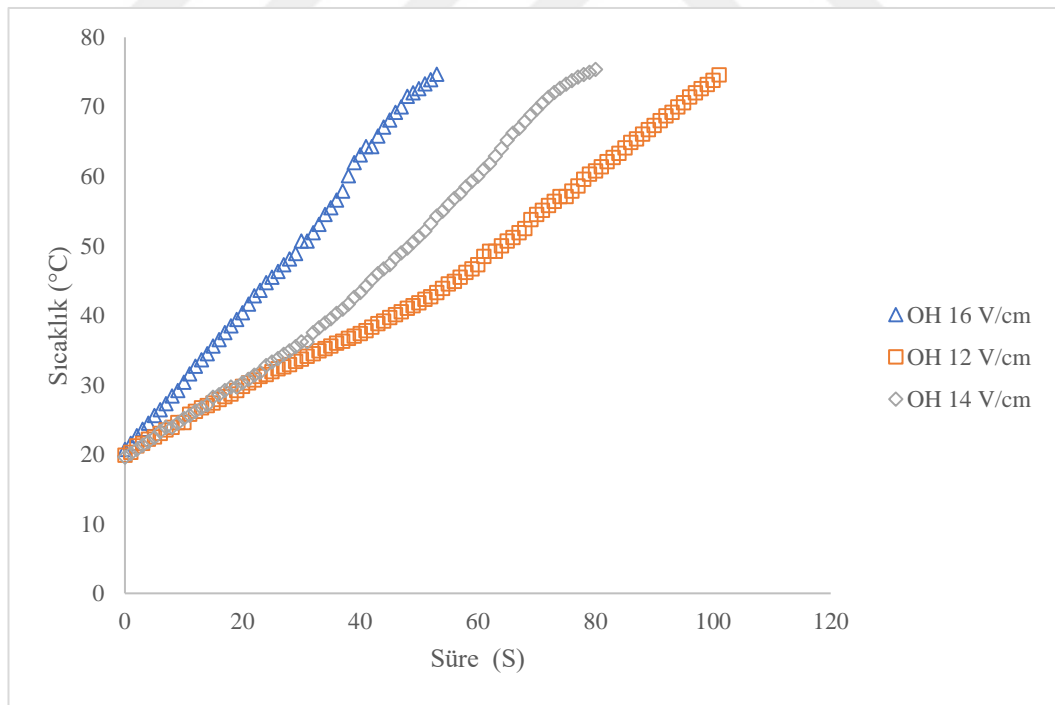
Tablo 4.2’de yer alan verilerde farklı piştirme tekniklerinin piştirme süreleri karşılaştırılmış ve yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). En uzun piştirme süresi, 2460 ± 15 s ile SV tekniğinde elde edilmiş ve bu değer diğer tüm yöntemlerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklı bulunmuştur. TV tekniğinde, 840 ± 10 s ile SV’den sonra en uzun süreyi göstermekte

olup, bu değer de OH gruplardan anlamlı Şekilde farklılık saptanmıştır. Ohmik ısıtma tekniğinde voltaj gradyanı arttıkça pişirme sũresi anlamlı Şekilde azalmakta ve 12 V/cm: 101 ± 3.0 s, 14 V/cm: 80 ± 2.0 s, 16 V/cm: 53 ± 1.0 s sũrelerini almaktadır.

Sous vide tekniğinde uzun sũreli geręekleŐen pişirme işlemi nedeniyle, toplam enerji tũketimi diğer yũntemlere gũre daha yũksek bulunmuştur. Geleneksel yũntemde ise enerji kullanımı, yũzeyssel ısı transferi ve manuel kontrol faktũrlerinden dolayı orta seviyede seyretmiŐtir. Bu bulgular, ohmik pişirme tekniğinin Ȗzellikle yũksek voltaj gradyanlarında en kısa pişirme sũresine ulaŐtıęını ve verimlilik açısından yũstũnlũk sağladığını ortaya koymaktadır.

Sũre-Sıcaklık İlişkisi

Pişirme işlemi sũrecinde sıcaklık artış eğilimleri, uygulanan pişirme tekniklerine gũre karŐılaŐtırmalı olarak analiz edilmiştir. Her bir teknik için yũrũnũn merkez sıcaklığı, işlem boyunca belirli aralıklarla izlenmiŐ ve elde edilen veriler grafikler aracılığıyla Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5’de gũsterilmiŐtir.



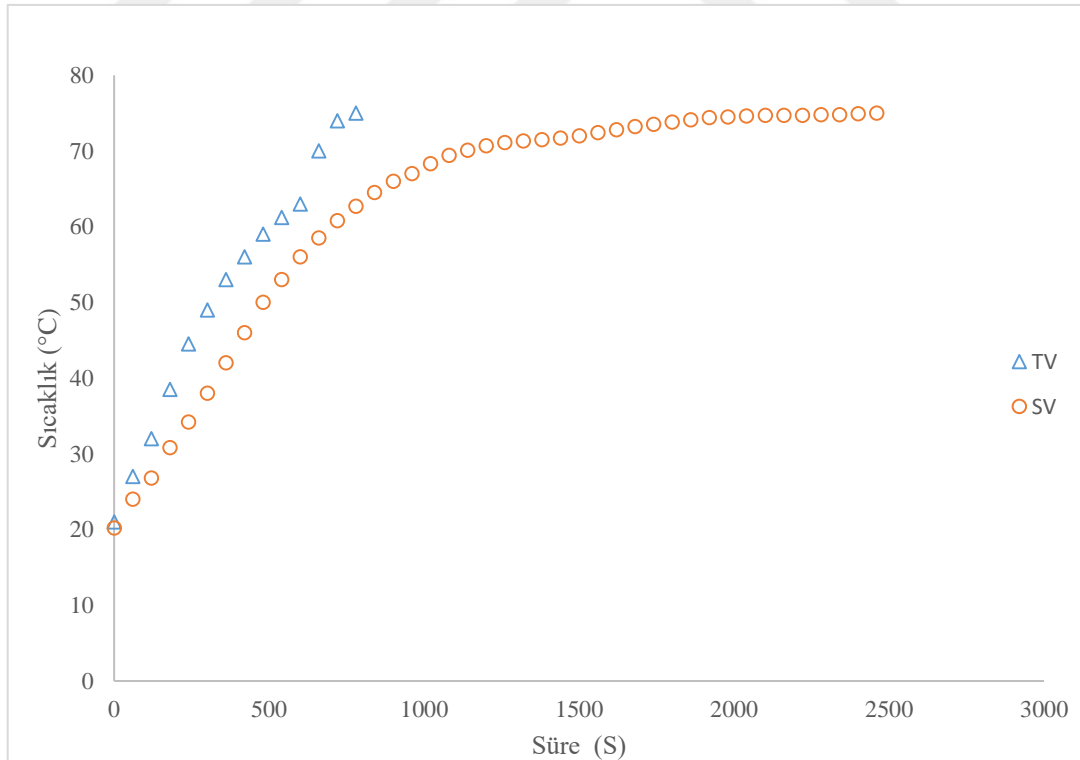
Şekil 4.1: OH tekniklerinin sũreye bağlı sıcaklık deęiŐimini

Ohmik ısıtma tekniği, uygulanan voltaj gradyanına bağlı olarak farklı ısıtma profilleri gũstermiŐtir. 12 V/cm voltaj gradyanında sıcaklık artışı daha dengeli ve lineer

ilerlemiş, hedef sıcaklık olan 75 ± 1 °C'ye yaklaşık 101 saniyede ulaşılmıştır. 14 V/cm uygulamasında 80 saniyede, 16 V/cm seviyesinde ise 53 saniyede pişirme gerçekleşmiştir. Artan voltajla birlikte ısı transfer hızının da yükseldiği gözlemlenmiş, bu durum ohmik ısıtma tekniğinin enerji verimliliği açısından potansiyelini ortaya koymaktadır.

Sous vide tekniği ise su banyosunda sabit sıcaklıkta pişirme prensibine dayandığı için sıcaklık artışı oldukça kontrollü ve yavaş gerçekleşmiştir. Elde edilen sıcaklık verilerine göre ürünün geometrik merkez sıcaklığının hedef seviyeye ulaşması yaklaşık 2500 saniye sürmüştür. Bu yavaş ısı geçişi, ürün dokusunun korunmasında avantaj sağlarken, işlem süresi ve enerji tüketimi açısından dezavantaj oluşturmuştur.

Geleneksel (ızgara/tava) pişirme tekniğinde ise sıcaklık artışı düzensiz bir seyir izlemiş, hedef sıcaklığa ulaşılması ortalama 840 saniyede gerçekleşmiştir. Bu yöntemdeki sıcaklık dalgalanmaları; yüzeyden iletilen ısının homojen olmaması, manuel kontrol faktörü ve ortamdan kaynaklanan ısı kayıpları ile ilişkilendirilebilmektedir.



Şekil 4.2: SV ve TV tekniklerinin süreye bağlı sıcaklık değişimi

Genel olarak değerlendirildiğinde, en hızlı pişirme performansı ohmik ısıtma (16 V/cm) tekniğiyle elde edilmiş, en uzun pişirme süresi ise sous vide tekniğinde kaydedilmiştir. Izgara (tava) tekniği ise bu iki uç değer arasında bir konumda yer almıştır. Bu sonuçlar, sıcaklık artış profillerinin pişirme süresi ve enerji verimliliği üzerinde doğrudan etkili olduğunu ve yöntem seçiminin ürün kalitesi kadar işlem maliyeti açısından da belirleyici olduğunu göstermektedir.

Literatürde yapılan De Halleux vd. (2005) çalışmasında ohmik ısıtma tekniğinin geleneksel yöntemlere kıyasla enerji tüketimini %82–97 oranında azaltabildiğini ve pişirme süresini %90–95 oranında kısaltabildiğini bildirmiştir. Sastry'in (2008), yaptığı bir çalışmada ohmik ısıtmanın geleneksel yöntemlere göre pişirme süresini yüksek oranında kısalttığı, enerji kullanımını da önemli ölçüde düşürdüğü belirtilmiştir. Choi ve Lee (2016) yaptıkları çalışmada sous vide tekniğinin enerji ve zaman tüketiminin geleneksel yöntemlere göre 5-10 kat fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bozkurt (2009) köfte örnekleri için ohmik ısıtma uygulaması çalışmasında enerji verimliliği için yüksek voltaj, düşük sıcaklık ve kısa işlem süresi gerektiğini tespit etmiş ve voltaj gradyanının artırılması sonucu üründe meydana gelen ısınma hızının arttığını, ilgili sıcaklık değerine ulaşma süresini kısalttığını bildirmiştir.

4.1.3. Harcanan enerji değerleri sonuçları

Tablo 4.3: Harcanan enerji değerleri

Pişirme Tekniği	Harcanan Enerji Değerleri (kJ)
OH 12 V/cm	9.53±0.03 ^c
OH 14 V/cm	7.88±0.10 ^d
OH 16 V/cm	6.79±0.12 ^e
SV	342±1.00 ^a
TV	158.85±1.44 ^b

Aynı sütunda (a-e) farklı harflerle gösterilenler arasında $p < 0.05$ düzeyindeki istatistiksel farkı göstermektedir.

