



**FARKLI SİRKE ÇEŞİTLERİ İLE MARİNASYON
İŞLEMİNİN ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SIĞIR BİFTEK
ETLERİNDE ÇEŞİTLİ KALİTE KRİTERLERİ VE
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU
ÜZERİNE ETKİSİ**

Halenur FENCİOĞLU

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Fatih ÖZ
2021
(Her hakkı saklıdır).**

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**FARKLI SİRKE ÇEŞİTLERİ İLE MARİNASYON İŞLEMİNİN ISIL İŞLEM
GÖRMÜŞ SIĞIR BİFTEK ETLERİNDE ÇEŞİTLİ KALİTE KRİTERLERİ VE
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

(The Effects of Marination Process with Different Vinegar Types on Various Quality Criteria
and Heterocyclic Aromatic Amine Formation in Heat-Treated Beef Steak)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halenur FENCİOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Erzurum
Mayıs- 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Halenur Fencioğlu tarafından hazırlanan “Farklı sirke çeşitleri ile marinasyon işleminin ısıt işlem görmüş sığır biftek etlerinde çeşitli kalite kriterleri ve heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisi” başlıklı çalışması 26 / 05 / 2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Sadettin TURHAN <i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Fatih ÖZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
....../.../.... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Fatih ÖZ danışmanlığında sunulan “Farklı sirke çeşitleri ile marinasyon işleminin ısı işlem görmüş sığır biftek etlerinde çeşitli kalite kriterleri ve heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	15	30
Kuramsal Temeller	0	30
Materyal ve Yöntem	12	35
Bulgular ve Tartışma	6	20
Tezin Geneli	8	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Halenur Fencioğlu	Prof. Dr. Fatih Öz
26.5.2021	26.5.2021
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın her anında bilimsel yardımlarını, anlayış ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, tecrübesi ve desteğiyle her zaman yanımda olarak en büyük katkı sahibi değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fatih ÖZ'e içtenlikle teşekkür ederim.

Araştırmada yapılan tekstür profil analizi için Sayın Prof. Dr. Sadettin TURHAN ve SDS-PAGE analizi için Arş. Gör. Dr. Emel ÖZ'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca araştırma esnasında bana destek olan Arş. Gör. Elif EKİZ'e, Zeynep ELBİR'e, Eyad AOUDEH'e, Gülşah SÜMER'e ve İsa Arslan KARAKÜTÜK'e teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca ve çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen babam Muammer FENCİOĞLU ve annem Zehra FENCİOĞLU'na, canım ablam Şeyma FENCİOĞLU'na, her anımda yanımda olan abim Mehmet Akif FENCİOĞLU'na ve manevi desteğini eksik etmeyen Mehmet Hakan ARICIOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunar ve tezimi onlara armağan etmekten gurur duyarım.

Halenur FENCİOĞLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI SİRKE ÇEŞİTLERİ İLE MARİNASYON İŞLEMİNİN ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SIĞIR BİFTEK ETLERİNDE ÇEŞİTLİ KALİTE KRİTERLERİ VE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Halenur FENCİOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Amaç: Mevcut araştırmada, farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin (4°C’de 2 saat), ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş (200°C’de 24 dk) sığır bifteklerinin tekstür ve protein profilleri de dahil olmak üzere çeşitli kalite kriterleri ile pişirme esnasında oluşabilen heterosiklik aromatik aminlerin (HAA’ların) oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir.

Yöntem: Üç farklı hayvan karkasından çıkarılan biftek etleri, daldırma yöntemine göre 4°C’de 2 saat marine edilmiştir. Ardından, 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde 24 dk pişirilmiştir. Araştırma Şansa Bağlı deneme desenine göre 3 tekerrür olarak kurulmuş ve her bir tekerrür iki paralel olarak yürütülmüştür.

Bulgular: Araştırmada, marinasyon işlemi neticesinde bifteklerin %3,12 ile 4,13 arasında marinat absorbladığı belirlenmiştir. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon işleminin, ısıl işlem görmüş bifteklerin su içeriği, pişirme kaybı, TBARS değeri, sertlik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$), ancak pH değeri, renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) üzerine çok önemli ($p<0,01$), elastikiyet değeri, MeIQx ve toplam HAA içeriği üzerine ise önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Marinasyon işleminde nar sirkesi kullanımı, daha koyu renkte biftek oluşumuna neden olurken, elma sirkesi kullanımı daha açık renkli biftek oluşumuna neden olmuştur. Marinasyon işleminde balsamik ve üzüm sirkesi kullanımı kontrol grubu bifteklerle kıyasla elastikiyet değerini azaltmıştır. Farklı sirke çeşitleri ile marine edilen bifteklerin myofibriler proteinleri genellikle benzer SDS-PAGE profili sergilemiştir. Bununla birlikte, deneme ve marinat çeşidine bağlı olarak bazı proteinlerin bant yoğunluklarında farklılıklar gözlenmiştir. Araştırmada, analizi yapılan dokuz adet HAA’dan sadece iki tanesinin (IQ ve MeIQx) miktarının kantitatif ölçme sınırının üzerinde olduğu belirlenmiştir. IQ bileşiği sadece kontrol grubu bifteklerde maksimum 0,51 ng/g düzeyinde belirlenirken, MeIQx bileşiği ise tüm muamele gruplarında, maksimum 2,22 ng/g düzeyine kadar tespit edilmiştir. Toplam HAA içeriğinin 0,59 ile 2,22 ng/g aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Sonuç: Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin toplam HAA içeriği üzerine farklı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Marinasyon işleminde balsamik ve elma sirkesi kullanımı, kontrol grubu örneklerle kıyasla toplam HAA içeriğini istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde azaltmıştır. Öte yandan, marinyonda üzüm ve nar sirkesi kullanımı toplam HAA içeriğini artırmış, ancak bu artışın sadece nar sirkesi kullanımında istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: sirke, marinasyon, tekstür, SDS-PAGE, heterosiklik aromatik amin

Mayıs 2021, 90 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECTS OF MARINATION PROCESS WITH DIFFERENT VINEGAR VARIETIES ON VARIOUS QUALITY CRITERIA AND HETEROCYCLIC AROMATIC AMINE FORMATION IN HEAT-TREATED BEEF STEAK MEATS

Halenur FENCİOĞLU

Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Purpose: Herein, the effect of marination process (at 4°C for 2 h) with different types of vinegar (balsamic, pomegranate, apple and grape) on various quality properties including texture and protein profile of beef steaks cooked on a hot plate (at 200°C for 24 min) were determined. The formation of heterocyclic aromatic amines (HAAs) which could be formed during cooking of meat was also investigated.

Method: Steak meats removed from three different beef carcasses were marinated for 2 hours at 4°C according to the dipping method. Then, it was fried for 24 minutes on a hot plate at 200°C. The research was established according to the completely randomized design and carried out three replicates (each replicate with two parallel).

Findings: The results showed that 3,12 and 4,13% of marinate liquids were absorbed by beef steak as a result of the marination process. No significant differences ($p>0,05$) were observed between the marinated by different vinegar types and cooked beef steaks in terms of water content, cooking loss, TBARS value, hardness, cohesiveness and chewiness. However, significant differences were detected in terms of pH value and color values (L^* , a^* and b^*) ($p<0,01$), and resilience, MeIQx and total HAA content ($p<0,05$). The marination with pomegranate vinegar resulted in formation of darker steak, while a lighter one was obtained when apple vinegar was used in the marination. The use of balsamic and grape vinegars in the marination process decreased the resilience value compared to the control group. The myofibrillar proteins of beef steaks marinated with different types of vinegars generally showed a similar SDS-PAGE profile. However, some differences were observed in the band density of some proteins depending on the trial and the type of marinate. In this study, of the nine examined HAAs, only two (IQ and MeIQx) could be detected and quantified. IQ was detected only in the control group steak (up to 0,51 ng/g), while the MeIQx was detected in all treatment groups (up to 2,22 ng/g). The total HAA content varied between 0,59 and 2,22 ng/g.

Results: It was determined that the marination process with different vinegar types had different effects on the total HAA content of the steaks. Using of balsamic and apple vinegar in the marination process led to decrease in the total HAA content compared to the control group, but this decrease was not statistically significant ($p>0,05$). On the other hand, the use of grape and pomegranate vinegars in the marination process increased the total HAA content, but this increase was only significant ($p<0,05$) in the marination with pomegranate vinegar.

Keywords: vinegar, marination, texture, SDS-PAGE, heterocyclic aromatic amine.

May 2021, 90 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	xi
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	6
MATERYAL VE METOT	10
Materyal	10
Metot	10
Marinasyon işlemi.....	10
İstatiksel Analiz.....	15
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	16
Hammaddenin Bazı Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikleri	16
Bifteklerin Marinat Absorbsiyonu	16
Pişirilmiş Bifteklerin Su İçerikleri	20
Bifteklerin Pişirme Kaybı Değerleri	23
Bifteklerin pH değerleri	28
Bifteklerin TBARS Değerleri	32
Bifteklerin Renk Değerleri	34
Bifteklerin Tekstür Profil Analiz Değerleri	40
Myofibriler Proteinlerde Gerçekleşen Değişimler (SDS-PAGE Profili)	46
Bifteklerin Heterosiklik Aromatik Amin (HAA) Değerleri.....	49
Geri kazanımlar	49
HAA İçerikleri	50
Bifteklerin IQx İçerikleri.....	50
Bifteklerin IQ içerikleri.....	51
Bifteklerin MeIQx içerikleri	52
Bifteklerin MeIQ içerikleri	53

Bifteklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri	54
Bifteklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri	55
Bifteklerin PhIP içerikleri	56
Bifteklerin AαC içerikleri	57
Bifteklerin MeAαC içerikleri	58
Bifteklerin Toplam Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği ve Marinasyon İşleminin Etkinliği.....	59
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR.....	66



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Mevcut araştırmada incelenen heterosiklik aromatik aminler hakkında bazı bilgiler (Öz ve Kaya 2006).	4
Tablo 2. Hammadde olarak kullanılan marinasyon öncesi ve ısıt işlem görmemiş sığır biftek etine ait su, pH, TBARS, renk analiz sonuçlarının ortalamaları ve standart sapmaları	16
Tablo 3. Marinasyonda kullanılan sirkelerin pH değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarının ortalamaları.....	17
Tablo 4. Kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen bifteklerin marinat absorpsiyonu (%)	17
Tablo 5. Kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen bifteklerin marinat absorpsiyonuna ait varyans analiz sonuçları	18
Tablo 6. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin marinat absorpsiyonu üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	19
Tablo 7. Isıt işlem görmüş bifteklerin su içerikleri (%).....	20
Tablo 8. Isıt işlem görmüş bifteklerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları	21
Tablo 9. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, ısıt işlem görmüş bifteklerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	21
Tablo 10. Bifteklerin pişirme kaybı değerleri (%).....	24
Tablo 11. Bifteklerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	24
Tablo 12. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin ısıt işlem görmüş bifteklerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	25
Tablo 13. Isıt işlem görmüş bifteklerin pH değerleri.....	29
Tablo 14. Isıt işlem görmüş bifteklerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	29
Tablo 15. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin ısıt işlem görmüş bifteklerin pH üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	30
Tablo 16. Isıt işlem görmüş bifteklerin TBARS değerleri (mg MDA/kg)	32
Tablo 17. Isıt işlem görmüş bifteklerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları	32

Tablo 18. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, ısıtma işlem görmüş bifteklerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	33
Tablo 19. Isıtma işlem görmüş bifteklerin renk değerleri	35
Tablo 20. Isıtma işlem görmüş bifteklerin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	35
Tablo 21. Isıtma işlem görmüş bifteklerin renk değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	36
Tablo 22. Isıtma işlem görmüş bifteklerin sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri	41
Tablo 23. Isıtma işlem görmüş bifteklerin tekstür profil analiz değerlerinin varyans analiz sonuçları.....	42
Tablo 24. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, ısıtma işlem görmüş bifteklerin tekstür profil analiz (TPA) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	43
Tablo 25. Analizi yapılan HAA'ların geri kazanım, LOD ve LOQ değerleri	50
Tablo 26. Isıtma işlem görmüş bifteklerin MeIQx içeriklerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	52
Tablo 27. Isıtma işlem görmüş bifteklerin toplam HAA içeriklerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Farklı karkaslardan (I, II ve III) alınan sığır biftek etleri	10
Şekil 2. Sığır biftek etlerinin farklı marinatlar (a: nar sirkesi, b: üzüm sirkesi, c: elma sirkesi ve d: balsamik sirkesi) kullanılarak daldırma yöntemi ile marinasyonu	11
Şekil 3. Kontrol grubu ve marine edilmiş bifteklerin pişirilmesi.....	12
Şekil 4. Myofibriler proteinlerin ayırımında kullanılan Bio-Rad miniprotean tetra system elektroforez cihazı.....	14
Şekil 5. Kontrol grubu ve farklı marinatlar (elma, üzüm, balsamik ve nar sirkesi) ile marinasyon sonrası pişirilen bifteklerin görüntüleri	36
Şekil 6. Muamele örneklerinin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE profili (Blok – I)....	48
Şekil 7. Muamele örneklerinin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE profili (Blok – II) ..	48
Şekil 8. Muamele örneklerinin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE profili (Blok – III)	49
Şekil 9. Bifteklerin toplam HAA içerikleri (ng/g)	60

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
4,8-DiMeIQx	: 2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
7,8-DiMeIQx	: 2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
APS	: Amonyum per sülfat
AαC	: 2-amino-9 <i>H</i> -pirido[2,3- <i>b</i>]indol
CaCl₂	: Kalsiyum Klorür
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
Fe⁺²	: Ferrus iyon
Fe⁺³	: Ferrik iyon
g	: Gram
HAA	: Heterosiklik Aromatik Amin
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi
IQ	: 2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
IQx	: 2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
kg	: Kilogram
L	: Litre
LOD	: Algılama Sınırı
LOQ	: Kantitatif Ölçme Sınırı
M	: Molarite
MDA	: Malondialdehit
MeAαC	: 2-amino-3-metil-9 <i>H</i> -pirido[2,3- <i>b</i>]indol
MeIQ	: 2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
MeIQx	: 2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
mg	: Miligram
ml	: Mililitre

mM	: Milimolar
N	: Newton
NaCl	: Sodyum Klorür
NaOH	: Sodyum Hidroksit
nd	: Tespit Edilemedi
ng	: Nanogram
NH₃	: Amonyak
nq	: Miktar Belirlenemedi
pH	: Hidrojen Gücü
PhIP	: 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>] piridin
rpm	: Dakikada Devir
sn	: Saniye
Sd	: Standart Sapma
SDS-PAGE	: Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektroforez
TBARS	: Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
TPA	: Tekstür profil analizi
V	: Voltaj
v/v	: Hacimce
v/w	: Ağırlıkta Hacimce
w/v	: Hacimde Ağırlıkça
w/w	: Ağırlıkça
$\bar{x}$	: Ortalama

GİRİŞ

İnsanoğlu, yaşamını sürdürebilmek için beslenmeye ihtiyaç duymaktadır. Et sahip olduğu besin öğeleri (protein, yağ, vitamin ve mineral maddeler) nedeniyle besleyici değeri yüksek bir gıda maddesi olup beslenme açısından büyük önem taşımaktadır. Tüketicilerin bilinçlenmesi nedeniyle diğer gıda maddelerinde olduğu gibi et ve et ürünlerinde de kalite kavramı giderek önem kazanmıştır. Et kalitesi renk, lezzet, sululuk ve tekstür gibi çeşitli özelliklerin bir kombinasyonu olarak ifade edilmekte (Ryu *et al.* 2005) ve pre-rigor, rigor ve post-rigor dönemlerindeki pek çok faktör, et kalitesi üzerine etki etmektedir (Lefaucheur 2010). Et olarak ifade edilen çizgili kas dokusu; yaklaşık %75 su, %18 protein, %0,5 – 8 lipit ve %1 glikojen içeren ve bağ doku, kas içi lipit, kan damarları ve sinir doku ile birlikte myofibriller dahil olmak üzere pek çok doku ve hücre tipinden oluşan oldukça kompleks bir yapıdır (Lefaucheur 2010). Et proteinleri, vücut için gerekli esansiyel amino asitleri yeterli ve dengeli seviyede içermesi, sindirilebilirliğinin ve biyolojik değerinin yüksek olması nedeniyle beslenme açısından oldukça önemlidir (Tornberg 2005). Genel olarak et proteinleri myofibriller, sarkoplazmik ve bağ dokusu proteinleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Myofibriller ve sarkoplazmik proteinler toplam proteinin sırasıyla %50-55 ve %30-35'ini oluştururken, bağ dokusu proteinleri toplam protein içeriğinin %10-15'lik kısmını teşkil etmektedir (Tornberg 2005; Toldra 2010). Myofibriller proteinler, kontraktıl, regülatör ve sitoskeletal proteinleri içeren ve orta/yüksek iyonik kuvvetli çözeltilerde çözünen tuzda çözünür proteinlerdir (Marino *et al.* 2014). Bu proteinler, sahip oldukları çeşitli özellikler nedeniyle (emülsifiye edici özellikler, jel oluşturma ve su tutma yetenekleri, vb.) et ve et ürünlerinin fonksiyonel karakteristikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır (Xu and Xu 2021). Bu kapsamda yapılan araştırmalarda, bağ dokusu proteinleri ile myofibriller proteinlerin, et tekstürü ve özellikle de sertlik parametresi üzerine etki eden temel komponentler olduğu bildirilmektedir (Purslow 2005; Xiong 2005; Goli *et al.* 2014). Bu nedenle, tüketici tercihi ve gıda kalitesini etkileyen tekstürel özellikler, myofibriller proteinlerde gerçekleşen değişimlerle yakından ilişkilidir (Larrea *et al.* 2006; Kalahrodi *et al.* 2020).

Genel olarak kasın ete dönüşümü ve tüketiciler tarafından arzu edilen tekstürel özelliklerin oluşması olarak ifade edilebilen olgunlaşma, etin depolanması ile belirli bir seviyeye kadar doğal olarak oluşabildiği gibi çeşitli yöntemler kullanılarak daha hızlı gerçekleştirilebilmektedir. Bu kapsamda marinasyon, etin duyusal ve tekstürel özelliklerini geliştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir prosestir (Goli *et al.* 2014). Etlerin ısı etkisi

olmadan, marinat adı verilen bazı gıda maddeleri ve katkı maddeleri ile muamele edilmesi esasına dayanan bu proseste (Kendrick 2016), su tutma yeteneği nedeniyle suyu bağlayan ve/veya hapseden aktin, myosin ve aktomyosin kompleksi gibi myofibriler proteinlerin önemli fonksiyona sahip olduğu bildirilmiştir (Yusop *et al.* 2011). Marinasyon işleminde marinat olarak tuzlar, organik asitler, meyve ve sebzeler, içecekler (soda, şarap vb.), enzimler ve sirke gibi çeşitli ajanlar ve/veya bu ajanların kombinasyonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Marinasyon uygulaması ile ürünün su tutma kapasitesinin arttığı, pişirme kaybının azaldığı, kas fibril sertliğinin azalması neticesinde teksürel özelliklerin iyileştiği, renk, tat ve aroma özelliklerinin geliştiği, antioksidan nitelikli ingredientler sayesinde lezzet kayıplarının azaldığı, antimikrobiyal özellikteki ingredientler sayesinde ise mikrobiyal gelişimin sınırlandırıldığı ve dolayısıyla ürünün raf ömrünün uzadığı çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur (Cesur 2009; Önenç *et al.* 2004; Serdaroğlu *et al.* 2007; Bor 2011; Sharedeh *et al.* 2015; Wongmaneepratip and Vangnai 2017).

Marinasyon işleminde; daldırma, masaj, tamburlama ve enjeksiyon gibi çeşitli yöntemler kullanılabilmektedir. Daldırma yöntemi (durgun ve geleneksel marinasyon), en basit ve en eski marinasyon uygulamasıdır. Bu yöntem, etlerin, marinat çözeltisine daldırılması ile gerçekleştirilmekte ve diğer yöntemlere göre daha ekonomik olup kolayca uygulanabilmektedir. Masajlama tekniği, etleri daha az hırpalayan bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Sürekli ve kesikli olarak uygulanabilen bu marinasyon işleminde, et teknolojisi bakımından kesikli prosesin daha iyi sonuç verdiği belirtilmektedir. Güncel bir metot olan tamburlamada (tumbling) ise mekaniksel bir sallanma hareketi ile marinasyon çözeltisinin et içerisine homojen dağılımı sağlanmaktadır. Bu yöntemde işlem, geleneksel yöntemle göre daha kısa sürmektedir. Ürüne daha fazla oranda marinasyon sıvısı nüfuz edebilmekte ve kontrollü şartlarda çalışılabilmektedir. Öte yandan, maliyetin fazla olması, mekaniksel etkiye maruz kalan ette çeşitli yapısal bozulmalar meydana gelebilmesi ve kemikli hammadde ile çalışabilmenin mümkün olmaması nedeni ile kullanımı kısıtlıdır. Diğer bir marinasyon yöntemi olan enjeksiyonda ise marinat çözeltisi, enjektörler yardımıyla ete tatbik edilmekte ve bu sayede marinasyon sıvısı etin iç kısımlarına homojen bir şekilde dağıtılabilmektedir. Ancak bu uygulamanın yüksek maliyet, yüzeydeki patojen ve saprofit mikroorganizmaların uygulanan basınç yardımıyla etin içerisine taşınabilmesi, kalifiye elemana ihtiyaç duyulması, küçük parça etlere uygulanamaması ve sızıntı kaybının fazla olması gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır (Smith 1999; Ergezer ve Gökçe 2004; Deniz 2009).

Et pH'sının değişimi prensibine dayanan marinasyon uygulamaları asidik ve alkali marinasyon yöntemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemler etin pH değerinin izoelektrik

nokta pH değerinden uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Suyu bağlayan et proteinleri üzerindeki negatif veya pozitif yüklerin miktarındaki artış, ürünün su tutma kapasitesinde artışa neden olmaktadır (Miller 2001). Asidik marinasyon işleminde et, düşük pH değerine sahip zayıf organik asitler, sirke, şarap, meyve suyu ve yoğurt gibi marinatlar ile marine edilmektedir (Aktaş and Kaya 2001; Serdaroğlu *et al.* 2007). Bu yöntemde, yüksek nüfuz gücüne sahip sitrik asit, laktik asit ve asetik asit gibi organik asitler hücre içinde dissosiyasyon olarak hücre içi pH değerinin düşmesine neden olmakta ve neticede daha güvenilir ve kaliteli et ürünleri üretimine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca patojen mikroorganizmaları inaktif hale getirerek antimikrobiyal etki de gösterebilmektedir (Kahraman vd 2010). Bununla birlikte asidik marinasyon uygulaması, etin sertlik, sululuk, çiğnenebilirlik gibi önemli tekstürel özellikleriyle yakından ilişkili olan bağ dokusu proteinleri ve myofibriller proteinler üzerine de etki etmektedir. Diğer bir deyişle asidik marinasyon, kas yapısının zayıflamasına, kas liflerinin ve/veya bağ dokusu proteinlerinin denatürasyonuna, proteoliz nedeniyle myofibriller proteinlerin degradasyonuna ve pişirme işlemi esnasında kolajenin çözünürlüğünün artmasına da neden olabilmektedir (Goli *et al.* 2014; Wongmaneepratap and Vangnai 2017). Et sertliğinin pH 5,0 'in altında belirgin bir şekilde azaldığı ve bu durumun proteinlerin şişme özellikleri ile, myofibriller proteinler ve kolajeni parçalama kapasitesine sahip olan katepsin B ve L enzimlerinin, bu pH değerindeki yüksek salınımı ve aktivitesiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Ertbjerg *et al.* 1999). Asidik marinasyon yönteminde sıklıkla tercih edilen marinatlardan birisi de sirkedir. Sirke, çoğunlukla tahıl ve meyvelerin önce alkol, daha sonra asetik asit fermentasyonuna tabi tutulması ile elde edilen fermente bir gıda ürünü olarak tanımlanmaktadır (Akbaş 2008; Chen *et al.* 2016). Sirke üretiminde kullanılacak olan meyvelerin şeker içeriğinin yüksek olması istenmektedir. Meyve sirkesi üretiminde üzüm ve elma başta olmak üzere incir, nar, ahududu, dut, hurma, hindistan cevizi, vişne, armut, erik gibi çeşitli meyveler kullanılmakta (Şengün ve Kılıç 2019; Bozdemir vd 2021) ve sirke, üretiminde kullanılan meyve ismi ile anılmaktadır. Balsamik sirke ise genellikle kaynatılmış üzüm suyunun farklı fiçılarda (üzüm veya meşe) uzun süre bekletilmesi ile elde edilmektedir (Budak 2010). İçerdiği organik asitler, amino asitler, fenolik bileşikler ve melanoidinler gibi biyoaktif bileşikler nedeniyle önemli bir fermentasyon ürünü olan sirke, sahip olduğu antimikrobiyal, antioksidan, antidiyabetik, antikarsinojenik ve antienfeksiyon gibi çeşitli özellikler nedeniyle gıda sanayinde ve mutfaklarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen *et al.* 2016).

Et, pastırma ve suşi gibi ısı işlem görmeden tüketilen ürünler haricinde pişirilerek tüketilmektedir. Etin gevrekliği, sululuğu ve lezzeti üzerine pişirme işleminin önemli etkisi bulunmaktadır. Etin beslenme açısından en önemli avantajlarından biri olan protein içeriğinde, pişirme işlemi esnasında meydana gelen değişimler pişmiş et kalitesini belirleyen temel

faktörler arasında yer almaktadır. Isıl işlem neticesinde, proteinlerin denatürasyonu ile sindirilebilirlik artarken, daha lezzetli ve güvenilir bir ürün de elde edilmektedir (Öz 2020; Tornberg 2005). Öte yandan, proteinlerin denatürasyonu etin su tutma kapasitesinde azalmaya neden olmakta ve neticede pişirme işlemi esnasında gıdadan uzaklaşan su, beraberinde suda çözünen bazı maddeleri de uzaklaştırmaktadır. Ayrıca ısıtma işlemi dayanıksız vitaminler ve mineral maddelerde de çeşitli kayıplar görülebilmektedir (Tornberg 2005; Öz *et al.* 2016a-b). İlave olarak, et gibi protein bakımından zengin gıda maddelerinin pişirilmesi neticesinde heterosiklik aromatik aminler gibi bazı gıda toksikantlarının oluşabildiği de bilinmektedir (Öz and Kaya 2011a).

Heterosiklik aromatik aminler (HAA'lar) protein bakımından zengin gıda maddelerinin ısıtılması esnasında oluşabilen karsinojenik ve/veya mutajenik bileşiklerdir (Sugimura 1995; Skog *et al.* 1998). Günümüze kadar yaklaşık 30 kadar HAA'nın gıdalardan izole ve tanımlanmış olduğu belirtilmektedir (Savaş *et al.* 2021). İlk olarak 1977 yılında ızgarada kızartılan et ve balıkta belirlenen HAA'ların, iki ana kimyasal sınıfı bulunmaktadır (Tablo 1). İlk grup olan aminoimidazoazoarenler, genellikle 300°C'nin altındaki pişirme sıcaklıklarında oluşabilen HAA'lardır. Bu bileşikler, heksozlar, kreatin/kreatinin ve serbest aminoasitler arasındaki reaksiyon neticesinde oluşmaktadır (Skog and Solyakov 2002). HAA'ların diğer grubu olan aminokarbolinler ise 300°C'nin üstündeki pişirme sıcaklıklarında oluşabilen HAA'lardır. Bu bileşikler, aminoasitlerin *pirolizi* neticesinde oluşmaktadır (Sugimura 1997).

Tablo 1. Mevcut araştırmada incelenen heterosiklik aromatik aminler hakkında bazı bilgiler (Öz ve Kaya 2006).

Kimyasal İsmi	Kısaltma	Moleküler Formülü
Aminoimidazoazoarenler		
2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinokzalin	IQx	C ₁₀ H ₉ N ₅
2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]kinolin	IQ	C ₁₁ H ₁₀ N ₄
2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin	MeIQx	C ₁₁ H ₁₁ N ₅
2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-f]kinolin	MeIQ	C ₁₂ H ₁₂ N ₄
2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin	7,8-DiMeIQx	C ₁₂ H ₁₃ N ₅
2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-f]kinokzalin	4,8-DiMeIQx	C ₁₂ H ₁₃ N ₅
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-b] piridin	PhIP	C ₁₃ H ₁₂ N ₄
Aminokarbolinler		
2-amino-9H-pirido[2,3-b]indol	AαC	C ₁₁ H ₉ N ₃
2-amino-3-metil-9H-pirido[2,3-b]indol	MeAαC	C ₁₂ H ₁₁ N ₃

HAA'ların, aflatoxin B1'den 100 kat, benzo[a]pyrene'den ise 2000 kat daha fazla mutajenik olduğu belirtilmektedir (Öz and Kaya 2011a). Ayrıca, çeşitli kanser türleri ile et

tüketimi arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu pozitif ilişkinin nedenleri arasında HAA'ların da payının olduğu belirtilmektedir (Klassen *et al.* 2002; Knize *et al.* 2002). Yapılan çalışmalar neticesinde, Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC), HAA'lardan bazılarını, "mümkün" ve "muhtemel" insan karsinojeni olarak Grup 2A ve Grup 2B sınıfında yer vermiştir (IARC 1993).

Isıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde belirlenen HAA tür ve miktarları; ısıl işlem koşulları ve et türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Jägerstad *et al.* 1998; Felton *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Öz ve Kaya 2007; Öz *et al.* 2010).

HAA'ların karsinojen ve/veya mutajen özellikte bileşikler olması nedeniyle, son zamanlarda yapılan çalışmalar, bu bileşiklerin, ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde oluşum düzeylerini azaltmaya yöneliktir. Literatürde, sarımsak (Shin *et al.* 2002), kırmızı şarap (Melo *et al.* 2008), yeşil çay (Quelhas *et al.* 2010), karabiber (Öz and Kaya 2011a), kırmızı biber (Öz and Kaya 2011b), kuşburnu (Jamali *et al.* 2016), kitosan (Öz *et al.* 2016a), alıç (Tengilimoğlu-Metin *et al.* 2017), selüloz lifi (Gibis and Weiss 2017), enginar (Tengilimoğlu-Metin and Kızıl 2017) ve fesleğen (Uzun and Öz 2020) kullanımının HAA oluşumu üzerine etkisini araştıran pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak yapılan literatür taramasında marinasyon işleminde sadece sirke kullanımının HAA oluşumu üzerine etkisini araştıran bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, mevcut araştırmada, farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak yapılan daldırma tipi marinasyon işleminin ızgarada pişirilen sığır bifteklerinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Et, sahip olduğu besin öğeleri nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Tüketici tarafından arzu edilen fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duysal kaliteyi sağlamak ve ürün albenisini artırmak için ete birtakım işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemlerden birisi de marinasyon işlemidir.

Deniz (2009), farklı marinatlar (sodyum klorür, sodyum laktat ve laktik asit) kullanarak gerçekleştirdiği enjeksiyon yöntemiyle marinasyon işleminin, sığır etinin (*Longissimus dorsi* kası) çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, laktik asit ile marinasyon uygulamasının örneklerin pH değerini azalttığı, L^* değeri ile gevrekliğini ise artırdığını rapor etmiştir. Öte yandan, Aktaş and Kaya (2001) tarafından yapılan çalışmada ise zayıf organik asitler (laktik, sitrik asit) ve bazı tuzlar kullanılarak marine edilen ve ardından pişirilen sığır bifteklerinde laktik asit konsantrasyonunun artırılması ile (%0'dan %1,5'a) L^* değerinin azaldığı ve kolajen yapının bozulduğu belirtilmiştir.

Aktaş *et al.* (2003), farklı oranlarda laktik asit ve sitrik asit içeren marinat çözeltilerinin *Longissimus dorsi* kasına enjeksiyonun çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, pişirme kaybının azaltılması üzerine sitrik asit enjeksiyonunun daha etkili olduğu ve laktik asit ve sitrik asit konsantrasyonlarının artırılması ile pişirme kaybının azaldığını bildirmişlerdir.

Serdaroğlu *et al.* (2007), farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (0,05 M, 0,1 M ve 0,2 M) ve greyfurt suyu (%50 ve %100) içeren marinatların hindi göğüs etinin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, örneklerini 4°C'de 24 saat marine etmişlerdir. Araştırmacılar, asidik marinasyon uygulamasının ette sululuğu ve yumuşaklığı artırdığını rapor etmişlerdir.

Önenç *et al.* (2004), tuz içeren (%2) farklı marinat uygulamalarının (%0,5 sodyum tripolifosfat, %0,5 dikalsiyumhidrojen fosfat ve %0,5 sitrik asit) *Longissimus dorsi* kasının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, tuz ve sitrik asit içeren marinasyon uygulamasının, kontrol grubuna kıyasla örneklerin L^* ve b^* değerlerinde artışa, a^* değerinde ise azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, renk değerlerinin değişmesinde pH ve kas proteinlerinin önemli rolü olduğunu bildirmişlerdir.

Marinasyon işleminin etin teksürel özellikleri ile protein profili üzerine olan etkisinin incelendiği bir çalışmada, dilimlenmiş sığır etleri kırmızı şarap ve çeşitli baharat karışımları

içeren marinasyon çözeltisinde marine edilmiştir. Marinasyon uygulamasının ardından örnekler vakum ambalajlanmış ve 4°C’de 12 gün depolanmıştır. Araştırmacılar, kırmızı şarap ve çeşitli baharatlar ile marine edilmiş et örneklerinin pişirme kaybının azaldığını, gevrekliğinin arttığını ve marine edilmemiş kontrol grubu örneklerine kıyasla bazı protein moleküllerinin molekül ağırlığı ve nisbi yoğunluğunda azalmaların gözlemlendiğini rapor etmişlerdir (Istrati *et al.* 2015).

Uyarcan and Kayaardı (2019), sığır etinin tekstür ve protein profili üzerine yüksek basınç/marinasyon uygulamasının etkisini inceledikleri araştırmada, oleoresin biberiye özü ile marine edilmiş ve 550 MPa basınç uygulanmış et örneklerinde, gevrekliğin önemli ölçüde arttığını, özellikle yüksek basınç uygulamasının belirgin seviyede protein degradasyonuna yol açtığını bildirmişlerdir.

Salmon *et al.* (1997) zeytinyağı, elma sirkesi, sarımsak, hardal, limon suyu ve tuz kullanılarak hazırladıkları marinat karışımının tavuk göğüs etinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, farklı sıcaklık (339, 340 ve 365°C) ve sürelerde (10, 20, 30 ve 40 dk) pişirdikleri örneklerde, marinat karışımının HAA’lar üzerine farklı etkiler gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar belirtilen marinat karışımının PhIP bileşiğini %92 – 99 oranında azaltırken MeIQx bileşiğini ise 10 kat artırdığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Knize *et al.* (1997) zeytinyağı, limon suyu, elma sirkesi, esmer şeker, sarımsak, tuz ve hardal kullanılarak gerçekleştirilen 4 saatlik marinasyon işleminin ardından 100°C’lik ızgarada farklı sürelerde (14, 20 ve 26 dk) pişirilen tavuk göğüs etlerinde, marinasyon işleminin PhIP içeriğini azalttığını, ancak MeIQx içeriğini değiştirmediğini bildirmişlerdir.

Murkovic *et al.* (1998) biberiye, kekik, adaçayı, sarımsak ve tuzlu su ile marinasyon işlemlerinin, 180°C’lik tavada 20 dk kızartılan sığır etlerinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, HAA miktarlarının, kontrol grubuna kıyasla marine edilmiş etlerde %60 daha az olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan başka bir araştırmada teriyaki (sarımsak, toz şeker, soya sosu, karabiber ve elma suyu), zerdeçal-sarımsak ve ballı barbekü sosları ile marine edilip (16 – 20 saat) barbeküde (140 – 190°C’de, 10 veya 15 dk) pişirilen sığır biftek etlerinin, marine edilmeden pişirilen kontrol grubu örneklerle kıyasla daha sulu olduğu belirlenmiştir. Marinasyonda kullanılan teriyaki sosu ve zerdeçal-sarımsak marinatlarının PhIP bileşiği üzerine %67’ye kadar inhibisyon sağladığı, ancak ballı barbekü sosunun ise PhIP (1,9 kat) ve MeIQx içeriğini (2,9 kat) artırdığı rapor edilmiştir (Nerurkar *et al.* 1999).

Gu *et al.* (2001) soya sosu, susam yağı, şeker, sarımsak ve soğan tozu kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin (oda sıcaklığında 4 saat) ardından tavada (100±10°C’de)

ve mangalda ($250\pm 20^{\circ}\text{C}$ 'de) farklı derecelerde (orta, iyi ve çok iyi pişmiş) pişirilen sığır etlerinde HAA oluşumunu incelemek için yapmış oldukları çalışmada, marinasyon işleminin, tavada (orta ve iyi derecede) pişirilen örneklerde HAA içeriğini azalttığını, mangalda pişirilen (orta, iyi ve çok iyi pişmiş) örneklerde ise artırdığını tespit etmişlerdir.

Shin and Üstünol (2004) limon suyu, soya sosu, sarımsak, su ve farklı miktarlarda (4,5, 9,0 ve 13,5 gram) karabuğday ve yonca balları kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin sığır eti ve tavuk göğüs etinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, örneklerini 225°C 'lik yüzey sıcaklığına sahip elektrikli tavada 20 dk pişirmişlerdir. Araştırmacılar, analiz ettikleri örneklerde limon suyu, sarımsak ve yonca balının toplam HAA oluşumunu ve genel mutajeniteyi azaltmada etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı oranlarda hazırlanan su, soya yağı ve sirke marinatu ile 4°C 'de 1 saat marinasyona tabii tutulan ve 204°C 'lik yüzey sıcaklığına sahip ızgarada pişirilen sığır biftek etlerinde HAA'ların oluşumunun araştırıldığı başka bir çalışmada, marinasyon işleminin MeIQx ve PhIP oluşumunda önemli ölçüde azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir (Smith *et al.* 2008).

Yeşil çay kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin (5°C 'de 1, 2, 4 ve 6 saat), tavada kızartılan ($180 - 200^{\circ}\text{C}$) sığır etlerinde HAA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, marinasyon neticesinde PhIP ve A α C bileşiklerinin oluşumunda azalma olduğu tespit edilmiş ve bu azalma yeşil çayda bulunan kateşinlerin serbest radikal giderici/antioksidan aktivitesine bağlanmıştır (Quelhas *et al.* 2010).

Iwasaki *et al.* (2010) yaptıkları çalışmada sarımsak, soğan, tuz ve karabiber kullanarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, tavada ve ızgarada pişirilen sığır etlerinde HAA oluşumlarını %100'e kadar inhibe edebildiğini bildirmişlerdir.

Marinasyon işleminde farklı şeker kaynakları (sofra şekeri, esmer şeker ve bal) kullanımının ızgarada pişirilen (300°C 'de 8 dk) tavuk etlerinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapılan çalışmada, marinasyon işleminin örneklerin toplam HAA içeriğini azalttığı belirlenmiştir. Ancak marinasyonda şeker kaynağı olarak bal kullanılması durumunda, diğer şekerlere kıyasla PhIP ve A α C miktarında artış rapor edilmiştir (Hasnol *et al.* 2014).

Marinasyon işlemine tabii tutulan etlerin çeşitli fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal kalite kriterlerinin belirlendiği araştırmalar hâlihazırda literatürde bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalarda, genellikle sirke ile beraber başka marinatlar da marinasyon işleminde kullanılmıştır. Bu nedenle, sadece sirke kullanılarak yapılan marinasyon işleminin etin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışma sayıcı oldukça kısıtlıdır. Ayrıca ülkemizde sirke kullanımının yaygın olmasına rağmen, bu tarz bir çalışma olmaması eksiklik olarak

değerlendirilmiştir. Bu nedenle, mevcut araştırmada, farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, ısıl işlem görmüş sığır biftek etlerinin tekstür ve protein profilleri de dahil olmak üzere çeşitli kalite kriterleri (su, pişirme kaybı, pH, TBARS ve renk) üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca biftek etlerine uygulanan marinasyon işleminin ve belirtilen sirke çeşitlerinin karsinogen ve/veya mutajen bileşikler olan heterosiklik aromatik aminlerin çeşit ve miktarı üzerine etkisi araştırılmıştır.



MATERYAL VE METOT

Materyal

Araştırmada, Erzurum Et ve Süt Kurumu'ndan temin edilen (Ekim, 2020) üç farklı karkastan çıkarılan sığır biftek etleri (yumurta kası) hammadde olarak kullanılmıştır (Şekil 1). Hammadde seçiminde, aynı ırk, cinsiyet ve yaşta hayvan etinin kullanılmasına özen gösterilmiştir. Bu şekilde temin edilen etler, soğuk zincir altında laboratuvara getirilerek 2 cm'lik dilimlere ayrılmıştır. Mevcut araştırmada marinasyon işleminde aynı markaya ait balsamik (asitlik %5 – 6), nar (asitlik %4 – 5), elma (asitlik %4 – 5) ve üzüm (asitlik %4 – 5) sirkeleri kullanılmış ve bu sirkeler yerel bir marketten temin edilmiştir.

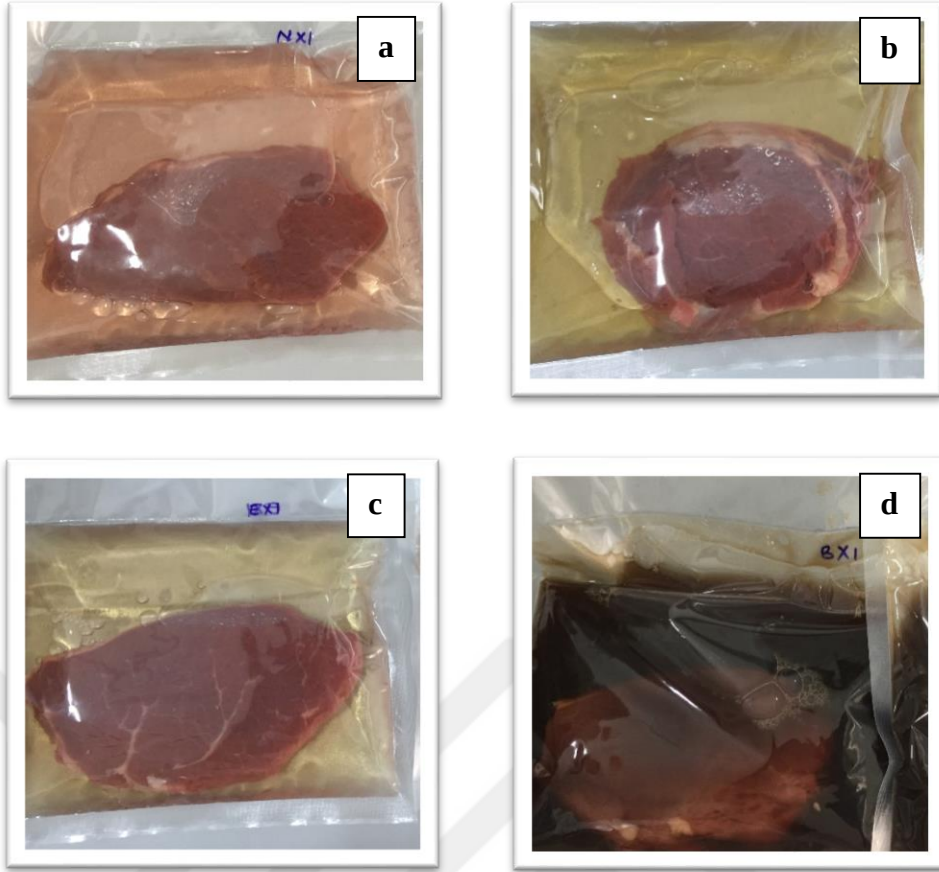


Şekil 1. Farklı karkaslardan (I, II ve III) alınan sığır biftek etleri

Metot

Marinasyon işlemi

Marinasyon işleminde kullanılan farklı sirke çeşitlerinin temininden sonra asitlik dereceleri belirlenmiştir. Yapılan ön denemelerde, seyreltme işlemi uygulanmaksızın gerçekleştirilen marinasyon neticesinde, etin doğal yapısının bozulması nedeniyle marinasyon işleminde kullanılan sirkelerin seyreltilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır. Bu nedenle, mevcut araştırmada marinasyon işleminde kullanılan sirkelerin asitlik derecesi %0,5 olacak şekilde saf su ile seyreltilmiştir. Ardından ortalama olarak aynı boyutlara getirilen biftek etleri, sous-vide vakum poşetleri (Elektrola, EVP-SV2230) içerisinde anılan sirke çeşitleri ile (200 ml) daldırma yöntemine göre buzdolabı sıcaklığında (4°C) 2 saat marine edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Sığır biftek etlerinin farklı marinatlar (a: nar sirkesi, b: üzüm sirkesi, c: elma sirkesi ve d: balsamik sirkesi) kullanılarak daldırma yöntemi ile marinasyonu

Pişirme işlemi

Et örnekleri, yüzey sıcaklığı 200°C'ye ayarlanan ısıtıcı plaka üzerinde, her bir yüzeyi 12 dk olmak üzere toplamda 24 dk pişirilmiştir (Şekil 3). Pişirme süresi, yapılan ön denemeler neticesinde netleştirilmiştir. Pişirme sıcaklığının ayarlanmasında laboratuvar tipi bir termometre (Testo 926, Lenzkirch, Germany), pişirme süresinin kontrolünde laboratuvar tipi bir kronometre (EAI, T-590) kullanılmıştır. Pişirme işleminin ardından biftek etleri oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, ağırlıkları belirlenmiş ve sonra mutfak tipi bir parçalayıcı (AL 780, Altus) kullanılarak homojenize edilmiştir.



Şekil 3. Kontrol grubu ve marine edilmiş bifteklerin pişirilmesi

Su içeriği

Isıl işlem görmemiş ve ısıtılmış işlem görmüş sığır bifteklerinin su içerikleri, kurutma yöntemine göre belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

Marinat absorblama miktarı

Örneklerin marinat absorblama miktarları, marinasyon öncesinde ve sonrasında bifteklerin ağırlıklarının belirlenmesi ile hesaplanmıştır (Young and Smith 2004).

Pişirme kaybının belirlenmesi

Örneklerin pişirme kaybı değerleri, pişirme öncesinde ve sonrasında bifteklerin ağırlıklarının belirlenmesi ile hesaplanmıştır (Öz and Kızıl 2013).

pH analizi

Biftek örneklerinin pH değeri, pH metrede (Mettler-Toledo, SevenCompact S210, Switzerland) okuma yapılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 10 g biftek örneği 100 ml saf su ile 1 dk homojenize edilmiş (ultra-turrax, IKA Werk T 25, Germany) ve okuma işlemine geçilmiştir (Gökalp vd 2010). pH metre kullanılmadan 15 dk önce açılmış ve pH 4,0 ve pH 7,0'lik tampon çözeltiler kullanılarak kalibre edilmiştir.

Lipid oksidasyonu

Lipit oksidasyon düzeyinin belirlenmesi için tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi uygulanmıştır (Kılıç and Richards 2003). Bu amaçla 2 g et örneği, 12 ml trikloroasetik asit (TCA) solüsyonu ile 30 sn homojenize edilmiş (ultra-turrax, IKA Werk T 25, Germany) ve Whatman 1 filtre kağıdından süzildikten sonra 3 ml süzüntü üzerine 3 ml

thiobarbütirik asit (TBA) solüsyonu ilave edilmiştir. Bu karışım, 100°C'lik su banyosunda 40 dk tutulduktan sonra soğutulmuş ve 2000 rpm'de 5 dk santrifüj edildikten sonra spektrofotometrede 530 nm'de kör numuneye karşı absorbans değerleri belirlenmiştir. TBARS değerleri mg malondialdehit (MDA)/kg olarak verilmiştir.

Renk analizi

Isıl işlem görmemiş ve ısıtılmış biftek etlerinin yüzey renk yoğunlukları, renk ölçüm cihazı Minolta (CR-400, Minolta Co, Osaka, Japan) kullanılarak belirlenmiştir. Beyaz bir zemin üzerine konulan örneklerden şansa bağlı dört okuma yapılmış ve bu okumaların ortalamaları alınarak örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiştir.

Tekstür profil analizi

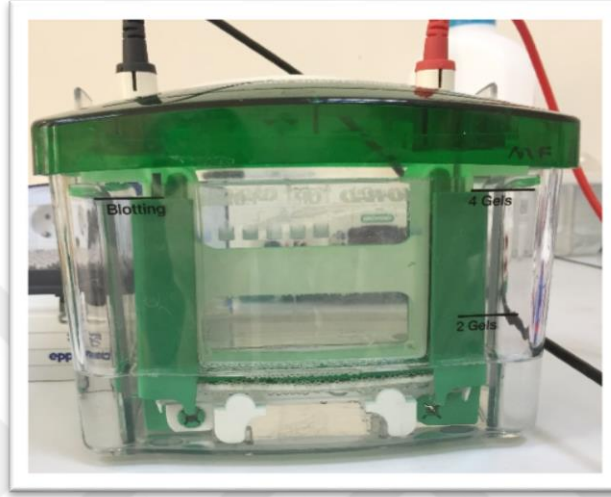
Piştirilmiş etlerin tekstür profil analizi TA.XT.Plus Texture Analyser (UK) cihazı ile Alüminyum P/50R probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz tarafından kaydedilen verilerden, ilgili yazılım (Texture Exponent 32, Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK) kullanılarak örneklerin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), iç yapışkanlık (cohesiveness) ve çiğnenebilirlik (chewiness) parametreleri belirlenmiştir (Balık 2011).

Myofibriler proteinlerin SDS- PAGE profili

Myofibriler proteinlerde meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektroforez (SDS-PAGE) tekniği kullanılmıştır. Myofibriler proteinlerin ekstraksiyonu, Molina and Toldra (1992) tarafından verilen ve Öz (2018) tarafından modifiye edilen yöntem esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, örnekler 1:10 (w/v) oranında 30 mM fosfat tamponu (pH 7,4) içerisinde ultraturrax (ultra-turrax, IKA Werk T 25, Germany) ile homojenize edilmiştir. Daha sonra homojenizat, 10000 g'de 4°C'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Süpernatant cam yününden süzölmüş ve bu işlem pelletler için 2 kez tekrarlanmıştır. Ardından pellet, 9 hacim 100 mM fosfat tamponu (pH 7,4) ile homojenize edilmiş ve homojenizat 10000 g'de 4°C'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Süpernatant, myofibriler protein fraksiyonu olarak toplanmış ve kullanılıncaya kadar 4°C'de muhafaza edilmiştir.

Myofibriler protein ekstraktlarının konsantrasyonu, Bradford ayırıcı (Sigma) ve sığır serum albümini (Sigma) kullanılarak belirlenmiş ve örnekler, 50 mM Tris tamponu (pH 6,8) ile 1:1 (v/v) oranında karıştırılmıştır. Karışım 100°C'de 5 dk süreyle bekletilmiş ve kullanılıncaya kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Myofibriler proteinlerin ayırımında, %5'lik yükleme jeli (pH 6,8) ve %12'lik ayırma jeli (pH 8,8) kullanılmıştır. Jel kuyularına, her bir muamele grubuna ait örnekten 10 µL yüklenmiştir. Örnek yürütme işlemi, boya izi jel sonuna ulaşana kadar 100

V'de gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Elektroforez (Bio-Rad miniprotean tetra system) işleminin tamamlanmasının ardından jel, boyama çözeltisiyle (Coomassie Brilliant Blue R-250 (1g/L), %50 (v/v) metanol, %10 (v/v) asetik asit) boyanmıştır. Boyama işlemini takiben jel arka planı netleşene kadar, yıkama solüsyonu (%10 (v/v) asetik asit, %10 (v/v) metanol, %80 (v/v) distile su) ile boya uzaklaştırılmıştır. Protein bantlarının molekül ağırlıkları, protein standart karışımı (Bio-Rad, Broad Range, ABD) kullanılarak, Image lab 6.0 (Bio-Rad) programında değerlendirilmiştir (Öz 2018).



Şekil 4. Myofibriler proteinlerin ayırımında kullanılan Bio-Rad miniprotean tetra system elektroforez cihazı

Heterosiklik aromatik amin (HAA) analizi

HAA'ların ekstraksiyonu Messner and Murkovic (2004)'in metodunda çeşitli modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir (Elbir and Öz 2021). Kısaca; ısıl işlem görmüş et örneği (1 g), NaOH (1 M, 12 ml) eşliğinde 1 saat karıştırılmıştır. Manyetik karıştırıcıda yapılan bu karıştırma işleminden sonra beher içerisine paketlenme materyali (10 g, Extrelut NT) ilave edilerek spatül ile karıştırılmıştır. Ardından bu karışım, vakum manifold sistemine bağlanan ve ön şartlandırma işlemine tabii tutulan Oasis kartujları (3cc/60 mg, Oasis MCX, Waters) üzerine yerleştirilen rezervuarlara (Extrelut NT rezervuar) paketlenmiştir. Paketlenme işleminden sonra rezervuar içeriği sırası ile etil asetat (75 ml), hidroklorik asit (0,1N, 2 ml) ve metanol (2 ml) ile yıkanmıştır. Ardından Oasis kartujlar, metanol: amonyak (19: 1) çözeltisi (2 ml) ile yıkanarak bir vial içerisine HAA'lar alınmıştır. Örnekler, HPLC analizine kadar -18°C'de muhafaza edilmiş, HPLC analizinden 1 gün önce vial içeriği 50°C'lik etüvde kurutulmuştur. Tamamen kurutulmuş vial üzerine internal standart (4,7,8-TriMeIQx) içeren metanol (100 µl) ilave edilerek HPLC analizine geçilmiştir.

Sığır biftek etlerinin HAA içeriklerinin belirlenmesinde, Diode Array Dedektör'lü (DAD-3000) HPLC (Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) cihazında ters fazlı analitik kolon (Acclaim™ 120 C18, 3µm, 4.6×150 mm, Tosoh Bioscience GmbH, Stuttgart, Germany) kullanılmıştır. HAA'ların ayırma işlemi 35°C'lik kolon fırınında ve 0,7 ml/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki HAA'ların konsantrasyonları, farklı konsantrasyonlarda (10, 7,5, 5, 2,5 ve 1 ng/g) HAA mix stok solüsyonlarının yürütülmesi ile hesaplanmıştır. Kantitatif belirleme, harici kalibrasyon eğrisi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HAA standart eğrilerinin regresyon katsayılarının, analizi yapılan HAA'ların tamamında 0.999'un üzerinde belirlenmiştir.