Tablo 4.3'de farklı pişirme tekniklerine göre harcanan enerji değerleri karşılaştırılmıştır. SPSS analizine göre, pişirme teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar mevcuttur ($p < 0.05$). En yüksek enerji tüketimi, 342±1.00 kJ değer

ile sous vide tekniğinde belirlenmiş ve diğer tüm tekniklerden anlamlı derece farklılaşmıştır ($p<0.05$). TV tekniği 158.85 ± 1.44 kJ harcanan enerji değeriyle ikinci sırada yer almaktadır. Ohmik ısıtma tekniklerinde enerji tüketimi, uygulanan voltaj gradyanına bağlı olarak azalmaktadır. Ohmik 12 V/cm voltaj gradyanında (9.53 ± 0.03 kJ), 14 V/cm (7.88 ± 0.10 kJ) ve 16 V/cm (6.79 ± 0.12 kJ) ile karşılaştırıldığında, voltaj gradyanı arttıkça harcanan enerji değerinin istatistiksel olarak anlamlı biçimde azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, ohmik ısıtma işleminin enerji verimliliği açısından diğer tekniklere göre oldukça avantajlı bir yöntem olduğunu göstermektedir.

4.1.4. Nem analizi sonuçları

Farklı pişirme teknikleriyle uygulanan tavuk fileto örneklerinin nem içeriği değerleri Tablo 4.4 de verilmiştir.

Tablo 4.4: Nem içeriği analiz sonuçları

Piştirme Tekniği	Nem İçeriği (%)
OH 12 V/cm	72.96 ± 0.32^b
OH 14V/cm	72.21 ± 0.51^{bc}
OH 16 V/cm	71.12 ± 0.44^c
SV	68.45 ± 0.32^d
TV	63.50 ± 1.06^e
HM	75.55 ± 0.80^a

* Aynı sütunda (a-e) farklı harflerle gösterilenler arasında $p<0.05$ düzeyindeki istatistiksel farkı göstermektedir.

Tablo 4.4'e göre yapılan analiz sonuçlarına göre ohmik ısıtma tekniği ile pişirilen tavuk fileto örneklerinde düşük voltaj gradyanlarında, nem büyük ölçüde korunmuştur. 14 V/cm voltaj gradyanında ise elde edilen nem oranı %72.21'dir. 16 V/cm voltaj gradyanında ise nem içeriği %71.12'ye inmesine rağmen SV ve ızgara tekniğine göre yüksek kalmıştır. SV tekniği uzun süreli yavaş pişirme içerdiğinden nem içeriği bakımından ohmik ısıtma koşullarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. SV uygulamasında tavuk suyu, vakumlu poşet içinde tutulsa da uzun sürede pişirme işlemi sebebiyle hücreden dışarı sıvı kaybı devam etmiş, nem kaybı belirgin şekilde tespit edilmiştir.

Araştırılan çalışma kapsamında en fazla nem korunumunun OH 12 V/cm tekniğiyle (kısa sürede ısıtma sebebiyle) ile sağlandığı, bunu sırasıyla OH 14 V/cm, OH 16 V/cm, SV, TV tekniklerinin izlediği verilerle tespit edilmiştir. Pişirme işleminin uzun sürmesi sebebiyle SV tekniğinde, ohmik ısıtma koşullarından daha düşük nem oranı görülmüştür. Bu durum, uzun süreli ısıtma işleminin, su kaybına neden olabileceğini göstermektedir. Farklı pişirme tekniklerinin tavuk etinin nem oranını etkilediğini ($p<0.05$) ve özellikle geleneksel tekniklerden TV tekniği en fazla nem kaybına sebep olurken, yenilikçi yöntemlerden olan ohmik ısıtma tekniği ise nem oranının çoğunu tavuk filetosunun içinde hapsederek yumuşak bir yapı kazanmasına katkı sağlamıştır. Tüm bu bulgular ışığında uygulanan pişirme tekniğinin, etin içerdiği nem değerini etkilediği tespit edilmiştir. Nitekim literatürde de yer alan çalışmalarda benzer sonuçlar görülmektedir. Örneğin, Hernandez ve arkadaşlarının (2018) çalışmasında farklı süre/sıcaklık kombinasyonlarında pişirilen et numunelerinde su içeriğinin, yüksek sıcaklık-uzun süre koşullarında anlamlı derecede azaldığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızın farkı ise kullanılan sıcaklık derecelerinin tüm yöntemler için sabit olarak uygulanmasıdır. Nem değerinin düşmesinin farklı pişirme teknik ve uygulanan pişirme sürelerinden kaynaklandığı söylenebilmektedir.

Yücel-Şengün vd. (2014) ohmik pişirme işlemi kullanılarak pişirilen köfte örneklerinin nem tutma oranının anlamlı derece yüksek olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0.05$).

Uzun (2020) yaptığı çalışmada farklı dana eti parçalarına farklı pişirme teknikleri uygulamasının, pişirme tekniklerinin dana etindeki nem oranına anlamlı şekilde etkisi olduğunu bildirmiştir ($p<0.05$). Teknik olarak SV ile pişirme işleminde nem değeri %67.25 bulunurken, fırın ile pişirme işleminde ise nem değeri % 65.84 olarak bulunmuştur.

Kurp ve ark. (2022) domuz bonfilesini SV tekniği kullanarak pişirme yaptıkları bir çalışmada düşük sıcaklıkta pişirilen etlerin daha sulu kaldığını bildirmişlerdir. Pişirme sıcaklığı ve süresi arttıkça ürünün kuru madde içeriği anlamlı derecede arttığını (nem içeriği azalmıştır) ve düşük sıcaklıkta SV tekniğinin etin suyunu daha iyi muhafaza ettiğini belirtmişlerdir.

4.1.5. pH içeriği sonuçları

Farklı pişirme teknikleri ile pişmiş ve çiğ tavuk filetolarının pH değeri Tablo 4.5’de gösterilmiştir.

Tablo 4.5: pH içeriği analizi sonuçları

Pişirme Tekniği	pH Analizi
OH 12 V/cm	6.09±0.03 ^{bc}
OH 14 V/cm	6.09±0.03 ^{bc}
OH 16 V/cm	6.23±0.05 ^a
SV	6.12±0.01 ^b
TV	6.03±0.05 ^c
HM	5.87±0.01 ^d

* Aynı sütunda (a-d) farklı harflerle gösterilenler arasında $p<0.05$ düzeyindeki istatistiksel farkı göstermektedir.

Farklı pişirme tekniklerinin pH analizi sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Çiğ tavuk göğsünün pH’ı yaklaşık 5.87 olarak ölçülmüştür. En yüksek pH değeri ise OH 16 V/cm tekniğiyle pişirilen tavuk filetolarında ölçülmüş (6.23) ve diğer pişirme teknikleriyle arasındaki fark anlamlıdır ($p<0.05$). SV, OH 12 V/cm ve OH 14 V/cm gruplarının pH değerleri ise istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0.05$). Pişirilmiş örnekler arasında en düşük pH değeri ızgara tekniğinde ölçülmüştür. Pişirme işlemiyle gerçekleşen pH’daki artışın sebebinin ise pişirme esnasında et dokusunda oluşan kimyasal ve biyokimyasal değişimlerden kaynaklandığı düşünölmektedir. Nitekim pişirme işlemiyle proteinlerin yapısı değişmekte ve bunun sonucunda bazı asidik gruplar kaybolmakta, bazı amino gruplarının açığa çıkmasıyla etin pH’sı yükselmektedir (Becker ve ark. 2016).

Zikirov (2024) yaptığı çalışmada sığır pirzola etinin farklı tekniklerle pişirilmesiyle, pH değeri üzerine önemli etkisinin olduğunu ve çiğ etin pH değerinin pişirme sonrası arttığını bildirmiştir. Kowale vd. (1996) koyun eti üzerine yapmış oldukları çalışmada çiğ ette 5.70 olan pH değerinin, pişirme işlemi sonrasında 6.20’ye çıktığını belirtmişlerdir.

4.1.6. Titrasyon asitliği sonuçları

Titrasyon asitliği Tablo 4.6’da gösterilen örneklerin, farklı pişirme tekniklerinin titrasyon asitliği sonuçları arasındaki farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.6: Titrasyon asitliği sonuçları

Pişirme Tekniği	Titrasyon Asitliği (%)
OH 12 V/cm	0.71±0.06 ^b
OH 14 V/cm	0.68±0.02 ^b
OH 16 V/cm	0.59±0.05 ^c
SV	0.69±0.05 ^b
TV	0.81±0.01 ^a
HM	0.83±0.02 ^a

* Aynı sütunda (a,b,c) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel fark görölmektedir.

En yüksek titrasyon asitliği değerleri çiğ tavuk filetosunda elde edilmiştir (%0.83). Izgara tekniğiyle pişirilen tavuk filetosunun da yüksek bir asitlik değerinde (%0.81) olduğu tespit edilmiş, ayrıca çiğ tavuk filetosuyla arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Çiğ tavuk filetosu ve TV tekniğiyle pişirilmiş filetonun en düşük iki pH oranına sahip olması, doğal olarak titrasyon asitliğinin en yüksek çıkmasıyla ilişkilendirilebilir. Ohmik ısıtma ve SV teknikleri için daha düşük titrasyon asitliği değerleri saptanmıştır. OH 16 V/cm tekniği için en düşük asitlik değeri ölçölmüş (%0.59) ve bu değer diğer gruplardan anlamlı derecede farklılaşmıştır ($p<0.05$). OH 12 V/cm, OH 14 V/cm ve SV uygulamaları arasında asitlik değerleri istatistiksel açıdan anlamsız bulunmuştur ($p<0.05$).

Zell ve ark. (2009) yaptıkları bir çalışmada dana etini her iki pişirme tekniğiyle (ohmik ve buharda) pişirmiş ve dana etinin pH’ında belirgin bir fark tespit edilmediğini bildirmişlerdir.

Esen, Sarı ve Özer (2022)’in piliç bonfilesi kalite parametrelerini inceledikleri bir çalışmada, çiğ tavuğun pH değeri 6.37 ölçölrken, pişirme sonrası pH değerinin arttığı

bildirilmiş ve farklı pişirme teknikleri kullanıldığında depolama sürecinde istatistiksel açıdan fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Uzun (2020) yaptığı bir çalışmada pişirme sonrası örnekler 1 °C de 30 güne kadar depolanmıştır. Etin pH'ı başlangıçta 5.85 iken 30. günde hafifçe 5.92' ye yükselmiş ve pişirme tekniği pH değişimi üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuştur. SV tekniğiyle pişirilen tavuklarda pH'ın biraz düşük kaldığı tespit edilmiştir.

4.1.7. Yağ analizi sonuçları

Tablo 4.7: Yağ içeriği analizi sonuçları

Pişirme Tekniği	Yağ İçeriği (%)
OH 12 V/cm	1.20±0.01 ^{cd}
OH 14 V/cm	1.25±0.03 ^{bcd}
OH 16 V/cm	1.29±0.03 ^{ab}
SV	1.27±0.03 ^{bc}
TV	1.18±0.07 ^d
HM	1.35±0.4 ^a

* Aynı sütunda (a,b,c,d) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel fark görülmektedir

Tablo 4.7'deki verilere göre çiğ tavuk etinin yağ oranı %1.35 tespit edilmiştir. Pişirme işlemine tabii tutulan tavuk filetolarından en yüksek yağ oranı OH 16 V/cm tekniğinde olup (%1.29) ayrıca çiğ numune ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p<0.05$). OH 12 V/cm %1.20, OH 14 V/cm %1.25 ve OH 16 V/cm %1.29 olarak ölçülmüştür. Farklı pişirme teknikleri arasında ızgara tekniğiyle yapılan pişirme ile tavuk etinin yağ içeriği ise en düşük oranda bulunmuş (%1.18), çiğ tavuk etine kıyasla düşük yağ yüzdesine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Nitekim tavuk göğüs eti çok yağlı olmamakla birlikte kuru ısı gibi pişirme tekniklerinde (TV) yiyeceklerin yağ içeriğinde azalma gözlenmektedir.

Muthulakshmi ve ark. (2021) çiğ ve pişmiş tavuk eti için yapmış oldukları bir çalışmada pişirme işleminin tavuk etinin yağ oranını çiğ duruma göre anlamlı şekilde

arttırdığını özellikle basınçlı pişirme işleminin SV tekniğine göre daha yüksek yağ oranı içerdiğini bildirmişlerdir.

Haraf vd. (2021) farklı pişirme teknikleri kullanarak kaz eti için yaptıkları çalışmada tekniklerin farklılaşmasının yağ değerleri açısından anlamlı etkileri olduğunu vurgulamışlardır.

Alugwu ve ark. tarafından (2023) tavuk göğüs etini farklı sıcaklıklarda fırınlama, kızartma ve ızgara gibi tekniklerle pişirdikleri araştırmada pişirme sıcaklığı arttıkça etin yağ içeriğinin de anlamlı biçimde arttığını bildirmişlerdir. Bu duruma sebep olarak ise yüksek derecede uzun süreli pişirme işlemiyle etin yapısındaki suyun buharlaşması sonucu kuru madde miktarındaki yağ konsantrasyonunun artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ergezer (2005) yaptığı bir çalışmada marinasyon uygulaması sonucu hindi but etlerinin yağ içeriği için istatistiksel olarak farkın anlamlı olduğu ($p<0.05$) ve yağ içeriği en yüksek %6.43 ile broiler but etinde bulunduğunu, bunu %5.23 ile hindi but, %1.73 ile hindi göğüs ve %1.05 ile broiler göğüs etinin izlediğini bildirmişlerdir.

4.1.8. Protein tayini sonuçları

Pişmiş ve çiğ tavuk filetolarının protein değerleri Tablo 4.8' de gösterilmiştir.

Tablo 4.8: Protein içeriği analizi sonuçları

Pişirme Tekniği	Protein İçeriği (%)
OH 12 V/cm	23.76±0.75 ^b
OH 14 V/cm	21.97±1.36 ^b
OH 16 V/cm	22.88±0.79 ^b
SV	24.66±1.24 ^b
TV	29.56±2.65 ^a
HM	19.18±0.86 ^c

* Aynı sütunda (a,b,c,) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel fark görülmektedir. Tablo 4.8’de yer alan verilere göre çiğ tavuk göğsü en düşük protein oranına (%19.18) sahiptir ve pişmiş tavuk örneklerinden istatistiksel olarak farklılaşmaktadır ($p<0.05$).

Veriler incelendiğinde en yüksek protein oranının ızgara tekniğiyle yapılan pişirmede olduğu tespit edilmiş ve bu oran da (%29.56) diğer pişirme tekniklerinden anlamlı derecede farklılaşmıştır. SV (%24.66), OH 12 V/cm (%23.76), OH 14 V/cm (%21.97), OH 16 V/cm (%22.88) teknikleriyle pişirme sonucu protein oranlarının istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$; Tablo 4.8).

Pişirme sıcaklığı ve pişirme süresi arttıkça etin pişirme kaybının arttığı, dolayısıyla protein gibi besin öğelerinin kalan üründe daha yoğun hale geldiği saptanmıştır. Hernández ve ark. (2018) yaptıkları bir çalışma sonucunda daha yüksek sıcaklık ve daha uzun sürelerde pişirilen etlerin nem kaybının arttığı ve kuru madde oranlarının yükseldiğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda sıcaklıklar üç yöntem içinde benzer seçilmiş olmasına rağmen bulgularımız da bunu destekler niteliktedir.

Protein oranı miktarının en yüksek ızgara (TV) tekniğinde görülmesi, su kaybınının bu teknikte fazla olmasıyla ilişkilendirilmektedir. OH ve SV tekniklerinde ise su kaybı daha düşük olduğundan protein oranları TV tekniğine göre daha düşük kalmıştır. Su oranınının kuru madde içeriğiyle ters orantılı olduğu bilgisi verilerle kanıtlanmıştır.

Çalışmamızda SV ve ohmik teknikleriyle pişirme, TV tekniğiyle pişirmeye göre gıda içerisinde daha yüksek su tutarak kuru maddede protein içeriği daha düşük seviyede kaldığı tespit edilmiştir.

Yıldız ve ark. (2013) yaptıkları köfte örneklerinin farklı son sıcaklarda ohmik yöntemle pişirme etkinliğinin incelenmesi çalışmasında 75 ± 1 °C’de pişirilen köftelerin protein içeriği %20.1 bulunmuş; pişirme sıcaklığı arttıkça protein denatürasyonu meydana geldiği, fakat pişirme kaybının az olması ile protein oranının yüksek düzeyde kaldığı bildirilmiştir.

Esen vd. (2022) farklı pişirme teknikleri ile piliç bonfile etinin kalite özellikleri ile yaptıkları çalışmada fırında pişirme tekniğinde protein oranı %23.5 bulunurken, SV ile bu oranın %25.2’ ye çıktığı tespit edilmiştir. Fırında pişirme, su kaybı nedeniyle protein oranını arttırmış olsada, protein denatürasyonu ile sindirilebilirliğin düştüğü belirtilmiştir.

Alugwu vd. (2023) tavuk göğüs etini farklı pişirme işlemlerine tabii tuttıkları çalışmada pişirme tekniklerinin protein içeriğini önemli ölçüde ($p<0.05$) etkilediğini ve hava fritözünde pişirilen örneklerin ortalama protein içeriğinin % 84.76, fırında pişirilen örneklerde % 83.63, derin yağda kızartılan örneklerde % 79.15, ızgarada pişirilen örneklerde ise ortalama protein içeriğinin % 84.39 olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$).

4.1.9. Tuz tayini sonuçları

Tablo 4.9: Tuz analiz sonuçları

Piştirme Tekniği	Tuz İeriği (%)
OH 12 V/cm	1.45±0.07 ^a
OH 14 V/cm	1.44±0.08 ^a
OH 16 V/cm	1.51±0.11 ^a
SV	1.42±0.17 ^a
TV	1.56±0.11 ^a
HM	1.49±0.06 ^a

* Aynı sütunda a harfiyle gösterilenler arasında $p>0.05$ düzeyindeki istatistiksel farkı göstermektedir.

Piştirilmiş ve çiğ tavuk filetoalarının tuz miktarları mohr tekniğine göre hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.9'da gösterilmiştir. Çiğ tavuk filetosunun tuz oranı %1.49 olarak ölçülmüş, en yüksek tuz miktarı TV piştirme tekniğinde (%1.56), en düşük tuz miktarı ise SV (%1.42) tekniğindeki örneklerde elde edilmiştir. Farklı piştirme teknikleri ile piştirilen tavuk eti numunelerindeki tuz miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur($p>0.05$).

Bıyıklı (2015) yaptığı çalışmada %1.5 tuz içeren marinasyon uygulanmış; SV ile piştirilen etlerde tuz kaybının çok düşük (%0.2- 0.4) olduğunu bildirmiştir.

Zell vd. (2009) yaptıkları bir çalışmada tuz çözeltisi enjekte edilen etlerde ohmik ısıtma sırasında tuz konsantrasyonunda anlamlı düşüş olmadığı, bunun da tekniğin tuz

tutma kapasitesinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Geleneksel buharda pişirme ile karşılaştırıldığında ohmik yöntemde tuz içeriği daha stabil kaldığı gözlenmiştir.

İbik (2007) sığır ve tavuk etlerinden baharatlı kavurma üretimi üzerine yaptığı bir çalışmada depolama boyunca tuz değerlerini incelemiş ve kavurma örneklerinin üretim sonrası ile depolama süreci sonunda ortalama tuz oranlarının % 2.50 ile % 3.51 arasında değiştiğini ve depolama süresinde günlere göre tuz miktarının anlamlı ölçüde değiştiğini belirtmiştir.

4.1.10. Pişirme kaybı (pişirme verimi) sonuçları

Farklı voltaj gradyanlarında ve farklı pişirme tekniklerinin pişirme verimi sonuçları Tablo 4.10 'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10: Pişirme verimi sonuçları

Pişirme Tekniği	Pişirme Verimi (%)
OH 12 V/cm	84.11±1.03 ^c
OH 14 V/cm	86.32±0.80 ^b
OH 16 V/cm	89.97±1.04 ^a
SV	75.10±0.63 ^d
TV	60.42±0.70 ^e

* Aynı sütunda (a,b,c,d,e) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel fark görülmektedir.

Pişirme işlemi sırasında gıdadan kaybedilmeyen kütlenin yüzdesel olarak ifade edilmesi pişirme verimi olarak tanımlanmaktadır. Tekniklerin pişirme verimi Tablo 4.10'a göre incelendiğinde en yüksek verim %89.97 ile OH 16 V/cm ile pişirilen tavuk fileto örneklerinde tespit edilmiş bu değerde yaklaşık % 10'luk bir kütle kaybı olduğunu göstermektedir.

Diğer ohmik pişirme verimleri ise OH 14 V/cm % 86.3 ve OH 12 V/cm tekniği ise %84.1 olarak ölçülmüştür. Bu durum voltaj gradyanı değeri düştükçe pişirme veriminin azaldığını göstermektedir. Alternatif tekniklerden SV tekniğiyle pişirme verimi %75.1 ölçülmüş ve ohmik gruplarından sonuç belirgin biçimde düşük çıkmıştır.

Piştirme veriminin bu değeri ürün ağırlığının yaklaşık dörtte birinin piştirme esnasında kaybedildiğini göstermektedir.

En düşük verim ise % 60.4 ile TV tekniğiyle pişirmede tespit edilmiş olup bu durum neticesinde pişirilen tavuk filetolarının başlangıç ağırlıklarının %40'a yakını piştirme sırasında kaybedilmiştir. Farklı voltaj gradyanları ve piştirme tekniklerinin, piştirme verimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Literatürde piştirme sıcaklığı veya süresi arttıkça piştirme veriminin (ürün veriminin) düştüğü bilgisi yer almaktadır.

Domínguez-Hernández ve ark. (2018) çalışmalarında daha yüksek sıcaklıklarda/uzun sürelerde etlerin piştirme veriminin belirgin şekilde azaldığını, çok yoğun piştirme koşullarında %50'lere varan kayıpların yaşanabileceğini belirtmiştir.

Elde edilen çalışma bulguları değerlendirildiğinde, piştirme sıcaklıkları üç yöntem için sabit tutulsa bile literatürdeki yapılan çalışmalarla sonuçların tutarlı olduğu görülmektedir.