İstatiksel Analiz

Mevcut araştırma Şansa Bağlı deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuş ve her bir tekerrür iki paralel olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programından yararlanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarının ortalama değerleri için Duncan Çoklu Karşılaştırma testi uygulanmıştır (Yıldız ve Bircan 1991).

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Hammaddenin Bazı Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikleri

Araştırmada Erzurum Et ve Süt Kurumu Et Kombinasi'ndan temin edilen ve materyal olarak kullanılan üç farklı sığır karkasından çıkarılan biftek etlerinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Sığır etiyle ilgili literatür çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Nitekim Öz (2006) ısıtma işlemi görmemiş sığır pirzola etlerinin (*M. Longissimus dorsi*) su içeriklerinin %74,69 ile 75,51, pH değerlerinin ise 5,57 ile 5,61 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Öz and Zikirov (2015) ise; sous-vide pişirme yönteminin sığır etinin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, ısıtma işlemi görmemiş sığır pirzola etlerinin (*M. Longissimus dorsi*) su içeriğini %72,54, pH değerini ise 5,56 olarak belirlemişlerdir. Zikirov (2014) ısıtma işlemi görmemiş sığır pirzola etlerinin TBARS değerini 0,477 mg MDA/kg olarak belirlerken, L^* değerlerinin 40,57 ile 42,89, a^* değerlerinin 19,12 ile 26,76 ve b^* değerlerinin ise 8,55 ile 14,62 arasında değiştiğini bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise, ısıtma işlemi görmemiş sığır biftek etinin L^* değeri 39,69, a^* değeri 13,00 ve b^* değeri 2,05 olarak belirlenmiştir (Sun *et al.* 2019). Mevcut çalışma ile anılan çalışmaların sonuçları arasındaki farkların kas farklılığı, kesim zamanı, hayvanın türü, ırkı, yaşı vb. faktörler nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Tablo 2. Hammadde olarak kullanılan marinasyon öncesi ve ısıtma işlemi görmemiş sığır biftek etine ait su, pH, TBARS, renk analiz sonuçlarının ortalamaları ve standart sapmaları

Analiz	n	Çiğ biftek eti
Su (%)	6	78,09±0,33
pH	6	5,76±0,09
TBARS (mg MDA/kg)	6	0,181±0,05
L^*	6	31,67±1,52
a^*	6	16,42±0,96
b^*	6	6,17±0,54

Marinasyonda Kullanılan Sirkelerin pH Değerleri

Mevcut araştırmada sığır bifteklerinin marinasyonu için yerel bir marketten temin edilen seyretilmemiş sirkelerin pH değerlerinin; balsamik sirkesinde 3,18, nar sirkesinde 3,06, elma sirkesinde 3,28 ve üzüm sirkesinde ise 3,16 olduğu belirlenmiştir. Yapılan ön denemeler neticesinde, sirkelerin seyretilmeden kullanılması durumunda bifteklerin doğal yapılarının olumsuz yönde etkilenmesi nedeniyle seyretilmelerinin daha uygun olacağına karar verilmiş

ve marinasyonda kullanılan tüm sirke çeşitlerinin asitlik derecesi %0,5 olacak şekilde saf su ile seyreltilmiştir. Tablo 3'te mevcut araştırmada bifteklerin marinsayonunda kullanılan sirkelerin pH değerleri verilmiştir. Tablodan görüleceği gibi en düşük pH değeri nar sirkelerinde belirlenirken, bunu takiben sırasıyla üzüm, balsamik ve elma sirkelerinin geldiği belirlenmiştir. Kullanılan sirkelerin pH değerlerinin farklı olmasının sirkelerin içerikleri ve fermantasyonu ile alakalı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3. Marinasyonda kullanılan sirkelerin pH değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarının ortalamaları

Sirke	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)
Balsamik	3	3,35 $\pm$ 0,01b
Nar	3	3,25 $\pm$ 0,01d
Elma	3	3,40 $\pm$ 0,01a
Üzüm	3	3,32 $\pm$ 0,01c

Bifteklerin Marinat Absorbsiyonu

Marinat absorpsiyonu, marinasyona tabii tutulan biftek örneklerinin, marinasyon sonrasında ne kadar marinat absorbladığının bir göstergesi olup ağırlık esasına göre belirlenmektedir. Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş bifteklerin marinat absorpsiyon değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Marinasyon işlemine tabi tutulmaksızın buzdolabında marinasyon süresince (2 saat) tutulan kontrol grubu bifteklerde ağırlık kaybı olduğu, öte yandan farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen bifteklerin marinasyon süresince bünyelerine sirke aldıkları ve marinat absorpsiyonlarının %2,46 ile 5,07 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 4. Kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen bifteklerin marinat absorpsiyonu (%)

Muamele	n	I	II	III
Kontrol	2	-1,01 $\pm$ 0,00	-0,88 $\pm$ 0,15	-0,88 $\pm$ 0,08
Balsamik	2	3,04 $\pm$ 1,25	2,46 $\pm$ 0,10	4,47 $\pm$ 0,23
Nar	2	3,68 $\pm$ 0,24	3,63 $\pm$ 0,09	5,07 $\pm$ 1,13
Elma	2	2,99 $\pm$ 1,33	3,02 $\pm$ 0,11	3,33 $\pm$ 0,45
Üzüm	2	3,13 $\pm$ 0,47	4,16 $\pm$ 0,63	4,64 $\pm$ 0,50

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş bifteklerin marinat absorpsiyonlarına ait varyans analiz sonuçları

Tablo 5’te verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi marinasyon işleminin, bifteklerin marinat absorpsiyonu üzerine çok önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$).

Tablo 5. Kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen bifteklerin marinat absorpsiyonuna ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Muamele (M)	4	26,004	66,684**
Blok (B)	2	2,764	7,087**
M x B	8	0,496	1,273
Hata	15	0,390	

** $p<0,01$ seviyesinde çok önemli düzeyde

Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, bifteklerin marinat absorpsiyonu üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Herhangi bir sıvı kullanılmadan marinasyon süresince buzdolabında bekletilen kontrol grubu bifteklerde, marinasyon süresince ağırlık kaybının (fire) olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon işleminde bifteklerin farklı oranlarda marinat absorbladığı ve örneklerin marinat absorpsiyonlarının %3,12 ile 4,13 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bifteklerin marinasyon sonrasında ağırlıklarında görülen artışın, osmoz yoluyla kas fibrillerinden uzaklaşan sudan daha fazla miktarda sirkeyi bünyelerine almaları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu sonucun, örneklerin pH değerleri ile uyumlu olduğu saptanmış ve sirke ile marine edilen bifteklerin pH değerlerinin, marine edilmemiş kontrol grubu bifteklerin pH değerinden anlamlı düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir. Sirke kullanılarak marine edilen bifteklerin marinat absorpsiyonlarının, kontrol grubu bifteklerle kıyasla istatistiksel olarak önemli seviyede yüksek olduğu, ayrıca nar ve üzüm sirkeleri ile marine edilen bifteklerin marinat absorpsiyonlarının da elma sirkesi ile marine edilen bifteklerin marinat absorpsiyonununun yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonucun, marinasyonda kullanılan sirke çeşitlerinin farklı bileşime sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Öte yandan, Burke and Monahan (2003) farklı organik asitler (asetik asit, sitrik asit ve laktik asit) ve turuncgil meyve suları (limon suyu ve portakal suyu) ile muameleye tabii tutulan sığır etlerinin çeşitli kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, marinasyon sonunda gerçekleşen marinat absorpsiyonunun bütün örneklerin ağırlığında artışa neden olduğunu, ancak marinasyonu takiben kas tiplerinin ağırlıkları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını rapor etmişlerdir.

Tablo 6. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin marinat absorpsiyonu üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	Marinat Absorpsiyon Değerleri (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Kontrol	6	-0,92±0,10c
Balsamik	6	3,32±1,09ab
Nar	6	4,13±0,90a
Elma	6	3,12±0,65b
Üzüm	6	3,97±0,80a

Fadıloğlu and Serdaroğlu (2018) rigor öncesi ve rigor sonrası sığır *Longissimus dorsi* kasına enjekte ettikleri (%11, v/w) farklı marinat içeriklerinin (%2 NaCl, %2 NaCl+0,5 M laktik asit ve %2 NaCl+0,5 M sodyum laktat) bazı kalite parametreleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, örneklerini 4°C’de 24 saat marine etmişler ve marinasyon çeşidi ve uygulama zamanının örneklerin marinat absorpsiyonu üzerine önemli etkisinin olduğunu ve örneklerin marinat absorpsiyonlarının %4,6 ile 9,7 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, rigor öncesi yapılan enjeksiyon işleminin daha yüksek marinat absorpsiyonu ile sonuçlandığını belirlemişler ve bu durumu rigor öncesi etin yüksek su bağlama kapasitesine atfetmişlerdir.

Literatürde marinasyon işleminin, et örneklerinin marinat absorpsiyonu üzerine farklı etkilere sahip olduğu ve yapılan bazı çalışmalarda, marinat pH değerinin düşük olmasına bağlı olarak marinat absorpsiyonunun azalabileceği bildirilmektedir. Nitekim, Önenç *et al.* (2004), tuz eşliğinde (%2), alkali (%0,5 sodyum tripolifosfat ve dikalsiyumhidrojen fosfat) ve asidik (%0,5 sitrik asit) marinasyonların sığır *Longissimus dorsi* kasının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, pirzola dilimlerini (1,5 cm) 1:1 oranında 4°C’de 24 saat marine etmişler, ardından plastik poşetler içerisinde 80°C’lik su banyosunda 70°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar, örneklerde marinasyon absorpsiyonunun %7,5 ile 14,4 arasında değiştiğini, en düşük marinat absorpsiyonunun asidik marinasyona tabi tutulan örneklerde, en yüksek marinat absorpsiyonunun ise alkali marinasyona tabi tutulan örneklerde olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Ergezer (2005) de kanatlı etlerinin alkali marinasyona tabii tutulmasının asidik marinasyona kıyasla daha yüksek marinat absorpsiyonuna neden olduğunu bildirmiştir. Alkali marinasyonda, örneklerin pH değerlerinin ve neticede su bağlama kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle marinat absorpsiyonunun yüksek olduğu belirtilmektedir (Önenç *et al.* 2004).

Serdaroğlu *et al.* (2007) farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (0,05 M, 0,1 M ve 0,2 M) ve greyfurt suyu (%50 ve %100) ile gerçekleştirilen marinasyon işleminin hindi göğüs etinin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, örneklerin marinat absorpsiyon değerlerinin

%6,9 ile 13,7 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yusop *et al.* (2010) ise sitrik asit ile farklı pH değerlerine (3,0, 3,2, 3,4, 3,6, 3,8, 4,0 ve 4,2) getirilen marinatlar kullanarak farklı sürelerde (30, 60, 120 ve 180 dk) marine edilen tavuk göğüs etlerinin çeşitli kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, et örneklerini 4°C’de marine etmişler, ardından 170°C’lik fırında 73°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar, marinasyon süresinin marinat absorpsiyonu üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını, marinasyon süresine bağlı olarak marinat absorpsiyonunun %2,63 ile 2,92 arasında değiştiğini, marinat pH değerinin ise marinat absorpsiyonu üzerine anlamlı bir etkisinin olduğunu ve marinat pH değerine bağlı olarak marinat absorpsiyonunun ise %2,44 ile 3,34 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Mevcut çalışmada, piyasada satılan yaklaşık %5 asitli sirkelerin 10 kat seyreltilmesi ile hazırlanan sirke marinatlarının pH değerleri; balsamik sirke için 3,35, nar sirkesi için 3,25, elma sirkesi için 3,40 ve üzüm sirkesi için de 3,32 olarak belirlenmiştir. Hesaplanan marinat absorpsiyon değerlerinin, literatürdeki veriler ile genellikle uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Aradaki farklılıkların ise kasın alındığı hayvanın türü, kasın alındığı anatomik bölge ve marinasyon koşulları (marinat çeşidi, süresi, uygulama şekli vb.) gibi faktörlerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Piştirilmiş Bifteklerin Su İçerikleri

Mevcut çalışmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde piştirilmiş bifteklerin su içerikleri Tablo 7’de verilmiştir. Mevcut çalışmada materyal olarak kullanılan çiğ bifteklerde %78,09 olarak belirlenen su içeriğinin, piştirilmiş örneklerde beklenildiği gibi azalarak, kontrol grubu bifteklerde %60,15 ile 64,60 arasında, farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen bifteklerde ise %59,37 ile 66,16 arasında değiştiği belirlenmiştir. Piştirme işleminin, et ve et ürünlerinin su içeriklerini azaltması; piştirme işlemi esnasında erişilen sıcaklığının myofibriler proteinler ve perimisyal bağ dokuda büzölmeye sebep olması ile açıklanmaktadır (del Pulgar *et al.* 2012).

Tablo 7. Isıl işlem görmüş bifteklerin su içerikleri (%)

Muamele	n	I	II	III
Kontrol	2	60,15±0,66	62,49±0,16	64,60±0,43
Balsamik	2	63,40±2,89	63,29±1,92	65,37±1,04
Nar	2	61,29±7,17	61,18±1,21	62,56±0,69
Elma	2	64,25±1,50	59,37±4,35	66,16±1,73
Üzüm	2	60,69±0,11	60,99±5,51	65,20±4,22

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin pişirilmiş bifteklerin su içerikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Tablo 8. Isıl işlem görmüş bifteklerin su içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Muamele (M)	4	5,022	0,540
Blok (B)	2	31,933	3,434*
M x B	8	4,776	0,514
Hata	15	9,300	

* $p<0,05$ seviyesinde önemli düzeyde

Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, bifteklerinin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan oklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Pişirilmiş bifteklerin su içeriklerinin %61,68 ile 64,02 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Araştırmada en düşük su içeriği; nar sirkesi ile marine edildikten sonra pişirilmiş bifteklerde belirlenirken, en yüksek su içeriği ise balsamik sirke ile marine edildikten sonra pişirilmiş bifteklerde belirlenmiştir. Ancak yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde, marine edilmemiş kontrol grubu sığır biftekleri ile farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen sığır bifteklerinin pişirilmeleri neticesinde, örneklerin su içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş et ve et ürünlerinin su içeriği üzerine pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir (Öz 2020). Mevcut araştırmada, bifteklerin su içeriği üzerine marinasyon işleminin etkisinin olmamasının; uygulanan pişirme yönteminde kullanılan pişirme sıcaklığının su içeriği üzerine olan etkisinin, diğer faktörlerin su içeriği üzerine olan etkisinden daha fazla olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca örneklerin pH değerlerinin de bu sonuca etki edebileceği düşünülmektedir.

Tablo 9. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, ısıl işlem görmüş bifteklerin su içerikleri üzerine olan etkisinin Duncan oklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	Su (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Kontrol	6	62,41 $\pm$ 2,02a
Balsamik	6	64,02 $\pm$ 1,93a
Nar	6	61,68 $\pm$ 3,34a
Elma	6	63,26 $\pm$ 3,83a
Üzüm	6	62,29 $\pm$ 3,84a

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda, asidik marinatlara batırılmış ve neticede 5,0'in altında bir pH değerine sahip etlerin su içeriklerinin arttığı, pişirme kayıplarının azaldığı ve daha yumuşak oldukları bildirilmiştir. Mevcut araştırmada, farklı sirke çeşitleri ile marine edildikten sonra pişirilmiş bifteklerin pH değerlerinin 5,60 ile 5,68 aralığında olduğu ve istatistiksel olarak aralarında anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Hem farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon koşulları (marinasyon şekli ve süresi vb.) hem de marinasyon işleminin ardından yapılan pişirme işlemi neticesinde pH değerinin yüksek olması nedeniyle, örneklerin su içerikleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, Kotula and Thelappurath (1994) asetik asit ve laktik asit solüsyonları ile muamele edilmiş perakende sığır et parçalarının mikrobiyolojik ve duyusal kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, her iki asit uygulaması ile muamele işleminin de örneklerin su içerikleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Asidik marinat içerisine etin daldırılması sırasında, osmoz nedeniyle ürünün su kaybettiği ve bu durumun etin daha sert olmasına neden olduğu belirtilmektedir (Tănăvot et al. 2018). Teorik olarak ozmotik dehidrasyon, hücresel materyallerin (çoğunlukla meyve ve sebzelerin) hipertonic bir çözelti için daldırılarak üründe mevcut suyun bir kısmının osmoz yoluyla kontrollü olarak uzaklaştırılması (difüzyon) işlemidir. Düşük sıcaklıklarda bile gerçekleşen bu işlem ile suyun belirli bir kısmının uzaklaştırılmasına ek olarak, çözeltinin ürüne nüfuz ederek belirli miktarda çözünen maddelerin (organik asitler ve şekerler) üründen uzaklaşması sağlanmakta ve ürünün boyutlarında küçülme meydana gelebilmektedir (Aguilera and Stanley 1999).

Literatürde marinasyon işleminin, et örneklerinin su içerikleri üzerine farklı etkilere sahip olduğu görülmektedir. Bazı çalışmalarda (Aktaş et al. 2003; Önenç et al. 2004; Yusop et al. 2010) marinasyon işleminin örneklerin su içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenirken, bazı çalışmalarda (Medyński et al. 2000; Serdaroğlu et al. 2007; Hosseini and Esfahani 2015; Kalahrodi et al. 2020) ise marinasyon işleminin örneklerin su içeriğini önemli düzeyde etkilediği belirtilmiştir. Marinasyon işleminin et örneklerinin su içeriği üzerine farklı etkiler göstermesinin et tipi, kas çeşidi, marinat çeşidi, marinasyon işlem tekniği, marinasyon sıcaklık ve süresi, pişirme koşulları vb. faktörler nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

Cesur (2009) vişne, nar, portakal, üzüm ve elma suyu ile marinasyon işleminin tavuk göğüs etinin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, çiğ tavuk göğüs etinin su içeriğinin %75 civarında olduğunu, pişirme işleminin örneklerin su içeriğinde azalmaya neden olduğunu, pişirme işlemi neticesinde meyve suyu ile marine edilen

örneklerin su içeriklerinin (%58,24 ile 63,81) kontrol grubu örneklerin su içeriğinden (%63,92) düşük olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı vişne, nar, portakal ve elma suyu ile marine edilerek pişirilen örneklerin su içeriklerinin kontrol grubu örneklerin su içeriklerinden istatistiksel olarak farklı olmadığını ve sadece üzüm suyu ile marine edilerek pişirilen örneklerin su içeriklerinin diğer örneklerin su içeriklerinden önemli düzeyde düşük olduğunu rapor etmiştir.

Serdaroğlu *et al.* (2007) farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (0,05 M, 0,1 M ve 0,2 M) ve greyfurt suyu (%50 ve %100) ile marinasyon işleminin hindi göğüs etinin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, kullanılan marinatların, pişmiş hindi etinin su içeriğinin artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, örneklerin su içeriğindeki artışın, 0,05 M sitrik asit ile yapılan marinasyon işleminde istatistiksel olarak önemli olmadığını, ancak diğer uygulamalarda ise önemli olduğunu rapor etmişlerdir.

Yusop *et al.* (2010) sitrik asit ile farklı pH değerlerine (3,0, 3,2, 3,4, 3,6, 3,8, 4,0 ve 4,2) getirilen marinatlar kullanarak farklı sürelerde (30, 60, 120 ve 180 dk) marine edilen tavuk göğüs etlerinin çeşitli kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, örnekleri 4°C’de marine etmişler, ardından 170°C’lik fırında 73°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar, marinasyon süresinin örneklerin su içerikleri üzerine önemli etkiye sahip olduğunu, ancak marinat pH değerinin önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. 30 dk marine edilen örneklerin su içeriklerinin, 60, 120 ve 180 dk marine edilen örneklerin su içeriklerinden anlamlı düzeyde yüksek olduğunu ve 60 dk ve daha uzun süre marine edilen örneklerin su içerikleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığını rapor etmişlerdir.

Bifteklerin Pişirme Kaybı Değerleri

Et ve et ürünlerinde pişirme kaybı beslenme değeri üzerine etkisi nedeniyle tüketiciyi, maliyete olan etkisi nedeniyle üreticiyi yakından etkileyen önemli bir parametredir. Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin pişirme kaybı değerleri Tablo 10’da verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere, kontrol grubu örneklerde %35,17 ile 63,85 arasında değişen pişirme kaybı değerlerinin, farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen pişirilmiş bifteklerde %34,13 ile 63,37 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 10. Bifteklerin pişirme kaybı değerleri (%)

Muamele	n	I	II	III
Kontrol	2	63,85±0,50	41,48±0,43	35,17±0,13
Balsamik	2	61,13±3,23	42,05±2,77	36,39±2,71
Nar	2	63,10±6,69	43,40±2,41	41,05±0,86
Elma	2	59,86±3,12	46,72±6,62	34,13±4,41
Üzüm	2	63,37±0,60	43,81±9,14	35,63±6,11

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 11'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon işleminin bifteklerin su içeriklerinde olduğu gibi pişirme kaybı değeri üzerine de önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 11. Bifteklerin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Muamele (M)	4	6,842	0,378
Blok (B)	2	1777,381	98,264**
M x B	8	10,825	0,598
Hata	15	18,088	

Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, bifteklerin pişirme kaybı değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. Mevcut araştırmada, örneklerin pişirme kaybı değerlerinin, örneklerin su içerikleri ile örtüştüğü belirlenmiştir. Kontrol grubu sığır biftekleri ile farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen sığır bifteklerinin pişirilmeleri neticesinde, pişirme kaybı değerlerinin %46,52 ile 49,18 arasında değiştiği, en düşük pişirme kaybı değerinin; balsamik sirke kullanılarak marine edildikten sonra pişirilen ve en yüksek su içeriğine sahip bifteklerde olduğu, en yüksek pişirme kaybı değerinin ise; nar sirkesi kullanılarak marine edildikten sonra pişirilen ve en düşük su içeriğine sahip bifteklerde olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde ise örneklerin tamamında, pişirme kaybı değerleri açısından anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar, literatürde de yer almaktadır. Nitekim, Mikel *et al.* (1996) sığır kontrafilesine uyguladıkları %2 laktik asit ve asetik asit karışımının (v/v) örneklerin pişirme kaybı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını ve 66°C iç sıcaklığa kadar ızgara yöntemi ile pişirdikleri 2,54 cm'lik kalınlığa sahip örneklerin pişirme kayıplarının %16,88 ile 31,43 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Seong *et al.* (2012) farklı ticari sirkeler

kullanılarak yapılan marinasyon işleminin sığır etinin çeşitli kalite karakteristikleri üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları araştırmada, örneklerin pişirme kayıplarının %38,98 ile 44,32 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Tablo 12. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin ısı işlem görmüş bifteklerin pişirme kaybı değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	Pişirme kaybı (%) ($\bar{x} \pm SD$)
Kontrol	6	46,83 $\pm$ 13,48a
Balsamik	6	46,52 $\pm$ 11,81a
Nar	6	49,18 $\pm$ 11,29a
Elma	6	46,90 $\pm$ 12,12a
Üzüm	6	47,60 $\pm$ 13,66a

Literatürde marinasyon işleminin, örneklerin pişirme kaybı değerleri üzerine farklı etkiler gösterdiğini ortaya koyan araştırmalar da bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda, marinasyon işleminin pişirme kaybı değerlerinin artmasına neden olduğu belirtilirken, bazı çalışmalarda ise marinasyon işleminin pişirme kaybı değerlerini azalttığı rapor edilmiştir. Young and Lyon (1997) farklı seviyelerde kalsiyum konsantrasyonlarına sahip marinatlarda tavuk göğüs etlerinin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları araştırmada, marinasyon işleminin örneklerde pişirme kaybında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise, Barbanti and Pasquini (2005), su, tuz, şeker karışımı, buğday unu ve süt proteini içeren marinat ile marine edilmiş, tumbling işlemine tabii tutulmuş ve farklı sıcaklık (130 – 170°C) ve sürelerde (4 – 12 dk) fırında (konveksiyon hava ve konveksiyon hava-buhar) pişirilmiş tavuk göğüs etlerinde, marinasyon işleminin pişirme kaybında artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Cesur (2009) vişne, nar, portakal, üzüm ve elma suyu ile marine edildikten sonra pişirilen tavuk göğüs etlerinde, marinasyon işleminin örneklerin pişirme kaybında kontrol grubu örneklerle kıyasla (%22,20) istatistiksel olarak önemli düzeyde artışa neden olduğunu (%27,15 – 30,14) bildirmiştir. Araştırmacı, marinasyon işleminin örneklerin pişirme kaybında artışa neden olmasını, meyve sularındaki katı içerik miktarının yüksek olması (%14) nedeniyle etteki suyun marinata geçmesine bağlamıştır. Öte yandan, Serdaroğlu *et al.* (2007) ise, farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (0,05 M, 0,1 M ve 0,2 M) ve greyfurt suyu (%50 ve %100) ile marinasyon işleminin hindi göğüs etinin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, sitrik asit uygulamasının konsantrasyona bağlı olarak pişirme kaybını azalttığı veya artırdığını, greyfurt suyu ile yapılan marinasyon işleminin ise pişirme kaybını azalttığı, ancak %100 greyfurt suyu ile yapılan marinasyon işleminin, pişirme kaybında anlamlı düzeyde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Aktaş and Kaya (2001) ise zayıf organik asitler ve tuzları ile

marinasyon işleminin sığır *Longissimus dorsi* kasınının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, örneklerini laktik asit ve sitrik asit çözeltileri (%0,5, 1 ve 1,5), NaCl çözeltisi (%2, 4 ve 6) ve CaCl₂ çözeltisi (50 mM, 100 mM ve 150 mM) ile 1:1 oranında plastik poşetler içinde daldırma usulüne göre 4°C’de 24 saat marine etmişler ve ardından 90°C’lik fırında 2 saat süre ile pişirmişlerdir. Araştırmacılar, NaCl, CaCl₂ ve sitrik asit çözeltileri ile yapılan marinasyonların ardından pişirme işleminin kontrol grubu örneklerle kıyasla pişirme kaybı değerlerinde artışa, laktik asit çözeltileri ile yapılan marinasyonların ardından pişirme işleminin ise kontrol grubu örneklerle kıyasla pişirme kaybı değerlerinde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Burke and Monahan (2003) da organik asitler (asetik asit, sitrik asit ve laktik asit) ile turunçgil meyve suları (limon suyu ve portakal suyu) ile muameleye tabii tutulan sığır etlerinin çeşitli kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, marinasyon işleminin örneklerin pişirme kayıplarını azalttığını ancak marine edilmiş örneklerin pişirme kayıpları arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını, örneklerin pişirme kayıplarının %35’in altında olduğunu rapor etmişlerdir.

Marinasyon işleminin pişirme kaybını azaltması, etin pH değerini izoelektrik noktadan uzaklaştırarak, su tutma kapasitesini artırması ile açıklanmaktadır (Aktaş and Kaya 2001; Burke and Monahan 2003; Önenç *et al.* 2004). Ayrıca, literatürde çeşitli marinatlar kullanılarak yapılan çalışmalarda marinasyon işleminde marinat konsantrasyonunun artışına paralel olarak pişirme kaybının azaldığı da rapor edilmiştir (Medyński *et al.* 2000; Jinap *et al.* 2015).