Literatür çalışmalarında piştirme veriminin piştirme koşullarının şiddetiyle ters orantılı olduğu ve yüksek sıcaklığın piştirme kayıplarına yol açtığı tespit edilse de, bizim çalışmamızda sıcaklığın sabit tutulması bu yorumla eş düzeyde olmamasına karşın ortaya çıkan sonuçlar benzerdir. Neden olarak ise ızgara tekniğinde kuru ısıda piştirme uygulandığı için çok fazla kütle kaybına sebep olduğu düşünülmektedir.

SV tekniği ise uzun süreli piştirme işlemi kaynaklı orta düzeyde kayıp oluşturmuş, ohmik piştirme işlemi ile elektriksel enerjinin gıda içerisinde ısıya dönüşmesiyle hızlı bir piştirme gerçekleştiğinden ve ürünün tamamı eşzamanlı ısındığından aşırı piştirme veya suyun buharlaşıp uçması en aza inmiş, hızlı ve homojen ısınma sağlayan ohmik ısıtma işlemi ile kütle yüksek düzeyde korunmuştur.

Sain ve ark. (2024) yaptığı bir çalışmada ohmik ısıtmanın geleneksel yöntemlere kıyasla gıdanın suyu ve uçucu bileşenleri üzerindeki olumsuz etkisinin düşük olduğu vurgulanmıştır.

Yücel-Şengün vd. (2014) ohmik piştirme uygulanmış yarı pişmiş köfteler için yaptıkları bir çalışmada köftelerin geleneksel pişirmeye kıyasla yüksek piştirme verimine sahip olduğunu bildirmişlerdir ($p < 0.05$).

Zell ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ohmik ve buharda pişirme tekniğiyle pişirilen sığır eti örneklerinde pişirme verimi farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Esen vd. (2022) farklı pişirme teknikleri kullanılarak piliç bonfile eti için yaptıkları bir çalışmada pişirme verimi değerlerinin % 76.02 ile % 88.39 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir ($p<0.05$). SV tekniğiyle pişirilen örneklerde pişirme kaybı değerlerinin % 10.23 ile %28.08 arasında değiştiği, pişirme sıcaklığı ve süresi uzun olan örneklerin (fırın ve ızgara) pişirme veriminin düşük olduğunu gözlemlemişlerdir.

4.1.11. Tekstür analizi sonuçları

Tablo 4.11: Pişmiş tavuk fileto örnekleri tekstür analiz sonuçları

Örnek	Sertlik	Dış yapışkanlık	Esneklik	İç yapışkanlık	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet birimleri
OH 12 V/cm	40.92±0.30 ^c	- 11.07±0.52 ^d	0.35±0.007 ^c	0.32±0.005 ^c	13.20±0.35 ^d	40.92±0.29 ^c	0.11±0.003 ^b
OH 14 V/cm	49.66±1.08 ^b	- 5.69±0.56 ^b	0.41±0.003 ^a	0.38±0.004 ^a	20.66±0.32 ^b	49.66±1.08 ^b	0.12±0.001 ^a
OH 16 V/cm	40.73±0.93 ^c	- 5.40±0.48 ^b	0.38±0.007 ^b	0.33±0.004 ^b	12.42±0.35 ^d	40.73±0.93 ^c	0.10±0.005 ^b
SV	46.34±0.45 ^b	- 8.75±0.67 ^c	0.34±0.013 ^c	0.32±0.007 ^c	14.99±0.29 ^c	46.34±0.45 ^b	0.10±0.005 ^b
TV	67.86±4.53 ^{ab}	- 0.37±0.02 ^a	0.37±0.026 ^b	0.38±0.006 ^a	21.91±0.89 ^a	67.86±4.53 ^a	0.12±0.004 ^a

* Aynı sütunda (a,b,c,d) farklı harfler ile gösterilen değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel fark görülmektedir. Tablo 4.11'de görüldüğü gibi tavuk fileto larının farklı tekniklerle pişirilmesi tekstürel olarak parametrelerde anlamlı farklılıklara sebep olmuştur.

Sertlik özelliği en yüksek TV tekniğiyle pişirilen etlerde ölçülmüş ve bu değer istatistiksel olarak OH 12 V/cm ve OH 16 V/cm tekniklerinden anlamlı bir farklılık oluşturmaktadır ($p<0.05$). OH 14 V/cm ve SV teknikleri orta düzeyde sertlik göstermiş ve TV tekniğiyle arasında anlamlı bir fark yoktur ($p>0.05$). Izgara tekniğinde protein

denatürasyonunun daha fazla olması ve suyun büyük ölçüde buharlaşması etin daha sert bir doku kazanmasına neden olmaktadır.

Dış yapışkanlık özelliği pişirme tekniğine bağlı olarak ters eğilim göstermektedir. OH 12 V/cm en yüksek dış yapışkanlık değerine sahipken bunu sırasıyla SV ve OH 14 V/cm tekniği izlemektedir. OH 14 V/cm ve OH 16 V/cm teknikleri dış yapışkanlık bakımından benzerlik göstermiş ($p>0.05$), ancak iki grup ile diğer yöntemler arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). OH 12 V/cm ve SV tekniklerinin ölçüm probuna daha fazla yapışma eğilimi göstermesinin sebebi et dokusunun daha nemli ve yumuşak olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. OH 14 V/cm ve OH 16 V/cm teknikleriyle pişirme işleminde ise yapışkanlık orta düzeydedir. TV tekniği, pişirilen tavuk filetolarında ise yapışkanlık değeri (-0.37) yok denecek kadar az olup sebebinin ise ızgara ile pişirme tekniğinin yüzeyde kuruma ve kabuklaşma oluşturmamasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

İç yapışkanlık özelliği bakımından OH 14 V/cm ile ızgara tekniği benzerken, OH 16 V/cm tekniği ise istatistiksel açıdan farklılaşmaktadır ($p<0.05$). Esneklik ve iç yapışkanlık özelliği için OH 12 V/cm ile SV teknikleri için istatistiksel açıdan benzerken, esneklik özelliği olarak ise OH 16 V/cm ile ızgara tekniği arasındaki ilişki anlamlıdır. OH 14 V/cm tekniği ise esneklik özelliği olarak istatistiksel açıdan farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Bulgulara benzer şekilde Nyam ve ark. (2022) yaptıkları bir çalışmada SV tekniğiyle pişirilmiş tavuk göğüs etlerinde yumuşak bir doku elde edildiğini, bu pişirme tekniğinin etin yapısını sertleştirmeden istenilen pişirme seviyesine ulaştırabileceğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise SV tekniğiyle pişirmenin geleneksel yöntem olan haşlamaya göre etlerde daha düşük kesme kuvveti (daha yüksek duyuşal yumuşaklık) oluşturduğu ve bu durumda da pişirme kaybının daha az olacağı ifade edilmiştir.

Sakızımsılık özellikleri OH 12 V/cm ve OH 16 V/cm tekniklerinde en düşük değerde olduğu örnekler arasındaki fark önemsiz ($p>0.05$), diğer tüm tekniklerle fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bulgular neticesinde yorumlanacak olursa, ızgara tekniğiyle pişirme sonucu et daha sert ve yoğun bir yapıya dönüşmüş, OH 12 V/cm tekniğinde ise daha yumuşak ve kolay çiğnenebilir bir ürün oluştuğu görülmektedir. Analizler sonucunda yenilikçi ısıl pişirme tekniklerinin (ör. ohmik

ısıtma, mikrodalga) geleneksel yöntemlere göre et proteinlerinin yapısını daha az etkilediği için ürünü daha yumuşak tutabildiği görülmektedir.

Çiğnenebilirlik özelliği bakımından OH 12 V/cm ile OH 16 V/cm ve OH 14 V/cm ile SV teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, bu grupların TV tekniğinde aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Ohmik pişirmede ise TV tekniğine göre daha yumuşak ve kolay çiğnenebilir bir ürün olduğu görülmektedir.

Elastikiyet özelliği bakımından OH 12 V/cm, OH 16 V/cm, SV teknikleri arasında anlamlı fark yoktur ($p>0.05$). Bununla birlikte OH 14 V/cm tekniği bu üç yöntemden farklılaşmakta ve TV tekniği ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p>0.05$).

Elastikiyet kavramı ise ikinci sıkıştırma sonrası geri kazanım oranını ifade etmektedir. Esneklik (springiness) özelliği, SV ve OH 12 V/cm ile pişirilen etlerde daha düşük kalmıştır. Özcan (2018), farklı pişirme tekniklerinin sığır eti üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada; tüm tekniklerle pişirme işlemlerinin çiğ et örneğinden tekstürel olarak önemli derecede farklı bulunduğunu ($p>0.05$) ve ohmik pişirme işleminde voltaj gradyanı değeri arttıkça tüm tekstür parametrelerinde önemli farklılıklar gözlemlendiğini bildirmiştir ($p<0.05$). 40 V uygulandığında sığır etinde ölçülen sertlik değerinin; 55 ve 70 V uygulamalarından daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Esen vd. (2020) hindi göğüs eti için yaptığı çalışmada elastikiyet, yaylanma ve iç yapışkanlık tekstürel özellikleri hariç, örneklerin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik parametreleri bakımından önemli farklılıkların olduğunu belirtmiştir ($p<0.05$). Barbut ve Choy (2007) farklı süt proteinleri katılarak hazırlanmış tavuk eti köftelerinin pişirilmesi çalışmasında ise köftelerin kırılgenlik, sertlik, yaylanma, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin kontrol grubuna (herhangi bir protein eklenmemiş) göre daha yüksek bulunduğunu bildirmiştir.

4.1.12. Renk analizi sonuçları

Çiğ ve pişmiş tavuk filetolarının renk değerleri (ΔE , L^* , a^* , b^* , C ve hue açısı) Tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12: Renk ölçüm sonuçları

Ürün	L*	a*	b*	C	Hue	ΔE
OH 12 V/cm	81.84±0.52 ^a	3.49±0.09 ^b	11.67±0.37 ^c	6.94±0.33 ^b	73.32±0.83 ^c	23.60±0.46 ^b
OH 14 V/cm	77.49±0.48 ^c	3.58±0.12 ^b	12.85±0.65 ^b	8.08±0.65 ^b	75.44±0.39 ^b	19.94±0.24 ^d
OH 16 V/cm	77.75±0.58 ^c	3.10±0.29 ^b	12.08±0.91 ^{bc}	7.21±0.95 ^b	75.64±0.51 ^b	19.83±0.63 ^d
SV	79.13±0.76 ^b	3.60±0.11 ^b	12.33±0.29 ^{bc}	7.60±0.29 ^b	73.73±0.55 ^c	21.26±0.80 ^c
TV	64.44±0.65 ^d	13.29±0.55 ^a	27.81±0.46 ^a	25.72±0.58 ^a	64.46±0.82 ^d	26.24±0.62 ^a
HM	73.32±1.00 ^c	1.13±0.08 ^c	5.15±0.03 ^d	-	77.60±0.76 ^a	

* Aynı sütunda (a-e) farklı harflerle gösterilenler arasında $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel fark anlamlıdır. ΔE: toplam renk farkı değeri, L*: aydınlık-koyuluk, a*: + kırmızılık- yeşillik, b*: +sarılık- mavilik, C: kroma-renk doygunluğu, hue: renk özü

Renk parametresi incelendiğinde aydınlık değeri (L*), özellikle dış katman yüzeyinde esmerleşmenin az olduğu yöntemlerle pişirilen tavuk etlerinde daha yüksek kalmıştır. En yüksek L* değeri (81.84) ise OH 12 V/cm ile pişirilen tavuk filetosunda ölçülmüş ve en açık renkli/aydınlık görünüm bu yöntemle pişirilen tavuk etinde olmuştur. SV örnekleri de yüksek L* değeri (79.13) ölçülmüş ve çiğ üründen daha aydınlık bir değer saptanmıştır. OH 14 V/cm ve 16 V/cm teknikleriyle pişirme işleminde ise orta düzeyde L* değerleri (77.5–77.7) kaydedilmiştir.