Önenç *et al.* (2004), tuz eşliğinde (%2), alkali (%0,5, sodyum tripolifosfat ve dikalsiyumhidrojen fosfat) ve asidik (%0,5 sitrik asit) marinasyonların sığır *Longissimus dorsi* kasının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, pirzola dilimlerini (1,5 cm) 1:1 oranında 4°C’de 24 saat marine etmişler, ardından plastik poşetler içerisinde 80°C’lik su banyosunda 70°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar, her iki tip marinasyon uygulamasının da örneklerin pişirme kaybı değerlerinde anlamlı bir azalmaya neden olduğunu ve örneklerin pişirme kayıplarının %29,5 ile 48,6 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Fadıloğlu and Serdaroğlu (2018) rigor öncesi ve rigor sonrası farklı marinat içeriklerini (%2 NaCl, %2 NaCl+0,5 M laktik asit ve %2 NaCl+0,5 M sodyum laktat) sığır *Longissimus dorsi* kasına enjekte ederek (%11, v/w) bazı kalite parametrelerini araştırdıkları çalışmada, örneklerini 4°C’de 24 saat marine etmişler, ardından plastik poşetler içerisinde 80°C’lik su banyosunda pişirmişlerdir. Araştırmacılar, marinasyon çeşidi ve uygulama zamanının örneklerin pişirme kaybını anlamlı düzeyde azalttığını ve en düşük pişirme kaybı değerinin

rigor öncesi dönemde laktik asit enjekte edilmiş örneklerde olduğunu ve örneklerin pişirme kaybı değerlerinin %34,40 ile 37,80 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Yapılan bir diğer çalışmada, Aktaş *et al.* (2003), sığır *M. Longissimus dorsi* kasını %0,5, %1 ve %1,5 oranlarında laktik asit ve sitrik asit solüsyonları ile 4°C’de 72 saat marinasyona tabii tutmuş ve marinasyonun ardından örneklerini 200°C’lik fırında 30 dk pişirmişlerdir. Araştırmacılar, örneklerin pişirme kayıplarının %18,06 ile 43,88 arasında değiştiğini, laktik asit ile marine edilen örneklerin pişirme kayıplarının sitrik asite kıyasla daha düşük olduğunu ve %1 ve 1,5 konsantrasyonda marinat kullanımının pişirme kaybını anlamlı düzeyde azalttığını bildirmişlerdir.

Yusop *et al.* (2010) sitrik asit ile farklı pH değerlerine (3,0, 3,2, 3,4, 3,6, 3,8, 4,0 ve 4,2) getirilen marinatlar kullanarak farklı sürelerde (30, 60, 120 ve 180 dk) marine edilen tavuk göğüs etlerinin çeşitli kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, örneklerini 4°C’de marine etmişler, ardından 170°C’lik fırında 73°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar hem marinasyon süresi ve hem de marinat pH değerinin örneklerin pişirme kaybı üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Gu *et al.* (2001) soya sosu, susam yağı, şeker, sarımsak ve soğan tozundan oluşan marinat karışımı ile oda sıcaklığında 4 saat marine edilen sığır bonfile etlerini, iki farklı yöntem (tavada kızartma ve mangal) kullanarak farklı pişirme seviyelerinde (orta, iyi ve çok iyi) pişirmişler ve araştırma sonunda, örneklerin pişirme kayıplarının %18,2 ile 55,0 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Smith *et al.* (2008) farklı antioksidanlar ve marinatların farklı bileşenlerinin heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, sığır bifteklerini pişirme öncesinde 4°C’de 1 saat marine etmişler ve ardından 204°C’de 10 dk elektrikli ızgara kullanarak pişirmişlerdir. Araştırmacılar, kontrol grubu ile farklı ticari marinatlar ile marine edilmiş örneklerin pişirme kayıpları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını ve örneklerin pişirme kayıplarının %22 ile 29,8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Et ve et ürünlerinde pişirme kaybının asıl nedeninin; pişirme esnasında ulaşılan sıcaklık derecesinin etkisi ile ürünlerde görülen su kaybı olduğu belirtilmektedir (Rodriguez-Estrada *et al.* 1997). Ancak pişirme işleminin neden olduğu pişirme kaybında tek etken faktörün su kaybı olmadığı, suyun beraberinde suda çözünebilen çeşitli bileşikleri de (çeşitli proteinler, tuz, lipitler, polifosfatlar vb.) uzaklaştırdığı bilinmektedir (del Pulgar *et al.* 2012).

Bifteklerin pH değerleri

pH değeri, gıda maddelerinin kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Mevcut araştırmada bifteklerin marinasyonunda kullanılan sirkelerin pH değerleri; balsamik sirkede 3,18, nar sirkesinde 3,06, elma sirkesinde 3,28 ve üzüm sirkesinde ise 3,16 olarak belirlenmiştir. Yapılan ön denemelerde, marinasyonda seyreltilmemiş sirke kullanımının, marinasyonun süresinin çok kısa tutulmasında dahi (yaklaşık 1 saat) bifteklerin genel yapısını olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Marinasyonda kullanılan sirkelerin asitliklerinin yüksek olması ve bifteklerin genel yapılarının olumsuz yönde etkilenmeleri nedeniyle marinasyon işleminde sirkelerin asitlik derecesi %0,5'e seyreltilmiş ve marinasyon süresi buzdolabı sıcaklığında (4°C'de) 2 saat olarak belirlenmiştir. Yapılan seyreltme neticesinde marinasyonda kullanılan sirkelerin pH değerleri; balsamik sirkede 3,35, nar sirkesinde 3,25, elma sirkesinde 3,40 ve üzüm sirkesinde ise 3,32 olarak belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin pH değerleri Tablo 13'te verilmiştir. Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan marine edilmemiş çiğ sığır biftek etinde 5,76 olarak belirlenen pH değeri, kontrol grubu bifteklerde pişirme işlemi neticesinde beklenildiği gibi artmış ve 5,82 ile 5,96 aralığında değişmiştir. Pişirme işleminin, et ve et ürünlerinin pH değerini artırması; pişirme işlemi esnasında bazik karakterli imidazol, sülfidril ve hidroksil gruplarının açığa çıkması ile açıklanmaktadır (Girard 1992). Öte yandan, farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edildikten sonra pişirilmiş bifteklerin pH değerlerinin 5,52 ile 5,74 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Sirke ile marinasyon işleminin sığır bifteklerinin pH değerini, kontrol grubu örneklere kıyasla azaltma nedeninin marinasyonda kullanılan sirke çeşitlerinin pH değerlerinin düşük olması ve marinasyon sonrası bifteklerin belirli seviyede sirkeyi absorblamaları nedeniyle olduğu düşünölmektedir. Bu sonuç, örneklerin marinat absorbsiyon değerlerinden de net olarak görölmektedir. Asidik marinatlar içerisine et daldırılmasının, kas fibrillerinin arasında marinat absorbsiyonuna neden olduğu, bu durumun kas fibrillerinin şişmesini ve kas yapısının proteolitik olarak zayıflamasını hızlandırdığı belirtilmektedir (Tānavots *et al.* 2018).

Tablo 13. Isıl işlem görmüş bifteklerin pH değerleri

Muamele	n	I	II	III
Kontrol	2	5,82±0,01	5,91±0,02	5,96±0,00
Balsamik	2	5,52±0,02	5,63±0,07	5,64±0,19
Elma	2	5,65±0,07	5,66±0,04	5,69±0,04
Nar	2	5,63±0,11	5,69±0,07	5,69±0,04
Üzüm	2	5,63±0,03	5,74±0,08	5,68±0,12

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 14'te verilmiştir. Tablodan farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin örneklerin pH değeri üzerine çok önemli etkisinin olduğu görülmektedir.

Tablo 14. Isıl işlem görmüş bifteklerin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Muamele (M)	4	0,079	12,814**
Blok (B)	2	0,021	3,391*
M x B	8	0,002	0,314
Hata	15	0,006	

Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin pH değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 15'te verilmiştir. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, pişmiş örneklerde kontrol grubu bifteklerle kıyasla pH değerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Sığır bifteklerinin marinasyonunda sirke kullanımının örneklerin pH değerini düşürmesi, sirkelerde mevcut olan asetik asidin et örneklerinin yüzeylerini denatüre etmesine bağlanmaktadır (Jones *et al.* 2019). Nitekim, organik asitlerle yapılan marinasyon işleminin etin pH değerinde önemli düzeyde azalmaya neden olduğu, diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Oreskovich *et al.* 1992; Seuss and Martin 1993; Morris *et al.* 1997; Ertbjerg *et al.* 1999; Aktaş *et al.* 2003; Hosseini and Esfahani 2015). Jones *et al.* (2019) Güney Afrika dolaylarında tüketilen tuzlanmış/kurutulmuş bir et ürünün (biltong) 5,64 olan pH değerinin, sirke ilavesi ile 4,91'e düştüğünü belirtmişlerdir. Seong *et al.* (2012) farklı ticari sirkeler kullanılarak yapılan marinasyon işleminin sığır etinin çeşitli kalite karakteristikleri üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları araştırmada, çiğ ette 5,51 ile 5,60 arasında değişen pH değerinin, sirke ile yapılan marinasyon işleminin ardından azalarak 5,11 ile 5,37 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Öte yandan, mevcut araştırmada farklı sirke

çeşitleri ile marine edildikten sonra pişirilmiş bifteklerin pH değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Yusop *et al.* (2010) da yaptıkları araştırmada, farklı pH değerlerine (pH 3 – 4,2) sahip marinatlar kullanarak farklı sürelerde (30 – 180 dk) marine ettikleri tavuk göğüs etlerinin pH değerleri arasında anlamlı bir farklılık belirlemediklerini bildirmişlerdir.

Tablo 15. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin ısıtma işlemi görmüş bifteklerin pH üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	pH ($\bar{x} \pm SD$)
Kontrol	6	5,90±0,06a
Balsamik	6	5,60±0,11b
Nar	6	5,67±0,07b
Elma	6	5,67±0,04b
Üzüm	6	5,68±0,08b

Serdaroğlu *et al.* (2007) farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (0,05 M, 0,1 M ve 0,2 M) ve greyfurt suyu (%50 ve %100) ile marinasyon işleminin hindi göğüs etinin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, kullanılan marinatların, hindi etinin pH değerinde anlamlı düzeyde azalmaya neden olduğunu, konsantrasyonun artması ile pH değerinin daha da azaldığını bildirmişlerdir.

Cesur (2009) vişne, nar, portakal, üzüm ve elma suyu ile marinasyon işleminin tavuk göğüs etinin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı araştırmasında, tavuk göğüs etinin pH değerinin 6,07 olduğunu, kullandığı marinatların pH değerlerinin 2,92 ile 3,55 arasında değiştiğini, pişirme işleminin örneklerin pH değerinde artışa neden olduğunu ve pişirme işlemi neticesinde meyve suyu ile marine edilen örneklerin pH değerlerinin (5,33 – 5,98) kontrol grubu örneklerin pH değerinden (6,15) düşük olduğunu bildirmiştir.

Kalahrodi *et al.* (2020) sığır bifteklerinin marinasyonunda kuşkonmaz suyu kullanımının çeşitli kalite karakteristikleri üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, örneklerin marinasyonunda sadece kuşkonmaz suyu (100 g bifteğe 25 ml) ve kuşkonmaz suyunun farklı seyreltileri (I. seyreltik: 100 g bifteğe, 25 ml kuşkonmaz suyu ve 75 ml saf su, II. seyreltik: 100 g bifteğe, 25 ml kuşkonmaz suyu, 10 ml balsamik sirke ve 65 ml saf su) olmak üzere üç farklı marinat kullanmışlar ve örneklerini 4°C’de 48 saate kadar marine etmişlerdir. Araştırmacılar, marinasyonun ilerleyen saatlerinde (4, 24 ve 48 saat) balsamik sirke içeren marinat enjekte edilen bifteklerin pH değerlerinin diğer örneklerin pH değerinden anlamlı düzeyde düşük olduğunu bildirmişlerdir. Balsamik sirke içeren marinat ile yapılan marinasyon

işleminin ilk anında 5,74 olarak belirlenen pH değerinin, marinasyonun 4. saatinde 5,01, 24. saatinde 5,04 ve 48. saatinde ise 4,86 olduğu belirlenmiştir.

Serdaroğlu *et al.* (2007) farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (0,05 M, 0,1 M ve 0,2 M) ve greyfurt suyu (%50 ve %100) ile 4°C’de 24 saat marinasyon işleminin hindi göğüs etinin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, sitrik asit ve greyfurt suyu ile yapılan marinasyon işleminin kontrol grubu örneklerle kıyasla pH değerini anlamlı düzeyde düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Farhadian *et al.* (2012) şeker, su, soğan, zerdeçal, limon, tuz, sarımsak, kişniş, tarçın ve yağ gibi farklı marinatlar kullanarak gerçekleştirdikleri marinasyon işleminin sığır etinde polisiklik aromatik hidrokarbon oluşumu üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, çiğ ette 5,72 olarak belirledikleri pH değerinin, 4 saatlik marinasyon neticesinde örneklerde 5,18 – 5,58 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Fadıloğlu and Serdaroğlu (2018) rigor öncesi ve rigor sonrası farklı marinat içeriklerini (%2 NaCl, %2 NaCl+0,5 M laktik asit ve %2 NaCl+0,5 M sodyum laktat) sığır *Longissimus dorsi* kasına enjekte ederek (%11, v/w) bazı kalite parametrelerini araştırdıkları çalışmada, örneklerini 4°C’de 1 veya 24 saat marine etmişlerdir. Araştırmacılar, marinat pH değerlerinin 2,0 – 7,4 arasında değiştiğini, marinasyon sonrası örneklerin pH değerlerinin azaldığını, marinasyon sonrası örneklerin pH değerlerinin 4,7 – 5,6 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Marinasyonda kullanılan marinat pH değerinin, marine edilmiş örneklerin pH değeri üzerine önemli etkisinin olduğu bilinmektedir. Nitekim, Önenç *et al.* (2004), tuz eşliğinde (%2), alkali (%0,5 sodyum tripolifosfat ve dikalsiyumhidrojen fosfat) ve asidik (%0,5 sitrik asit) marinasyonların sığır *Longissimus dorsi* kasının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada, pirzola dilimlerini (1,5 cm) 1:1 oranında 4°C’de 24 saat marine etmişlerdir. Araştırmacılar, asidik marinasyonun örneklerin pH değerini düşürdüğü, alkali marinasyonun ise pH değerini artırdığını belirtmişler ve pH değerini; kontrol grubu örneklerde 5,5, sodyum tripolifosfat ile marine edilmiş örneklerde 5,8, dikalsiyumhidrojen fosfat ile marine edilmiş örneklerde 5,9 ve sitrik asit ile marine edilmiş örneklerde ise 4,2 olarak belirlemişlerdir.

Fadıloğlu and Serdaroğlu (2018), marinat çözeltisi uygulanmayan M. *Longissimus dorsi* kaslarının pH değerlerinin 6,6 ve 6,7 arasında olduğunu, %2 NaCl, %2 NaCl+0,5 M laktik asit ve %2 NaCl+0,5 M sodyum laktat ile hazırladıkları marinasyon uygulaması neticesinde örneklerin pH değerlerinin 4,7 ile 5,6 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Bifteklerin TBARS Değerleri

Lipid oksidasyonu yağların ve yağ içeren gıda maddelerinin kalitesini etkilemekle kalmayıp ayrıca oluşan ara ve ana ürünlerin insan sağlığını tehlikeye atması nedeniyle de önem arz etmektedir. Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin TBARS değerleri Tablo 16'da verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere, kontrol grubu örneklerde 0,196 ile 0,322 mg MDA/kg arasında değişen TBARS değerlerinin, farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen pişirilmiş bifteklerde 0,161 ile 0,455 mg MDA/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Mevcut araştırmada elde edilen TBARS değerlerinin, literatürdeki veriler ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. Zikirov (2014) yaptığı çalışmada, farklı pişirme yöntemlerinin sığır pirzola etlerinin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, haşlama ve tavada kızartma yöntemleri ile pişirilen örneklerin TBARS değerlerinin 0,348 – 0,695 mg MDA/kg arasında değiştiğini bildirmiştir.

Tablo 16. Isıl işlem görmüş bifteklerin TBARS değerleri (mg MDA/kg)

Muamele	n	I	II	III
Kontrol	2	0,295±0,02	0,322±0,02	0,196±0,02
Balsamik	2	0,393±0,07	0,354±0,00	0,314±0,06
Nar	2	0,377±0,17	0,322±0,06	0,279±0,07
Elma	2	0,358±0,03	0,329±0,01	0,196±0,04
Üzüm	2	0,455±0,27	0,208±0,04	0,161±0,01

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 17'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere, farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin TBARS değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (p>0,05).

Tablo 17. Isıl işlem görmüş bifteklerin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Sd	KO	F
Muamele (M)	4	0,007	0,928
Blok (B)	2	0,054	6,668*
M x B	8	0,007	0,872
Hata	15	0,008	

Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin TBARS değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi, farklı sirke çeşitleri ile yapılan marinasyon işleminin kontrol grubu örneklerle kıyasla TBARS değerini rakamsal olarak artırdığı, ancak kontrol grubu biftekler ile farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edildikten sonra pişirilen bifteklerin TBARS değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı ve örneklerin TBARS değerlerinin 0,271 ile 0,353 mg MDA/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir. Nitekim, Mikel *et al.* (1996) sığır kontrfilesine uyguladıkları %2 laktik asit ve asetik asit karışımının (v/v) örneklerin 112 gün boyunca depolanması üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, asit uygulaması uygulanmış pişmiş etlerde TBARS değerinin (3,41 mg MDA/g) kontrol grubu örneklerin TBARS değerine (3,34 mg MDA/g) kıyasla daha yüksek olduğunu, ancak örneklerin TBARS değerleri arasında istatistiksel olarak bir farkın bulunmadığını bildirmişlerdir.

Tablo 18. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, ısıtma işlemi görmüş bifteklerin TBARS değeri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	TBARS (mg MDA/kg) ($\bar{x} \pm SD$)
Kontrol	6	0,271±0,06a
Balsamik	6	0,353±0,05a
Nar	6	0,326±0,10a
Elma	6	0,294±0,08a
Üzüm	6	0,275±0,19a

Etin pişirilmesiyle hücre yapısı tahrip olup, lipid oksidasyonuna neden olan çoklu doymamış yağ asitleri ile prooksidan interaksiyonlar meydana gelebilmektedir (Ramirez *et al.* 2005). Ayrıca, pişirme işlemi esnasında ulaşılan yüksek sıcaklığın lipid oksidasyonu için ihtiyaç duyulan aktivasyon enerjisini azalttığı bilinmektedir (Min and Ahn 2005). Hayes *et al.* (2010) domuz etine farklı miktarlarda lutein (100, 200 µg/g), sesamol (250, 500 µg/g), ellagik asit (300, 600 µg/g) ve zeytin yaprağı ekstraktının (100, 200 µg/g) eklendiği örneklerde, kontrol grubu örneklerle kıyasla daha düşük TBARS içeriğinin olduğunu bildirmişlerdir. Fakat literatürde pişirme işleminin lipid oksidasyonunu etkilemediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Serrano *et al.* 2007; Weber *et al.* 2008; Alfaia *et al.* 2010; Peiretti *et al.* 2012). Bu sonuç; ette mevcut olan protein ve aminoasitler gibi çeşitli bileşiklerle, TBARS ile belirlenen reaktif bileşiklerin reaksiyona girmesi ile açıklanmaktadır (Meinert *et al.* 2007; del Pulgar *et al.* 2012, Zikarov, 2014).

Literatürde, sığır etinde okside tat-aromanın panelistler tarafından algılanma limitinin 2 mg/kg olduğu belirtilmektedir (Campo *et al.* 2006). Bu nedenle, mevcut araştırmada hem marine edilmemiş kontrol grubu örnekler hem de farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen örneklerin TBARS değerlerinin bu eşik değerin çok altında olduğu belirlenmiştir.

Bifteklerin Renk Değerleri

Renk sadece taze ürünlerin değil aynı zamanda işlenmiş ürünlerin de kalite kriterlerini yansıtan önemli bir görsel parametredir. Mevcut araştırmada, marine edilmemiş (kontrol grubu) ve farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilmiş ve pişirilmiş bifteklerin renk değerleri, gıda analiz ve araştırmalarında en fazla yararlanılan yöntem olan spektral fotometre (chroma-metre) kullanılarak ölçülmüş, renk yoğunlukları matematiksel olarak ifade edilmiştir. Bu amaçla, örneklerin renk yoğunluklarının ölçülmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIELAB) belirttiği formüle göre yapılmıştır. Formülde Y eksenindeki L^* değeri 0 (siyah)'dan 100 (beyaz)'e kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, X eksenindeki a^* değeri yeşil (-a) ve kırmızı (+a) ve Z eksenindeki b^* değeri ise sarı (+b) ve mavi (-b) renk boyutu veya yerini göstermektedir.

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) Tablo 19'da verilmiştir. Mevcut araştırmada, marine edilmemiş çiğ bifteklerde 31,67 olarak belirlenen L^* değerinin, ısıl işlem görmüş kontrol grubu örneklerde azalarak 24,43 ile 28,87 arasında değiştiği, marine edilmemiş çiğ bifteklerde 16,42 olarak belirlenen a^* değerinin; ısıl işlem görmüş kontrol grubu örneklerde azalarak 6,82 ile 7,52 arasında değiştiği ve marine edilmemiş çiğ bifteklerde 6,17 olarak belirlenen b^* değerinin ise; ısıl işlem görmüş kontrol grubu örneklerde artarak 7,48 ile 9,04 arasında değiştiği belirlenmiştir. Öte yandan, farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen pişirilmiş bifteklerde; L^* değeri 21,39 ile 33,62 arasında, a^* değeri 5,23 ile 7,93 arasında ve b^* değeri ise 5,62 ile 10,19 arasında değişiklik göstermiştir. Farklı bloklar (hayvanlar) arasındaki et rengi farklılıkların, hayvanların beslenme koşulları ve araştırmada materyal olarak kullanılan kasların myoglobin içeriği ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 19. Isıl işlem görmüş bifteklerin renk değerleri

Renk değeri	Muamele	n	I	II	III
<i>L*</i>	Kontrol	2	28,87±1,56	24,43±1,00	24,92±0,02
	Balsamik	2	24,59±0,99	22,89±0,72	25,73±2,06
	Nar	2	21,68±1,37	21,39±1,60	23,61±1,76
	Elma	2	30,71±2,14	26,79±0,68	33,62±2,25
	Üzüm	2	25,55±1,64	23,20±0,78	26,73±0,22
<i>a*</i>	Kontrol	2	6,82±0,83	7,36±0,91	7,52±0,47
	Balsamik	2	6,67±0,15	6,18±0,75	6,76±0,93
	Nar	2	5,31±0,05	5,23±0,84	5,63±0,43
	Elma	2	7,52±0,04	7,31±0,38	7,58±0,77
	Üzüm	2	6,68±0,43	7,16±0,22	7,93±0,64
<i>b*</i>	Kontrol	2	9,04±0,50	7,60±0,03	7,48±0,34
	Balsamik	2	7,54±0,21	7,46±1,10	7,38±1,27
	Nar	2	6,39±0,27	5,62±0,73	6,39±1,33
	Elma	2	9,31±1,01	9,47±0,74	10,19±0,79
	Üzüm	2	8,00±0,51	7,68±0,87	8,43±0,36

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lık yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 20'de verilmiştir. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, pişirilmiş bifteklerin renk değerlerinin tamamı (*L**, *a** ve *b**) üzerine çok önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$).

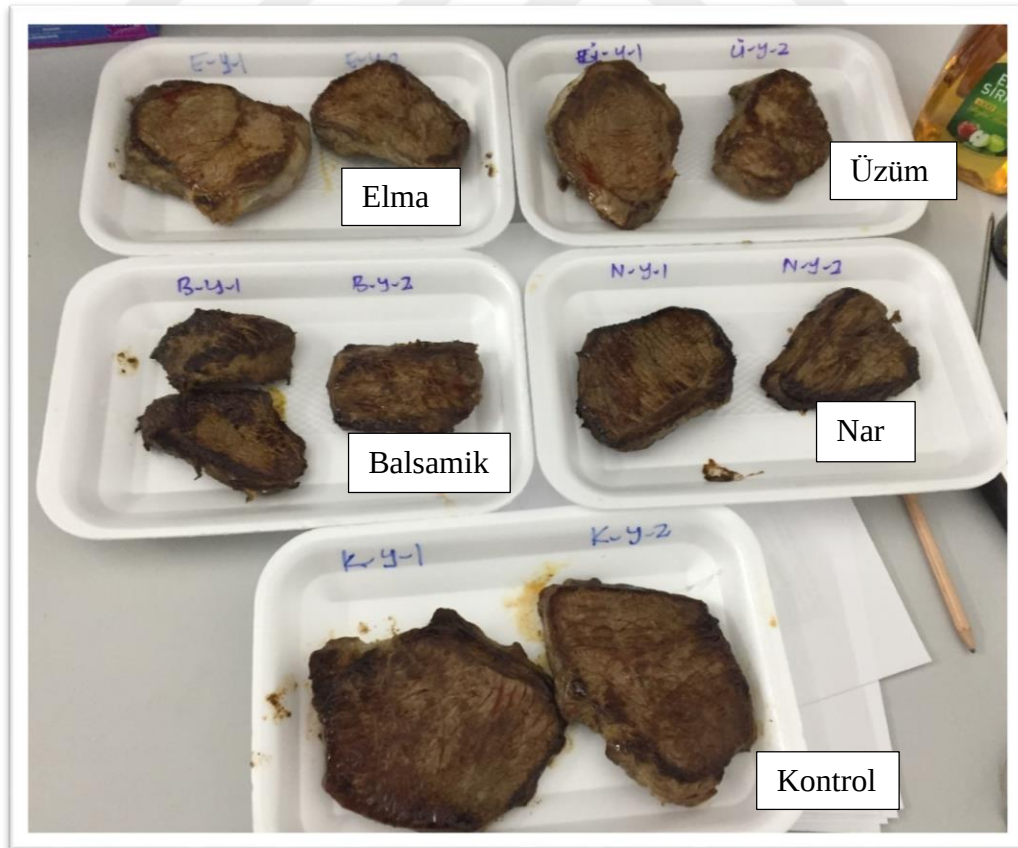
Tablo 20. Isıl işlem görmüş bifteklerin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Analiz	Varyasyon kaynakları	Sd	KO	F
<i>L*</i>	Muamele (M)	4	53,992	26,861**
	Blok (B)	2	28,332	14,095**
	MxB	8	5,124	2,549
	Hata	15	2,010	
<i>a*</i>	Muamele (M)	4	4,361	11,962**
	Blok (B)	2	0,716	1,964
	MxB	8	0,169	0,463
	Hata	15	0,365	
<i>b*</i>	Muamele (M)	4	9,653	16,182**
	Blok (B)	2	0,693	1,162
	MxB	8	0,482	0,808
	Hata	15	0,597	

Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin renk değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Mevcut araştırmada, bifteklerin marinasyonunda farklı sirke çeşitleri kullanımının örneklerin renk değerleri üzerine farklı etkilere sahip olduğu, en düşük L^* , a^* ve b^* değerlerinin nar sirkesi ile marine edilerek pişirilen örneklerde, en yüksek değerlerin ise elma sirkesi ile marine edilerek pişirilen örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, nar sirkesi ile marine edilerek pişirilen bifteklerin daha koyu, elma sirkesi ile marine edilerek pişirilen bifteklerin ise daha açık renkli olduğunu göstermektedir. Nitekim örneklerin renk değerleri ile elde edilen sonuçlar, pişirme işleminden sonra çekilen resimlerde de görülmektedir (Şekil 5).