Ohmik pişirmede voltaj değerleri arttıkça tavuk filetolarındaki L* parlaklığının azaldığı tespit edilmiştir. Renk ölçüm parametrelerinden kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) değerleri, pişirme tekniklerinden çok daha yüksek değerde olan ızgara tekniğinde a* değeri ~13.3 ve b* değeri 27.81 olarak ölçülmüş ve istatistiksel olarak diğer tekniklerden farklılaşmıştır ($p < 0.05$).

Izgarada pişirilen örneklerin a* ve b* değerleri kırmızımsı-kahverengi ton kazanmış olup ohmik ve SV gruplarında ise a* değeri 3 ile 3.6 arasında ölçülmüştür. En düşük a* değeri 1.13 ve b* 5.15 değeri ile çiğ tavuk örneğine aittir bu durum çiğ etin hafif pembe-soluk bir renge sahip olduğunu kanıtlar niteliktedir. Diğer pişirme (SV ve ohmik) gruplarının ise b* değeri ~11–12 civarında tespit edilmiştir. Kızarmış/kahverengileşmiş et yüzeyleri, sarı ton bileşenlerini arttırarak kroma (C) değerini de yükseltmektedir; ızgara örneğinin verileri bu bilgiyi kanıtlar nitelikte olup kroma değeri ~25.7 ile en yüksek değer olarak ölçülmüştür. Ohmik ve SV teknikleriyle pişirilen tavuk filetoları daha düşük doygunluktaki renklere sahip olduğu için kroma

değeri ~7–8 seviyesinde ölçülmüştür. Renk tonu açısı (hue) verilerine bakıldığında en yüksek hue açısı (~77.6) çığ tavuk etinde tespit edilmiştir. Çığ tavuk etinde, renk tonunun orta düzeyde sarımsı ve soluk- açık pembe tonu içermesi yüksek hue değerine sahip olmasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Pişirme işlemi ile hue açısının genellikle azaldığı verilere dayanarak söylenebilmektedir.

Izgara tekniğiyle pişirilen tavuk filetolarında ise hue açısı 64.46 en düşük değerde olup rengin daha kırmızımsı-kahverengi bir tona kaydığını göstermektedir. Toplam renk farkı (ΔE) sonuçları, pişirme işlemine tabii tutulmuş tavuk filetolarının renginin HM'ye göre ne kadar farklılaştığını göstermektedir. En yüksek ΔE değeri 26.24 ile TV tekniğinde tespit edilmiştir ve TV ile pişirilmiş tavuk eti, çığ tavuk etine göre daha koyu ve kızarmış şekilde gözlenmektedir.

OH 12 V/cm tekniğiyle pişirme işleminde ise diğer ohmik grupları ve SV tekniğinden renk farkı açısından yüksek bir ΔE değeri tespit edilmiştir. OH 12 V/cm ile pişirilen tavuk filetoları çok daha açık beyaz renge döndüğü için çığ pembemsi renge göre farklılığı yüksek kalmıştır.

SV ile pişirilen tavuk filetolarının renk farkları 21.26'dır. En düşük ΔE değeri OH 14 V/cm (19.94) ve OH 16 V/cm (19.83) gruplarında ölçülmüştür, gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$) ve bulgular neticesinde ohmik ısıtma tekniklerinin tavuk eti renk değişikliğinin, çığ tavuk etine göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

Literatüde yapılan diğer araştırmalarda ise; Engchuan vd. (2014) köftelere uygulanan ohmik ısıtma ve geleneksel ısıtma tekniklerini duyuşal ve fiziksel açıdan karşılaştırdığı bir çalışmada ise ohmik ısıtma ile üretilen köftelerin renklerinin ise daha parlak olduğunu belirtmişlerdir.

Zell vd. (2009) ohmik olarak pişirilmiş et parçalarının bazı kalite parametrelerini buharda pişirme tekniğiyle karşılaştırmış ve ohmik pişirme işlemine tabii tutulan etin, muadilinden önemli ölçüde daha homojen, daha açık ve daha az kırmızı bir renge sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Rendón vd. (2019) domuz etini ohmik ısıtma, tavada ızgara, vakum ve sous vide teknikleriyle yaptıkları çalışmada; ohmik pişirme ile üretilen etlerin, tavada pişirilen ete kıyasla daha altın renge sahip olduğu ve vakumda pişirilen etlerin ise daha soluk görünümde olduğunu bildirmişlerdir.

4.1.13. Duyusal analiz sonuçları

Tablo 4.13: Pişmiş tavuk fileto örnekleri panelist test sonuçları

Örnek	Tat	Koku	Renk	Tekstür	Genel Kabul
OH 12 V/cm	6.33±0.57 ^b	5.83±0.29 ^b	6.67±0.57 ^b	6.83±0.29 ^{bc}	6.50±0.50 ^b
OH 14 V/cm	7.56±0.38 ^a	7.22±0.84 ^a	7.44±0.69 ^{ab}	7.64±0.53 ^{ab}	7.86±0.34 ^a
OH 16 V/cm	6.44±0.38 ^b	5.97±0.29 ^b	6.47±0.41 ^b	6.50±0.17 ^c	6.64±0.37 ^b
SV	7.67±0.76 ^a	7.94±0.42 ^a	7.94±0.82 ^a	8.22±0.63 ^a	8.00±0.50 ^a
TV	7.00±0.57 ^{ab}	7.44±0.20 ^a	7.00±0.57 ^{ab}	7.33±0.33 ^b	7.00±0.33 ^b

* Aynı sütunda (a-c) farklı harflerle gösterilenler arasında $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel fark anlamlıdır.

Tablo 4.13'deki bulgular incelendiğinde, duyusal değerlendirme verilerinin renk özelliği hariç farklı pişirme tekniklerinin tat, koku, tekstür ve genel kabul kriterleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Tat kriteri üzerine panelistlerin değerlendirmelerinde en yüksek değer 7.67 ile SV tekniğiyle pişirilen tavuk filetosunda saptanmıştır. En düşük değer ise 6.33 ile OH 12 V/cm tekniğiyle pişirilen tavuk filetosunda gözlenmiştir. OH 12 V/cm ve SV grupları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). TV tekniğiyle pişirilen tavuk filetosunda ise tat değeri 7.00 olarak ölçülmüş ve bu değer iki teknik arasında orta bir beğeniyi ifade etmektedir. SV tekniğinin tat ve lezzet parametrelerini iyi koruduğu düşünülebilmektedir.

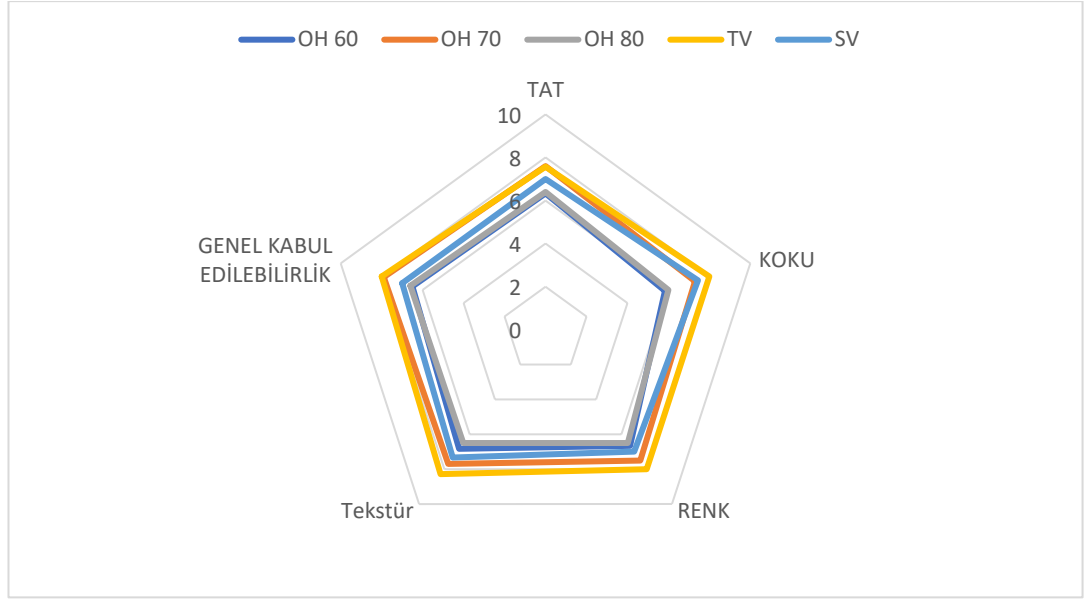
Koku kriteri değerlendirmesinde ise SV tekniği ile tavuk eti pişirilmesi panelistler tarafından en yüksek puanı (7.94) almıştır. TV tekniğinin puanı ise 7.44 ve OH 14 V/cm ile pişirme işleminde ise puanı 7.22 olarak ölçülürken bu üç pişirme tekniği birbirlerine yakın değerler almış ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En düşük koku puanı ise OH 12 V/cm (5.83) ile OH 16 V/cm (5.97) ile pişirilen tavuk fileto örneklerinde ortaya çıkmıştır. Yenilikçi yöntemler için bu değerler anlamlı derecede farklılaşmaktadır ($p<0.05$). Verilerden yola çıkarak durumun sebebi olarak çok düşük (12 V/cm) ya da yüksek (16 V/cm) voltajda ohmik pişirmenin istenilen aromayı oluşturamadığını bilakis uygun koşullarda OH 14 V/cm ve SV tekniğiyle pişirilen tavuk filetoları aromatik yönden duyusal olarak daha yüksek değerlendirilmiştir.

Tavuk filetosunun renk değeri panelistlerce benzer düzeyde beğeni almış ve renk değeri bakımından tavuk filetosunun farklı pişirme teknikleriyle pişirilmesi istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ($p>0.05$).

Tekstür (doku) parametresinde ise panelistler tarafından en yüksek puan (8.22) alan teknik SV tekniğiyle pişirilen tavuk etinde ölçölmüş ve OH 14 V/cm tekniğiyle pişirilen tavuk etiyle arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). En az beğenilen tekstür değeri (6.50) ise OH 16 V/cm ile pişirilen tavuk filetosunda olmuştur. Izgara tekniği ile pişirilen tavuk filetosu örneklerinin tekstür değeri ise (7.33) orta düzeyde olup SV ve OH 14 V/cm ile pişirilen tekniklerden daha düşük, fakat OH 16 V/cm ile pişirilen tavuk filetosuna oranla değeri daha yüksek olarak bulunmuştur. Durumun sebebi ise vakumlu poşet içerisinde yavaş pişirme sağlayan SV tekniği, en iyi şekilde tavuk etinde doku özelliklerini korurken, çok yüksek voltaj uygulamasıyla hızlı pişirme sağlayan OH 16 V/cm tekniğiyle doku kalitesinin değeri düşük kalmaktadır.

Genel kabul olarak incelendiğinde ise SV tekniğiyle pişirilen tavuk filetoları panelistler tarafından en çok beğenilen pişirme tekniği olmuş (8.00) benzer şekilde OH 14 V/cm tekniğiyle pişirilmif tavuk filetoları da beğenisi yüksek olup iki tekniğinde istatistiksel olarak aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur. En düşük genel kabul ise OH 12 V/cm tekniğiyle pişirilmif tavuk filetosunda ölçölmüş, bu genel kabul değeri OH 16 V/cm ve ızgara tekniğiyle pişirilmif tavuk filetosuyla istatistiksel olarak benzer sonuçlar vermektedir.

şekil 4.13'de farklı tekniklerle pişirilen tavuk filetolarının duysal analiz sonuçları örümcek ağı modeli ile gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Duyusal analiz sonucu örümcek ağı modeli

Esen ve ark. (2022), Farklı pişirme teknikleri ile üretilen piliç bonfile eti ile yaptığı çalışmada duyusal analiz değerlendirmelerinde panelistlerin genel kabul edilebilirlik kriterlerine göre ızgarada pişirilen örneklerin tercih edildiğini bildirmişlerdir.

Zhu ve ark. (2018), sığır göğüs etine kivi ekstresi uyguladıkları bir çalışmada, sous vide tekniğiyle pişirme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada yapılan duyusal analizde; gevreklik, sululuk ve lezzet değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiş; bu durumun enzim ekstresi olan kivi ekstresinin etteki miyofibriler yapıyı parçalayarak gevrekliği arttırmasından kaynaklandığı sonucu bildirilmiştir.

Uzun (2020), yaptığı dana eti parçalarının pişirilmesi çalışmasında hazırlanan örnekler duyusal parametreler bakımından incelenmiş, tüm kriterlerde örnek tipleri arasındaki farkın önemli bulunduğu bildirilmiştir ($p < 0.05$).

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Gelişen teknolojiyle birlikte ürün kalitesini iyileştirmek, besin ögesi kayıplarını en aza indirmek, kaynakları verimli kullanmak amacıyla geleneksel pişirme tekniklerine alternatif olarak yenilikçi pişirme tekniklerine yönelim artmıştır. Yenilikçi pişirme teknikleri; işlem süresi ve enerji verimliliği, tekstürel yapının muhafazası, yüksek duyuşal parametre değerleri, asgari pişirme kayıpları, homojen ısı dağılımı gibi önemli avantajlar sunmaktadır.

Tez çalışması kapsamında geleneksel ve yenilikçi pişirme teknikleri kullanılarak tavuk filetosunun fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinde oluşan değişimlerin etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan TV, SV ve OH teknikleri için sıcaklık değerleri laboratuvarında yapılan deneme çalışmalarıyla 75 ± 1 °C olarak belirlenmiştir. Ohmik pişirme tekniği için üç farklı voltaj gradyanı değerinde çalışılmış; 12,14 ve 16 V/cm voltajlarda üretim gerçekleştirilmiştir. Farklı teknik ve voltaj gradyanı değerlerinde yapılan çalışma sonuçları ürün kalitesi açısından kıyaslanarak kaydedilmiştir.

Araştırma bulgu ve sonuçları tek tek ele alındığında;

Ohmik tekniğinde elektrik iletkenliğini sağlamak amacıyla araştırmada çiğ tavuk filetosu için laboratuvar ortamında gerçekleştirilen farklı denemelerle en uygun marinyasyon sıvısı elde edilmiştir. Elde edilen sıvı tüm teknikler için tavuk filetosuna absorbe edilerek analiz sonucunda $\% = 8.88\pm 1.09$ oranında emilim sağlanmıştır.

OH (12 V/cm, 14 V/cm, 16 V/cm), TV, SV teknikleri için pişirme süreleri sırasıyla 53 ± 1.0 , 80 ± 2.0 , 101 ± 3.0 , 840 ± 10 , 2460 ± 15 s olarak ölçülmüş ve OH yöntemlerde voltaj gradyanı arttıkça pişirme süresinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Harcanan enerji ve sıcaklık-zaman profilleri incelendiğinde ise ohmik ısıtma tekniklerinden özellikle OH 16 V/cm tekniği en hızlı ve enerji açısından en verimli

pişirme tekniği olmuştur. Sous vide tekniği ise yüksek enerji tüketimine ve uzun işlem süresine rağmen ürün kalitesi açısından üstünlük sağlamıştır. Buna karşın ızgara tekniği enerji tüketimi ve ürün kalitesi açısından orta seviyede bir performans sergilemiştir. Pişirme süresinden sağlanan tasarruf doğrudan enerji kaynaklarından tasarrufa dolayısıyla sürdürülebilirliğe büyük katkılar sağlamaktadır.

Tavuk filetosu ile yapılan çalışmalarda farklı pişirme tekniklerinin nem içeriği açısından istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Pişirme işlemi sonrası uygulanan tekniğe bağlı olarak örneklerin tümünde nem değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Izgara tekniğiyle pişirme de tavuk eti suyunun buharlaşma ve damlama yoluyla maksimum düzeyde kayb olduğu, kuru bir doku yapısı oluştuğu için en düşük nem miktarı da bu yöntemde tespit edilmiştir. pH değeri bulgularına dayanarak pişmiş tüm numunelerin pH'ı çığ numuneye göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. OH 16 V/cm örneğinin en yüksek pH'a sahip olması, hızlı ısınma sonucu asidik bileşenlerin en fazla oranda uzaklaşmasından kaynaklandığı düşünülmekte ve farklı pişirme tekniklerinin etin pH'ını farklı düzeylerde arttırdığı görülmektedir. Titrasyon asitliği değeri pişirme ile azalmakta bu durum pişirme sırasında organik asitlerin bir kısmının uçması sonucu kaybolması ya da proteinlerin tamponlayıcı etkisinin artmasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Pişirme işlemiyle etin asidik bileşenleri azalırken, bazik özellikleri ise artmaktadır. Bu durumda titrasyonla belirlenen toplam asitlik değerinin düşmesi şeklinde belirtilmektedir. Farklı pişirme tekniklerinin istatistiksel açıdan titrasyon asitliği üzerinde anlamlı ($p<0.05$) olduğu, en yüksek asitliğin çığ ve ızgara gruplarında, en düşük asitliğin ise ohmik ısıtmada olduğu verilerle tespit edilmiştir.

Pişirme tekniklerinin farklılaşmasıyla yağ içeriği değerleri arasında küçük değişiklikler gözlenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark sadece ızgara tekniğinde saptanmıştır ($p<0.05$). TV tekniği ile yapılan pişirme de tavuk eti yağının pişirme esnasında bir miktarı uzaklaşmış ve yağ yüzdesi düşmüştür. SV tekniklerinde ise tavuk eti, dış ortamdan izole bir sistem içinde bulunduğu ve pişirme işlemi tavuk etinin kendi suyuyla gerçekleştiği için yağ kaybı minimum düzeyde olmuş ve yağ içeriği çığ tavuk etine yakın miktarda kalmıştır. Ohmik pişirme tekniğinde ürünün kendi içinde hızlı ve homojen şekilde pişmesi, yağın ürün içinde kalmasını sağladığı düşünülmektedir. Protein analizi verileri teknikler için incelendiğinde TV tekniği ile pişirme işlemi diğer tüm tekniklerden anlamlı derecede farklılaşmıştır ($p<0.05$). Pişirilmiş tavuk filetolarının protein değeri, çığ tavuk filetolarının protein değerlerinden yüksek

bulunmuştur. Nedeni ise pişirme işlemi esnasında oluşan su kaybından kaynaklıdır. Çiğ tavuk etinin, besin içeriğinde yaklaşık %75 su, %20 protein bulunmaktadır. Izgara tekniğiyle pişirme işleminde suyun bir kısmı uzaklaşmış ve kalan kuru maddede protein oranı bu şekilde yükselmiştir. Tekniklerden TV tekniğinde çok yüksek oranda su buharlaştığı için, kalan tavuk fileto içeriğinde protein ve diğer kuru madde bileşenlerinin oranı artmıştır. SV ve OH teknikleriyle pişirmede, TV tekniğiyle pişirmeye göre gıda içerisinde daha yüksek su tutarak kuru maddede protein içeriği daha düşük seviyede kalmıştır. Pişirme tekniklerinin farklılaşması tavuk filetosundaki tuz içeriğini minimum düzeyde etkilemiştir. Bulgular sonucunda pişirme tekniklerinin tuz miktarını anlamlı ölçüde değiştirmede ve tuz içeriklerinin pişirme öncesi marinasyona eklenen tuz miktarını koruduğu tespit edilmiştir. Pişirme verimi, bulgular neticesinde en üstün teknik, OH (özellikle yüksek voltajlı uygulama) tekniğinde görülmüştür. SV tekniği orta düzeyde bir pişirme verimi sergilerken, ızgara tekniğinde ise verim oldukça düşüktür. Izgara tekniğinde doğrudan ısıya maruz bırakılarak pişirme işlemi gerçekleştiği için kütle kaybına yol açtığı düşünülmektedir. Bu veriler, tavuk etinin su tutma düzeyi ile farklı pişirme tekniklerinin etkilerinin anlamlı olduğunu ve yeni teknolojilerin (ohmik, SV) bu açıdan bazı üstünlükler sağlayabileceğini kanıtlar niteliktedir. Tekstür analizinde ise parametrelere göre teknikler özetlenecek olursa en yumuşak dokulu tavuk filetolarının OH (özellikle 12 V/cm) ve SV teknikleriyle elde edildiği tespit edilmiştir. En sert ve kuru yapı ise ızgara tekniğiyle ölçülmüştür. Pişirme tekniklerinin farklılaşması tavuk filetosunun renk görünümünü yüksek biçimde etkilemiştir. SV tekniğinde tavuk yüzeyinde pişirme esnasında oksidatif esmerleşme ya da yanma işlemi olmadığından, tavuk filetosunun nispeten çiğ ete benzer soluk rengini koruduğu, TV tekniğiyle pişirilen tavuk etinin renk koyuluğunun ise oldukça yüksek olduğu ve L* (aydınlık değeri) değerinin en düşük bu yöntemde ölçüldüğü belirlenmiştir. Düşüşün sebebinin ise tavuk filetosunun pişirme esnasında direk ısınan tava üzerinde kuru ısıya maruz kalması ve yüzeyde meydana gelen Maillard reaksiyonları ile karamelizasyon sonucunda koyu kahverengimsi bir kabuk tabakasının oluşmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Duyusal analiz sonuçlarına göre panelistler tarafından en yüksek genel beğeni değerini yenilikçi bir yöntem olan SV tekniği alırken, geleneksel yöntemlerden ızgara tekniği ile yenilikçi tekniklerden OH 12 V/cm, 16 V/cm tekniklerinin (yüksek ve düşük voltaj sebebiyle) daha az tercih edildiği gözlenmiştir. Genel olarak SV ve OH 14 V/cm ,

tavuk filetosunda duyuşal kaliteyi arttırarak en üstün yöntemler olarak ön plana çıkmaktadır.