Tablo 21. Isıl işlem görmüş bifteklerin renk değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	L^*	a^*	b^*
Kontrol	6	26,07±2,33b	7,23±0,68ab	8,04±0,82b
Balsamik	6	24,41±1,67b	6,54±0,60b	7,46±0,76b
Nar	6	22,23±1,64c	5,39±0,46c	6,13±0,80c
Elma	6	30,37±3,38a	7,47±0,41a	9,66±0,78a
Üzüm	6	25,16±1,80b	7,26±0,67ab	8,04±0,59b



Şekil 5. Kontrol grubu ve farklı marinatlar (elma, üzüm, balsamik ve nar sirkesi) ile marinasyon sonrası pişirilen bifteklerin görüntüleri

Mevcut araştırmada, marine edilmemiş ğiğ bifteklerde 31,67 olarak belirlenen L^* değerinin, 200°C yzney sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka yzerinde pişirme işlemi neticesinde tım rneklerde (marine edilmemiş ve farklı sirke eşitleri kullanılarak marine edilmiş) azaldığı, kontrol grubu rneklerde 26,07 olduğu, farklı sirke eşitleri kullanılarak marine edilen rneklerde ise 22,23 ile 30,37 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuru ısı uygulamasına tabi tutulan sığır etlerinin L^* değerinde ğiğ rneklere kıyasla azalma olduğu (etlerin daha koyu renkli olduğu) diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiş (Bilek and Turhan 2009; Yıldız-Turp and Serdaroğlu 2010; r 2014; Zikirov 2014) ve bu durum pişirme işlemi esnasında geręekleřen Maillard reaksiyonuna bağlanmıştır (r 2014). Mevcut araştırmada, ısıl işlem gormuş rneklerdeki istatistiksel olarak en duişuk L^* değeri; nar sirkesi ile marine edilerek pişirilen rneklerde, en yksek L^* değerinin ise elma sirkesi ile marine edilerek pişirilen rneklerde tespit edilmiş, kontrol grubu ile balsamik ve rzum sirkeleri ile marine edilerek pişirilen rneklerin L^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir.

Mevcut araştırmada, marine edilmemiş ğiğ bifteklerde 16,42 olarak belirlenen a^* değerinin, 200°C yzney sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka yzerinde pişirme işlemi neticesinde tım rneklerde (marine edilmemiş ve farklı sirke eşitleri kullanılarak marine edilmiş) azaldığı, kontrol grubu rneklerde 7,23 olduğu, farklı sirke eşitleri kullanılarak marine edilen rneklerde ise 5,39 ile 7,47 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuru ısı uygulamasına tabi tutulan sığır etlerinin a^* değerinde ğiğ rneklere kıyasla azalma olduğu ve pişirme işlemi neticesinde etlerin a^* değerlerinde belirlenen azalmanın pigment (oksimyoglobin) denatürasyonu ile ilgili olduğu diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Aberle *et al.* 2001; Bilek and Turhan 2009; Yıldız-Turp and Serdaroğlu 2010; del Pulgar *et al.* 2012; r 2014; Zikirov 2014). Mevcut araştırmada, istatistiksel olarak en duişuk a^* değeri nar sirkesi ile marine edilerek pişirilen rneklerde belirlenmiş, istatistiksel olarak en yksek a^* değerinin ise elma sirkesi ile marine edilerek pişirilen rneklerde olduğu, ancak bu grubun a^* değerinin kontrol grubu rneklerin a^* değerinden anlamlı bir farklılığının olmadığı tespit edilmiştir.

Mevcut araştırmada, marine edilmemiş ğiğ bifteklerde 6,17 olarak belirlenen b^* değerinin, 200°C yzney sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka yzerinde pişirme işlemi neticesinde bir rnek hariç (nar sirkesi ile marine edilerek pişirilen rnek) diğer tım rneklerde arttığı, kontrol grubu rneklerde 8,04 olduğu, farklı sirke eşitleri kullanılarak marine edilen rneklerde ise 6,13 ile 9,66 arasında değiştiği belirlenmiştir. Isı uygulamasına tabi tutulan sığır etlerinin b^* değerinde ğiğ rneklere kıyasla artmanın olduğu ve pişirme işlemi neticesinde etlerin b^* değerlerinde belirlenen artışın metmyoglobin oluşumu ve denatürasyonu ile ilgili olduğu diğer

araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Roldán *et al.* 2013; Zikirov 2014). Mevcut araştırmada, istatistiksel olarak en düşük b^* değeri nar sirkesi ile marine edilerek pişirilen örneklerde, istatistiksel olarak en yüksek b^* değeri ise elma sirkesi ile marine edilerek pişirilen örneklerde tespit edilmiş ve diğer örneklerin b^* değerleri arasında anlamlı farklılıkların olmadığı belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada, istatistiksel olarak en düşük L^* değeri; nar sirkesi ile marine edilerek pişirilen örneklerde tespit edilmiştir. Bu sonuca, her ne kadar marine edilip pişirilmiş bifteklerin pH değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığı olmasa da marinasyonda kullanılan nar sirkesinin pH değerinin (3,25) diğer sirkelerin pH değerlerinden anlamlı derecede düşük olmasının etki edebileceği düşünülmektedir (Tablo 3). Zira düşük pH değerine sahip marinat kullanımı, kas proteinlerinin denatürasyonuna neden olmakta, örneklerin su bağlama kapasiteleri ile ışığı yansıtma yetenekleri değişmekte ve neticede daha açık renkli kas oluşumuna neden olmaktadır (Arganosa and Marriott 1989; Yusop *et al.* 2010). Öte yandan, mevcut araştırmada, istatistiksel olarak en yüksek L^* değeri ise; elma sirkesi ile marine edilerek pişirilen örneklerde tespit edilmiştir. Bu sonuca da elma sirkesinin pH değerinin (3,40) diğer sirkelerin pH değerlerinden anlamlı derecede yüksek olmasının etki edebileceği düşünülmektedir (Tablo 3). Zira yüksek pH değerine sahip marinat kullanımı, kas proteinlerinin şişmesine neden olmakta, örneklerin ışığı yansıtma yetenekleri değişmekte ve neticede daha koyu bir görünüm almasına neden olmaktadır (Yusop *et al.* 2010). Öte yandan, örneklerin L^* değerleri ile b^* değerlerinin birbirleri ile uyum içerisinde olduğu ve istatistiksel olarak en yüksek renk değerlerinin (L^* ve b^*) ise elma sirkesi ile marine edilerek pişirilen örneklerde olduğu belirlenmiştir. Sirke çeşitlerinin bifteklerin rengi üzerinde farklı etkilere sahip olmasının; sirkelerin pH değeri, rengi ve içerikleri gibi faktörler nedeniyle marinasyon esnasında sirkelerde bulunan çeşitli pigmentlerin et yüzeyine özümlenmesi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir (Bell *et al.* 1986; Kotula and Thelappurate 1994). Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Kim *et al.* 2010; Tănăvots *et al.* 2018; Kotula and Thelappurate 1994).

Arganosa and Marriott (1989) organik asit muamelesine tabii tutulmuş çiğ sığır etlerinin, kontrol grubu örneklere kıyasla daha yüksek L^* değeri ve daha düşük a^* değerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, organik asit muamelesine tabii tutulmuş çiğ sığır etlerinin renklerinin kahverengimsi, pişmiş örneklerin ise kontrol grubuna kıyasla beyaz olduğunu, asit uygulamasının myoglobinin daha düşük renk yoğunluğuna sahip metmyoglobine dönüşümünü artırdığını bildirmişlerdir.

Aktaş and Kaya (2001), zayıf organik asitler ve tuzları ile marinasyon işleminin sığır *Longissimus dorsi* kasının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, örneklerini laktik asit ve sitrik asit çözeltileri (%0,5, 1 ve 1,5), NaCl çözeltisi (%2, 4 ve 6) ve CaCl₂ çözeltisi (50 mM, 100 mM ve 150 mM) ile 1:1 oranında plastik poşetler içinde daldırma usulüne göre 4°C’de 24 saat marine etmişler ardından 90°C’lik fırında 2 saat süre ile pişirmişlerdir. Araştırmacılar, NaCl ve laktik asit çözeltileri ile yapılan marinasyonların ardından pişirme işleminin kontrol grubu örneklerle kıyasla L^* , a^* ve b^* değerlerinde azalmaya neden olduğunu, CaCl₂ ve sitrik asit çözeltileri ile yapılan marinasyonların ardından pişirme işleminin ise L^* , a^* ve b^* değerlerinde kullanım miktarına göre farklı etkiler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kotula and Thelappurrate (1994) asetik ve laktik asit solüsyonları ile muamele edilmiş perakende sığır et parçalarının mikrobiyolojik ve duyusal kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, her iki asit uygulaması ile muamele işleminin de anlamlı düzeyde daha açık renk ile sonuçlandığını, ancak asit ile muamele işleminin örneklerin a^* ve b^* değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Bell *et al.* (1986) muamelede kullanılan asit konsantrasyonunun artması ile sığır et renginin soluklaştığını bildirmişlerdir. Quartey-Papafio *et al.* (1980) ise formik asit içeren dezenfektanların et yüzeyine uygulanması durumunda, birkaç saniye içinde et renginin kahverengiye döndüğünü ve ilerleyen depolama sürecinde rengin daha da koyulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu durumu, myoglobin molekülünün porfirin halkasında yer alan Fe⁺² (ferrous ion)’in metmyoglobinde yer alan Fe⁺³ (ferric ion)’a okside olmasına bağlamışlardır.

Önenç *et al.* (2004), tuz eşliğinde (%2), alkali (%0,5, sodyum tripolifosfat ve dikalsiyumhidrojen fosfat) ve asidik (%0,5, sitrik asit) marinasyonların sığır *Longissimus dorsi* kasının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, pirzola dilimlerini (1,5 cm) 1:1 oranında 4°C’de 24 saat marine etmişler, ardından plastik poşetler içerisinde 80°C’lik su banyosunda 70°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar, asidik marinasyonun kontrol grubu örneklerle kıyasla L^* değerinde ve b^* değerinde istatistiksel olarak önemli artışa, a^* değerinde ise istatistiksel olarak önemli azalmaya neden olduğunu, alkali marinasyonun ise kontrol grubu örneklerle kıyasla L^* değerinde istatistiksel olarak önemli azalmaya ve a^* değerinde ise istatistiksel olarak önemli artışa neden olduğunu, ancak b^* değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, örneklerin renk değişimlerini pH değerlerine bağlamışlardır.

Yusop *et al.* (2010) sitrik asit ile farklı pH değerlerine (3,0, 3,2, 3,4, 3,6, 3,8, 4,0 ve 4,2) getirilen marinatlar kullanarak farklı sürelerde (30, 60, 120 ve 180 dk) marine edilen tavuk

göğüs etlerinin çeşitli kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, örnekleri 4°C’de marine etmişler, ardından 170°C’lik fırında 73°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar, marinasyon süresi ve marinat pH değerinin örneklerin L^* ve a^* değerleri üzerine önemli etkisinin olduğu, b^* değeri üzerine ise sadece marinasyon süresinin etki ettiğini bildirmişlerdir.

Fadıloğlu and Serdaroğlu (2018) rigor öncesi ve rigor sonrası farklı marinat içeriklerini (%2 NaCl, %2 NaCl+0,5 M laktik asit ve %2 NaCl+0,5 M sodyum laktat) sığır *Longissimus dorsi* kasına enjekte ederek (%11, v/w) bazı kalite parametrelerini araştırdıkları çalışmada, örneklerini 4°C’de 24 saat marine etmişler, ardından plastik poşetler içerisinde 80°C’lik su banyosunda pişirmişlerdir. Araştırmacılar, marinasyon çeşidi ve uygulama zamanının örneklerin renk değerlerini önemli düzeyde etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, rigor öncesi dönemde yapılan laktik asit enjeksiyonunun L^* değerini artırdığını, a^* değerini azalttığını, b^* değerini etkilemediğini, rigor sonrası dönemde yapılan laktik asit enjeksiyonunun ise L^* ve b^* değerlerini etkilemediği, a^* değerini ise azalttığını bildirmişlerdir. Rigor öncesi dönemde yapılan sodyum laktat enjeksiyonunun L^* ve b^* değerlerini azalttığı, a^* değerini etkilemediğini, rigor sonrası dönemde yapılan sodyum laktat enjeksiyonunun ise L^* değerini azalttığı, a^* ve b^* değerlerini etkilemediği bildirilmiştir. Araştırmacılar, örneklerin L^* değerlerinin 42,0 ile 46,3 arasında, a^* değerlerinin 4,9 ile 6,4 arasında ve b^* değerlerinin ise 13,5 ile 15,2 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Literatürde, asit uygulamasının etlerin rengi üzerine önemli etkisinin olmadığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Mikel *et al.* (1996) sığır kontrfilesine uyguladıkları %2 laktik asit ve asetik asit karışımının (v/v), pişmiş örneklerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Tănăvots *et al.* (2018) yaptıkları çalışmada, marinat pH değerinin, pişmiş et örneklerinin L^* , a^* ve b^* değeri üzerine dikkate değer bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Mevcut araştırmada renk değerleri ile ilgili elde edilen verilerin literatürde yer alan araştırmalarda verilen renk değerleri ile genellikle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Farklılıkların ise hayvan, kas çeşidi, marinat, marinasyon süresi ve şekli ile pişirme işleminin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bifteklerin Tekstür Profil Analiz Değerleri

Tekstür et ve et ürünlerinin tüketici değerlendirmesi bakımından önem arz eden kalite göstergelerinden biri olup myofibriler proteinler, kolajen, yağ ve lif miktarı ile ısıtma işlem görmüş ürünlerde pişirme koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Öztürk 2019). Mevcut

araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), iç yapışkanlık (cohesiveness) ve çiğnenebilirlik (chewiness) değerleri Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. Isıl işlem görmüş bifteklerin sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri

Analiz	Muamele	n	I	II	III
Sertlik (N)	Kontrol	2	327,11±42,71	260,99±136,22	58,01±2,37
	Balsamik	2	208,33±70,36	224,42±97,59	216,29±27,00
	Nar	2	220,66±193,25	214,72±111,73	198,47±95,25
	Elma	2	199,85±52,12	288,82±96,86	225,04±32,24
	Üzüm	2	101,80±20,84	232,62±54,35	77,36±65,75
Elastikiyet (mm)	Kontrol	2	0,81±0,05	0,96±0,05	0,91±0,05
	Balsamik	2	0,80±0,04	0,82±0,02	0,79±0,00
	Nar	2	0,94±0,07	0,88±0,09	0,84±0,08
	Elma	2	0,85±0,02	0,92±0,12	0,85±0,04
	Üzüm	2	0,80±0,04	0,79±0,11	0,81±0,08
İç yapışkanlık	Kontrol	2	0,75±0,02	0,88±0,16	0,74±0,01
	Balsamik	2	0,73±0,06	0,74±0,05	0,73±0,00
	Nar	2	0,85±0,21	0,81±0,06	0,74±0,00
	Elma	2	0,75±0,00	0,82±0,04	0,76±0,02
	Üzüm	2	0,67±0,04	0,84±0,02	0,67±0,00
Çiğnenebilirlik (N.mm)	Kontrol	2	197,75±10,74	236,32±169,07	39,24±0,18
	Balsamik	2	122,82±44,83	137,77±64,63	124,71±15,87
	Nar	2	203,85±214,60	147,25±53,11	121,74±48,31
	Elma	2	126,83±28,80	212,00±34,18	144,35±10,71
	Üzüm	2	55,36±16,62	158,58±60,65	40,31±31,77

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 23'te verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere, farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, örneklerin sadece elastikiyet değeri üzerine önemli ($p<0,05$) etkisinin olduğu belirlenirken, sertlik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Literatürde de organik asit uygulamasının örneklerin tekstür özellikleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim, Mikel *et al.* (1996) sığır kontrfilesine

uyguladıkları %2 laktik asit ve asetik asit karışımının (v/v), örneklerin sululuk, gevreklik, kesme kuvveti ölçümü ve kolajen içeriği üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Öte yandan, asit uygulamasının örneklerin tekstürel değerlerini önemli düzeyde etkilediğini gösteren çalışmalar da literatürde bulunmaktadır (Serdaroğlu *et al.* 2007). Aradaki farklılıkların hayvan türü, et tipi, marinasyon koşulları (marinat tipi, marinasyon şekli, sıcaklığı, süresi vb.), pişirme koşulları (pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi vb.) gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 23. Isıl işlem görmüş bifteklerin tekstür profil analiz değerlerinin varyans analiz sonuçları

Analiz	Varyasyon kaynakları	Sd	KO	F
Sertlik	Muamele (M)	4	8906,448	1,158
	Blok (B)	2	20397,381	2,653
	M*B	8	9367,327	1,218
	Hata	15	7689,334	
Elastikiyet	Muamele (M)	4	0,013	3,003*
	Blok (B)	2	0,004	0,903
	M*B	8	0,004	0,974
	Hata	15	0,004	
İç yapışkanlık	Muamele (M)	4	0,006	1,128
	Blok (B)	2	0,023	3,946
	M*B	8	0,005	0,789
	Hata	15	0,006	
Çiğnenebilirlik	Muamele (M)	4	6351,232	1,020
	Blok (B)	2	17859,459	2,868
	M*B	8	4989,820	0,801
	Hata	15	6228,030	

Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, bifteklerinin sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 24'te verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi, bifteklerin sertlik değerlerinin 137,26 ile 237,90 N arasında değiştiği ve örneklerin sertlik değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca bifteklerin elastikiyet değerlerinin 0,80 ile 0,89 mm gibi dar sınırlar arasında değiştiği, en düşük elastikiyet değerlerinin balsamik ve üzüm sirkeleriyle marine edilmiş bifteklerle ait olduğu belirlenirken, en yüksek elastikiyet değerlerinin ise; kontrol grubu biftekler ile nar sirkesi ile marine edilmiş bifteklerle ait olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, bifteklerin iç yapışkanlık değerlerinin 0,73

ile 0,80, çiğnenebilirlik değerlerinin ise 84,75 ile 161,06 N.mm arasında değiştiği, örneklerin iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 24. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, ısıtma işlemi görmüş bifteklerin tekstür profil analiz (TPA) değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	Sertlik (N)	Elastikiyet (mm)	İç yapışkanlık	Çiğnenebilirlik (N.mm)
Kontrol	6	215,37±140,74a	0,89±0,08a	0,79±0,10a	157,77±120,28a
Balsamik	6	216,35±55,61a	0,80±0,03b	0,74±0,03a	128,43±36,62a
Nar	6	211,28±109,02a	0,89±0,08a	0,80±0,11a	157,61±107,95a
Elma	6	237,90±65,65a	0,87±0,07ab	0,78±0,04a	161,06±45,17a
Üzüm	6	137,26±84,37a	0,80±0,06b	0,73±0,09a	84,75±65,64a

Literatürde yer alan bazı araştırmalarda (Gault 1985; Burke and Monahan 2003; Önenç *et al.* 2004), asidik marinatlara batırılmış ve neticede 5,0'in altında bir pH değerine sahip etlerin su aldığı, daha az pişirme kaybı verdiği ve kontrol grubu etlere kıyasla daha az sert oldukları bildirilmiştir. Mevcut araştırmada, her ne kadar farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edildikten sonra pişirilmiş bifteklerin pH değerleri (5,60 – 5,68), pişmiş kontrol grubu bifteklerin pH değerinden (5,90) anlamlı düzeyde düşük olsa da bütün örneklerin pH değerlerinin 5,0'ın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Hem farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon koşulları (marinasyon şekli ve süresi vb.) hem de marinasyon işleminin ardından yapılan pişirme işlemi neticesinde pH değerinin yüksek olması nedeniyle, örneklerin sertlik değerleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca literatürde, et örneklerin su içeriklerinin ve örneklerde görülen su kaybının, örneklerin sertlik değerini etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu belirtilmektedir (Zhang *et al.* 2020). Nitekim, mevcut araştırmada da su içeriği, pişirme kaybı ve sertlik değerlerinin birbirleri ile örtüştüğü ve farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon işleminin bifteklerin su içerikleri ve pişirme kayıpları değerlerinde olduğu gibi sertlik değerleri üzerine de önemli bir etkisinin olmadığı ($P>0,05$) belirlenmiştir.

Asidik marinatların gevrekleştirici etki göstermelerinin ardında genel olarak iki farklı mekanizmanın bulunduğu bildirilmektedir (Burke and Monahan 2003). Bu mekanizmalardan ilki; kas fibrilleri ve bağ dokunun şişmesi, yüke dirençli materyal miktarını seyreletmekte, böylece gevreklik ve şişlik, aynı koşullar altında maksimuma ulaşmaktadır. Bir diğer mekanizmanın ise; katepsinler nedeniyle olabileceği belirtilmektedir. Katepsinler için optimum pH değerinin 3,5 – 5,0 arasında olduğu, asidik marinasyonda etin pH değerindeki azalmanın,

katepsinlerin proteolitik etkisini önemli düzeyde artırabileceği belirtilmektedir (Burke and Monahan 2003). Öte yandan, asidik solüsyonlar içerisine daldırılan etlerde, et suyunun uzaklaşması neticesinde ürünün daha sert olabileceği de belirtilmektedir (Aguilera and Stanley 1999).

Asidik marinatların, şişme nedeniyle etin yapısını zayıflatması, ette görülen proteoliz olayına, katepsinlerin daha fazla katkı vermesi ve kolajenin düşük pH değerlerinde pişirme esnasında jelatine dönüşmesi gibi beklentilerin aksine, mevcut araştırmada farklı sirke çeşitleri ile marinasyon işleminin pişmiş bifteklerin elastikiyet değeri hariç diğer tekstürel özelliklerini anlamlı düzeyde etkilemediği belirlenmiştir. Benzer şekilde, Aktaş and Kaya (2001) penetrometre değerleri ile sitrik asit muamelesi arasında bir korelasyon belirleyemediklerini ve gevrekleştirici etkinin sağlanması için, daldırma işleminin daha uzun süre yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Öte yandan, Arganosa and Marriott (1989) asetik asit, sitrik asit ve laktik asidin yeniden yapılandırılmış sığır etlerinin gevrekliği üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, bu üç asit uygulamasının da yeniden yapılandırılmış etlerin hem toplam kolajen içeriği hem de kolajen çözünürlüğü üzerine önemli etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Burke and Monahan (2003) organik asitler (asetik asit, sitrik asit ve laktik asit) ve turunçgil meyve suları (limon suyu ve portakal suyu) ile muameleye tabii tutulan sığır etlerinin çeşitli kalite kriterlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, turunçgil meyve suları (%31 limon suyu + %31 portakal suyu + %38 saf su) ile yaptıkları marinasyon işleminin örneklerin kesme kuvveti ölçümü değerlerinde anlamlı azalmalara neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, sitrik asit ile yapılan marinasyon işleminin ardından kesme kuvvetinde belirlenen azalmaları; pH ve su bağlama kapasitesi arasındaki ilişki ile açıklamışlardır. pH değerinin, kas proteinlerinin izoelektrik noktasının altına düşmesi, protein moleküllerindeki negatif yüklü $-COO^-$ gruplarının protonasyonuna ve komşu protein zincirindeki $-NH_3^+$ grupları ile bazı elektrostatik bağların kopmasına neden olmaktadır. Net pozitif yükteki bu artışın, ekstra suyun bağlanması için benzer yük yaratan protein grupları arasında itme gücü ile sonuçlandığı düşünülmektedir (Burke and Monahan 2003).

Önenç *et al.* (2004), tuz eşliğinde (%2), alkali (%0,5, sodyum tripolifosfat ve dikalsiyumhidrojen fosfat) ve asidik (%0,5, sitrik asit) marinasyonların sığır *Longissimus dorsi* kasının çeşitli kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada, pirzola dilimlerini (1,5 cm) 1:1 oranında 4°C'de 24 saat marine etmişler, ardından plastik poşetler içerisinde 80°C'lik su banyosunda 70°C iç sıcaklığa kadar pişirmişlerdir. Araştırmacılar, marinat uygulamasının örneklerin sertlik, çiğnenebilirlik ve esneklik (resilience) değerlerini anlamlı düzeyde azalttığını bildirmişlerdir.

Serdaroğlu *et al.* (2007) farklı konsantrasyonlarda sitrik asit (0,05 M, 0,1 M ve 0,2 M) ve greyfurt suyu (%50 ve %100) ile marinasyon işleminin hindi göğüs etinin kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, kullanılan marinatların, hindi etinin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini önemli düzeyde etkilediğini, buna karşın esneklik (resilience) değeri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, asit uygulamasının örneklerin sertlik derecesinin azaltmasını, örneklerin pH değerinin su bağlama kapasitesi üzerine etkisi ile açıklamışlardır.

Chang *et al.* (2010) farklı oranlarda tuz ve organik asit içeren (%2 NaCl, %1,5 laktik asit, %1,5 laktik asit + %2 NaCl, %1,5 asetik asit, %1,5 asetik asit + %2 NaCl, %1,5 sitrik asit ve %1,5 sitrik asit + %2 NaCl) marinatlar kullanarak, 4°C’de 24 saat marine ettikleri sığır *Semitendinosus* kasının çeşitli kalite kriterlerini belirlemek için yaptıkları araştırmada, laktik ve asetik asit marinatlarında tuz kullanımının, kontrol grubu örneklerle kıyasla sertlik ve çiğnenebilirlik değerinde artışa neden olduğunu, en düşük sertlik ve en yüksek iç yapışkanlık değerlerinin %1,5 asetik asit ile muamele edilen örneklerde olduğunu rapor etmişlerdir.

Istrati *et al.* (2015) ise yapmış oldukları çalışmada, sığır bifteklerini kırmızı şarap, ıhlamur ağacı balı, sarımsak, kekik, mercanköşk, biber ve tuz ile oda sıcaklığında 1 – 5 saate kadar marine etmişler ve marinasyon sonrasında örneklerini polipropilen torbalarda vakumlayarak 4°C’de 14 güne kadar muhafaza ederek, örneklerin tekstüründe meydana gelen değişimleri gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, marinasyon işleminin, marinasyon işlem süresi ve depolama süresine bağlı olmaksızın, kontrol grubu örneklerle kıyasla sertlik değerini azalttığını, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine ise marinasyon işlem süresi ve depolama süresine bağlı olarak farklı etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Şengün *et al.* (2021) organik meyve sirkeleri (böğürtlen, nar, kuşburnu ve üzüm) kullanılarak 4°C’de 24 saat boyunca marine edilip pişirilen sığır et örnekleriyle yaptıkları çalışmada, en düşük iç yapışkanlık değerini nar sirkesi ile marine ettikleri örneklerde tespit etmişler, diğer marinatlara kıyasla nar ve üzüm sirkeleriyle yapılan marinasyonun elastikiyet değerlerinin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Yukarıda verilen değişik çalışmaların aksine, mevcut çalışmada farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin elastikiyet değerleri hariç incelenen diğer tekstürel parametreleri (sertlik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik) arasında anlamlı fark olmaması, sirkelerin seyreldikten sonra marinasyon işleminde kullanılması ve marinasyon süresinin kısa tutulmasına bağlanabilir.