Tez araştırması kapsamında elde edilen bulgular literatürdeki verilerle genel anlamda benzer sonuçlar sergilemektedir. Özellikle yenilikçi tekniklerden SV ve OH işlemlerinde tavuk eti örneklerinin daha kontrollü şartlarda pişirilebildiği, doku, renk, nem ve besin değerlerinin korunabildiği gözlenmektedir. Ayrıca OH 14 V/cm tekniği nem içeriği, pişirme verimi, harcanan enerji ve işlem süresi, renk, duyuşal, tekstür analizleri sonucunda diğer ohmik grupları arasında en iyi voltaj olarak öne çıkmıştır.

Geleneksel yöntemlerden TV tekniği ile pişirilmiş tavuk filetoları açık ortam, kuru ısı nedeniyle daha koyu renkli, nem oranı düşük, sert bir doku gibi özellikler taşıırken aromatik tat, yüzey kabuğu ve yüksek protein içeriği ile tüketici tarafından istenilen özellikleri kazandıkları tespit edilmiştir.

SV tekniğiyle uzun süreli pişirme sağlanırken besin bileşenlerin korunması mümkün olmakta, ohmik ısıtma tekniğinde ise doğrudan gıda içerisine verilen elektrik akımı hızlı ve homojen bir şekilde ısınma ile gıdanın istenilen şekilde pişmesini sağlamaktadır. Ohmik ısıtma yüksek enerji verimliliği sağlarken yüzeyde yanma riskinin ortadan kaldırılması gibi avantajlarıyla çevre dostu ve fonksiyonel bir alternatif olarak görülmektedir.

Yapılan analizler ve istatistiksel veriler doğrultusunda farklı pişirme tekniklerinin tavuk eti üzerinde tekstürel, renk, kimyasal ve besinsel özelliklerinde avantaj ve dezavantajlar barındırdığı gözlenmiştir. Bu bulguların gıda, gastronomi bilim alanlarına katkı sunacağı ve yapılacak çalışmaları destekleyeceği düşünülmektedir.

5.2. Öneriler

Yenilikçi yöntemlerden SV ve ohmik pişirme teknikleri sahip oldukları teknik üstünlükler ile geleneksel yöntemlere kıyasla daha kontrollü ve kaliteli bir pişirme sürecine sahiptir. Ohmik ısıtma tekniği, özellikle 14 V/cm uygulamasında pişirme verimi, nem içeriği, renk ve duyuşal kalite açısından olumlu sonuçlar vermiştir. Ancak bu yöntem; özel cihaz, uygun altyapı ve dikkatli işlem takibi gerektiren bir tekniktir. Bu nedenle, ohmik ısıtmanın endüstriyel üretimlerde kullanılabilmesi için cihaz güvenliği, voltaj stabilitesi ve ürün-homojenliği gibi teknik parametrelerin detaylı şekilde optimize edilmesi önerilmektedir.

Sous vide tekniği, vakum altında ve yavaş pişirme prensibine dayalı yapısıyla ürünün yumuşaklığını korumuş ve protein yapısında minimal bozulma sağlamıştır. Bu tekniğin özellikle özel tüketici gruplarına (yaşlı, çocuk, hastane vb.) yönelik fonksiyonel ürün geliştirmede kullanılması önerilmektedir.

Geleneksel tavada pişirme tekniği, bazı kalite kayıplarına neden olsa da yüzey kabuğu, aromatik lezzet ve protein konsantrasyonu açısından duyuşal açıdan tatmin edici sonuçlar sunmuştur. Bu nedenle, geleneksel tekniklerin yenilikçi tekniklerle kombine edilerek uygulanması (örneğin SV sonrası kısa süreli mühürleme) ürün kalitesinin çok boyutlu olarak geliştirilmesine katkı sağlayabilmektedir.

Bu araştırmada sabit bir sıcaklık değerı ve tek tip marinasyon çözeltisi kullanılmıştır. İlerleyen çalışmalarda, farklı marinasyon süreleri, formülasyonları ve sıcaklık-zaman kombinasyonlarının kalite parametreleri üzerindeki etkisinin çok yönlü şekilde araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahn, D. U., Wolfe, F. H., & Sim, J. S. (1992). Packaging and storage effects on lipid oxidation and volatiles in irradiated raw chicken drumsticks. *Journal of Food Science*, 57(6),1360–1363. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb08009.x>
- Akbay, R. (1982). *Bilimsel tavukçuluk*. Güven Matbaası.
- Akyüz, S., Güneşer, O. & Esen, B. N. (2020). Farklı marinasyon formülasyonları ile hazırlanmış hindi göğüs etlerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri. *Gıda*, 45(5), 1075–1085.
- Altan, A., Karakaya, A., & Yılmaz, A. (1993). Chicken meat quality and storage, *Kümes Hayvanları Dergisi*, 7(2), 44-50.
- Altan, A., Altan, Ö., Yalçın, S., & Koçak, Ç. (1991). Etlik pilişlerde sınırlı yemlemenin gelişme ve karkas özelliklerine etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2-3), 87-104.
- Alugwu, S. U., Okonkwo, T. M., & Ngadi, M. O. (2023). Impact of cooking conditions on proximate composition and textural properties of chicken breast meat. *European Journal of Nutrition and Food Safety*, 15(6), 14-30.
- Altuğ, O., & Elmacı, T. (2015). *Gıdalarda duyuşal değerlendirme*. Sidas Medya.
- Alvarado, C. Z., & McKee, S. R. (2007). Marinade effect on meat quality and safety., *Journal of Food Science*, 72(9), S608-S617.
- Arslan P., (2014). *Tavuk Etinin sağlıklı beslenme için önemi*. Beyaz Et Sanayicileri Ve Damızlıkçıları Birliği Derneği, Uzman Görüşleri – 2. Yayın No: 17. Ankara.
- Aymerich, T., Picouet, P. A., & Monfort, J. M. (2008). Decontamination technologies for meat products. *Meat Science*, 78(1-2), 114-129.
- Aymerich, T., & Picouet, P. A. (2008). Effects of traditional cooking methods on the sensory properties and microbiological quality of meat products. *Journal of Food Quality*, 31(2), 238-247.
- Babür T. E., Gürbüz Ü. (2020). Geleneksel pişirme tekniklerinin et kalitesine etkileri. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 3(4), 58-64.
- Bakalis, S., Cox, P.W., & Fryer, P.J. (2001). *Modelling particular thermal technologies. Thermal technologies in food processing*, CRC Press, New York.
- Barbut, S. (1997). Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *British Poultry Science*, 38(4), 355–358. <https://doi.org/10.1080/00071669708417988>
- Barbut, S., ve Choy, V. (2007). Use of dairy proteins in lean poultry meat batters—a comparative study. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(4), 453-458.
- Batu A., Batu H. S. (2024). Yüksek Sıcaklıkta (Barbekü, Açık Alev, TV) Pişirme ve pürmüz kullanmanın gıdaların sağlık üzerine etkileri. *Akademik Turizm Analiz Dergisi*, Cilt: 5 Sayı: 1. 55 – 66.

- Becker, A., Boulaaba, A., Pinggen, S., Krischek, C., & Klein, G. (2016). Low temperature cooking of pork meat— physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*, 118, 82-88.
- Bıyıklı, M. (2015). *Hindi külbastı pişirmede sous vide pişirme tekniğinin optimizasyonu ve raf ömrünün belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Bianchi, M., Cifuni, G. F ve De Marco, M. (2009). Quality of chicken meat marinated in wine. *Meat Science*, 82(3), 359-365.
- Bilgin, S. (2019). Türk mutfağında tavuk eti ve yemekleri. *Gastronomi Dergisi*, 5(1), 23-35.
- Bircan, H., Arslan, S. ve Çelik, S. (2017). Tavuk eti tüketiminin beslenme açısından önemi. *Gıda*, 18(2), 123–129.
- Bor, İ. (2011). Marinasyon işleminin et üzerindeki etkileri. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 5(2), 66-73.
- Bozkurt, H. (2009). *Köfte üretiminde ohmik pişirmenin uygulanması, matematiksel modellenmesi ve ekserjetik optimizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Boztepe, S. ve Aytekin, İ. (2025). *Kesim öncesi kırmızı et kalitesini etkileyen faktörler*. *Journal of Animal Science and Economics*, 4(1), 40-53. DOI: 10.5281/zenodo.14871415.
- Brewer, M. S. (2006). Flavor compounds of meat and poultry: a review. *Meat Science*, 73(1), 522-529.
- Burdurlu H. S, Karadeniz F. (2002). Gıdalarda maillard reaksiyonu. *Gıda Dergisi*, 27(2), 77-83.
- Canan, Y. ve Turhan, S., (2006), Piliç sektöründe gelişmeler, *Hayvansal Üretim*, 47(1), 45-56.
- Candan, A., ve Bağdatlı, Y. (2018). Pişirme tekniklerinin et kalitesi üzerindeki etkisi. *Gıda Bilimleri Dergisi*, 15(3), 77-84.
- Cavitt, L., Youm, G., Meullenet, J., Owens, C., & Xiong, R. (2004). Prediction of poultry meat tenderness using razor blade shear, Allo-Kramer shear, and sarcomere length. *Journal of Food Science*, 69(1), SNQ11-SNQ15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17863.x>
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri*. Genişletilmiş 2. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:34. Bizim Grup Baskıevi.
- Chen, H. (2015). Ohmic heating in food processing. In advances in food and nutrition research. *Elsevier*, Vol. 76. pp. 1–58.
- Chii, D. J., Kim, S. M. ve Cheong, L. Z. (2011), Alternative heating technologies for food processing: a review. *Journal of Food Engineering*, 105(1), 132–141.
- Church, I. J. ve Ghazala, S. (1998). The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science &Technology*, 33(5), 487–503.
- Crehan, C. M., Troy, D. J. ve Buckley, D. J. (2000). The influence of heat treatment on sensory attributes of meat products. *Journal of Food Science*, 65(6), 1018-1022.
- Cummins, E. J. & Lyng, J. G. (2017). *Emerging technologies in meat processing: production, processing and technology*, Wiley-Blackwell.
- Çiçek, Ü. Ve Bulgan, A. (2013). Et ve et ürünlerinde heterosiklik aminler. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 25-32.