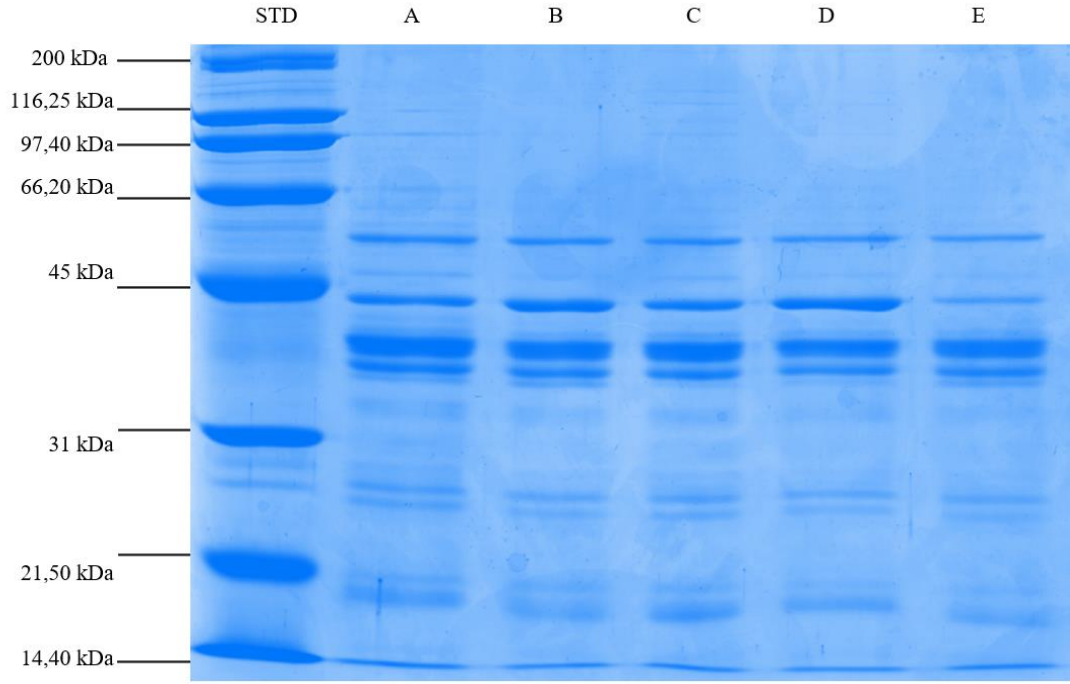
Myofibriler Proteinlerde Gerçekleşen Değişimler (SDS-PAGE Profili)

Farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) ile marine edilmiş ve ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE profilleri Şekil 6, 7 ve 8’de gösterilmiştir. Elde edilen jel elektroforetogramları dikkate alındığında, muamele örneklerinin genel olarak benzer myofibriler protein profiline sahip olduğu değerlendirilmektedir. Diğer bir ifadeyle, kontrol grubu olarak belirlenen marine edilmemiş/pişirilmiş biftekler ile farklı sirke çeşitleri ile marine edilmiş/pişirilmiş biftekler benzer bant profili sergilemiştir. Bu durumun marinasyon süresinin myofibriler proteinlerde değişiklik yapacak kadar uzun olmaması ve/veya myofibriler proteinler üzerine pişirme işleminin, marinasyon uygulamasından daha etkili olması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

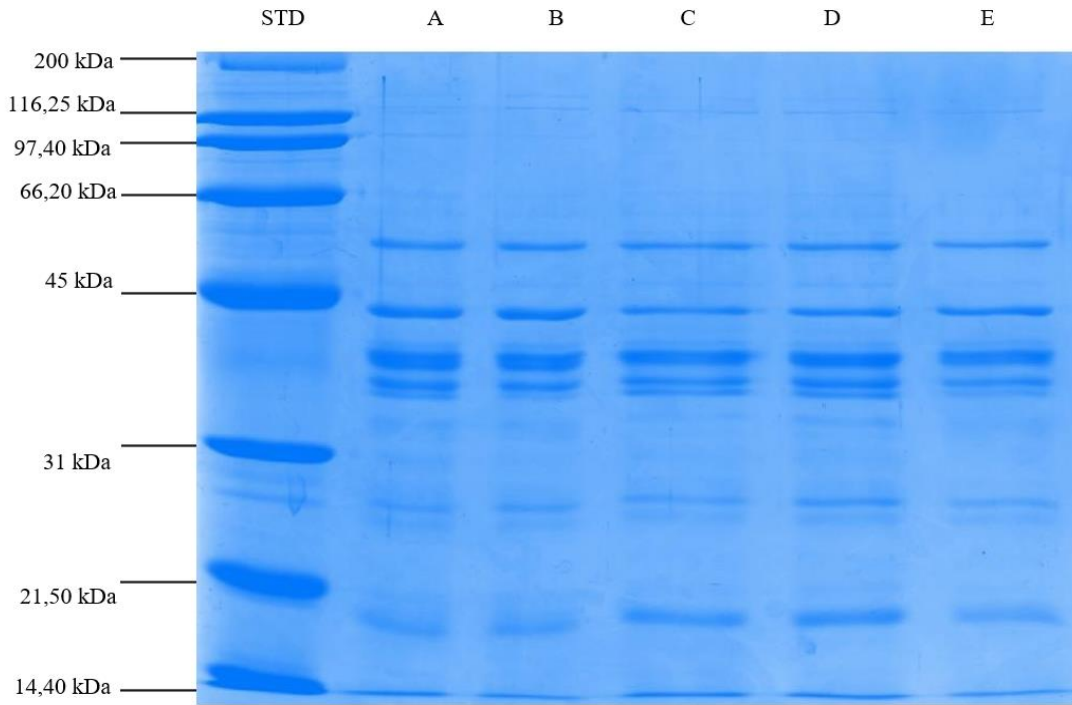
Tüm muamele gruplarında, 56, 43 (aktin), 39 ve 37 kDa molekül ağırlığına sahip proteinlerde yüksek bant yoğunluğu tespit edilirken; 36, 27, 26, 19, 17 ve 14,4 kDa molekül ağırlığına sahip proteinlerin bant yoğunluğunun diğer bantlara kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir. İnce ve kalın filamentlerin temel yapısını oluşturan aktin ve myosin, myofibriler proteinlerin önemli bir kısmını teşkil etmektedir (Anderson 2011). Mevcut araştırmada 200 kDa ağırlığındaki myosin ağır zinciri hiçbir örnekte tespit edilemezken, aktin olduğu tahmin edilen 43 kDa ağırlığındaki protein bandı tüm örneklerde gözlenmiştir. Sığır bifteklerinin myofibriler proteinleri üzerine, yüksek basınç ve marinasyon uygulamasının etkisinin incelendiği bir araştırmada, muameleye bağlı olarak en fazla degrade olan myofibriler proteinin myosin ağır zinciri olduğu bildirilmiştir (Uyarcan and Kayaardı 2019). Farklı pişirme yöntemlerinin etin myofibriler proteinleri üzerine etkisinin incelendiği bir diğer araştırmada, hammaddede tespit edilen myosin ağır zincirinin farklı pişirme yöntemleri uygulanan tüm örneklerde gözden kaybolduğu, aktinin ise pişirme işleminden sınırlı düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir (Öz 2021). Benzer şekilde Taşkiran *et al.* (2020), pişirme işlemi neticesinde myosin ağır zincirinin kaybolduğunu rapor etmiştir. Mevcut araştırmada hem kontrol hem de muamele grubu örneklerinde myosin ağır zincirine ait protein bandının gözlenememesi, bu proteinin özellikle ısı işlem uygulamasından etkilendiğini göstermektedir. Öte yandan, myosinin ağır zincirinin belirlenemediği örneklerde diğer bir önemli myofibriler protein olan aktinin tespit edilmesi, bu proteinin ısı işlem, yüksek basınç ve marinasyon gibi çeşitli muamelelere karşı dirençli olması ile açıklanabilir. Nitekim, çeşitli araştırmalarda aktin proteinin yüksek basınç, marinasyon ve sıcaklık uygulamaları esnasında varlığını büyük ölçüde koruduğu bildirilmiştir (Taşkiran 2018; Uyarcan and Kayaardı 2019; Öz 2021). Wen *et al.* (2015) et proteinlerinin ısı toleranslarının farklılık gösterdiğini, myosin ağır zincirinin ısı toleransının 60°C’de belirgin şekilde azaldığı,

aktin proteinin ise bu sıcaklıkta stabilitesini koruduğunu rapor etmiştir. Bununla birlikte mevcut araştırmada, diğer bir myosin fraksiyonu olan 14,4 kDa ağırlığındaki myosin hafif zinciri tüm muamele gruplarında varlığını korumuştur. Bu durum, muamele esnasında yalnızca myosin ağır zincirinin agregasyona katılması, hafif zincirlerin ise myosin yapısından ayrılması ile ilişkili olabilir (Speroni *et al.* 2014).

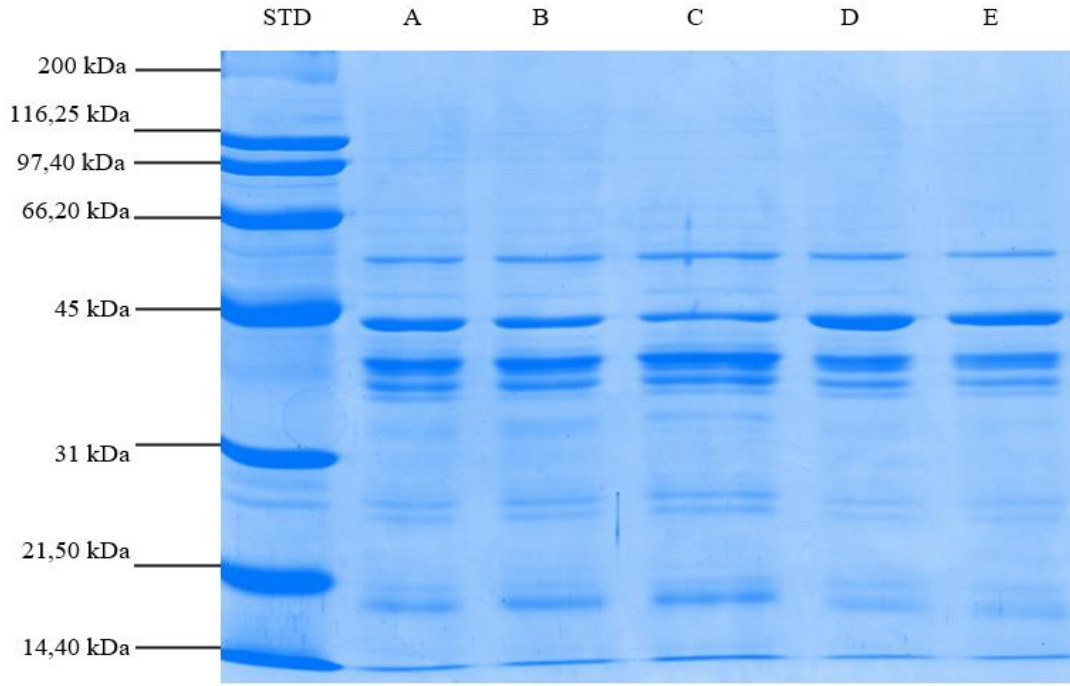
Mevcut çalışmada muamele grubu örnekleri arasında genellikle benzer SDS-PAGE profili gözlenmiş olsada, bazı proteinlerin bant yoğunluklarının marinasyon uygulaması ve marinat çeşidine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Aktin olduğu tahmin edilen 43 kDa ağırlığındaki protein bant yoğunluğunun, Deneme I' de nar ve üzüm sirkesi ile marine edilmiş örneklerde, Deneme II ve III' de ise nar sirkesi ile marine edilmiş örneklerde diğer muamele örneklerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bant yoğunluğunda gözlenen azalmaların, yüksek denatürasyon oranı ile bağlantılı olarak gözlenen protein agregasyonu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Nitekim, agregasyon nedeniyle protein kümelerinin jel porlarına giremediği ve bu durumun bant yoğunluklarında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Kajak-Siemaszko *et al.* 2011). Öte yandan mevcut araştırmada 17 kDa ağırlığındaki protein molekülünün bant yoğunluğunun Deneme I' de nar ile marine edilmiş örneklerde, Deneme II' de nar ve elma ile marine edilmiş örneklerde ve Deneme III' de ise balsamik ve nar ile marine edilmiş örneklerde, diğer muamele örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum, deneme (hayvan) farklılığının da bazı protein bantları üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan Dai *et al.* (2013) küçük myofibriler protein fraksiyonlarının myosin degradasyonu neticesinde oluşabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 6. Muamele örneklerinin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE profili (Blok – I)
(STD: Protein standardı, A: Kontrol (Marine edilmemiş), B: Balsamik, C: Nar, D: Elma ve E: Üzüm Sirkesi ile marine edilmiş pişirilmiş biftek örnekleri)



Şekil 7. Muamele örneklerinin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE profili (Blok – II)
(STD: Protein standardı, A: Kontrol (Marine edilmemiş), B: Balsamik, C: Nar, D: Elma ve E: Üzüm Sirkesi ile marine edilmiş pişirilmiş biftek örnekleri)



Şekil 8. Muamele örneklerinin myofibriler proteinlerine ait SDS-PAGE profili (Blok – III)
(STD: Protein standardı, A: Kontrol (Marine edilmemiş), B: Balsamik, C: Nar, D: Elma ve E: Üzüm Sirkesi ile marine edilmiş pişirilmiş biftek örnekleri)

Bifteklerin Heterosiklik Aromatik Amin (HAA) Değerleri

Geri kazanımlar

Araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için, standart ilave metodu kullanılmış ve örneklerle ekstraksiyon öncesinde bilinen konsantrasyonlarda (10, 7,5, 5, 2,5 ve 1 ng/g) HAA mix stok solüsyonu eklenmiştir. Yapılan ekstraksiyon ve analiz sonrası geri kazanım miktarları belirlenmiştir. Tablo 25'te mevcut araştırmada çalışılan HAA'ların geri kazanım oranları, belirli konsantrasyonlardaki HAA konsantrasyonlarından Sinyal/Gürültü (S/N) oranlarına göre hesaplanan LOD (limit of detection=3) ve LOQ (limit of quantification=10) değerleri yer almaktadır. Mevcut araştırmada HAA bileşiklerinin belirlenen geri kazanımları (%81,52 ile 95,64) literatürdeki veriler ile uyum içerisindedir (Murkovic *et al.* 1998; Messner and Murkovic 2004).

Tablo 25. Analizi yapılan HAA'ların geri kazanım, LOD ve LOQ değerleri

HAA	Geri kazanım (%)	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)
IQx	94,44	0,004	0,013
IQ	82,17	0,009	0,029
MeIQx	93,07	0,024	0,081
MeIQ	81,52	0,014	0,047
7,8-DiMeIQx	92,96	0,005	0,018
4,8-DiMeIQx	94,56	0,008	0,025
PhIP	95,44	0,025	0,085
AαC	95,64	0,012	0,039
MeAαC	90,53	0,010	0,035

HAA İçerikleri

Mevcut araştırmada, analizi yapılan HAA'lardan IQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC ve MeAαC bileşikler biftteklerde tespit edilememiştir. IQ bileşiği sadece kontrol grubu biftteklerde tespit edilmiş, farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon işleminin IQ oluşumunu tamamen inhibe ettiği belirlenmiştir. Öte yandan MeIQx bileşiği ise; örneklerde değişen miktarlarda (nd ile 4,04 ng/g) tespit edilmiştir. Her bir HAA bileşiği aşağıda detaylı şekilde tartışılmıştır.

Biftteklerin IQx İçerikleri

Literatürde heterosiklik aromatik aminler ile ilgili yapılan çalışmalarda en az araştırılan bileşiklerden birinin IQx bileşiği olduğu görülmektedir. Mevcut araştırmada, kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş biftteklerin hiçbirinde IQx bileşiği belirlenememiştir. Benzer şekilde literatürde de ısıtıcı işlem görmüş çeşitli et ve et ürünlerinde IQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim, Lan and Chen (2002) şeker (%1) ve soya sosu (%5, 10 ve 20) ile marinasyon işleminin (1 saat) ardından 98°C'de 1 saat pişirilen domuz etlerinde, Öz and Zikirov (2015) sous vide yöntemi ile 75 – 95°C'de 120 – 240 dk pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25 – 1) kitosan ilavesi ile 150 – 200°C'de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında ve Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı seviyelerde (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 150°C'de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde IQx bileşiğini tespit edememişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıtıcı işlem görmüş et ve et ürünlerinde IQx bileşiğinin farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Macit (2018) zeytin yaprağı ekstraktı ile marine edildikten sonra, yağsız tavada 180 – 220°C'de pişirilen somon balığında 0,06 ng/g, Öz and Zikirov (2015) 75 – 95°C'de 10 – 13 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında 0,06–0,156 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı

oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 200 – 250°C’de tavada pişirilen sığır etlerinde 0,21 – 0,87 ng/g, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C’de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde 0,37 – 3,48 ng/g, Hasnol *et al.* (2014) sofr şeker, esmer şeker ve bal ile marinasyondan sonra 300°C’ye ayarlı elektrikli ızgarada 8 dk pişirilen tavuk etlerinde 5,48 – 7,60 ng/g arasında değişen düzeylerde IQx bileşiğı belirlemiştir.

Bifteklerin IQ içerikleri

Mevcut araştırmada analizi yapılan biftek örneklerinden, sadece bir tane kontrol grubu biftekte 0,51 ng/g düzeyinde IQ bileşiğı belirlenmiş, diğer kontrol grubu biftekler ile (5 biftek) farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerde ise IQ bileşiğı tespit edilememiştir. Benzer şekilde, literatürde, ısıl işlem görmüş çeşitli et ve et ürünlerinde IQ bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim, Knize *et al.* (1997) zeytinyağı, limon suyu, elma sirkesi, esmer şeker, sarımsak, tuz ve hardal ile 4 saat marinasyon işlemi sonrasında ızgarada iç sıcaklık 100°C olacak şekilde pişirilen tavuk göğüs etlerinde, Toribio *et al.* (2007) teflon tavada 180 – 210°C’de 4 dk pişirilen sığır bifteklerinde, Lee *et al.* (2011) farklı miktarlarda (0 – 10 gram) sızma zeytinyağı ilavesi ile teflon elektrikli tavada, yüzey sıcaklığı 200°C olacak şekilde 10 dk pişirilen sığır bifteklerinde, Viegas *et al.* (2012) 200°C’de, hindistan cevizi kabuğı ve odun ile mangalda pişirilen sığır etlerinde, Öz and Zikirov (2015) tavada, 75°C’de 10 dk pişirilen sığır eti pizolalarında, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25 – 1) kitosan ilavesi ile ısıtıcı plaka üzerinde 150 – 250°C’de 9 dk pişirilen sığır eti pizolalarında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 150°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde ve Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar ile (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) marinasyon sonrası 30 s mikrodalgada tutulup 160°C’de palm yağında orta ve iyi derecede kızartılan sığır etlerinde IQ bileşiğinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde IQ bileşiğinin farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C’de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde nd – 0,66 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 200 – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 0,31 – 1,85 ng/g, Szterk (2015) 180°C’de (10 dk) ve 280°C’de (7 dk) ızgarada pişirilen sığır bonfileleri ve bifteklerinde 0,39 – 2,01 ng/g, Hasnol *et al.* (2014) sofr şeker, esmer şeker ve bal ile marinasyondan sonra 300°C’ye ayarlı elektrikli

ızgarada 8 dk pişirilen tavuk etlerinde 4,09 – 27,3 ng/g arasında değişen düzeylerde IQ belirlemişlerdir. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda, ısıl işlem görmüş etlerde çok daha yüksek seviyelerde IQ belirlendiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) kullanarak gerçekleştirdikleri marinasyon işleminin ardından pişirdikleri sığır etlerinde 73,96 ng/g'a kadar IQ bileşiğini tespit ettiklerini belirlemişlerdir.

Bifteklerin MeIQx içerikleri

MeIQx bileşiği, et ve et ürünlerinde en sık çalışılan ve belirlenen HAA bileşiklerinden biridir. Mevcut araştırmada kontrol grubu biftekler ile farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin tamamında değişen düzeylerde (nd ile 4,04 ng/g) MeIQx bileşiği tespit edilmiştir. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin MeIQx içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 26'da verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi, farklı sirke çeşitleri kullanılarak marinasyon işleminin, örneklerin MeIQx içeriği üzerine farklı etkiler gösterdiği, balsamik ve elma sirkelerinin, kontrol grubu bifteklerle kıyasla MeIQx içeriğini azalttığı, ancak değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Öte yandan, üzüm ve nar sirkelerinin kontrol grubu bifteklerle kıyasla MeIQx içeriğini arttırdığı, üzüm sirkesi ile marine edilen örneklerin MeIQx içerikleri ile kontrol grubu örneklerin MeIQx içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı, ancak nar sirkesi ile marinasyon işleminin, kontrol grubu bifteklerle kıyasla MeIQx içeriğini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir.

Tablo 26. Isıl işlem görmüş bifteklerin MeIQx içeriklerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	MeIQx (ng/g) ($\bar{x} \pm SD$)
Kontrol	6	0,95±0,62b
Balsamik	6	0,67±0,50b
Nar	6	2,22±1,14a
Elma	6	0,59±0,84b
Üzüm	6	1,34±1,00ab

Literatürde ısıl işlem görmüş çeşitli et ve et ürünlerinde farklı miktarlarda MeIQx bileşiğinin tespit edildiğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim, Gibis and Weiss (2010) farklı oranlarda (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 g/100 g) hatmi çiçeği (*Hibiscus sabdariffa*) ekstraktı ile marine edilen ve 230°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ızgarada farklı sürelerde (120 – 180 saniye) pişirilen sığır eti köftelerinde 0,2 – 1,7 ng/g, Knize *et al.* (1997) yapmış oldukları çalışmada

tüketime hazır bonfilelerde 0,87 ng/g ve hamburgerlerde 0,89 ng/g, Viegas *et al.* (2012) 200°C’de, hindistan cevizi kabuğu ve odun ile mangalda pişirilen sığır etlerinde 0,69 – 1,63 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 200 – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde 0,47–1,01 ng/g, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C’de, tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde 0,47 – 2,20 ng/g, Toribio *et al.* (2007) 180 – 210°C’de 4 dk teflon tavada pişirilen sığır bifteklerinde 0,78 – 2,86 ng/g, Iwasaki *et al.* (2010) sarımsak, soğan, tuz ve karabiber ile marinasyon sonrası ızgarada çok iyi derecede (iç sıcaklık 90°C’ye ulaşınca kadar) pişirilen sığır etlerinde 4,86 ng/g, Quelhas *et al.* (2010) yeşil çay ile marinasyon işleminin (1 – 6 saat) ardından 180–200°C’de, tavada pişirilen sığır etlerinde 3,6 – 4,9 ng/g, Knize *et al.* (1997) zeytinyağı, limon suyu, elma sirkesi, esmer şeker, sarımsak, tuz ve hardal ile 4 saat marinasyon işlemi sonrasında ızgarada 100°C’de farklı pişirme sürelerinde (14, 20 ve 26 dk) pişirilen tavuk göğüs etlerinde 6,1 ng/g’a kadar, Szterk (2015) 180°C (10 dk) ve 280°C’lik (7 dk) yüzey sıcaklığına sahip ızgarada pişirilen sığır bonfile ve bifteklerinde 1,10 – 7,20 ng/g, Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon sonrası mangalda orta seviyede pişirilmiş sığır etlerinde 15,60 ng/g ve iyi seviyede pişirilmiş sığır etlerinde ise 15,12 ng/g, Smith *et al.* (2008) su, soya yağı ve sirke ile 1 saat marinasyona tabii tutulan 204°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ızgarada 10 dk pişirilen sığır biftek etlerinde 30,3 ng/g’a kadar kadar MeIQx bileşiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, literatürde pişirilmiş sığır etlerinde daha yüksek seviyelerde MeIQx bileşiğinin bulunduğunu gösteren çalışmalar da yer almaktadır. Nitekim, Pais and Knize (2000) kızartılan sığır etlerinde MeIQx miktarının 182 ng/g’a kadar çıkabileceğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıtma işlemi görmüş et ve et ürünlerinde MeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Öz *et al.* (2010) 200°C’de 3 – 12 dk fırında pişirilen, 2–8 dk mangalda pişirilen ve 1,5 – 6 dk mikrodalgada pişirilen sığır etlerinde, Öz and Kaya (2011a, 2011b) 175 – 225°C’de 15 dk tavada pişirilen pirzolalarda, Öz and Zikarov (2015) 75°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) 150°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde MeIQx bileşiğinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir.

Bifteklerin MeIQ içerikleri

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin hiçbirinde MeIQ bileşiği belirlenememiştir. Benzer şekilde literatürde de ısıtma işlemi görmüş et ve et ürünlerinde MeIQ bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar

mevcuttur. Nitekim, Toribio *et al.* (2007) 180 – 210°C’de 4 dk teflon tavada pişirilen sığır bifteklerinde, Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar ile (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) marinasyon sonrası 30 s mikrodalgada tutulup 160°C’de palm yağında orta derecede kızartılan sığır etlerinde, Öz and Zikirov (2015) 75°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 150°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde MeIQ bileşiğinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıtma işlem görmüş et ve et ürünlerinde MeIQ bileşiğinin, farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25–1) kitosan ilavesi ile 150 – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,07 ng/g, Öz *et al.* (2015) farklı oranlarda (%0–0,5) konjuge linoleik asit ilave edilerek 150 – 250°C’de ısıtıcı plaka üzerinde 9 dk pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,56, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilaveli 200 – 250°C’de tavada 10 dk pişirilen sığır etlerinde 0,17 – 0,67 ng/g, Szterk (2015) 180°C (10 dk) ve 280°C’lik (7 dk) yüzey sıcaklığına sahip ızgarada pişirilen sığır bonfileleri ve bifteklerinde 1,71 – 5,33 ng/g, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150–250°C’de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde nd – 7,25 ng/g, Hasnol *et al.* (2014) sofr şeker, esmer şeker ve bal ile marinasyondan sonra 300°C’ye ayarlı elektrikli ızgarada 8 dk pişirilen tavuk etlerinde 4,98 – 9,03 ng/g, Lee *et al.* (2011) farklı miktarlarda (0-10 gram) sızma zeytinyağı ilavesi ile teflon elektrikli tavada, yüzey sıcaklığı 200°C olacak şekilde 10 dk pişirilen sığır bifteklerinde nd – 37,05 ng/g, Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar ile (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) marinasyon sonrası kömürde ızgara ve 30 saniye mikrodalgada tutulduktan sonra kömürde ızgara yapılarak orta ve iyi derecede pişirilen sığır etlerinde 43,67 ng/g’a kadar MeIQ bileşiğini belirlemişlerdir.