- de Halleux, D., Piette, G., Buteau, M.L. and Dostie, M. (2005). Ohmic cooking of processed meats: energy evaluation and food safety considerations. *Canadian Biosystem Engineering*, 47. 341-347.
- Deniz, K. (2009). Marinasyon işlemlerinin et özelliklerine etkisi. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 34(4), 112-118.
- Derin, K. & Serdaoğlu, M. (2020). Sous vide tekniğinin et kalitesine etkileri. *Et ve Hayvansal Bilimler Dergisi*, 39(1), 10-18.
- Derin, E. (2020). *Sous vide Tekniğiyle pişirilen hindi göğüs etlerinde defne ekstraktı kullanımının protein ve lipid oksidasyonu ile bazı kalite kriterleri üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Domínguez, R., Borrajo, P., Lorenzo, J.M. (2015). The effect of cooking methods on nutritional value of foal meat. *Meat Science*, 43. 61-67.
- Dominguez-Hernandez E, Salaseviciene A, Ertbjerg P. (2018). Low-temperature long-time cooking of meat: eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science*, 143.104–113.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., & Lorenzo, J.M. (2014). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97. 223–230.
- Engchuan, W., Jittanit, W. & Garnjanagoonchorn, W. (2014). The ohmic heating of meat ball: modeling and quality determination. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23. 121–130.
- Ensoy, U. & Coşar, B. (2006). Gıda muhafazası: temel ilkeler ve teknikler. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 30. 45-59.
- Ergezer, H. (2005). Marinasyon işleminin et kalitesine etkileri. *Gıda Dergisi*, 6(3), 219-223.
- Ergezer, H. & Gökçe, R.. (2011). Marinasyon teknikleri ve et kalitesi. *Türkiye Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 2(4), 56-63.
- Esen, M. K., Sarı, B. & Demir Özer, E. (2022). Farklı pişirme teknikleri ile üretilen piliç bonfile etinin depolama boyunca renk, tekstür ve duyu özelliklerinin incelenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(2), 254–267.
- Fennema, O. R. (1996). *Food Chemistry* (3rd ed.), Marcel Dekker Inc.
- García-Linares, M. C., González-Fandos, E., García-Fernández, M. C., & García-Arias, M. T. (2004). Microbiological and nutritional quality of sv or traditionally processed fish: influence of fat content. *Journal of Food Quality*, 27(5), 371–387.
- Gavahian, M. and Farahnaky, A. (2018). Ohmic-assisted hydrodistillation technology: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 72.153-161.
- Güler, Z. (2018). Tavuk suyu çorbasının halk mutfağındaki yeri. *Geleneksel Türk Mutfağı Dergisi*, 7(2), 39-47.
- Haskaraca, G. & Kolsarıcı, N. (2013). Sous-vide pişirme tekniği: et ürünleri üzerine etkileri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 52–60.
- Haraf, G., Wołoszyn, J., Okruszek, A., Orkusz, A., Goluch, Z., Wereńska, M., & Książkiewicz, J., (2021). Effect Of Cooking Methods On The Content Of Selected Macro- And Microminerals And Nutritional Composition Of Goose Breast Muscles, *Animals*, 11(5), 1345
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- Hugas, M., Garriga, M. & Monfort, J. M. (2002). New trends in microbiological safety of fresh meat. *Meat Science*, 62(2), 163-171.

- İbik, R. (2007). *Sığır ve tavuk etlerinden baharatlı kavurma üretimi üzerine bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- İçier, F. (2008). The impact of thermal processing on the quality of meat and meat products. *Meat Science Journal*, 80(1), 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.001>
- İçier, F. (2012). "Ohmic heating of fluid foods", Novel thermal and non-thermal technologies for fluid foods. *Academic Press*, USA.
- Iwasaki M., Kataoka H., Ishihara J., Takachi R., Hamada G., Sharma S., Marchand L. ve Tsugane S. (2010). Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by brezzilian methods. *Journal Of Food Composition And Analysis*, 23.61-69
- Johnson, P. (2018). Impact of cooking and fat separation on meat's nutritional value. *Journal Of Food Chemistry*, 45(3), 215-228.
- Jones, A. & Taylor, R. (2021). The role of food innovation in rapidly changing culinary environments. *International Journal Of Gastronomy And Food Science*, 18 (101-115).
- Kaur, S. & Singh, A. K. (2016). Nutritional impact of ohmic heating on fruits and vegetables-a review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), Doi: 10.1080/23311932.2016.1159000
- Kâmil, M. (1844). *Melceü't-Tabbâhîn*. Osmanlı Matbaası, İstanbul.
- Kızıloğlu, A., Ayhan, K., & Koçak, Ç. (2013). Hayvansal protein tüketiminin önemi. *Beslenme Dergisi*, 28(1), 47-52.
- Kowale, B.N., Rao, V.K., Babu, N.P., Sharma, N. and Bisht, G.S. (1996). Lipid oxidation and cholesterol oxidation in mutton during cooking and storage. *Meat Sci*, 43(2), 195-202.
- Kurp, L., Jachacz, J., Ordyan, K., Cegiela, A., & Waszkiewicz-Robak, B. (2022). Comparison of the quality of pork tenderloins cooked using various methods. *Applied Sciences*, 12(3), 1034.
- Külcü, D. B. & Gürbüz, Ü. (2018). Use of ohmic heating system in meat thawing and its effects on microbiological quality. *Manas Journal Of Engineering*, 6(2), 81-90.
- Lee, J. G., Kim, S.Y., Moon, J. S., Kim, S. H., Kang, D. H. & Yoon, H. J. (2016). Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats. *Food Chem*, 199(632-638).
- Lee, S.H., Choi, W., Jun, S. (2016). Conventional and emerging combination technologies for food processing. *Food Eng Rev*, 8. 414-434.
- Małgorzata Ormian, A.A.P., Kluz, M., ve Sokołowicz, Z. (2019). Effect of using acid whey for marinating chicken breast muscles in organic production. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31(4), 281-287.
- Mc Cance and Widdowson's, *The Composition of Foods*. (1998). Ministry of Agriculture. Fisheries and Food Medical Research Center, 4th Edition. New York.
- Misra, N.N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R.S., Saraiva, J.A., Barba, F.J. (2017). Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*, 97(318-339).
- Mottram, D. S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*, 62(4), 415-424. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00224-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00224-9)
- Muthulakshmi M. ve ark. (2021). Effect of cooking methods on nutritional quality of chicken meat. *The Pharma Innovation Journal*, SP-10(10), 1064-1070.

- Nolin, K. (2022). *What Makes smoky, charred barbecue taste so good? the chemistry of cooking over an open flame*, The Conversation.
- Özcan, A. I. (2018). *Effects of hybrid (ultrasound, ohmic and infrared) treatments on the quality characteristics of meat*. (Doctoral dissertation), University of Gaziantep, Graduate School of Natural & Applied Sciences, Gaziantep.
- Özçelik, A., (2016). Tavuk kebabının bölgesel farklılıkları, *Et Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3), 82-92.
- Öz, F., & Kaya, M., (2006). Doğal gıda muhafaza teknikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 223-230.
- Öz F, Kaya M. (2011). The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball, *Food Control*, 22(596-600).
- Özlü, H., Atasever, M. (2007). Gıdalara yüksek basınç uygulaması. Atatürk Üniversitesi. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2(1): 7-27.
- Pereira, R.N., Vicente, A.A. (2010). Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food Research International*, 43(1936–1943).
- Proctor, A. (2011). Alternative heating technologies and sustainability in food processing. in sustainable food processing. *Wiley-Blackwell*, (pp. 1–20).
- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A. I., & Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, Microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93(3), 572–578.
- Ross, A. I. V., Griffiths, M. W., Mittal, G. S., & Deeth, H. C. (2003). Innovative techniques for red meat preservation. *Meat Science*, 65(4), 799-808.
- Sakr, M., & Liu, S. (2014). A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39(262–269).
- Sarkis, J.R., Mercali, G.D., Tessaro, I.C., Marczak, L.D.F. (2013). Evaluation of key parameters during construction and operation of an ohmic heating apparatus. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18(145–154).
- Sastry, S.K. ve Barach, J.T. (2000). Ohmic and inductive heating, jfs supplement. kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. *Journal of Food Science*, vol 65. no 8. 42-46.
- Sastry, S. K. (2008). Ohmic heating as a food process. *Food technology*, 62(2), 56–61.
- Schellekens, M. (1996). New research issues in sous-vide cooking. *Trends in Food Science & Technology*, 7(8), 256–262.
- Serdaroğlu, M., Abdraimov, K., ve Onenc, A. (2007). The effects of marinating with citric acid solutions and grapefruit juice on cooking and eating quality of turkey breast. *Journal of Muscle Foods*, 18(2), 162-172.
- Serdaroğlu M., Değirmencioglu G.Ö. (2002). Etin önemli bir kalite özelliği: Lezzet. *Gıda Dergisi*, 37(4), 297-03
- Smith, J. (2020). Meat as a global nutrient source: availability and digestibility considerations. *Global Food Security Journal*, 12(1), 88-102.
- Sujiwo, S. & Astuti, Y. (2018). Evaluation of the sensory quality of chicken meat. *Food Research International*, 11(4), 234-240.
- Sun, D. (2006). *Termal gıda işleme; yeni teknolojiler ve kalite sorunları*. CRC Yayınları, Boca Raton, Newyork.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. (2011). Gıdalarda tuz tayini. *Gıda Teknolojisi*, (541G10085), Ankara.
- Tornberg, E. (2005). The potential of heat treatment for the control of pathogens in meat. *Food Control*, 16(1), 89-94.

- Türk Gıda Kodeksi. (2012). Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/75).ResmiGazate.Erişimadresi:<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=9.5.16821&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch,ErişimTarihi:20.05.2025>.
- Uğur, F. Yılmaz, K. & Korkmaz, F. (2001). Tavukçuluk Sektöründe Gıda Güvenliği. *Hayvansal Üretim*, 48(2), 189-195.
- Uzun, F. G. (2020). *Farklı Pişirme Tekniklerinin Dana Etinin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ünsal, H. (2020). Ziyafet ve geleneksel yemekler: tavuklu pilav. *Gastronomi Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 28-34.
- Varghese, K. S., Pandey, M. C., Radhakrishna, K., & Bawa, A. S. (2014). Technology applications and modelling of ohmic heating: a review. *Journal Of Food Science And Technology*, 51(10), 2304–2317.
- Varlık, N., Çetinkaya, S. & İnal, Y. (1993). Organik Asitlerin Et Kalitesine Etkileri. *Teknik Gıda Dergisi*, 22(4), 55-60.
- Yalçın, S., Koçak, Ç. & Özkan, A. (1992). Etlik Piliçlerde Kesim Öncesi Açlık Sürecinin Karkas Özelliklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 57-70.
- Yerasimos, M. (2014). Türk mutfağına balkan etkileri. *Türk Mutfak Kültürü Dergisi*, 8(3), 39-45.
- Yusop, R., Javadi, M. & Zainudin, M. (2011). Antimicrobial Properties Of Spices In Meat Products. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(5), 1009-1015.
- Yıldız-Turp, G., Yücel-Şengün, İ., Kendirci, P., & İçier, F. (2013). Effect of ohmic treatment on quality characteristics of meat: a review. *Meat Science*, 93(3), 441-448.
- Zell, M., Lyng, J. G., Cronin, D. A., & Morgan, D. J. (2009). Ohmic cooking of whole beef muscle – optimisation of meat preparation. *Meat Science*, 81(4), 693–698.
- Zhou, G.H., Xu, X.L., Liu, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat – a review. *Meat Sci*, 86(1): 119-128.
- Zhu X., Kaur L., Staincliffe M., Boland M. (2018). Actinidin pretreatment and sous vide cooking of beef brisket: effects on meat microstructure, texture and in vitro protein digestibility, *Meat Sci.*, 145:256-265.
- Xargayo, M., Lagares, J., Fernandez, E., Ruiz, D. and Borell, D. (2001). Marination of fresh meat by means of spray effect: influence of spray injection on the quality of marinated products. *Fleischwirtschaft*, 81(2), 93-98.
- World Health Organization. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition.WHOTechnicalReportSeriesNo.935.https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf, Erişim Tarihi: 29.04.2025.
- Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F., Smith, D. M., & Sporns, P. (2005). *Handbook of food analytical chemistry*. Wiley-Interscience. <https://doi.org/10.1002/0471709085>