Bifteklerin 7,8-DiMeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin tamamında 7,8-DiMeIQx miktarının algılama sınırının altında (<0,005 ng/g) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde literatürde ısıtma işlem görmüş et ve et ürünlerinde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim, Toribio *et al.* (2007) 180 – 210°C’de 4 dk teflon tavada pişirilen sığır bifteklerinde, Lee *et al.* (2011) farklı miktarlarda (0 – 10 gram) sızma zeytinyağı ilavesi ile teflon elektrikli tavada, yüzey sıcaklığı 200°C olacak şekilde 10 dk pişirilen sığır bifteklerinde, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017)

farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 200°C’de fırında pişirilen sığır etlerinde, Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar ile (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) marinasyon sonrası pişirilen sığır etlerinde, Öz and Zikirov (2015) 75°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2015) farklı oranlarda (%0-0,5) konjuge linoleik asit ilave edilerek 150°C’de ısıtıcı plaka üzerinde 9 dk pişirilen sığır eti pirzolarında, Jamali *et al.* (2016) kuşburnu ekstraktı (%0,1) eklenerek 160 – 220°C’de derin yağda (soya fasulyesi yağı ile) kızartılan sığır et köftelerinde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C’de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde nd – 0,04 ng/g, Öz and Zikirov (2015) 95°C’de 13 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında 0,039 ng/g ve 85°C’de 12 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında ise 0,074 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilaveli 200 – 250°C’de tavada 10 dk pişirilen sığır etlerinde nd – 0,14 ng/g, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25 – 1) kitosan ilavesi ile 150 – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,15 ng/g, Öz *et al.* (2015) ise farklı oranlarda (%0 – 0,5) konjuge linoleik asit ilave edilerek 200 – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,19 ng/g’a kadar 7,8-DiMeIQx bileşiğini belirlemişlerdir.

Bifteklerin 4,8-DiMeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin tamamında 4,8-DiMeIQx miktarının algılama sınırının altında (<0,008 ng/g) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde literatürde marine edilip ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim, Gibis and Weiss (2010) farklı oranlarda (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 g/100 g) hatmi çiçeği (*Hibiscus sabdariffa*) ekstraktı ile marine edilen ve 230°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ızgarada farklı sürelerde (120 – 180 s) pişirilen sığır eti köftelerinde, Lee *et al.* (2011) farklı miktarlarda (0 – 10 gram) sızma zeytinyağı ilavesi ile teflon elektrikli tavada, yüzey sıcaklığı 200°C olacak şekilde 10 dk pişirilen sığır bifteklerinde, Viegas *et al.* (2012) 200°C’de, hindistan cevizi kabuğu ve odun ile mangalda pişirilen sığır etlerinde, Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) kullanarak gerçekleştirdikleri marinasyon işleminin ardından pişirdikleri sığır etlerinde, Öz and Zikirov (2015) 75°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2015) farklı oranlarda

(%0 – 0,5) konjuge linoleik asit ilave edilerek 150 – 250°C’de ısıtıcı plaka üzerinde 9 dk pişirilen sığır eti pirzolarında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilaveli 200 – 250°C’de tavada 10 dk pişirilen sığır etlerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde MeIQ bileşiğinin farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25 – 1) kitosan ilavesi ile 150-250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,05 ng/g, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C’de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde nd–1,19 ng/g, Öz and Kaya (2011b) kırmızı biber ilavesiyle (%0 ve 1 w/w) 175 – 225°C’de tavada 15 dk kızartılan sığır etlerinde nd – 1,77 ng/g, Iwasaki *et al.* (2010) sarımsak, soğan, tuz ve karabiber ile marinasyon sonrası tavada ve ızgarada, çok iyi derecede (iç sıcaklık 90°C’ye ulaşıncaya kadar) pişirilen sığır etlerinde nd–2,35 ng/g, Quelhas *et al.* (2010) yeşil çay ile marinasyon işleminin (1 – 6 saat) ardından 180 – 200°C’de, tavada pişirilen sığır etlerinde 1,3 – 2,4 ng/g’a kadar 4,8-DiMeIQx bileşiğini belirlemişlerdir.

Bifteklerin PhIP içerikleri

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin tamamında PhIP miktarının algılama sınırının altında (<0,025 ng/g) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde PhIP bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim, Iwasaki *et al.* (2010) sarımsak, soğan, tuz ve karabiber ile marinasyon sonrası tavada ve ızgarada farklı pişirme dereceleri (az, orta ve iyi) ile pişirilen sığır etlerinde, Jinap *et al.* (2013) çeşitli marinatlar (kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı) kullanarak gerçekleştirdikleri marinasyon işleminin ardından pişirdikleri sığır etlerinde, Öz and Zikirov (2015) 95°C’de sous vide yöntemi ile 120 – 240 dk pişirilen sığır eti pirzolarında PhIP bileşiğinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde PhIP bileşiğinin, farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 0,75 ng/g, Viegas *et al.* (2012) 200°C’de, hindistan cevizi kabuğu ve odun ile mangalda pişirilen sığır etlerinde 0,91 – 1,45 ng/g, Öz *et al.* (2015) farklı oranlarda (%0 – 0,5) konjuge linoleik asit ilave edilerek 150 – 250°C’de ısıtıcı plaka üzerinde 9 dk pişirilen sığır eti pirzolarında 0,06 – 2,61 ng/g, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25 – 1)

kitosan ilave edilmiş ve 150 – 250°C’de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş sığır eti pirzolarında nd – 2,94 ng/g, Iwasaki *et al.* (2010) sarımsak, soğan, tuz ve karabiber ile marinasyon sonrası tavada ve ızgarada, çok iyi derecede (iç sıcaklık 90°C’ye ulaşınca kadar) pişirilen sığır etlerinde 0,05 – 4,64 ng/g, Toribio *et al.* (2007) 180–210°C’de 4 dk teflon tavada pişirilen sığır bifteklerinde 1,73 – 6,99 ng/g, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C’de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde nd – 7,59 ng/g, Öz and Kaya (2011b) kırmızı biber ilavesiyle (%0 ve 1 w/w) 175 – 225°C’de tavada 15 dk kızartılan sığır etlerinde nd – 9,47 ng/g, Hasnol *et al.* (2014) sofr şeker, esmer şeker ve bal ile marinasyondan sonra 300°C’ye ayarlı elektrikli ızgarada 8 dk pişirilen tavuk etlerinde 6,74 – 9,87 ng/g, Szterk (2015) 180°C’de (10 dk) ve 280°C’de (7 dk) ızgarada pişirilen sığır bonfileleri ve bifteklerinde 3,14 – 11,80 ng/g, Knize *et al.* (1997) yapmış oldukları çalışmada tüketime hazır hamburgerlerde 11 ng/g ve bonfilelerde 13 ng/g, Jamali *et al.* (2016) kuşburnu ekstraktı (%0,1) eklenerek 160 – 220°C’de derin yağda (soya fasulyesi yağı ile) kızartılan sığır et köftelerinde 0,18 – 14,0 ng/g, Quelhas *et al.* (2010) yeşil çay ile marinasyon işleminin (1 – 6 saat) ardından 180 – 200°C’de, tavada pişirilen sığır etlerinde 8,8 – 24,1 ng/g arasında PhIP bileşimini tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca literatürde sığır etinde daha yüksek seviyelerde PhIP bileşiminin belirlendiği çalışmalar da mevcuttur. Nitekim, Pais and Knize (2000) kızartılan sığır etlerinde 182 ng/g’a ve Knize *et al.* (1997) zeytinyağı, limon suyu, elma sirkesi, esmer şeker, sarımsak, tuz ve hardal ile 4 saat marinasyon işlemi sonrasında ızgarada 100°C’de farklı pişirme sürelerinde (14, 20 ve 26 dk) pişirilen tavuk göğüs etlerinde 315 ng/g’a kadar PhIP bileşimini belirlemişlerdir.

Bifteklerin AaC içerikleri

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin tamamında AaC miktarının algılama sınırının altında (<0,012 ng/g) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, literatürde ısı işlem görmüş et ve et ürünlerinde AaC bileşiminin belirlenemediğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim, Knize *et al.* (1997) yapmış oldukları çalışmada tüketime hazır bonfilelerde, Öz and Zikirov (2015) 95°C’de sous vide yöntemi ile 120 – 240 dk pişirilen sığır eti pirzolarında, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilave edilerek 150°C’de 10 dk tavada pişirilen sığır etlerinde, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 200°C’de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde bileşiminin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısı işlem görmüş et ve et ürünlerinde AaC bileşiminin, farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim,

Szterk (2015) 180°C'de (10 dk) ve 280°C'de (7 dk) ızgarada pişirilen sığır bonfileleri ve bifteklerinde 0,35 – 0,54 ng/g, Öz *et al.* (2015) farklı oranlarda (%0 – 0,5) konjuge linoleik asit ilave edilerek 150 – 250°C'de ısıtıcı plaka üzerinde 9 dk pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,58 ng/g, Jamali *et al.* (2016) kuşburnu ekstraktı (%0,1) eklenerek 160 – 220°C'de derin yağda (soya fasulyesi yağı ile) kızartılan sığır et köftelerinde nd – 0,64 ng/g, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25 – 1) kitosan ilavesi ile 150 – 250°C'de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında nd – 0,68 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilaveli 200 – 250°C'de tavada 10 dk pişirilen sığır etlerinde 0,05 – 1,27 ng/g, Toribio *et al.* (2007) 180 – 210°C'de 4 dk teflon tavada pişirilen sığır bifteklerinde nd – 1,41 ng/g, Viegas *et al.* (2012) 200°C'de, odun ve hindistan cevizi kabuğu ile mangalda pişirilen sığır etlerinde 1,44 – 1,54 ng/g, Quelhas *et al.* (2010) yeşil çay ile marinasyon işleminin (1 – 6 saat) ardından 180 – 200°C'de, tavada pişirilen sığır etlerinde 2,2 – 6,0 ng/g, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C'de tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 8,48 ng/g, Hasnol *et al.* (2014) sofra şekeri, esmer şeker ve bal ile marinasyondan sonra 300°C'ye ayarlı elektrikli ızgarada 8 dk pişirilen tavuk etlerinde 27,1 ng/g'a kadar AαC bileşiğini belirlemişlerdir.

Bifteklerin MeAαC içerikleri

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin tamamında MeAαC miktarının algılama sınırının altında (<0,010 ng/g) kaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde MeAαC bileşiğinin belirlenemediğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Nitekim, Öz *et al.* (2015) farklı oranlarda (%0 – 0,5) konjuge linoleik asit ilave edilerek 150–250°C'de ısıtıcı plaka üzerinde 9 dk pişirilen sığır eti pirzolarında, Öz *et al.* (2016a) farklı moleküler ağırlık (düşük ve orta) ve miktarlarda (%0,25 – 1) kitosan ilavesi ile 150 – 250°C'de 9 dk ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti pirzolarında, Tengilimoğlu-Metin and Kızıl (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) enginar ekstraktı ilave edilerek 150 – 250°C'de tavada ve fırında pişirilen sığır etlerinde MeAαC bileşiğinin tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde ısıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde MeAαC bileşiğinin, farklı miktarlarda tespit edildiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Toribio *et al.* (2007) 180–210°C'de 4 dk teflon tavada pişirilen sığır bifteklerinde nd – 0,15 ng/g, Tengilimoğlu-Metin *et al.* (2017) farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilaveli 150 – 250°C'de tavada 10 dk pişirilen sığır etlerinde nd – 0,48 ng/g, Viegas *et al.* (2012) 200°C'de, odun ve hindistan cevizi kabuğu ile mangalda pişirilen

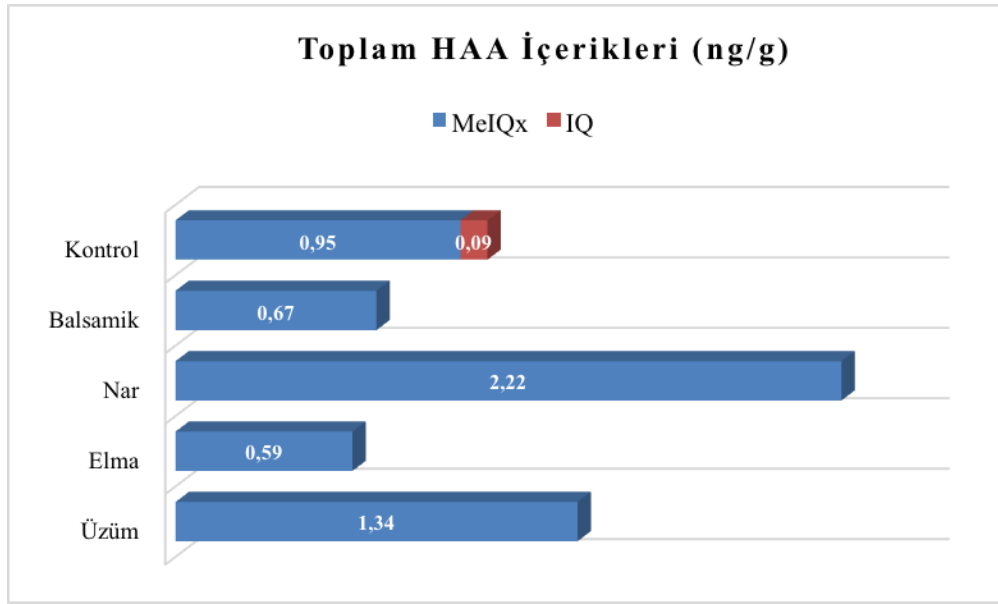
sığır etlerinde 0,49 – 0,52 ng/g, Jamali *et al.* (2016) kuşburnu ekstraktı (%0,1) eklenerek 160 – 220°C’de derin yağda (soya fasulyesi yağı ile) kızartılan sığır et köftelerinde nd – 0,66 ng/g’a kadar MeAαC bileşiğini belirlemişlerdir.

Bifteklerin Toplam Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği ve Marinasyon İşleminin Etkinliği

Mevcut araştırmada kontrol grubu biftekler ile farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak marine edilmiş ve 200°C’lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde pişirilmiş bifteklerin toplam HAA içeriklerinin nd ile 4,04 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin bifteklerin toplam HAA içeriği üzerine olan etkisinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 27’de verilmiş ve Şekil 9’da şematize edilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi kontrol grubu biftek örneklerinde sadece IQ ve MeIQx bileşikler tespit edilmiş, toplam HAA içeriğinin yaklaşık %95 gibi büyük bir kısmının MeIQx bileşiğine ait olduğu hesaplanmıştır. Öte yandan, farklı sirke çeşitleri kullanılarak marine edilen biftek örneklerinde sadece MeIQx bileşiği tespit edilmiştir.

Tablo 27. Isıl işlem görmüş bifteklerin toplam HAA içeriklerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	n	Toplam HAA (ng/g) ($\bar{x} \pm SD$)
Kontrol	6	1,04±0,71b
Balsamik	6	0,67±0,50b
Nar	6	2,22±1,11a
Elma	6	0,59±0,85b
Üzüm	6	1,34±1,00ab



Şekil 9. Bifteklerin toplam HAA içerikleri (ng/g)

Tablo 27’den de görüleceği gibi, farklı sirke çeşitleri kullanılarak yapılan marinasyon işleminin, örneklerin toplam HAA içerikleri üzerine farklı etkiler gösterdiği, balsamik ve elma sirkelerinin, kontrol grubu bifteklerle kıyasla toplam HAA içeriğini azalttığı, ancak bu azalmanın istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Öte yandan, nar ve üzüm sirkelerinin ise kontrol grubu bifteklerle kıyasla toplam HAA içeriğini artırdığı, üzüm sirkesi ile marine edilen örneklerin toplam HAA içeriği ile kontrol grubu örneklerin toplam HAA içeriği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı, ancak nar sirkesi ile yapılan marinasyon işleminin kontrol grubu bifteklerle kıyasla toplam HAA içeriğini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuca, sirkelerin bünyelerinde yer alan antioksidan madde içerikleri ve bu antioksidan maddelerde ısıtma işlemi neticesinde görülen değişimin etki ettiği düşünülmektedir. Zira, ülkemizde yapılan bir çalışmada (Bozdemir vd 2021), nar sirkelerindeki toplam fenolik madde içeriğinin (1480,69 mg GAE/L), elma sirkeleri (185,88 mg GAE/L) ve üzüm sirkelerine (156,54 mg GAE/L) kıyasla çok daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Mevcut araştırmada, nar sirkesi ile marine edilen bifteklerde toplam HAA içeriğinin kontrol grubu biftekler ile diğer sirkeler kullanılarak marine edilmiş bifteklerle kıyasla daha yüksek olmasının, nar sirkesinde yer alan fenolik maddelerin, pişirme koşulları altında prooksidan etki göstermesi nedeniyle olabileceği düşünülmektedir. Çünkü sirkelerin, bünyelerinde barındırdığı fenolik bileşikler nedeniyle antioksidan etki gösterdiği bilinmesine karşın (Chen *et al.* 2016), antioksidan maddelerin ısıtma işlemi neticesinde konsantrasyon, yapı ve substrata bağlı olarak prooksidan etki gösterebileceği de bilinmektedir (Maurya and Devasagayam 2010; Öz and Kaya 2011a-b).

Mevcut araştırmada elde edilen HAA sonuçlarını, literatürdeki verilerle kıyaslamak, hem HAA'ların oluşumları üzerine pek çok faktörün etkili olması hem de mevcut araştırmada kullanılan sirke çeşitliliği ve marinasyon işleminde sadece sirke kullanılması gibi nedenlerden dolayı oldukça zordur. Öte yandan, mevcut araştırmada elde edilen toplam HAA içeriğinin literatürdeki verilere kıyasla düşük olduğunu söylemek mümkündür. Isıl işlem görmüş et ve et ürünlerinde HAA içeriği üzerine et tipi, HAA prekürsörlerinin miktarı, et ürününün hazırlanma şekli, marinasyon işlemi, marinasyon uygulama şekli, marinasyonda kullanılan marinatlar, marinatların etkileri, ısıl işlem koşulları vb. pek çok faktörün etki ettiği bilinmektedir (Robbana-Barnat *et al.* 1996; Chen *et al.* 2000; Skog and Solyakov 2002; Öz 2021; Savaş *et al.* 2021). Literatürdeki verilerle mevcut araştırmada elde edilen sonuçlar arasındaki farklılığın, belirtilen bu nedenlerden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Öz and Zikirov (2015) farklı pişirme metotlarının (sous-vide, haşlama ve tavada pişirme) sığır pirzola etlerinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, mevcut araştırmada olduğu gibi 9 adet bireysel HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AC ve MeAC) oluşumunu incelemişlerdir. Araştırmacılar analiz ettikleri örneklerde toplam HAA içeriğinin 0,032 – 0,940 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Uzun and Öz (2020) farklı oranlarda (%0, 0,25, 0,50, 0,75 ve 1) fesleğen ilave edilerek üretilen ve farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250°C) pişirilen sığır köftelerinde HAA oluşumunu inceledikleri çalışmada, toplam HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AC ve MeAC) içeriğinin nd – 1,61 ng/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmada köfte üretiminde fesleğen kullanımın, kullanım oranı ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak toplam HAA içeriği üzerine hem azaltıcı hem de artırıcı etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Fesleğenin HAA oluşumunu inhibe edici etkisi; fesleğenin sahip olduğu fenolik bileşiklerin antioksidan etkisine bağlanırken, fesleğenin HAA oluşumunu artırıcı etkisi ise fenolik bileşiklerin prooksidan etki göstermesine bağlanmıştır.

Öz *et al.* (2016a) kitosan kullanımının sığır pirzola etlerinde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, örneklerini 150, 200 ve 250°C yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plaka üzerinde toplam 9 dk pişirmişlerdir. Araştırmacılar analiz ettikleri örneklerde toplam HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AC ve MeAC) içeriğinin nd – 4,21 ng/g arasında değiştiğini, kitosan ilave edilmeden hazırlanan kontrol grubu örneklerde toplam HAA içeriğinin pişirme sıcaklığındaki artış ile arttığını ve kitosan ilavesinin bütün pişirme sıcaklıklarında toplam HAA içeriğini azalttığını (%14,3–

%100) belirlemişlerdir. Araştırmacılar kitosanın toplam HAA oluşumunu inhibe edici etkisini, kitosanın su tutma kapasitesinin yüksek olmasına bağlamışlardır.

Öz and Kaya (2011b) kırmızı biber ilavesiyle farklı sıcaklıklarda (175°C, 200°C ve 225°C) pişirdikleri sığır pirzola etlerinde (*M. Longissimus dorsi*) toplam HAA (IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğinin nd – 9,47 ng/g arasında değiştiğini, kırmızı biber ilave edilerek hazırlanan örneklerde, kontrol grubu örneklerle kıyasla toplam HAA içeriğinin bütün pişirme sıcaklıklarında azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, kırmızı biberin toplam HAA oluşumunu inhibe edici etkisini, kırmızı biberin antioksidan etkisine bağlamışlardır.

Tengilimoglu-Metin *et al.* (2017) sığır etlerine farklı oranlarda (%0, 0,5 ve 1) alıç ekstraktı ilavesinin HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, etlerini 150, 200 ve 250°C’lik tavada 10 dk pişirmişlerdir. Araştırmacılar, analiz ettikleri örneklerde toplam HAA (IQx, IQ, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, Harman, Norharman, AαC, MeAαC ve Trp-P-2) içeriğinin nd – 11,38 ng/g arasında değiştiğini, alıç ekstraktı ilave edilmeden hazırlanan kontrol grubu örneklerde toplam HAA içeriğinin pişirme sıcaklığındaki artış ile arttığını, 250°C’de pişirilen örneklerde ise alıç ekstraktı ilavesinin toplam HAA içeriğini azalttığını bildirmişler ve bu durumu alıç ekstraktının yüksek polifenol içeriğine bağlamışlardır.

Iwasaki *et al.* (2010) sarımsak, soğan, tuz ve karabiber kullanarak marine ettikleri sığır etlerini tavada ve ızgarada farklı pişirme derecelerinde (az, orta ve iyi) pişirerek HAA’ların oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, örneklerin toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğinin nd – 1185,5 ng/100g arasında değiştiğini ve marinasyon işleminin örneklerin HAA içeriğini azalttığını bildirmişlerdir.

Gibis and Weiss (2017) sığır etlerine farklı oranlarda (%0,5, 1, 2 ve 3) selüloz lifi ilavesinin HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, 220°C yüzey sıcaklığına sahip ızgarada 160 s pişirdikleri köfte örneklerinde toplam HAA (MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, Harman ve Norharman) içeriğinin 5,36 – 17,75 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar selüloz lifi ilavesinin HAA oluşumu üzerine inhibe edici ve artırıcı etkisini oligosakkariklerin miktarına bağlamışlardır. Ayrıca selüloz liflerinin yüksek su tutma kapasitesinin HAA içeriğini doğrudan etkilediğini de rapor etmişlerdir.

Shin *et al.* (2002) farklı miktarlarda (0, 5, 10, 15 ve 20 g) sarımsak ilave ederek 225°C’de 20 dk tavada pişirilen sığır köftelerinde toplam HAA (MeIQx, DiMeIQx ve PhIP) içeriğinin 6,9 – 21,7 ng/g arasında değiştiğini ve sarımsak ilavesinin HAA içeriğini azalttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar sarımsağın HAA oluşumunu inhibe edici etkisini sarımsakta bulunan sülfür bileşiklerine bağlamışlardır.

Lu *et al.* (2018) çeşitli baharatların (sarımsak, soğan, acı biber, kırmızı biber, karabiber ve zencefil) HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, 180°C'lik fritözde 3 dk derin yağda kızartılan köfte örneklerinde (15 g) toplam HAA (IQ, MeIQ, 4,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğinin 12,99 – 60,42 ng/g arasında değiştiğini ve baharat ilaveli köftelerde toplam HAA içeriğinin, kontrol grubu köftelere kıyasla daha düşük çıktığını bildirmişler ve baharatların toplam HAA oluşumunu inhibe edici etkisini baharatların antioksidan kapasitesine bağlamışlardır.

Jinap *et al.* (2013) kimyon, arpacık soğan, kişniş, limon otu, zerdeçal, şeker, tuz ve palm yağı ile marine edilen ve farklı pişirme yöntemleri (kömürde ızgara, 30 saniye mikrodalgada tutulduktan sonra kömürde ızgara ve 30 saniye mikrodalgada tutulduktan sonra 160°C'de palm yağında kızartma) kullanılarak farklı pişirme derecelerinde (orta ve iyi pişirilmiş) pişirilen sığır etlerinde toplam HAA (IQ, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, 7,8-DiMeIQx ve PhIP) içeriğinin nd – 140,68 ng/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar mikrodalga ön uygulamasının, HAA prekürsörlerinin sızıntı suyu ile uzaklaşması neticesinde daha düşük HAA oluşumuna neden olduğunu rapor etmişlerdir.

HAA'ların kişi başına günlük tüketim miktarı 0 – 15 µg/gün olarak belirtilmiştir (Skog 2002). Mevcut araştırmada, toplam HAA içeriğinin en yüksek olduğu nar sirkesi ile marine edilen bifteklerden 100 g tüketilmesi halinde dahi alım miktarı (0,222 µg) belirlenen sınırın çok altında kalmaktadır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Farklı sirke çeşitleri (balsamik, nar, elma ve üzüm) kullanılarak yapılan marinasyon işleminin sığır bifteklerinin çeşitli kalite kriterleri ve heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilen mevcut araştırmada elde edilen sonuçlar, maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

1. Farklı sirke çeşitleri ile marinasyon işlemi, ısıl işlem öncesinde bifteklerde ağırlık artışına neden olmuş, ancak pişirme işlemi neticesinde bifteklerin su ve pişirme kaybı değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.
2. Marinasyon işleminde kullanılan tüm sirke çeşitlerinin kontrol grubu bifteklerle kıyasla pH değerini anlamlı düzeyde düşürdüğü belirlenmiştir.
3. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işlemi, pişirme işlemi neticesinde kontrol grubu bifteklerle kıyasla bifteklerin TBARS değerinde artışa neden olmuş, ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.
4. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, bifteklerin renk değerleri üzerine farklı etkiye sahip olduğu, araştırmadaki en düşük ve en yüksek L^* , a^* ve b^* değerlerinin sırasıyla nar ve elma sirkesi ile marine edildikten sonra pişirilen bifteklerde olduğu tespit edilmiştir.
5. Farklı sirke çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, bifteklerin tekstürel özelliklerinden yalnızca elastikiyet değeri üzerine önemli etkisinin ($p<0,05$) olduğu ve marinasyon işleminde balsamik ve üzüm sirkesi kullanımının kontrol grubu bifteklerle kıyasla elastikiyet değerini azalttığı belirlenmiştir.
6. Muamele örneklerine ait myofibriler proteinlerin genel olarak benzer bant profili sergilediği gözlenmiştir. Bununla birlikte önemli bir myofibriler protein olan aktinin denatürasyon oranı ile ilişkili olan bant yoğunluğunun blok (hayvan) farklılığına ve marinasyon çeşidine bağlı olarak bazı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir.
7. Tüm muamele gruplarında 56, 43, 39 ve 37 kDa molekül ağırlığına sahip proteinlerde yüksek bant yoğunluğu gözlenmiştir.
8. Kalın filamentlerin temel proteini olan myosin, muamele örneklerinin hiçbirinde gözlenemezken; ince filamentlerin esas proteini olan aktin, muamele örneklerinin tamamında stabilitesini korumuştur.
9. HAA bileşiklerinin geri kazanım oranlarının %81,52 ile 95,64 arasında değiştiği belirlenmiştir.

10. Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'lerden IQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, AαC ve MeAαC bileşikleri hiçbir örnekten tespit edilememiştir.
11. IQ bileşiği sadece kontrol grubu bifteklerde maksimum 0,51 ng/g düzeyinde belirlenirken, MeIQx bileşiği ise tüm muamele gruplarında, maksimum 2,22 ng/g düzeyine kadar tespit edilmiştir.
12. Toplam HAA içeriğinin 0,59 ile 2,22 ng/g düzeyinde değiştiği belirlenmiştir.
13. Marinasyon işleminde balsamik ve elma sirkesi kullanımı, kontrol grubu örneklerle kıyasla toplam HAA içeriğini istatistiksel olarak önemli olmayan düzeyde azaltmıştır.
14. Marinasyon işleminde üzüm ve nar sirkesi kullanımı toplam HAA içeriğini artırmış, ancak bu artışın sadece nar sirkesi kullanımında istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir.
15. Mevcut araştırmada elde edilen sonuçlar, bifteklerle uygulanan pişirme işlemi neticesinde, karsinojen ve/veya mutajen oldukları tespit edilen HAA'ların oluşabildiğini göstermiştir. Farklı sirke eşitleri kullanılarak gerçekleştirilen marinasyon işleminin, sirke çeşidine bağlı olarak HAA oluşumu üzerine hem azaltıcı hem de artırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir. Genel bir değerlendirme yapılması durumunda, istatistiksel olarak önemli olmayan bir düzeyde azaltma yapmış olsa da marinasyon işleminde elma ve balsamik sirkesi kullanımı toplam HAA oluşumunu kontrol grubu örneklerle kıyasla azalttığı için tavsiye edilmektedir. Öte yandan, konu ile ilgili yeni araştırılmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., Mills, E. W., Hedrick, H. B. and Judge, M. D., 2001. Structure and composition of animal tissues. Principles of meat science, 9-116.
- Aguilera, J. M. and Stanley, D. W., 1999. Microstructural principles of food processing and engineering. Springer Science & Business Media.
- Akbaş, M., 2008. Ülkemizde üretilen üzüm sirkelerinin bileşimleri ve gıda mevzuatına uygunlukları üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aktaş, N., Aksu, M.I., Kaya, M., 2003. The effect of organic acid marination on tenderness, cooking loss and bound water content of beef. Journal of Muscle Foods, 14, 181–194.
- Aktaş, N., Kaya, M., 2001, The Influence of Marinating with Weak Organic Acids and Salts on The Intramuscular Connective Tissue and Sensory Properties of Beef, European Food Research and Technology, 213: 88-94.
- Alfaia, C. M., Alves, S. P., Lopes, A. F., Fernandes, M. J., Costa, A. S., Fontes, C. M. and Prates, J. A., 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. Meat Science, 84(4), 769-777.
- Anderson, 2011. Identification of proteins and biological processes associated with tenderness in beef muscles. Animal Science Commons, Iowa State University.
- Arganosa, G. C., and Marriott, N. G., 1989. Organic acids as tenderizers of collagen in restructured beef. Journal of Food Science, 54(5), 1173-1176.
- Balık, G., 2011. Omega-3 yağ asidi nanopartiküllerinin ekmek formülasyonlarında kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 78 s, Ankara.
- Barbanti, D. and Pasquini, M., 2005. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. LWT-Food Science and Technology, 38(8), 895-901.
- Bell, M. F., Marshall, R. T. and Anderson, M. E., 1986. Microbiological and sensory tests of beef treated with acetic and formic acids. Journal of Food Protection, 49(3), 207-210.
- Bilek, A. E. and Turhan, S., 2009. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. Meat science, 82(4), 472-477.
- Bor, Y., 2011. Hindi etlerinin marinasyonunda bazı doğal antioksidan kaynaklarının kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Bozdemir, M., Kamer, D. D. A., Akgül, G. ve Gümüş, T., 2021. Farklı Hammaddelerden Üretilen Sirkelerin Bazı Fizikokimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1), 32-44.
- Budak, H. N., 2010. Elma ve üzümünden üretilen sirkelerin bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri üzerine araştırma. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Burke, R.M. and Monahan, F.J., 2003, The Tenderisation of Shin Beef Using a Citrus Juice Marinade, Meat Science, 63: 161-168.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D. and Richardson, R. I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. Meat Science, 72(2), 303-311.

- Cesur, E., 2009. Vişne, nar, portakal, üzüm ve elma suyu ile marinasyonun tavuk göğüs etinin kimyasal, duyuşal ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Chen H., Chen T., Giudici P. and Chen F., 2016. Vinegar functions on health: constituents, sources and formation mechanisms. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, vol.15.
- Chen, B. H., Lee, K. H. and Tai, C. Y., 2000. Formation of heterocyclic amines in fried fish fiber during processing and storage. *Journal of food protection*, 63(10), 1415-1420.
- Dai, Y., Miao, J., Yuan, S.Z., Liu, Y., Li, X.M. and Dai, R.T., 2013. Colour and sarcoplasmic protein evaluation of pork following water bath and ohmic cooking. *Meat Science*, 93, 898–905.
- Deniz, E., 2009. Kesim sonrasında farklı sürelerde enjekte edilen marinat çözeltilerinin et kalitesi üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Elbir, Z. and Öz, F., 2021. The assessment of commercial beef and chicken bouillons in terms of heterocyclic aromatic amines and some of their precursors. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(1), 504-513.
- Ergezer, H., 2005. Değişik yöntemlerle marine edilmiş kanatlı etlerinin kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Ergezer, H., and Gökçe, R., 2004. Kanatlı Etlerinin Marinasyon Tekniğı ile İşlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(2), 227-233.
- Ertbjerg, P., Mielche, M.M., Larsen, L.M., and Møller, A.J., 1999. Relationship between proteolytic changes and tenderness in prerigor lactic acid marinated beef. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79:970-978.
- Fadıloğlu, E. E. and Serdaroğlu, M., 2018. Effects of pre and post-rigor marinade injection on some quality parameters of longissimus dorsi muscles. *Korean journal for food science of animal resources*, 38(2), 325.
- Farhadian, A., Jinap, S., Faridah, A. and Zaidul, I. S. M., 2012. Effects of marinating on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo [a] pyrene, benzo [b] fluoranthene and fluoranthene) in grilled beef meat. *Food Control*, 28(2), 420-425.
- Felton, J.S., Malfatti, M.A., Knize, M.G., Salmon, C.P., Hopmans, E.C. and Wu, R.W., 1997. Health risks of heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1–2), 37-41.
- Gault, N. F. S., 1985. The relationship between water-holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. *Meat science*, 15(1), 15-30.
- Gibis, M. and Weiss, J., 2010. Inhibitory effect of marinades with hibiscus extract on formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of fried beef patties. *Meat science*, 85(4), 735-742.
- Gibis, M. and Weiss, J., 2017. Inhibitory effect of cellulose fibers on the formation of heterocyclic aromatic amines in grilled beef patties. *Food chemistry*, 229, 828-836.
- Girard, P.J., 1992. *Cooking. Technology of Meat and Meat Products*. France, 32-83.
- Goli T., Ricci, J., Bohuon, P., Marchesseau, S., Collignan, A., 2014. Influence of sodium chloride and pH during acidic marination on water retention and mechanical properties of turkey breast meat. *Meat Science*, 96, 1133-1140.

- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu. (V. Baskı), Atatürk Üniv. Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fak. Yayın No: 318.Ders kitapları seri no:69 Atatürk Üniv. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gu, Y. S., Kim, I. S., Park, J. H., Lee, S. H., Park, D. C., Yeum, D. M., Kim, S. B., 2001. Effects of seasoning and heating device on mutagenicity and heterocyclic amines in cooked beef. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 65(10), 2284-2287.
- Hasnol, N. D. S., Jinap, S. and Sanny, M., 2014. Effect of different types of sugars in a marinating formulation on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken. *Food chemistry*, 145, 514-521.
- Hayes, J. E., Stepanyan, V., O'Grady, M. N., Allen, P. and Kerry, J. P., 2010. Evaluation of the effects of selected phytochemicals on quality indices and sensorial properties of raw and cooked pork stored in different packaging systems. *Meat science*, 85(2), 289-296.
- Hosseini, S. E. and Esfahani Mehr, A., 2015. The effect of meat marinating with lactic and citric acid on some physicochemical and electrophoretic pattern of beef burger. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 9(2), 103-108.
- International Agency for Research on Cancer (IARC)., 1993. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some natural occurring substances: Food items and constituents. Heterocyclic amines and mycotoxins. Vol. 56, pp. 163-242. Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- Istrati, D., Simion Ciuciu, A. M., Vizireanu, C., Ionescu, A. and Carballo, J., 2015. Impact of Spices and Wine- Based Marinades on Tenderness, Fragmentation of Myofibrillar Proteins and Color Stability in Bovine Biceps Femoris Muscle. *Journal of Texture Studies*, 46(6), 455-466.
- Iwasaki, M., Kataoka, H., Ishihara, J., Takachi, R., Hamada, G. S., Sharma, S., Tsugane, S., 2010. Heterocyclic amines content of meat and fish cooked by Brazilian methods. *Journal of Food Composition and analysis*, 23(1), 61-69.
- Jägerstad, M., Skog K., Arvidsson, P. and Solyakov, A., 1998. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked food. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung A*, 207, 419–427.
- Jamali, M. A., Zhang, Y., Teng, H., Li, S., Wang, F. and Peng, Z., 2016. Inhibitory effect of rosa rugosa tea extract on the formation of heterocyclic amines in meat patties at different temperatures. *Molecules*, 21(2), 173.
- Jinap, S., Iqbal, S. Z., Selvam, R. M., 2015. Effect of selected local spices marinades on the reduction of heterocyclic amines in grilled beef (satay). *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 919-926.
- Jinap, S., Mohd-Mokhtar, M. S., Farhadian, A., Hasnol, N. D. S., Jaafar, S. N. and Hajeb, P., 2013. Effects of varying degrees of doneness on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and beef satay. *Meat science*, 94(2), 202-207.
- Jones, M., Arnaud, E., Gouws, P. and Hoffman, L. C., 2019. Effects of the addition of vinegar, weight loss and packaging method on the physicochemical properties and microbiological profile of biltong. *Meat science*, 156, 214-221.
- Kahraman, T., Bayraktaroglu, A. G., Issa, G., Aksu F., 2010. Bazı Organik Asitlerle Yapılan Marinasyon işleminin Sığır Et Kalitesi Üzerine Etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi* 36 (2), 25-31, Araştırma Makalesi.

- Kajak-Siemaszko, K., Aubry, L., Peyrin, F., Bax, M.L., Gatellier, P., Astruc, T., Przybylski, W., Jaworska, D., Gaillard-Martinie, B. and Sante-Lhoutellier, V., 2011. Characterization of protein aggregates following a heating and freezing process. *Food Research International*, 44, 3160–3166.
- Kalahrodi, M. M., Baghaei, H., Emadzadeh, B. and Bolandi, M., 2020. The combined effect of asparagus juice and balsamic vinegar on the tenderness, physicochemical and structural attributes of beefsteak. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.
- Kendrick, A., 2016. Coloring Aqueous Food Types. *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. 163-177.
- Kılıç, B. and Richards, M., 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2), 1-5.
- Kim, Y. J., Jin, S. K., Park, W. Y., Kim, B. W., Joo, S. T. and Yang, H. S., 2010. The effect of garlic or onion marinade on the lipid oxidation and meat quality of pork during cold storage. *Journal of Food Quality*, 33, 171-185.
- Klassen, R.D., Lewis, D., Lau, B.P.Y. and Sen, N.P., 2002. Heterocyclic aromatic amines in cooked hamburgers and chicken obtained from local fast food outlets in the Ottawa region. *Food Research International*, 35(9), 837-847.
- Knize, M. G., Salmon, C. P., Mehta, S. S., Felton, J. S., 1997. Analysis of cooked muscle meats for heterocyclic aromatic amine carcinogens. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1-2), 129-134.
- Knize, M.G., Kulp, K.S., Salmon, C.P., Keating, G.A. and Felton, J.S., 2002. Factors affecting human heterocyclic amine intake and the metabolism of PhIP. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 506–507(0), 153-162.
- Kotula, K. L. and Thelappurath, R., 1994. Microbiological and sensory attributes of retail cuts of beef treated with acetic and lactic acid solutions. *Journal of Food Protection*, 57(8), 665-670.
- Lan, C. M. and Chen, B. H., 2002. Effects of soy sauce and sugar on the formation of heterocyclic amines in marinated foods. *Food and chemical toxicology*, 40(7), 989-1000.
- Larrea, V., Hernando, I., Quiles, A., Lluch, M. A. and Pérez-Munuera, I., 2006. Changes in proteins during Teruel dry-cured ham processing. *Meat Science*, 74(3), 586-593.
- Lefaucheur, L., 2010. A second look into fibre typing–Relation to meat quality. *Meat science*, 84(2), 257-270.
- Lu, F., Kuhnle, G. K. and Cheng, Q., 2018. The effect of common spices and meat type on the formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in deep-fried meatballs. *Food Control*, 92, 399-411.
- Macit, A., 2018. Zeytin Yaprağı Ekstraktının Somon Balığında Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Marino, R., Albenzio, M., Della Malva, A., Caroprese, M., Santillo, A. and Sevi, A., 2014. Changes in meat quality traits and sarcoplasmic proteins during aging in three different cattle breeds. *Meat Science*, 98(2), 178-186.
- Maurya, D. K. and Devasagayam, T. P. A., 2010. Antioxidant and prooxidant nature of hydroxycinnamic acid derivatives ferulic and caffeic acids. *Food and Chemical Toxicology*, 48(12), 3369-3373.

- Medyński, A., Pospiech, E. and Kniat, R., 2000. Effect of various concentrations of lactic acid and sodium chloride on selected physico-chemical meat traits. *Meat Science*, 55(3), 285-290.
- Meinert, L., Andersen, L. T., Bredie, W. L., Bjerregaard, C. and Aaslyng, M. D., 2007. Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*, 75(2), 229-242.
- Melo, A., Viegas, O., Petisca, C., Pinho, O. and Ferreira, I. M., 2008. Effect of beer/red wine marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines in pan-fried beef. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(22), 10625-10632.
- Messner, C. and Murkovic, M., 2004. Evaluation of A New Model System for Studying the Formation of Heterocyclic Amines. *J. Chrom. B*, 802 (1), 19–26.
- Mikel, W. B., Goddard, B. L. and Bradford, D. D., 1996. Muscle microstructure and sensory attributes of organic acid- treated beef strip loins. *Journal of food science*, 61(5), 1058-1062.
- Miller R., 2001. Functionality of non-meat ingredients used in enhanced pork. *Pork quality bulletin*. American Meat Science Association.
- Min, B. and Ahn, D. U., 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), 152-163.
- Molina, I. and Toldra, F., 1992. Detection of proteolytic activity in microorganisms isolated from dry-cured ham. *Journal of Food Science*, 57, 1308–1310.
- Morris, C. A., Theis, R. L., Miller, R. K., Acuff, G. R. and Savell, J. W., 1997. Improving the flavor of calcium chloride and lactic acid injected mature beef top round steaks. *Meat science*, 45(4), 531-537.
- Murkovic, M., Steinberger, D. and Pfannhauser, W., 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 207(6), 477-480.
- Nerurkar, P. V., Marchand, L. L. and Cooney, R. V., 1999. Effects of marinating with Asian marinades or western barbecue sauce on PhIP and MeIQx formation in barbecued beef. *Nutrition and cancer*, 34(2), 147-152.
- Oreskovich, D.C., Bechtel, P.J., McKeith, F.K., Novakofski, J., Basgall, E.J., 1992. Marinade pH Affects Textural Properties of Beef, *Journal of Food Science*, 57(2): 305- 311
- Önenç, A., Serdaroğlu, M., Abdraimov, K., 2004. Effect of various additives to marinating baths on some properties of cattle meat. *Eur Food Res Technol* (2004) 218:114–117.
- Öz, E., 2018. Kas tipinin pastırmanın proteolitik değişimleri ve bazı kalitatif özelliklerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Öz, E., 2021. Sous-vide pişirme yönteminin etin tekstür ve SDS-PAGE profile açısından bazı geleneksel pişirme yöntemleriyle karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri, Sonuç Raporu, Proje No: 2020/8555.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011a. The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control*, 22(3–4), 596- 600.
- Öz, F. and Kaya, M., 2011b. The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef Longissimus dorsi muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 806-812.

- Öz, F. and Kızıl, M., 2013. Determination of heterocyclic amines in cooked commercial frozen meat products by ultra fast liquid chromatography. *Food Analytical Methods*, 6: 1370-1378.
- Öz, F. and Zikarov, E., 2015. The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 120-125.
- Öz, F. ve Kaya, M., 2006. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik aminlerin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 243-248.
- Öz, F. ve Kaya, M., 2007. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik amin oluşumunun engellenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1), 121-126.
- Öz, F., 2006. Farklı sıcaklıklarda pişirilen taze et ürünlerinde baharat kullanımının heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisi. *Doktora Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Öz, F., 2014. Effects of Water Extract of *Urtica dioica* L. on the Quality of Meatballs. *Journal of food processing and preservation*, 38(3), 1356-1363.
- Öz, F., 2020. Yüksek Lisans Ders Notları, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Öz, F., Kaban, G. and Kaya, M., 2010. Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with Oasis extraction method. *LWT-Food Science and Technology*, 43(9), 1345-1350.
- Öz, F., Kızıl, M. and Celik, T., 2016b. Effects of different cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines in goose meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 1047-1053.
- Öz, F., Kızıl, M., Zaman, A. and Turhan, S., 2016a. The effects of direct addition of low and medium molecular weight chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chop. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 861- 867.
- Öz, F., Kızıl, M., Cakmak, I. H. and Aksu, M. I., 2015. The effect of direct addition of conjugated linoleic acid on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2820-2833.
- Öztürk, T., 2019. Kabak (*cucurbita pepo* L.) Çekirdeği ununun yağ ikamesi ve fonksiyonel ingrediyen olarak köfte üretiminde kullanım potansiyeli. *Yüksek Lisans Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Pais, P. and Knize, M. G., 2000. Chromatographic and related techniques for the determination of aromatic heterocyclic amines in foods. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 747(1-2), 139-169.
- Pais, P. Salmon, C.P. Knize, M.G. and Felton, J.S., 1999. Formation of Mutagenic/Carcinogenic Heterocyclic Amines in Dry-Heated Model Systems, Meats, and Meat Drippings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1098-1108.
- Peiretti, P. G., Medana, C., Visentin, S., Dal Bello, F. and Meineri, G., 2012. Effect of cooking method on carnosine and its homologues, pentosidine and thiobarbituric acid-reactive substance contents in beef and turkey meat. *Food Chemistry*, 132(1), 80-85.
- Purslow, P. P., 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70(3), 435-447.
- Quartey-Papafio, E. A., Marshall, R. T. and Anderson, M. E., 1980. Short-chain fatty acids as sanitizers for beef. *Journal of food protection*, 43(3), 168-171.

- Quelhas, I., Petisca, C., Viegas, O., Melo, A., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O., 2010. Effect of green tea marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of pan-fried beef. *Food Chemistry*, 122, 98-104.
- Ramirez, M., Morcuende, D., Estévez, M. and López, R. C., 2005. Fatty acid profiles of intramuscular fat from pork loin chops fried in different culinary fats following refrigerated storage. *Food Chemistry*, 92(1), 159-167.
- Robbana-Barnat, S., Rabache, M., Rialland, E. and Fradin, J., 1996. Heterocyclic amines: occurrence and prevention in cooked food. *Environmental Health Perspectives*, 104(3), 280-288.
- Rodriguez-Estrada, M. T., Penazzi, G., Caboni, M. F., Bertacco, G. and Lercker, G., 1997. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat science*, 45(3), 365-375.
- Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A. I. and 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.
- Ryu, Y.C., Choi, Y.M. and Kim, B.C., 2005. Variations in metabolite contents and protein denaturation of the *Longissimus dorsi* muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates. *Meat Science*, 71, 522–529.
- Salmon, C. P., Knize, M. G. and Felton J. S., 1997. Effects of marinating on heterocyclic amine carcinogen formation in grilled chicken. *Food and Chemical Toxicology* 35(5), 433-441.
- Sánchez del Pulgar, J., Gázquez, A. and Ruiz-Carrascal, J., 2012. Physico- chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Science*, 90(3), 828-835.
- Savaş, A., Öz, E. and Öz, F., 2021. Is oven bag really advantageous in terms of heterocyclic aromatic amines and bisphenol-A? Chicken meat perspective. *Food Chemistry*, 129646.
- Serdaroğlu, M., Abdraimov, K. and Önenç, 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, 162-172.
- Serrano, A., Librelotto, J., Cofrades, S., Sánchez-Muniz, F. J. and Jiménez-Colmenero, F., 2007. Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat science*, 77(3), 304-313.
- Seuss, I., Martin, M., 1993. The Influence of Marinating with Food Acids on the Composition and Sensory Properties of Beef, *Fleischwirtschaft*, 73: 292-295.
- Sharedeh, D., Gatellier, P., Astruc, T., Daudin, J.D., 2015. Effects of pH and NaCl levels in a beef marinade on physicochemical states of lipids and proteins and on tissue microstructure. *Elsevier Meat Science* 110 (2015) 24–31.
- Shin, H. S., Rodgers, W. J., Gomaa, E. A., Strasburg, G. M. and Gray, J. I., 2002. Inhibition of heterocyclic aromatic amine formation in fried ground beef patties by garlic and selected garlic-related sulfur compounds. *Journal of food protection*, 65(11), 1766-1770.
- Shin, H.S., and Ustunol, Z., 2004. Influence of honey- containing marinades on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried beef steak and chicken breast. *Journal of food science*, 69(3), 147-153.
- Skog, K. and Solyakov, A., 2002. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*.

- Skog, K., 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 40(8), 1197-1203.
- Skog, K.I., Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M.I., 1998. Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: A Review on formation, occurrence and intake *Food and Chemical Toxicology*, 36(9–10), 879-896.
- Smith, D. P., 1999. Marination: Tender to the Bottom Line, *Broiler Industry*, 62 (6): 24-27.
- Smith, J.S., Ameri, F., Gadgil, P., 2008. Effect of marinades on the formation of heterocyclic amines in grilled beef steaks. *Journal of food science*, 73(6), T100-T105.
- Speroni F., Szerman N. and Vaudagna S.R. 2014. High hydrostatic pressure processing of beef patties: Effects of pressure level and sodium tripolyphosphate and sodium chloride concentrations on thermal and aggregative properties of proteins. *Innov Food Sci. Emerg. Technol.* 23:10-17.
- Sugimura, T., 1997. Overview of carcinogenic heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1–2), 211-219.
- Sugimura, T.S., 1995. History, Present and future of heterocyclic amines, cooked food Mutagens. In R.H. Adamson et al. (Eds.) *Heterocyclic Amines in Cooked Foods: Possible Human Carcinogens* (pp. 214-231). Princeton Scientific Publishing Co, Princeton, New Jersey.
- Sun, S., Rasmussen, F. D., Cavender, G. A., Sullivan, G. A., 2019. Texture, color and sensory evaluation of sous-vide cooked beef steaks processed using high pressure processing as method of microbial control. *LWT*, 103, 169-177.
- Szterk, A., 2015. Heterocyclic aromatic amines in grilled beef: The influence of free amino acids, nitrogenous bases, nucleosides, protein and glucose on HAAs content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40, 39-46.
- Şengün, I. Y., Turp, G. Y., Cicek, S. N., Avci, T., Ozturk, B. and Kilic, G., 2021. Assessment of the effect of marination with organic fruit vinegars on safety and quality of beef. *International Journal of Food Microbiology*, 336, 108904.
- Şengün, İ., Kılıç, G., 2019. Farklı Sirke Çeşitlerinin Mikroflorası, Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda* 17(1) 89-101.
- Tānavots, A., Pöldvere, A., Kerner, K., Veri, K., Kaart, T. and Torp, J., 2018. Effects of mustard-honey, apple vinegar, white wine vinegar and kefir acidic marinades on the properties of pork. *Veterinarija ir Zootechnika*, 76(98).
- Taşkıran, M., 2018. Mikrodalga fırında pişirmenin tavuk eti proteinleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Taşkıran, M., Olum, E. and Candoğan, K., 2020. Changes in chicken meat proteins during microwave and electric oven cooking. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14324.
- Tengilimoglu-Metin, M. M. and Kizil, M., 2017. Reducing effect of artichoke extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat. *Meat science*, 134, 68-75.
- Tengilimoglu-Metin, M. M., Hamzalioglu, A., Gokmen, V. and Kizil, M., 2017. Inhibitory effect of hawthorn extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat. *Food research international*, 99, 586-595.
- Toldra, F., 2010. *Handbook of meat processing* (1st Ed.) Wiley-Blackwell publication USA.

- Toribio, F., Busquets, R., Puignou, L. and Galceran, M. T., 2007. Heterocyclic amines in griddled beef steak analysed using a single extract clean-up procedure. *Food and Chemical Toxicology*, 45(4), 667-675.
- Tornberg, E. V. A., 2005. Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products. *Meat science*, 70(3), 493-508.
- Uyarcın, M. and Kayaardı, S. 2019. Effects of high pressure and marination treatment on texture, myofibrillar protein structure, color and sensory properties of beef loin steaks. *Ital. J. Food Sci.*, 31, 573-592.
- Uzun, I. and Öz, F., 2020. Effect of basil use in meatball production on heterocyclic aromatic amine formation. *Journal of Food Science and Technology*, 1-9.
- Viegas, O., Novo, P., Pinto, E., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O., 2012. Effect of charcoal types and grilling conditions on formation of heterocyclic aromatic amines (HAs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled muscle foods. *Food and Chemical Toxicology*, 50(6), 2128-2134.
- Weber, J., Bochi, V. C., Ribeiro, C. P., Victório, A. D. M. and Emanuelli, T., 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106(1), 140-146.
- Wen, S., Zhou, G., Li, L., Xu, X., Yu, X., Bai, Y. and Li, C., 2015. Effect of cooking on in vitro digestion of pork proteins: A peptidomic perspective. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 250–261.
- Wongmaneepratip, W. and Vangnai, K., 2017. Effects of oil types and pH on carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled chicken. *Food Control*, 79, 119-125.
- Xiong, Y. L. (2005). Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. *Food Research International*, 38(3), 281–287.
- Xu, Y. and Xu, X., 2021. Modification of myofibrillar protein functional properties prepared by various strategies: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20, 458–500.
- Yıldız, N. ve Bircan, H., 1991. Uygulamalı istatistik. Atatürk Üniversitesi Yay., No: 704-308-60.
- Yıldız-Turp, G. and Serdaroglu, M., 2010. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties. *Meat science*, 86(4), 896-900.
- Young, L. L. and Lyon, C. E., 1997. Effect of calcium marination on biochemical and textural properties of peri-rigor chicken breast meat. *Poultry science*, 76(1), 197-201.
- Young, L.L., and Smith, D. P., 2004. Effect of vacuum on moisture absorption and retention by marinated broiler fillets. *Poultry science*, 83(1), 129-131.
- Yusop, S. M., O’Sullivan, M. G. and Kerry, J. P., 2011. Marinating and enhancement of the nutritional content of processed meat products. *Processed meats*, 421-449.
- Yusop, S. M., O’Sullivan, M. G., Kerry, J. F. and Kerry, J. P., 2010. Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat science*, 85(4), 657-663.
- Zhang, Y., Zhang, D., Huang, Y., Chen, L., Bao, P., Fang, H. and Zhou, C., 2020. Effects of basic amino acid on the tenderness, water binding capacity and texture of cooked marinated chicken breast. *LWT*, 109524.

Zikirov, E., 2014. Sous vide pişirme yönteminin sığır etinde heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bazı kalitatif kriterler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Halenur FENCİOĞLU
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
E-mail:	
Eğitim	
Lisans:	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Gıda Mühendisliği
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı