



**KÖFTE ÜRETİMİNDE ASTAKSANTİN
KULLANIMININ ÇEŞİTLİ KALİTE
KRİTERLERİ VE HETEROSİKLİK
AROMATİK AMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ**

Müşerref BİNGÖL

**Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ
Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
2022
(Her hakkı saklıdır.)**

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

**KÖFTE ÜRETİMİNDE ASTAKSANTİN KULLANIMININ ÇEŞİTLİ KALİTE
KRİTERLERİ VE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ**

(The Effect of the Use of Astaxanthin in Meatball Production on Various Quality Criteria and
Heterocyclic Aromatic Amine Formation)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müşerref BİNGÖL

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Erzurum
Şubat, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Müşerref BİNGÖL tarafından hazırlanan “Köfte Üretiminde Astaksantin Kullanımının Çeşitli Kalite Kriterleri ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi” başlıklı çalışması 18 / 01 / 2022 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. Kezban CANDOĞAN
Ankara Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ
Atatürk Üniversitesi

Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
Atatürk Üniversitesi

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

Aslı Islak İmzalıdır

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.



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Fatih Öz* danışmanlığında sunulan “Köfte Üretiminde Astaksantin Kullanımının Çeşitli Kalite Kriterleri Ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna 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	2	30
Kuramsal Temeller	7	30
Materyal ve Yöntem	6	35
Bulgular	6	20
Tartışma	6	20
Tezin Geneli	9	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.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Müşerref BİNGÖL	Prof. Dr. Fatih ÖZ
18.1.2022	18.1.2022
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 eğitimim boyunca değerli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile her zaman yol gösterici ve destek olan, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan kıymetli danışman hocam sayın Prof. Dr. Fatih ÖZ' e,

Araştırmam süresince desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Emel ÖZ ve Arş. Gör. Elif EKİZ' e, ayrıca laboratuvar çalışmalarım boyunca bana destek olan Zeynep ELBİR, Eyad AOUDEH, Gülşah SÜMER ve Adem SAVAŞ'a teşekkür ederim.

Tüm hayatım ve çalışmalarım süresince sabır göstererek cesaret veren ve maddi, manevi tüm destekteklerini hiçbir zaman esirgemeyip, her zaman yanımda olan çok değerli babam Harun BİNGÖL, annem Nermin BİNGÖL, abim Eyüp BİNGÖL ve tüm aileme,

Tezimde köfte üretiminde kullanmış olduğum Astaksantin'in temininde bana yardımlarını esirgemeyen kuzenim Meriç GÜNAY' a,

Sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Müşerref BİNGÖL

ÖZET

YÜKSEL LİSANS TEZİ

KÖFTE ÜRETİMİNDE ASTAKSANTİN KULLANIMININ ÇEŞİTLİ KALİTE KRİTERLERİ VE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

Müşerref BİNGÖL

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Amaç: Araştırmada, köfte üretiminde astaksantin kullanımının (%0,5 ve 1,0 w/w), farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) kızartılan köftelerde karsinogen ve/veya mutajen olduğu bilinen heterosiklik aromatik amin (HAA) oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, astaksantin kullanımının köftelerin çeşitli kalite parametreleri (su içeriği, pişirme kaybı, pH, lipid oksidasyonu ve renk) üzerine etkisi de belirlenmiştir.

Yöntem: Araştırmada, Erzurum ‘da bulunan yerel bir kasaptan temin edilen sığır but kası (*M. Gluteus medius*) ve aynı karkastan çıkarılan kaslararası yağ kullanılarak %15 yağlı köfte üretimi gerçekleştirilmiştir. Ardından muamele grupları oluşturulmuş ve örnekler belirtilen sıcaklık derecelerine getirilen ısıtıcı plaka üzerinde kızartılmıştır. Isıl işlem öncesi köfte örneklerinde su, pH, lipid oksidasyonu (TBARS) ve renk analizleri yapılmış, ısıl işlem sonrasında örneklerde bu analizlere ilaveten pişirme kaybı ve HAA analizleri de yapılmıştır. Köfte üretiminde kullanılan astaksantin de ise DPPH analizi yapılmıştır. Araştırma, şansa bağlı deneme desenine göre kurulup üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Bulgular: Araştırmada farklı konsantrasyonda astaksantin ilavesinin köftelerin su içeriği, pH, TBARS, L^* , a^* , b^* ve C^* değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu belirlenirken, pişirme kaybı ve Hue değerleri üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Köfte örneklerinin farklı sıcaklık derecelerinde pişirilmesinin ise su içeriği, pişirme kaybı, L^* , a^* , b^* ve C^* değerleri üzerine çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu tespit edilirken, TBARS değeri üzerine önemli ($p<0,05$) ve pH ile Hue değerleri üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin ilave edilen köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu örneklerde MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşikleri belirlenmiştir. En yüksek HAA içeriği; 200°C’de pişirilen kontrol grubu örneklerde belirlenirken en düşük HAA içeriği ise 150°C’de pişirilen kontrol grubu örneklerde belirlenmiştir. Örneklerin toplam HAA içeriklerinin 0,18 – 7,28 ng/g arasında değiştiği, kızartma sıcaklığı arttıkça toplam HAA içeriğinin arttığı ve astaksantin kullanımının düşük kızartma sıcaklığında toplam HAA içeriğini artırdığı, buna karşın yüksek kızartma sıcaklığında ise toplam HAA içeriğini azalttığı tespit edilmiştir.

Sonuç: Sonuç olarak, hem mevcut araştırmada uygulanan kızartma sıcaklıklarının her ikisinde de TBARS değerini önemli düzeyde azaltması hem de yüksek sıcaklık derecesinde kızartılan köftelerde toplam HAA içeriğini azaltması nedeniyle 200°C’de kızartılacak olan köftelerin üretiminde astaksantin kullanımı tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Köfte, astaksantin, pişirme, heterosiklik aromatik amin.

Şubat 2022, 75 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

THE EFFECT OF THE USE OF ASTAXANTHIN IN MEATBALL PRODUCTION ON VARIOUS QUALITY CRITERIA AND HETEROCYCLIC AROMATIC AMINE FORMATION

Müşerref BİNGÖL

Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Purpose: In the current study, the effect astaxanthin usage at different levels (0.5 and 1.0%, w/w) in production of meatball cooked at different temperatures (150°C and 200°C) on the formation of heterocyclic aromatic amines (HAAs), that are known to be a carcinogen and/or mutagen, was investigated. Additionally, the effect of astaxanthin usage on various quality parameters (water content, cooking loss, pH, lipid oxidation and color) of the meatballs was also determined.

Method: In the study, the meatballs with 15% fat were produced by using beef round muscle (*M. Gluteus medius*) and intermuscular fat from the same carcass that were purchased from a local butcher in Erzurum. Then the treatment groups were formed and the meatball samples were fried on a hot plate whose surface temperature preheated to the temperatures mentioned. Uncooked meatball samples were analysed for their water content, pH, lipid oxidation (TBARS) and color. In addition to these analyses, cooking loss and HAAs content of cooked meatball samples were also determined. Additionally, DPPH radical scavenging activity of astaxanthin used in meatball production was investigated. The research was set up according to a randomized design and was carried out in triplicates.

Findings: It was found that the addition of astaxanthin at different concentrations had a significant ($p<0.01$) effect on the water content, pH, TBARS, L^* , a^* , b^* , and C^* values of the meatballs, whereas no significant ($p>0.05$) effect was observed in terms of the cooking loss and Hue values. Cooking temperature significantly ($p<0.01$) affected the water content, cooking loss, L^* , a^* , b^* , and C^* values of meatball samples. A significant ($p<0.05$) effect was also found regarding the TBARS value, whereas no significant ($p>0.05$) effects on pH and Hue values were observed. As a result of cooking at different temperatures, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, and 4,8-DiMeIQx compounds were determined in the control group and the meatball samples fortified with astaxanthin at different levels. While the highest HAA content was determined in the control group samples cooked at 200°C, the lowest HAA content was determined in the control group samples cooked at 150°C. It was determined that the total HAA content of the samples varied between 0.18 and 7.28 ng/g and the cooking temperature increment resulted in higher total HAA content of meatballs. Astaxanthin usage increased the total HAA content in the samples fried at low temperature, while it caused a reduction the total HAA content in the samples fried at high temperature

Results: As a result, due to the ability of astaxanthin to significantly reduce the TBARS value of the samples cooked at both cooking temperatures treated in the present study; and to reduce the total HAA content in high-temperature cooked meatballs, astaxanthin usage in the production of meatballs that will be cooked at 200°C can be recommended.

Keywords: Meatballs, astaxanthin, cooking, heterocyclic aromatic amine

February 2022, 75 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	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	5
MATERYAL VE METOT	9
Materyal	9
Hammadde	9
Köfte hamurunun hazırlanması	9
2.1. Yöntem.....	10
2.1.1 Pişirme İşlemi	10
Analizler.....	10
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	13
Hammaddeye Ait Analiz Sonuçları	13
Astaksantin Serbest Radikal Giderme Aktivitesi.....	14
Köftelerin Su İçeriği Sonuçları	15
Köftelerin Pişirme Kaybı Sonuçları	18
Köftelerin pH Değerleri	20
Köftelerin TBARS Sonuçları	22
Köftelerin Renk Analizi Sonuçları.....	25
<i>L</i> * değeri sonuçları.....	26
<i>a</i> * değeri sonuçları	29
<i>b</i> * değeri sonuçları	33
C (Kroma) değeri sonuçları.....	36
Hue açısı (h°) değeri sonuçları.....	39
Köftelerin Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği Sonuçları	42
Geri kazanımlar	42

HAA içerikleri.....	42
IQx içeriği	42
IQ içeriği	43
MeIQx içeriği.....	44
MeIQ içerikleri.....	45
7,8-DiMeIQx içerikleri	45
4,8- DiMeIQx içerikleri	46
PhIP içeriği.....	46
A α C içeriği.....	47
MeA α C içeriği	48
Örneklerin toplam heterosiklik aromatik amin içerikleri.....	48
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	60

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Köfte Yapımında Hammadde Olarak Kullanılan Et, Et Yağı ile Isıl İşlem Görmemiş (%15 Yağlı) Köftelere Ait Su, pH ve TBARS Analiz Sonuçlarının Ortalama ve Standart Sapma Değerleri ($\bar{x} \pm SD$).....	13
Tablo 2. BHT ve Köfte Üretiminde Kullanılan Astaksantin'in IC ₅₀ değeri ($\mu\text{g/ml}$) Ortalaması	15
Tablo 3. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin Su İçerikleri ($\bar{x} \pm SD$)	15
Tablo 4. Su İçeriği ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	16
Tablo 5. Su İçeriği Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	16
Tablo 6. Su İçeriği Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	17
Tablo 7. Su İçeriği Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	17
Tablo 8. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin Pişirme Kaybı Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	18
Tablo 9. Pişirme Kaybı ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	19
Tablo 10. Pişirme Kaybı Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	19
Tablo 11 Pişirme Kaybı Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	19
Tablo 12. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin pH Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	20
Tablo 13. pH Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	20
Tablo 14. pH Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	21
Tablo 15. pH Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	21
Tablo 16. pH Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	22

Tablo 17. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin TBARS Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	22
Tablo 18. TBARS Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	23
Tablo 19. TBARS Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	24
Tablo 20. TBARS Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	24
Tablo 21. TBARS Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	25
Tablo 22. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin L^* Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	26
Tablo 23. L^* Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	26
Tablo 24. L^* Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	27
Tablo 25. L^* değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	27
Tablo 26. L^* değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	28
Tablo 27. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin a^* Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	29
Tablo 28. a^* Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	30
Tablo 29. a^* Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	30
Tablo 30. a^* Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	31
Tablo 31. a^* Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	31
Tablo 32. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin b^* Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	33
Tablo 33. b^* Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	33

Tablo 34. <i>b</i> * Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	34
Tablo 35. <i>b</i> * Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	34
Tablo 36. <i>b</i> * Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	34
Tablo 37. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin C Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	36
Tablo 38. C Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları.....	36
Tablo 39. C Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	37
Tablo 40. C Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	37
Tablo 41. C Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklığının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	38
Tablo 42. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin Hue Açısı Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)	39
Tablo 43. Hue Açısı Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları	40
Tablo 44. Hue Açısı Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	40
Tablo 45. Hue Açısı Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)	41
Tablo 46. Hue Açısı Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$).....	41
Tablo 47. Köftelerin HAA İçerikleri (ng/g).....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Astaksantin kimyasal yapısı (Fakhri <i>et al.</i> 2018).....	3
Şekil 2. Araştırmada kullanılan köfte ve astaksantin	9
Şekil 3. Kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş), %0,5 – 1,0 oranında astaksantin ilaveli köfte hamurları	10
Şekil 5. Astaksantin DPPH serbest radikal giderme aktivitesi.....	14
Şekil 6. Köftelerin su içerikleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi	18
Şekil 7. Köftelerin TBARS değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi	25
Şekil 8. Köftelerin L^* değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksyonunun etkisi	28
Şekil 9. Köftelerin L^* değerleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi	29
Şekil 10. Köftelerin a^* değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksyonunun etkisi	32
Şekil 11. Köftelerin a^* değerleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi	32
Şekil 12. Köftelerin b^* değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksyonunun etkisi	35
Şekil 13. Köftelerin b^* değerleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi	35
Şekil 15. Köftelerin C değerleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi	39
Şekil 16. Köftelerin Hue açısı değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksyonunun etkisi.....	41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A α C	2-amino-9H-pirido[2,3- <i>b</i>]indol
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
KO	Kareler Ortalaması
$\bar{x}$	Ortalama
μ g	Mikrogram
μ l	Mikrolitre
μ m	Mikrometre
VK	Varyasyon Kaynakları
ng	Nanogram
nd	Tespit edilemedi (<LOD)
n	Örnek sayısı
M	Molarite
w/w	Ağırlıkça
ml	Milimetre
nm	Nanometre
pH	Hidrojen gücü
PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
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
dk	Dakika
G	Gram
HAA	Heterosiklik Aromatik Amin
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IQ	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinolin
IQx	2-amino-3-metilimidazo[4,5- <i>f</i>]kinokzalin
kg	Kilogram
LOD	Tespit Edilebilme Sınırı
LOQMDA	Miktarın Belirlenebilme SınırıMalonaldehit
MeA α C	2-amino-3-metil-9H-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

PhIP	2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5- <i>b</i>]piridin
rpm	Dakikada Dönme Hızı
S	Saniye
TBARS	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
SD	Standart Sapma



GİRİŞ

Beslenme, insan ve diğer bütün canlıların hayatlarını idame ettirmesi, büyümesi ve gelişerek sağlıklı bir şekilde hayatlarını sürdürmeleri için gerekli olan en temel ihtiyaçlardan biri olup, yaşam standartlarının yükseltilebilmesi için gerekli olan gıdaların, beslenme sistemine dahil edilmesidir. Bu nedenle beslenme; yalnızca karın doyurmak ya da arzu edilen gıdaları tüketerek vücutta tokluk hissi yaratmak değil, vücudun ihtiyaç duyduğu temel besin öğelerini vücuda kazandırarak sağlığı korumak ve kaliteli bir yaşam sunarak vücudun direncini artırmak için yapılan bir eylem olarak tanımlanabilmektedir (Avcu 2017). Gıdalarımız, vücut için gerekli vitamin ve mineral maddeler gibi mikro bileşikler ile enerji sağlayan makro bileşiklerin vücuda alınması açısından oldukça önemlidir (Öz 2021). Ayrıca gıdalarda bulunan diyet lifleri ve antioksidanların da insan beslenmesinin düzenlenmesinde önemli rol aldıkları bilinmektedir (Öz ve Kaya 2007).

İnsan diyetinde en önemli faktörlerden biri, bünyelerinde barındırdıkları esansiyel aminoasitler sebebi ile hayvansal gıdalardır. Hayvansal gıdaların taşıdıkları aminoasitler, insan vücudunda; doku yapımı, enerji üretimi, bağışıklık sistemi ve gıda bileşenlerinin emilimi gibi önemli süreçlerde rol almaktadır (Uğur ve Unal 2017; Ünsal 2019).

Kırmızı et, içermiş olduğu protein ve yağ gibi makrobileşikler, mineral madde ve vitamin gibi mikrobileşikler sebebiyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Lawrie 1991). Etin yapısında barındırdığı bazı mikrobileşikler ise bitkisel kaynaklı gıdalarda ya hiç bulunmamakta ya da çok az bir biyolojik değere (biyoyararlılığa) sahip olduğu belirtilmektedir (Öz 2021). Bu nedenle, et tüketimi, insan beslenmesine birçok açıdan fayda sağlayan besin öğelerinin (esansiyel aminoasit, esansiyel yağ asitleri, vitaminler özellikle B grubu vitaminleri ve Fe, Zn gibi mineral maddeler) vücuda kazandırılmasında önemli rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra et tüketimi, yüksek protein ve düşük karbonhidrat içeriği ile de birçok hastalığa (obezite, diyabet, kanser) sebebiyet veren glisemik indeksin düşük seviyelerde tutulmasına katkı sağlamaktadır (Biesalski 2005).

Gıdalara yapılan çeşitli uygulamalar ile gıdaların lezzeti artırılmakta ve güvenli bir şekilde üretimi ve tüketimi sağlanmaktadır. Bu uygulamalardan biri de pişirme işlemidir. Pişirme işlemi, et ve et ürünlerine güvenilir tüketim ile lezzet ve aroma açısından istenen özellikleri kazandırabilmektedir. Fakat pişirme işleminin, usulüne uygun yapılmadığı durumlarda, çeşitli olumsuz etkilerinin olduğu da kanıtlanmıştır. Bu olumsuz etkilerden birisi;

pişirme işlemi esnasında heterosiklik aromatik amin adı verilen ve sağlık açısından son derece riskli olan kimyasal bileşiklerin oluşabilmesidir (Öz 2021).

Heterosiklik aromatik aminler (HAA'lar); zengin protein içeriğine sahip et ve et ürünlerinin genellikle yüksek sıcaklıklarda ısıtılma tabii tutulması esnasında oluşabilen mutajenik ve/veya karsinojenik özelliklere sahip kimyasal bileşiklerdir (Robbana-Barnat *et al.* 1996). Bu nedenle, son zamanlarda yapılan çalışmalar, et ve et ürünlerinde bu bileşiklerin oluşumlarının azaltılmasına yönelik olmuştur. Günümüze kadar, yaklaşık 30 kadar HAA'nın gıdalarda ve model sistemlerde belirlendiği bildirilmiştir (Savaş *et al.* 2021).

Kimyasal sınıflarına göre HAA'lar 2 önemli sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan ilki; aminoimidazoazoarenlerdir. İkincisi ise; aminokarbolinlerdir. Daha sık kullanılan sıcaklık derecelerinde oluştukları için en önemli HAA grubunu oluşturan aminoimidazoazoarenler; genellikle gıdaların 300 °C'nin altındaki sıcaklıklara tabii tutulması neticesinde oluşan bileşikler iken, aminokarbolinler ise genellikle gıdaların 300 °C'nin üstündeki sıcaklıklara tabii tutulması neticesinde oluşan bileşiklerdir (Toribio *et al.* 2002).

Heterosiklik aromatik aminlerin miktarları ve oluşumları, et ve et ürünlerinde fiziksel ile kimyasal faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Fiziksel faktörler olarak;

- ✚ Et tipi,
- ✚ Pişirme yöntemi,
- ✚ Pişirme sıcaklığı,
- ✚ Pişirme süresi,
- ✚ Etin işlenmesi ve pişirilmesi sırasında kullanılan alet ve ekipmanlar vb. olarak sıralanabilirken,

Kimyasal faktörler olarak;

- ✚ Etin pH değeri,
- ✚ Etin karbonhidrat ve lipit düzeyi,
- ✚ Ette bulunan serbest aminoasit ve kreatin gibi öncü madde içeriği,
- ✚ Etin lipit oksidasyonu vb. sıralanabilmektedir (Öz and Kaya 2011).

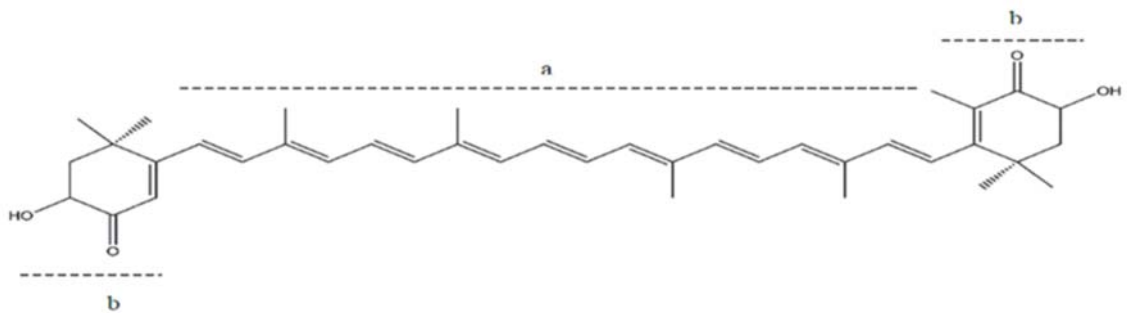
Yapılan mevcut çalışmalarda farklı pişirme koşullarının (pişirme yöntemleri, sıcaklık ve süre vb.) HAA'lar üzerine etkileri araştırılmıştır (Lan and Chen, 2002; Persson *et al.* 2008; Öz *et al.* 2007; Buła *et al.* 2019; Uzun and Öz 2021; Kilic *et al.* 2021)

Gıdaların yapısında mevcut olan ve sağlık üzerine olumlu etkiler gösteren birçok antioksidan bileşik mevcuttur. Antioksidan özelliği ile bilinen ve dikkatleri üzerine çeken doğal antioksidanların (flavanoidler, askorbik asit, ellagik asit, α -tokoferol, çay, zeytinyağı, soya ve

baharatlar vb.), çeşitli model sistemler ve gıda uygulamalarında HAA oluşumu üzerine etkileri araştırılmıştır (Vitaglione and Fogliano 2004).

Yağda çözünen, karides ve yengeç gibi pek çok kabuklu deniz hayvanlarında yaygın olarak bulunan kırmızı-turuncu renklerde bir karotenoid olan astaksantin, doğada rastlanan en kuvvetli antioksidanlardan biri olduğu belirtilmektedir (Fakhri *et al.* 2018; Zhao *et al.* 2016). Karotenoidler, pigmentlere renk veren bağlı izopren birimlerinden oluşan tetraterpenler olup hücre membranlarının hidrofobik yüzeyleri ile etkileşime girerek onlara bağlanan lipofilik karakterdeki bileşiklerdir (Martínez-Delgado *et al.* 2017).

Karotenoidler kimyasal yapılarına göre 2 sınıfa ayrılmaktadır. Bu sınıflardan ilki; sadece karbon ve hidrojen atomlarından oluşan karotenler, diğeri ise; karbon ve hidrojen atomlarının yanı sıra oksijen de içeren ksantofillerdir. Astaksantin ise ksantofiller grubuna dahil olup, kimyasal yapısında her iki uçta da yer alan halka yapısında ikişer adet oksijen atomu içermektedir (Şekil 1) (Fassett and Coombes 2011). Bu sayede, astaksantin serbest radikalleri nötralize edebilmektedir (Fakhri *et al.* 2018). Astaksantin, molekül yapısının ortasında "konjuge" olarak adlandırılan bir dizi karbon-karbon çift bağından oluşan polar olmayan bir bölgeye sahiptir. β -karotende 11 adet bulunan konjuge doymamış çift bağ sayısı, astaksantinde 13 adettir ve astaksantin bu yapısı astaksantine benzersiz kimyasal özelliklerini, molekül yapısını ve ışık absorpsiyon karakteristiklerini kazandırmaktadır (Şekil 1a). 3,3' β pozisyonundaki hidroksil ve her bir iyonon halkası üzerinde yer alan keto parçaları, astaksantin molekülünü daha polar hale getirmekte ve membran fonksiyonunu büyük ölçüde geliştirmektedir (Şekil 1b). Astaksantin molekülünün bu polar-apolar yapısı, hücre membranının polar-apolar alanı içerisine tam olarak girmesine olanak tanımaktadır (Fakhri *et al.* 2018).



Şekil 1. Astaksantin kimyasal yapısı (Fakhri *et al.* 2018)

Ksantofil grubu bir karotenoid olan astaksantin, dünyanın en güçlü ikinci antioksidan kaynağı olduğu ve insan vücudunda karotenoidlerden çok daha yararlı potansiyel etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Jackson *et al.* 2008). Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) 1987 yılında, astaksantin su ürünleri yetiştiriciliğinde yem katkısı olarak

kullanılmasını onaylamış, 1999 yılında ise gıda takviyesi (fonksiyonel gıda) olarak kullanılmasına izin vermiştir (Fassett and Coombes 2011).

İnsanlar ve hayvanlar karotenoidleri sentezleyemedikleri için, bu bileşikleri gıdalardan almak zorundadırlar. Normal bir diyetin çoğu, meyveler, sebzeler ve deniz ürünlerinden gelen yaklaşık 40 kadar karotenoidi içerdiği belirtilmektedir (Jackson *et al.* 2008).

Astaksantin, ilk olarak 1938 yılında, Kuhn ve arkadaşları tarafından ıstakozlarda keşfedildiği belirtilmektedir (Fakhri *et al.* 2018). Astaksantine olan ilgi, karotenoidlerin özellikle güçlü bir antioksidan olarak biyolojik aktivitesi nedeniyle artmıştır. Astaksantin β -karoten ve luteinden yaklaşık 10 kat, α -tokoferolden ise yaklaşık 100 kat daha yüksek aktivite gösterdiği rapor edilmiştir. Ayrıca, astaksantin yağ asidi oksidasyonuna karşı koruyucu özelliği olduğu ve metabolizmanın iyileştirilmesinde rol oynadığı da bildirilmiştir (Martínez-Delgado *et al.* 2017).

Köfte üretiminde antioksidan aktivite ihtiva eden çeşitli baharat ve bileşiklerin kullanımının HAA oluşumunun azaltılması veya engellenmesi üzerine çok sayıda çalışma mevcuttur. Fakat dünyanın en etkili ikinci antioksidanı olarak bilinen astaksantin HAA oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Bu nedenle, mevcut bu çalışmada, köfte üretimde farklı konsantrasyonlarda (%0,5 ve 1,0) astaksantin kullanımının, farklı pişirme sıcaklıklarında (150°C ve 200°C) ısıtılma tabii tutulmuş sığır eti köftelerinde çeşitli kalite kriterleri (su, pH, TBARS, pişirme kaybı ve renk) ve HAA oluşumu üzerine etkileri araştırılmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

İnsan beslenmesi açısından gerekli besin öğelerini yeterli ve dengeli oranda sağlayan et, kesim öncesi ve kesim sonrası uygulanan muameleler, kesim sonrası olgunlaştırma, ürüne dönüştürme ve tüketime hazırlama vb. işlemler esnasında birtakım olumlu ve olumsuz değişimlere maruz kalmakta ve neticede bu işlemler tüketicinin tercihini yakından ilgilendiren et kalitesinde çeşitli değişimlere neden olabilmektedir. Ette kaliteyi olumsuz yönde etkileyen değişimlerden birisi gerek ürünlerin üretimi ve gerekse de üretilmiş ürünlerin depolanması aşamasında gerçekleşen ve et ve et ürünlerinin en önemli kalite parametreleri arasında yer alan lipit oksidasyon reaksiyonudur. Oksidasyon reaksiyonu, hem ürünün kalitesinde azalmalara yol açmakta ve neticede ciddi ekonomik kayıplara neden olmakta hem de reaksiyonun gerçekleşmesi esnasında oluşan bir takım zararlı bileşikler nedeniyle insan sağlığı açısından risk teşkil etmektedir. Bu nedenle, son zamanlarda yapılan çalışmaların bir kısmı, et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunun azaltılmasına yönelik olmuştur. Dolayısıyla, et ürünlerinin üretimi esnasında, lipit oksidasyonunu azaltmak amacıyla antioksidan maddelerin kullanımı oldukça popüler hale gelmiştir (Öz 2021). Bu bağlamda karotenoidler, polifenoller, flavonoidler ve çeşitli vitaminler (A, C ve E vitaminleri) ön plana çıkmaktadır. Antioksidanlar, sağlık üzerinde olumsuz etkiye sebep olan serbest radikallerin oluşumlarını engellemelerinin yanı sıra et ve et ürünlerinin pişirilmesi sırasında oluşabilen ve epidemiyolojik çalışmalar ile karsinogen ve/veya mutajen oldukları tespit edilen heterosiklik aromatik aminlerin (HAA) oluşumlarının azaltılmasında da önemli rol oynamaktadır (Kilic *et al.* 2021). Son zamanlarda antioksidan maddeler arasında dikkatleri üzerine çeken ve ksantofil grubu bir karotenoid olan astaksantin, dünyanın en güçlü ikinci antioksidan kaynağı olduğu ve insan vücudunda ise karotenoidlerden çok daha yararlı potansiyel etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Jackson *et al.* 2008).

Carballo *et al.* (2018), soğukta ve dondurarak muhafaza ettikleri çiğ ve pişmiş kuzu köftelerinin oksidatif stabilitesini değerlendirdikleri araştırmada, köftelerin oksidatif stabiliteleri üzerine farklı antioksidan maddelerin (450 mg/kg sodyum metabisülfite, 500 mg/kg sodyum askorbat ve 20, 40, 60 ve 80 mg/kg astaksantin) etkisini incelemişlerdir. Neticede, astaksantin kullanımının, depolama sırasında hem çiğ hem de pişmiş köftelerde doza bağlı olarak TBARS değerini azalttığı, 60 ve/veya 80 mg/kg seviyelerinde eklenen astaksantin, sodyum askorbat ve sodyum metabisülfitten daha büyük antioksidan etki gösterdiği belirtilmiştir.

Yapılan çalışmalar, et tüketimi ve insan kanserleri arasında pozitif korelasyon olduğunu rapor etmektedir (Jägerstad *et al.* 1998). Wolk (2017), günlük 50 g işlenmiş et tüketiminin, pankreas kanserini yaklaşık %19, kolon kanserini %18, meme kanserini %9 ve prostat kanserini ise %4 oranında artırabileceğini belirtmiştir. Bu korelasyonun, işlenmiş et ürünlerinin hazırlanması esnasında kullanılan nitrat ve nitrit gibi çeşitli katkı maddeleri ve bu maddelerin gerek hazırlanma gerekse de tüketime sunulmaları aşamasında uygulanan ısı işlemleri esnasında oluşabilen kimyasal kontaminantlar nedeniyle olduğu bilinmektedir (Öz 2021).

HAA'lar karsinojenik ve/veya mutajenik bileşiklerdir (Öz ve Kaya 2007). Yapılan çalışmalar, gıdaların pişirme yöntemi, yiyecek türü, porsiyon büyüklüğü ve alım sıklığının HAA'lara maruz kalma oranını önemli ölçüde etkilediğini belirtmektedir (Skog 1993).

Öz ve Kaya (2011a), yüksek yağ içeriğine (%30) sahip köftelerde heterosiklik aromatik amin oluşumuna karabiberin etkisini araştırdıkları çalışmada, köfte üretiminde karabiber kullanımının, toplam HAA içeriğini %12-100 aralığında inhibe ettiğini bildirmişlerdir.

Zeng *et al.* (2017), dana köftelerine kattıkları farklı oranlarda karabiber ve piperin'in HAA oluşumuna etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, karabiberin toplam HAA oluşumunu %42'ye kadar, piperin'in ise %62'ye kadar azalttığını rapor etmişlerdir.

Keşkekoğlu ve Üren (2014), sığır etinden hazırladıkları köftelerin üretiminde nar çekirdeği ekstraktı kullanımının, farklı yöntemler (fırın, tavada kızartma, mangal ve derin yağda kızartma) kullanılarak pişirilen köftelerde HAA oluşumu üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, nar çekirdeği ekstraktı kullanımının, fırın, mangal ve derin yağda kızartma işlemlerinde toplam HAA oluşumunu azaltırken, tavada kızartma işleminde ise toplam HAA oluşumunu artırdığını rapor etmişlerdir. Nar çekirdeği ekstraktının toplam HAA içeriği üzerine en yüksek inhibe edici etkisinin derin yağda kızartma işlemine tabii tutulan köfte örneklerinde olduğu rapor edilmiştir. Aynı araştırmacıların başka bir çalışmasında ise, üzüm çekirdeği ekstraktının farklı yöntemlerle pişirilen köfte örneklerinde HAA oluşumuna etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar, sığır etinden hazırladıkları köfte üretiminde üzüm çekirdeği ekstraktı kullanımının, fırın ve mangalda pişirme yöntemlerinde toplam HAA oluşumunu azaltırken, tavada kızartma ve derin yağda kızartma işlemlerinde ise toplam HAA oluşumunu artırdığını rapor etmişlerdir (Keşkekoğlu ve Üren 2017).

Öz and Çakmak (2016) köfte üretiminde konjuge linoleik asit kullanımının HAA oluşumu üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, köfte örneklerini farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) kızartmışlardır. Araştırmacılar, köfte üretiminde %0,1, %0,25 ve %0,5 oranlarında konjuge linoleik asit kullanımının, tüm sıcaklık derecelerinde pişirilen köftelerde toplam HAA içeriğini azalttığı ve inhibisyon oranının %81'e ulaştığını bildirmişlerdir.

Tengilimoglu-Metin and Kizil (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, enginar ekstraktının tavuk ve sığır etlerinde HAA oluşumu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, tavuk ve sığır etleri farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250°C) pişirme işlemine tabii tutulmuş ve tavada pişirilen sığır eti örneklerinde MeAαC bileşiğinin saptanmadığı, ancak IQ (0,66 ng/g'a kadar), IQx (3,48 ng/g'a kadar), MeIQ (6,35 ng/g'a kadar), MeIQx (2,20 ng/g'a kadar), 4,8-DiMeIQx (1,19 ng/g'a kadar), 7,8-DiMeIQx (0,04 ng/g'a kadar), PhIP (7,59 ng/g'a kadar) ve AαC (2,75 ng/g'a kadar) bileşiklerinin belirlendiği rapor edilmiştir.

Öz *et al.* (2017), köfte üretiminde, değişik oranlarda kitosan kullanımının (%0,25, 0,50, 0,75 ve 1, w/w) köftelerin çeşitli kalite kriterleri ile HAA oluşumu üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, köfteleri ısıtıcı bir plaka üzerinde farklı sıcaklıklarda (150°C, 200°C ve 250°C) pişirmişlerdir. Araştırmada, kitosan kullanımının, pişirme kaybını azalttığı, ancak pH ve TBARS değerlerini artırdığı, pişirme işlemi ile de pH ve TBARS değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, kitosan kullanımının, tüm sıcaklık derecelerinde kızartılan örneklerde, toplam HAA içeriğini %60'a kadar inhibe ettiğini rapor etmişlerdir.

Lu *et al.* (2018), tavuk ve sığır etlerine ilave edilen, karabiber, sarımsak, zencefil tozu, soğan tozu ve kırmızı biber tozu gibi baharatların HAA oluşumu üzerindeki etkisini incelendikleri araştırmada, 180°C'deki derin yağda 3 dk pişirilen örneklerde, baharat kullanımının toplam HAA içeriğini genellikle azalttığı belirlenirken, sığır köftesi üretiminde soğan kullanımının ise kontrol grubu köftelere kıyasla MeIQ bileşiğini artırdığı bildirilmiştir.

Nuray and Öz (2019), köfte üretiminde farklı renkte soğanların (sarı, beyaz ve mor) su ekstraktı (%0,25, 0,5 ve 0,75, w/w) kullanımının köftelerin çeşitli kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine etkisini incelendikleri araştırmada, pişirme işlemi ile birlikte köftelerin su içeriklerinde azalma, pH değerlerinde ise artma olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, soğan su ekstraktı kullanımının toplam HAA içeriğini artırdığını rapor etmişlerdir.

Güzel (2019), sığır etinden hazırladıkları köftelerde HAA oluşumu üzerine reishi mantarı ekstraktı ilavesinin etkisini araştırdıkları çalışmada, köfte örneklerini 150 °C ve 190 °C sıcaklığına sahip derin yağda kızartmıştır. Araştırmacı, analiz ettiği örneklerde toplam HAA miktarının 2,92 ng/g'a kadar çıktığını ve toplam HAA oluşumunu reishi mantarı ekstraktının %54,26 – 100 aralığında inhibe ettiğini bildirmiştir.

Zhang *et al.* (2019), yapmış oldukları çalışmada geleneksel yöntemler kullanılarak tütülenmiş ve kavrulmuş kümes hayvan etlerinde HAA içeriklerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, analiz edilen örneklerde toplam HAA içeriğinin 41,67 ng/g ile 372,56 ng/g arasında değiştiğini ve tüm örneklerdeki baskın bileşiklerin norharman ve harman bileşikleri olduğunu bildirmişlerdir.

Öz (2019), köfte üretiminde çörek otu kullanımının bazı kalite parametreleri ve HAA oluşumuna etkisini araştırmıştır. Araştırmada, köftelerin su içeriği, pH ve TBARS değerleri üzerinde çörek otu kullanım oranı, pişirme işlemi ve pişirme sıcaklığının önemli etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Analiz edilen köftelerde IQx, IQ, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx, AαC ve MeAαC bileşikler tespit edilemezken, değişen miktarlarda MeIQx (1,53 ng/g'a kadar) ve PhIP (1, 22 ng/g) bileşiklerinin belirlendiği bildirilmiştir.

Uzun and Öz (2021), köfte üretiminde farklı oranlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen kullanımının çeşitli kalite kriterleri ile HAA oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Fesleğen kullanımının köfte üretiminde TBARS değerini önemli düzeyde azalttığı, köfte örneklerinin pişirilmesi sonucu su içeriklerinde azalma, pH ve TBARS değerlerinde ise artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Köfte örneklerinde IQx, IQ, AαC ve MeAαC bileşikler tespit edilemezken, MeIQx, MeIQ, 7,8-DiMeIQx, 4,8-DiMeIQx ve PhIP bileşikler ise değişen miktarlarda tespit edilmiştir. Toplam HAA içeriğinin nd – 1,61 ng/g arasında değiştiği ve köfte üretiminde fesleğen kullanımının toplam HAA oluşumu üzerine, kullanım oranı ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak azaltıcı veya artırıcı etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.

Korkmaz and Öz (2020) köfte üretiminde farklı oranlarda (%5, 10 ve 15) kurutulmuş ekmek içi kullanımının, köftelerin çeşitli kalite kriterleri ve HAA oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, kurutulmuş ekmek kullanımının kontrol grubu köftelere kıyasla su içeriği, pişirme kaybı ve TBARS değerlerinde azalmaya neden olduğu, buna karşın pişirme sıcaklığının artmasının köftelerin su içeriğinde azalmaya, pişirme kaybı ve TBARS değerlerinde ise artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, çalışmada IQx (0,10 ng/g'a kadar), IQ (0,36 ng/g'a kadar), MeIQx (0,08 ng/g'a kadar), MeIQ (0,18 ng/g'a kadar), 7,8-DiMeIQx (0,11 ng/g'a kadar) ve 4,8-DiMeIQx (0,05 ng/g'a kadar) bileşikler tespit edilirken, PhIP, AαC ve MeAαC bileşiklerinin ise belirlenemediği rapor edilmiştir.

Kilic *et al.* (2021), farklı seviyelerde zerdeçal tozu (%0,5 ve 1, w/w) ile formüle edilen ve farklı sıcaklıklarda (150, 200 ve 250 °C) pişirilen tavuk köftelerinde HAA oluşumu araştırmışlardır. Araştırmacılar, MeIQx bileşiğini tüm köfte örneklerinde tespit ederken, analiz ettikleri köfte örneklerinin %56'sında 7,8-DiMeIQx bileşiğini ve %44'ünde ise MeIQ bileşiğini belirlediklerini bildirmişlerdir. Araştırmada, zerdeçal kullanımı ile tavuk köftelerinde pişirme kaybı ve lipid oksidasyon değerlerinde önemli düzeyde azalma olduğu, toplam HAA içeriğinin zerdeçal kullanımı ile tüm sıcaklık derecelerinde azaldığı ve HAA'ların oluşumu ile köftelerin renk özellikleri (L^* , a^* ve b^*) arasında güçlü pozitif korelasyonlar olduğu rapor edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Hammadde

Yapılan araştırmada, Erzurum’ da bulunan yerel bir kasaptan sığır but kası (*M. Gluteus medius*) ile köftelerin yağ oranlarının ayarlanmasında kullanılan sığır et yağı (intermuscular yağ, kaslararası yağ) temin edilmiş ve kıyma makinasından çekilerek hammadde olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan hammadde, soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiştir. Araştırmada kullanılan diğer hammadde materyali olan astaksantin ise yurt dışından (Naturraum, Hamburg Germany) temin edilmiştir. İlgili firma, astaksantin *Hematococcus pluvialis*'in yeşil mikroalglerinden ekstrakte edilen %5 saf astaksantin içerdiğini bildirmektedir.



Şekil 2. Araştırmada kullanılan köfte ve astaksantin

Köfte hamurunun hazırlanması

Yağ içeriği %15’e ayarlanan köfte hamuru, eşit 3 parçaya bölünmüş, şans eseri seçilen bir grup köfte hamuruna astaksantin ilave edilmemiş ve mevcut araştırmada bu grup köfte örnekleri kontrol grubu olarak değerlendirmeye alınmıştır. Diğer gruplara ise iki farklı konsantrasyonda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek, iyice karıştırılmış ve tüm köfte hamurları buzdolabına alınarak bir saat dinlendirilmiştir. Köfte yapımında herhangi bir interaksiyonun gerçekleşmemesi için tuz, baharat ve herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır.

%0 (astaksantin ilavesiz)

%0,5 Astaksantin ilaveli

%1,0 Astaksantin ilaveli



Şekil 3. Kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş), %0,5 – 1,0 oranında astaksantin ilaveli köfte hamurları

2.1. Yöntem

2.1.1 Pişirme İşlemi

Mevcut çalışmada, köfte örnekleri, elektrikli ısıtıcı bir plaka (hot plate) üzerinde herhangi bir sıvı ya da katı yağ kullanılmaksızın kızartılmıştır. Buzdolabında bir saat dinlendirilen köfte hamurları, metal bir kalıp kullanılarak (7 x 1 x 1 cm) şekillendirilmiş ve yüzey sıcaklığı önceden 150 ve 200 °C'ye getirilmiş elektrikli ısıtıcı bir plaka üzerinde toplam 8 dk (4 + 4) pişirme işlemine tabii tutulmuştur.

Analizler

Su içeriği

Köfte örneklerinin su içeriği; yaklaşık 10 g örneğin kurutma kaplarına konulmasının ardından etüvde (100 ± 2°C'lik) sabit tartıma ulaşılan kadar (yaklaşık 18 saat) kurutulması neticesinde belirlenen ağırlık kaybı üzerinden hesaplanmıştır (Gökalp *et al.* 2010).

Pişirme kaybı

Köfte örneklerinin pişirme kaybı; köfte örneklerinin kızartma işleminden önce ve kızartma işleminin ardından oda sıcaklığına kadar soğutulması neticesinde belirlenen ağırlık kaybı üzerinden hesaplanmıştır (Öz and Kızıl 2013).

pH değeri

10 g örnek üzerine 100 ml saf su eklenmiş ve ultra- turrax'ta yaklaşık 1 dk homojenize edildikten sonra örneklerin pH değerleri, pH metre kullanılarak belirlenmiştir. pH metre kullanılmadan önce uygun tampon çözeltiler (pH 4,01 – 7,0 ve 10,0) ile kalibre edilmiş ve daha sonra okuma işlemi gerçekleştirilmiştir (Gökalp *et al.* 2010).

Lipit oksidasyonunun belirlenmesi

Köfte örneklerinin lipit oksidasyon düzeyi (tiyobarbitürik asit reaktif maddeler, TBARS); Kılıç and Richards (2003) tarafından belirlenen yöntem kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla 2 g köfte örneği, 12 ml trikloroasetik asit (TCA) solüsyonu ile 30 sn boyunca ultra-turraxla homojenize edilmiştir (IKA Werk T 25, Germany). Ardından Whatman 1 filtre kağıdından süzdürülüp, 3 ml süzüntü üzerine 3 ml tiobarbitürik asit (TBA) solüsyonu eklenmiştir. Mevcut karışım, 100°C'lik su banyosunda 40 dk bekletildikten sonra soğuk su yardımıyla 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.

DPPH serbest radikal giderim aktivitesi tayini

Astaksantin etanol ekstraktının eldesinde Zhao *et al.* (2016)'ın kullandıkları metottan yararlanılmıştır. Kısaca, 0,1g astaksantin (*H. pluvialis*) tozu üzerine 25 ml etanol eklenmiş ve ultra-turrax yardımı ile 1 dk boyunca homojenize edilmiştir. Ultrasonik banyo içerisinde 30 dk bekledikten sonra örnek 4980 g'de, 20 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra Whatman filtre kâğıdı (No:1) ile filtre edilerek toplanan süzüntünün serbest radikal giderme aktivitesi belirlenmiştir. DPPH radikalinden 0,0024 mg tartılarak etanol ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Örnek ekstraktı farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg/ml) 1,5 ml DPPH çözeltisi ile deney tüplerinde karıştırılmış ve toplam 2 ml'ye tamamlanacak şekilde etanol ilave edilerek karıştırıldıktan sonra 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Absorbans ölçümü dalga boyu 517 nm' de, köre karşı gerçekleştirilmiştir. Absorbans değerlerinden formül kullanılarak DPPH radikal giderme aktivitesi (%) hesaplanmıştır:

$$DPPH\ radikal\ giderme\ aktivitesi\ (\%) = [(A_{kontrol} - A_{örnek}) / A_{kontrol}] \times 100$$

%50 DPPH radikalı giderme aktivitesini sağlayan ekstraktların konsantrasyonu (IC₅₀) ekstrakt konsantrasyon radikal giderme aktivitesi (%) grafiğinden hesaplanmış, değerler µg/ml olarak verilmiştir. Pozitif standart olarak BHT kullanılmıştır.

Renk analizi

L^* , a^* , b^* , Chroma ve Hue değerleri kolorimetre cihazı (Chroma Meter CR 400 Minolta Co, Ltd, Osaka, Japan) kullanılarak belirlenmiş ve CIELAB (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından belirlenen kriterlere göre yöntem yürütülmüştür. Ölçüm yapmadan önce cihaz beyaz renkteki kalibrasyon aparatı ile kalibre edilmiş ve her örnek için dört (köftelerin alt yüzünde 2, üst yüzünde 2) farklı ölçüm yapılmıştır.

HAA'ların ekstraksiyonu

Mevcut araştırmada örneklerin HAA ekstraksiyonu Öz and Yüzer (2016)'e göre yapılmıştır. Metot kısaca řu şekilde uygulanmıştır; bir behere 1 g örnek tartılıp üzerine 12 ml NaOH (1 M) eklenerek 1 saat karıştırılmış ve 13 g Extrelut NT paketleme materyali konduktan sonra etil asetat, hidroklorik asit ve metanol ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elüat 2 ml %95: %5 metanol: NH₃ karışımı ile alınmıştır. Ekstrakt HPLC'de okuma yapılıncaya kadar -18°C'de bekletilmiştir. HPLC analizinden bir gün önce 45°C'lik etüvde bir gece bekletilerek metanol ve amonyak çözeltilerinin uzaklaşması sağlanıp, ardından 100 µl metanol (internal standart içeren) ilave edilerek likit kromatografi sisteminde analiz edilmiştir.

HPLC koşulları

HAA'ların tanımlanmaları ve miktar hesaplamaları diyot array dedektörlü yüksek basınçlı sıvı kromatografisi kullanılarak belirlenmiştir. Ayırma işlemi, dakikada 0,7 ml akış hızında, 35°C'de ve ters fazlı analitik bir kolonda gerçekleştirilmiştir. Solvent A olarak pH'sı (%25'lik amonyum hidroksit) 5,0'e ayarlanmış metanol: asetonitril: su: glasiyel asetik asit (8:14:76:2) ve Solvent B olarak asetonitril (%100) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Öz *et al.* 2015). 10 µl örnek enjeksiyonu yapılmıştır.

İstatistiksel analiz

Mevcut alışma şansa Bağlı Deneme Desenine göre düzenlenmiş, analizler üç tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Sonuçlar SPSS paket programı ile analiz edilmiş, önemli olduğu belirlenen ortalama değerler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Duncan oklu karışlaştırma testinden yararlanılmıştır (Yıldız ve Bircan 1991).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Hammaddeye Ait Analiz Sonuçları

Mevcut araştırmada, Erzurum'un yerel bir kasabından temin edilen sığır but kası (*M. Gluteus medius*) ve köftelerin yağ oranının ayarlanmasında kullanılan et yağı (kaslararası yağ, intermuscular yağ) ile ısıtıl işlem görmemiş köftelerin su, pH ve TBARS değerleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Köfte Yapımında Hammadde Olarak Kullanılan Et, Et Yağı ile Isıl İşlem Görmemiş (%15 Yağlı) Köftelere Ait Su, pH ve TBARS Analiz Sonuçlarının Ortalama ve Standart Sapma Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Hammadde	n	Su (%)	pH	TBARS (mg MDA/kg)
Et	2	75,21 $\pm$ 0,04	5,76 $\pm$ 0,02	0,034 $\pm$ 0,020
Et Yağı	2	32,12 $\pm$ 11,95	7,13 $\pm$ 0,06	0,254 $\pm$ 0,018
Köfte (%15 yağlı)	2	61,75 $\pm$ 0,38	5,70 $\pm$ 0,02	0,215 $\pm$ 0,016

Mevcut araştırmada köfte üretimi için hammadde olarak kullanılan sığır but etinin; su içeriği, pH ve TBARS değerleri sırasıyla %75,21, 5,76 ve 0,034 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Literatürde de benzer sonuçlar içeren çalışmalar mevcuttur. Bulan (2019), hammadde olarak kullandığı sığır but etinin su, pH ve TBARS değerlerini sırasıyla %74,11, 5,80 ve 0,82 mg MDA/kg olarak bildirmektedir. Korkmaz and Öz (2020), hammadde olarak kullandıkları sığır but etinin su, pH ve TBARS değerlerinin sırasıyla %74,02, 5,59 ve 0,872 mg MDA/kg olduğunu belirlemişlerdir.

Kaslararası (intermuscular) et yağının su, pH ve TBARS değerleri sırasıyla %32,12, 7,13 ve 0,254 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Nuray and Öz (2019) yaptıkları çalışmada, kaslararası et yağının su içeriğini %13,34, pH değerini 6,36 ve TBARS değerini 0,25 mg MDA/kg olarak belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise kaslararası et yağının su içeriği, pH ve TBARS değerleri sırasıyla %19,78, 6,77 ve 0,251 mg MDA/kg olarak rapor edilmiştir (Uzun and Öz 2021).

Mevcut araştırmada %15 yağlı ve ısıtıl işlem görmemiş köftelerin su, pH ve TBARS değerleri ise sırasıyla %61,75, 5,70 ve 0,215 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Çakmak (2015) yaptığı çalışmada, ısıtıl işlem görmemiş %15 yağlı köftelerin su içeriğini %62,16, pH değerini 5,51 ve TBARS değerini 1,19 mg MDA/kg olarak, Korkmaz and Öz (2020) ise

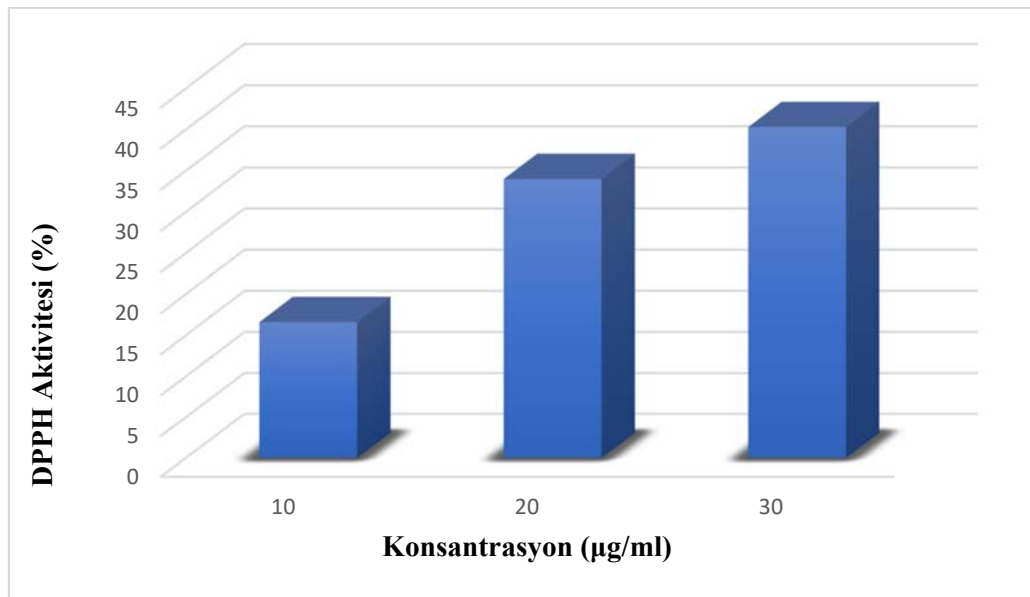
yaptıkları çalışmada, ısıl işlem görmemiş %15 yağlı köftelerin su içeriğini %67,21, pH değerini 5,71 ve TBARS değerini 0,656 mg MDA/kg olarak rapor etmişlerdir.

Araştırmada materyal olarak kullanılan et, et yağı ve ısıl işlem görmemiş köftelerin su, pH ve TBARS değerlerinin literatürdeki veriler ile genellikle benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Aradaki farklılıkların kullanılan hayvanın yaşı, ırkı, besleme şartları vb. faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Kaya 2021).

Astaksantin Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

Günümüzde antioksidan maddelerin kullanımı gıda endüstrisinde oldukça fazladır. Gıda endüstrisinde kullanılan antioksidanlar, genellikle gıda katkı maddesi olarak kullanılmakta ve bu maddeler gıdaları oksidatif bozulmalara karşı korumaktadır. Antioksidan maddeler, ilave edildiği gıdalarda raf ömrünü uzatma, serbest radikalleri süpürme ve lipid peroksidasyonlarını inaktif hale getirme eğilimindedirler (Güzel *et al.* 2013). Gıdalarda serbest oksijen miktarını tespit etmek için, antioksidan aktivite ölçme metotları kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmada, köfte üretiminde doğrudan olarak kullanılan astaksantin ve sentetik bir antioksidan olan BHT' nin, serbest radikal giderme aktivitesi 2,2 – diphenyl– 1– picrylhydrazyl (DPPH) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Astaksantin farklı konsantrasyonlarına ait DPPH serbest radikal giderme aktivitesi Şekil 1'de sunulmuştur. Şekilde de görüldüğü üzere artan konsantrasyona bağlı olarak DPPH serbest radikal giderme aktivitesinin de arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Astaksantin DPPH serbest radikal giderme aktivitesi

Referans olarak kullanılan BHT ve köfte üretiminde kullanılan astaksantin IC_{50} değeri Tablo 2'de sunulmuştur. Astaksantin ile BHT'nin IC_{50} değeri bakımından birbirlerinden

istatistiksel olarak farklı oldukları ve astaksantinin IC₅₀ değerinin, sentetik bir antioksidan olan BHT' nin değerinden daha düşük olduğu, dolayısıyla astaksantin BHT'ye kıyasla daha iyi inhibisyon etki gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim Pogorzelska *et al.* (2017), astaksantin üretiminde kullanılan *Haematococcus pluvalis* özütünün farklı konsantrasyonlardaki (0,015, 0,03 ve 0,045 g/ml) DPPH radikal giderme aktivitesinin sırasıyla %67,7, %79,5 ve %85,1 olduğunu rapor etmişler ve kullanılan *Haematococcus pluvalis* özütünün sadece %5 astaksantin içerdiğini ve dolayısıyla astaksantin en güçlü doğal antioksidanlardan biri olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 2. BHT ve Köfte Üretiminde Kullanılan Astaksantin IC₅₀ değeri (µg/ml) Ortalaması

	n	IC ₅₀
Astaksantin	9	37,34
BHT	9	70,00

IC₅₀: DPPH radikal giderme aktivitesinin %50'sini inhibe eden inhibitör konsantrasyonu,

Köftelerin Su İçeriği Sonuçları

Etin su içeriği; görünüş, tekstür, gevreklik, tat – aroma, çeşitli ürünlere işleme, depolama, dondurma, ambalajlama, muhafaza etme ve mikrobiyal kaliteyi koruma gibi gıdalarımız açısından önemli özelliklere sahiptir. Et ve et ürünlerinde su içeriği çeşitli fiziksel (hayvanın yaşı, türü, kas tipi vb.) ve kimyasal faktörlere (pH) bağlı olarak değişmektedir. (Kaya 2021).

Mevcut çalışmada, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) ile farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıl işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin su içerikleri Tablo 3’de sunulmuştur. Kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin içeren ısıl işlem görmemiş köftelerin su içerikleri %60,99 – 61,75 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle su içeriklerinde beklenildiği gibi azalma görülmüş ve su içeriğinin %51,50 – 61,49 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 3. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin Su İçerikleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran	n	Su (%)		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	61,75±0,38	61,49±0,73	53,02±0,90
%0,5	3	61,39±0,39	60,22±0,36	52,43±0,98
%1,0	3	60,99±1,68	58,76±0,73	51,50±0,79

Kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıl işlem

görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelere ait su içeriği varyans analizi sonuçları Tablo 4’de sunulmuştur. Köftelerin su içeriklerine; astaksantin oranı, pişirme işlemi, pişirme sıcaklığı ve pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun çok önemli etkilerinin olduğu tespit edilirken ($p<0,01$), diğer interaksyonların ise önemli etkisi olmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4. Su İçeriği ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F
Astaksantin oranı (AO)	2	6,289	7,675**
Pişirme İşlemi (Pİ)	1	237,867	290,292**
Pişirme sıcaklığı (PS)	1	138,293	168,772**
AO×Pİ	2	1,414	1,726
AO × PS	2	0,276	0,337
Pİ×PS	1	138,293	168,772**
AO×Pİ×PS	2	0,276	0,337
Hata	24	0,819	

*: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Su içeriği üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 5’te sunulmuştur. Köfte üretiminde farklı oranlarda astaksantin kullanımının, köftelerin su içerikleri üzerine anlamlı bir etkisinin olduğu ($p<0,01$), köftelerin su içeriklerinin %58,06 – 59,51 arasında değiştiği, astaksantin kullanımının köftelerin su içeriğinde azalmaya neden olduğu, ancak sadece %1,0 oranında ilave edilen astaksantin, istatistiksel olarak diğer grup köftelere kıyasla daha düşük su içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca köfte üretiminde kullanılan astaksantin nem içeriğinin düşük olmasının etki ettiği düşünülmektedir. Zira mevcut araştırmada kullanılan astaksantin nem içeriğinin %5,41 olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, literatürde astaksantin ilaveli köftelerin su içeriğinin değişmediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Carballo *et al.* (2019) yapmış oldukları çalışmada kontrol grubu örnekler ile astaksantin ilaveli örneklerin su içeriklerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığını bildirmişlerdir.

Tablo 5. Su İçeriği Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Astaksantin oranı	n	Su (%)
0	12	59,51±3,95a
%0,5	12	58,86±3,94a
%1,0	12	58,06±4,22b

Su içeriği üzerine pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 6’da sunulmuştur. Farklı oranlarda astaksantin ilave edilerek hazırlanan köftelerin pişirilmesi, beklenildiği gibi, örneklerin su içeriklerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0,01$) bir düşüşe sebep olmuştur. Pişirme işleminden önce köftelerin su içerikleri %61,38 iken, pişirme işleminden sonra %56,24 olarak tespit edilmiştir. Pişirme işlemi; ulaşılan sıcaklık, myofibriler proteinlerde görülen şirink ve perimisyal bağ dokuda görülen büzülme nedeniyle etin su içeriğini azaltmaktadır (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Pişirme esnasında gerçekleşen kayıp nedeniyle etin su içeriği, pişirme işlemi neticesinde azalmaktadır. Araştırılan farklı çalışmalarda da benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Güzel (2019), yapmış olduğu çalışmada, ısıtma işlem görmemiş köfte örneklerinde %61,07 olarak tespit ettikleri su içeriğinin, ısıtma işlem neticesinde azalarak %47,16 – 58,25 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Tablo 6. Su İçeriği Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

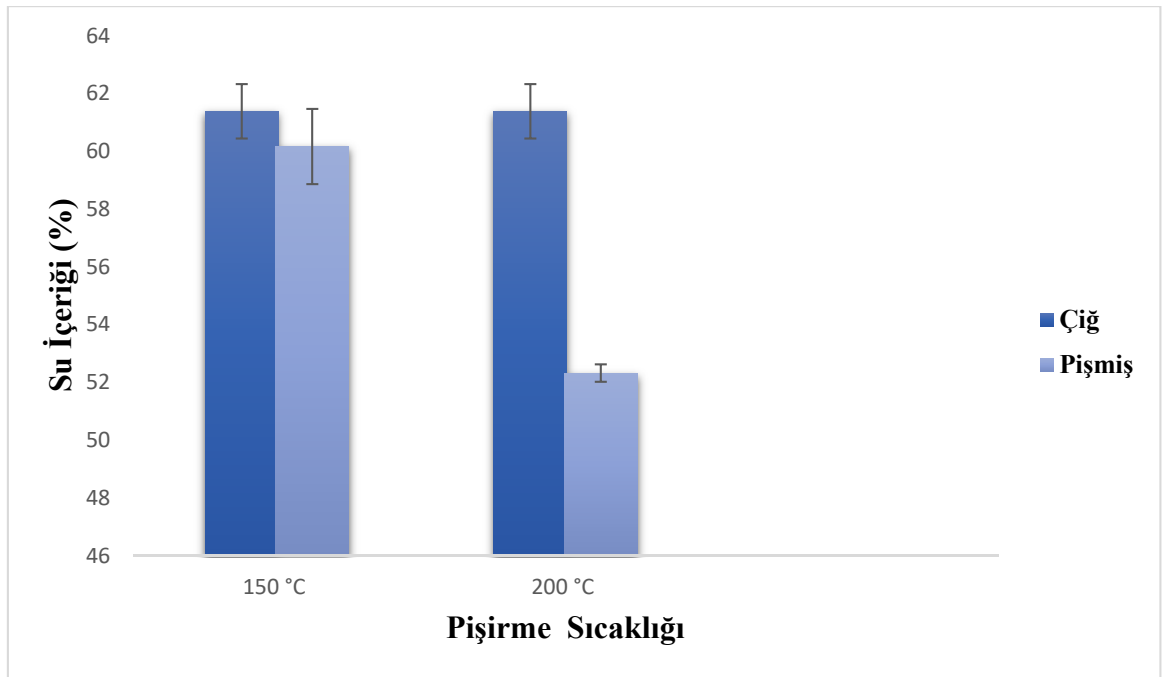
Pişirme İşlemi	n	Su (%)
Çiğ	18	61,38 $\pm$ 0,92a
Pişmiş	18	56,24 $\pm$ 4,19b

Su içeriği üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 7’de sunulmuştur. Pişirme sıcaklığının artması ile köftelerin su içeriğinde istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p<0,01$). Korkmaz and Öz (2020) 150°C ve 200°C’ de pişirdiği köftelerin su içeriklerini sırasıyla %51,57 ve %48,92 olarak belirlemiştir.

Tablo 7. Su İçeriği Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Pişirme sıcaklığı	n	Su (%)
150°C	18	60,77 $\pm$ 1,27a
200°C	18	56,85 $\pm$ 4,76b

Su içeriği üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi Şekil 6’da sunulmuştur. Pişirme sıcaklığının artması ile örneklerin su içeriğinde azalmalar tespit edilmiştir. Benzer şekilde Zaman (2014) yapmış olduğu çalışmada pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin su içeriği üzerine önemli etkisinin olduğunu tespit etmiş ve pişirme sıcaklığındaki artışla birlikte örneklerin su içeriğinin azaldığını belirtmiştir.



Şekil 5. Köftelerin su içerikleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı etkisinin etkisi

Köftelerin Pişirme Kaybı Sonuçları

Pişirme işlemi esnasında, etin yapısında var olan su miktarında kayıplar yaşanmaktadır. Pişirme kaybı olarak adlandırılan bu kayıplar, birçok faktöre (hayvanın cinsiyeti, yaşı, kas yapısı, pişirilme şekli ve süresi vb.) bağlı olarak değişmektedir. Pişirme işlemi neticesinde su kaybının yaşanması ile etin gevrekliğinde ve lezzetinde de kayıplar yaşanabilmektedir (Şireli 2018).

Mevcut araştırmada kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri Tablo 8’de sunulmuştur. Kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) ve farklı oranlarda astaksantin içeren köfte örneklerinin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle pişirme kaybı değerlerinin %30,73– 44,13 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 8. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin Pişirme Kaybı Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran	n	Pişirme Kaybı	
		150°C	200°C
0	3	30,74±0,50	44,13±1,88
%0,5	3	31,96±3,83	41,97±1,81
%1,0	3	30,73±1,41	41,93±2,35

Kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerinin pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Tablo 9’da sunulmuştur. Köftelerin pişirme kaybı değerleri üzerine; pişirme sıcaklığının çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) tespit edilirken, astaksantin oranı ve astaksantin x pişirme sıcaklığının interaksiyonunun önemli etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Tablo 9. Pişirme Kaybı ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

VK	SD	KO	F
Astaksantin oranı (AO)	2	1,855	1,755
Pişirme sıcaklığı (PS)	1	598,196	122,784**
AO × PS	2	4,419	0,907
Hata	24	4,872	

Pişirme kaybı üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 10’da sunulmuştur. Mevcut araştırmada kontrol grubu köfteler ile farklı oranlarda astaksantin içeren köftelerin su içeriklerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 10. Pişirme Kaybı Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Astaksantin oranı	n	Pişirme Kaybı
0	12	37,44±7,44a
%0,5	12	36,96±6,10a
%1,0	12	36,33±6,37a

Pişirme kaybı üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 11’de sunulmuştur. 150°C’de pişirilen köfte örneklerinin pişirme kaybı değerlerinin, 200°C’de pişirilenlerden anlamlı düzeyde düşük olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Literatürde et ve et ürünlerinin pişirme sıcaklıklarının artması ile pişirme kaybının da arttığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Öz *et al.* 2015b; Öz and Çakmak 2016; Khan *et al.* 2019). Rodriguez – Estrada *et al.* (1997) et ve et ürünlerinin pişirilmesi sonucu görülen pişirme kaybının asıl sebebinin, pişirme esnasında ürünlerde görülen su kaybı olduğu belirtilmektedir. Öte yandan, pişirme işlemi esnasında etten sadece suyun uzaklaşmadığı aynı zamanda ette bulunan suda çözünen bazı maddelerin de uzaklaştığını bildirilmiştir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Tablo 11 Pişirme Kaybı Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Pişirme sıcaklığı	n	Pişirme Kaybı
150°C	18	31,15±2,15b
200°C	18	42,68±2,07a

Köftelerin pH Değerleri

Et ve et ürünlerinde pH seviyesi, kalite üzerinde önemli faktörlerden biridir. Etin pH seviyesi kesimden sonra 7,0 düzeylerinde iken, kesimden sonra oksijen miktarında görülen azalma neticesinde kaslarda meydana gelen aneorobik glikozis ile laktik asit düzeyinin artması neticesinde pH değerinde düşüş görülmektedir. Etin pH seviyesi kesimden bir saat sonra 5,6 – 6,2'lere kadar düşmektedir (Savell *et al.* 2005).

Mevcut araştırmada kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirme işlemine tabii tutulmuş köfte örneklerinin pH değerleri Tablo 12'de sunulmuştur. Kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin içeren ısıt işlem görmemiş köftelerin pH değerleri 5,62 – 5,70 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle pH değerlerinin 5,78 – 6,03 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 12. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıt İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin pH Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran	n	pH		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	5,70±0,01	5,95±0,02	6,03±0,02
%0,5	3	5,66±0,00	5,93±0,00	5,95±0,01
%1,0	3	5,62±0,01	5,90±0,01	5,78±0,16

pH değeri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 13'de sunulmuştur. Köftelerin pH değerleri üzerine; astaksantin oranı ve pişirme işleminin çok önemli ($p < 0,01$) etki gösterdiği belirlenirken, pişirme sıcaklığı ve interaksiyonların ise önemli etkisi olmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 13. pH Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

VK	SD	KO	F
Astaksantin oranı (AO)	2	0,040	17,430**
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	0,632	273,948**
Piştirme sıcaklığı (PS)	1	0,000	0,048
AO×Pİ	2	0,004	1,806
AO × PS	2	0,007	3,084
Pİ×PS	1	0,000	0,048
AO×Pİ×PS	2	0,007	3,084
Hata	24	0,002	

pH değeri üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 14’de sunulmuştur. Köfte üretiminde farklı oranlarda astaksantin kullanımının köftelerin pH değerleri üzerine istatistiksel olarak çok önemli bir etkisinin olduğu, köftelerin pH değerlerinin 5,73 – 5,85 arasında değişiklik gösterdiği ve astaksantin kullanım oranı arttıkça örneklerin pH değerlerinde anlamlı düzeyde ($p<0,01$) azalma olduğu belirlenmiştir. Astaksantin kullanımının, pH değerinde azalmaya neden olması, köfte üretimine ilave edilen astaksantin pH değerinin düşük olmasına (4,10) bağlanabilir. Carballo *et al.* (2018) yaptıkları çalışmada köftelere farklı oranlarda astaksantin (20, 40, 60 ve 80 mg/kg) ilavesinin ardından dondurma ve pişirme işlemi uyguladıkları çalışmalarında; kontrol grubu köftelerin pH değerini 5,62 olarak tespit ederken farklı oranlarda astaksantin ilave edilen köftelerin pH değerlerinin 5,58 – 5,62 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tablo 14. pH Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Astaksantin oranı	n	pH
0	12	5,85 $\pm$ 0,16a
%0,5	12	5,80 $\pm$ 0,15b
%1,0	12	5,73 $\pm$ 0,14c

pH değeri üzerine pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 15’de sunulmuştur. Pişirme işlemi köftelerin pH değerlerinde anlamlı düzeyde artışa neden olmuştur ($p<0,05$). Isıl işlem görmemiş köftelerde 5,66 olan pH değeri, pişmiş köftelerde 5,92 olarak tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Öz 2014; Nasrin *et al.* 2016; Tengilimoğlu– Metin *et al.* 2017; Zeng *et al.* 2017; Khan *et al.* 2019). Pişirme işlemi ile; etin bünyesinde bulunan hidroksil, sülfidril ve imidazol gruplarını ihtiva eden bağların serbest duruma gelmesi, etin pH değerinde artışa neden olmaktadır (Girard 1992).

Tablo 15. pH Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Pişirme İşlemi	n	pH
Çiğ	18	5,66 $\pm$ 0,04b
Pişmiş	18	5,92 $\pm$ 0,09a

pH değeri üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 16’da sunulmuştur. 150°C ve 200 °C ‘de pişirme işlemine tabii tutulan köftelerin pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Benzer şekilde, Bulan (2019) yapmış olduğu çalışmada, 150 ve 200 °C’

de ısıtılma işlemi tabii tutulan köftelerin pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olmadığını rapor etmiştir.

Tablo 16. pH Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

Piştirme sıcaklığı	n	pH
150°C	18	5,79±0,14a
200°C	18	5,79±0,17a

Köftelerin TBARS Sonuçları

Lipit oksidasyonu, işleme, depolama veya dağıtım sırasında tüm gıda matrislerinde meydana gelen kaçınılmaz, geri dönüşü olmayan ve karmaşık bir süreç olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra besinsel ve ekonomik değer kaybıyla beraber duyu kalite kaybı açısından da önemli bir endişe kaynağı olarak bilinmektedir (Estévez 2017). Et ürünlerinde yağların oksidasyonu, hammaddeye, katkı maddelerine, sıcaklık, pH, katalizörler ve zaman gibi üretimdeki parametrelere bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir (Visessanguan *et al.* 2004). Bununla birlikte, et ve et ürünlerindeki oksidasyonun asıl nedenlerinden birinin de ısıtılma işlemi olduğu belirtilmektedir (Lepper– Blilie *et al.* 2014). Et ve et ürünlerinde, yaygın olarak lipit oksidasyonu tespit etmede TBARS analizinden yararlanılmaktadır.

Mevcut araştırmada kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıtılma işlemi görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerleri Tablo 17’de sunulmuştur. Kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin ilave edilmiş ısıtılma işlemi görmemiş köftelerin TBARS değerleri 0,215 – 0,314 mg MDA/kg arasında değişirken, ısıtılma işlemi neticesinde TBARS değerlerinin artarak 0,341 – 0,860 mg MDA/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 17. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıtılma İşlemi Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin TBARS Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran	n	TBARS (mg MDA/kg)		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	0,215±0,016	0,498±0,030	0,860±0,160
%0,5	3	0,225±0,045	0,372±0,030	0,498±0,037
%1,0	3	0,314±0,027	0,359±0,047	0,341±0,248

TBARS değeri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 18’de sunulmuştur. Köftelerin TBARS değeri üzerine; astaksantin oranı, pişirme işlemi ve astaksantin oranı x pişirme işlemi etkileşimi çok önemli etkiye ($p < 0,01$) sahipken, pişirme sıcaklığı, astaksantin oranı x

pişirme sıcaklığı, pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı ve astaksantin oranı x pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonları önemli etkiye ($p<0,05$) sahiptir.

Tablo 18. TBARS Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

V.K	S.D	K.O	F
Astaksantin oranı (AO)	2	0,054	6,542**
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	0,504	61,598**
Piştirme sıcaklığı (PS)	1	0,055	6,728*
AO×Pİ	2	0,139	16,981**
AO × PS	2	0,028	3,379*
Pİ×PS	1	0,055	6,728*
AO×Pİ×PS	2	0,028	3,379*
Hata	24	0,008	

TBARS değeri üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 19’da sunulmuştur. Köfte üretiminde astaksantin kullanımı, astaksantin ilave edilmemiş kontrol grubu köftelere kıyasla TBARS değerini istatistiksel olarak önemli düzeyde azaltmıştır ($p<0,01$). TBARS değerleri açısından farklı astaksantin kullanım oranlarının (%0,5 ve 1,0 w/w) birbirleri arasında anlamlı farklılıklarının olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Bu sonuç, köfte üretiminde %0,5 oranında astaksantin kullanımının bile lipid oksidasyonunu azaltmada yeterli olduğunu göstermektedir. Zira köfte üretiminde kullanılan astaksantin antioksidan kapasitesinin sentetik bir antioksidan olan BHT’nin antioksidan kapasitesinden daha iyi olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Mevcut araştırmaya paralel olarak, Carballo *et al.* (2018), köftelere farklı oranlarda astaksantin ilavesinin ardından dondurma ve piştirme işlemi uyguladıkları çalışmalarında; kontrol grubu köftelerin TBARS değerini 11,84 mg MDA/kg olarak tespit ederken, farklı oranlarda astaksantin ilave edilen köftelerin TBARS değerlerinin ise 6,14 – 8,67 mg MDA/kg arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Nitekim araştırmacılar astaksantin, ürünün oksidatif bozulmaya karşı kalitesini korumada kullanım oranına bağlı olarak etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Farklı bir çalışmada, domuz etinden üretilen köftelere farklı seviyelerde (0,15, 0,3 ve 0,45 g/kg) ilave edilen *Haematococcus pluvalis* ekstraktının, buzdolabında depolama (7 gün) süresince oksidatif stabilite üzerindeki antioksidan etkisi araştırılmıştır. Depolamanın 7. gününde 0,3 ve 0,45 g/kg seviyelerinde ilave edilen grupların, kontrol grubuna kıyasla TBARS değerlerini azalttığını, 0,15 g/kg seviyesinde ilavesi TBARS değerinde etkili olmadığı bildirilmiştir (Pogorzelska *et al.* 2017).

Tablo 19. TBARS Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

Astaksantin oranı	n	TBARS (mg MDA/kg)
0	12	0,447 $\pm$ 0,285a
%0,5	12	0,330 $\pm$ 0,124b
%1,0	12	0,332 $\pm$ 0,111b

TBARS değeri üzerine pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 20’de sunulmuştur. Köfte örneklerinin pişirilmesi ile TBARS değeri önemli oranda artmıştır ($p < 0,01$). Isıl işlem görmemiş köftelerde TBARS değeri 0,251 mg MDA/kg iken, pişmiş köftelerde bu değer 0,488 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Diğer araştırmacılar da benzer sonuçlar tespit etmişlerdir. Nitekim Bulan (2019), ısıtma işlemi görmemiş kontrol grubu köftelerde 0,57 mg MDA/kg olarak belirlenen TBARS değerinin, pişirme sonrası artarak 0,64 – 0,71 mg MDA/kg arasında değiştiğini rapor etmiştir. Isıl işlem neticesinde TBARS değerinin artmasının sebebi, pişirme işlemi ile denatüre olan myogloblin ve hemogloblin bileşiklerinden açığa çıkan demirin lipid oksidasyonunu katalizlemesi, bununla birlikte etin pişirilmesi ile hücre yapısında meydana gelen tahrip sonucu lipid oksidasyonunu teşvik eden çoklu doymamış yağ asitlerinin açığa çıkması olarak izah edilmektedir (Ramirez *et al.* 2005; Rojas and Brewer 2007). Literatürde TBARS değeri üzerine, ısıtma işleminin etkisinin, pişirme metoduna bağlı olarak değiştiği gözlemlenmektedir. Bazı araştırmalar ısıtma işlemi neticesinde TBARS değerinin arttığını, bazı araştırmacılar ise ısıtma işlemi ile TBARS değerinde herhangi bir değişiklik olmadığını rapor etmişlerdir (Serrano *et al.* 2007; Weber *et al.* 2008; Peiretti *et al.* 2012). Ayrıca, Lepper – Blilie *et al.* (2014), 90 °C veya daha yüksek sıcaklıklarda pişirme işlemi ile ette meydana gelen Maillard reaksiyon ürünlerinin antioksidan etki gösterebildiğini rapor etmişlerdir.

Tablo 20. TBARS Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

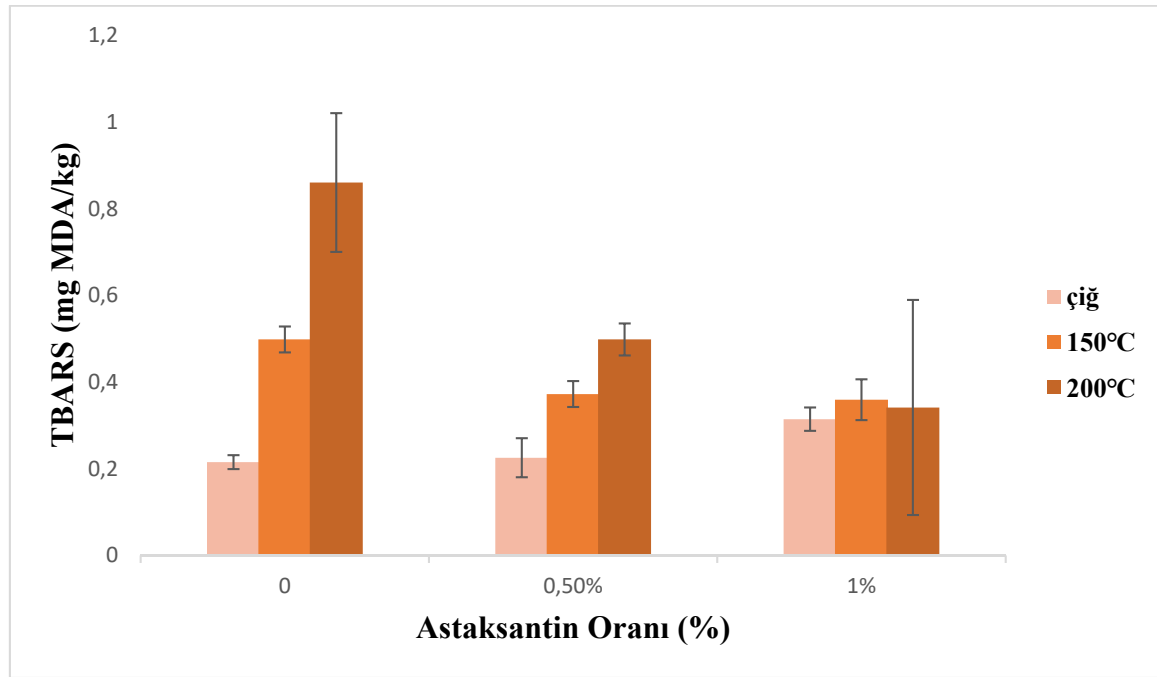
Pişirme İşlemi	n	TBARS (mg MDA/kg)
Çiğ	18	0,251 $\pm$ 0,053b
Pişmiş	18	0,488 $\pm$ 0,211a

TBARS değeri üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 21’de sunulmuştur. Pişirme sıcaklığı arttıkça köftelerin TBARS düzeyleri önemli ölçüde artmıştır ($p < 0,05$).

Tablo 21. TBARS Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

Piştirme sıcaklığı	n	TBARS (mg MDA/kg)
150°C	18	0,330±0,103b
200°C	18	0,409±0,251a

Astaksantin oranı x piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksiyonunun köfte örneklerinin TBARS değerine etkisi Şekil 7’de sunulmuştur. Piştirme işlemi neticesinde TBARS değerinin arttığı ve ısıt işlem görmüş köftelerde astaksantin kullanımının TBARS değerini azalttığı görülmektedir.



Şekil 6. Köftelerin TBARS değerleri üzerine astaksantin oranı x piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

Köftelerin Renk Analizi Sonuçları

Renk, tüketiciler için gıdaları seçerken ve satın alırken en önemli kriterlerden biridir (Fernández– Lopez *et al.* 2002). Bu bağlamda görünüş, et ve et ürünlerinin satışlarında en önemli belirleyici faktörlerden biridir (Georgantelis *et al.* 2007). Yeni kesilmiş etin arzu edilen renginden, doku pigmenti myoglobinin, oksijene formu olan oksimiyoglobin sorumludur. Uzun vadeli depolamalar sonucu, oksimiyoglobin metmyoglobine okside olabilmekte ve bunun neticesinde istenmeyen koyu et rengi meydana gelmektedir.

İşlenmiş et ürünlerinin rengi ise, hammadde bileşimi (nem, protein, myoglobin içeriği vb.), et dışı bileşenler ve katkı maddeleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Myoglobin ile dışsal ve içsel faktörler arasındaki mekanik etkileşimler, pişmiş etin rengini belirlemektedir (Suman and

Joseph 2013). Et ve et ürünlerine ilave edilen antioksidan bileşenler renk koruması üzerine de yararlı etkiler gösterebilmektedir (Georgantelis *et al.* 2007).

***L** değeri sonuçları**

Mevcut araştırmada, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) ile farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin *L** değerleri Tablo 22’de sunulmuştur. Kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin içeren ısıt işlem görmemiş köftelerin *L** değerleri 39,08 – 51,47 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle *L** değerlerinde beklenildiği gibi azalma görülmüş ve 29,33 – 43,48 arasında değişim göstermiştir.

Tablo 22. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıt İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin *L** Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran	n	<i>L*</i> Değeri		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	51,47±2,36	43,48±3,22	31,64±4,65
%0,5	3	42,02±1,40	36,17±1,22	29,33±2,14
%1,0	3	39,08±0,50	36,20±1,00	31,56±3,29

*L** değeri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 23’de sunulmuştur. Köftelerin *L** değerleri üzerine astaksantin oranı, pişirme işlemi, pişirme sıcaklığı, astaksantin oranı x pişirme işlemi ve pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonlarının istatistiksel olarak çok önemli etkisinin ($p < 0,01$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 23. *L** Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

V.K	S.D	K.O	F
Astaksantin oranı (AO)	2	232,460	42,640**
Pişirme İşlemi (Pİ)	1	805,046	147,668**
Pişirme sıcaklığı (PS)	1	136,033	24,952**
AO×Pİ	2	56,981	10,425**
AO × PS	2	10,240	1,878
Pİ×PS	1	136,033	24,952**
AO×Pİ×PS	2	10,240	1,878
Hata	24	5,452	

*L** değeri üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 24’de sunulmuştur. Köfte üretiminde astaksantin

kullanımının köfte örneklerinin L^* değerlerini azalttığı, ancak %0,5 ve 1,0 konsantrasyonlarında astaksantin kullanımının ise anlamlı bir farklılığa neden olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, Carballo *et al.* (2018) yapmış oldukları çalışmada kontrol grubuna kıyasla farklı oranlarda astaksantin kullanımının L^* değerini istatistiksel olarak düşürdüğünü bildirmişlerdir. Araştırmacılar, en düşük L^* değerinin 80 mg/kg astaksantin kullanılan köfte örneklerinde belirlendiğini, en yüksek L^* değerinin ise 20 mg/kg astaksantin kullanılan köfte örneklerinde belirlendiğini rapor etmişlerdir. L^* değerinde görülen bu değişikliğin astaksantin kendi doğal renginden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 24. L^* Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

Astaksantin oranı (%)	n	L^* Değeri
0	12	44,51 $\pm$ 8,93a
%0,5	12	37,38 $\pm$ 5,62b
%1,0	12	36,48 $\pm$ 3,54b

L^* değeri üzerine pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 25’de sunulmuştur. Pişirme işlemi köftelerin L^* değerlerinde istatistiksel olarak azalmaya neden olmuştur ($p < 0,05$). Isıl işlem görmemiş köftelerde 44,19 olarak belirlenen L^* değeri, pişirme işlemi neticesinde 34,73 olarak tespit edilmiştir. L^* değerinde gözlemlenen bu düşüşün sebebi, köftelerin su içeriğinin pişirme sonucunda azalması, pişirme sırasında ette protein denatürasyonunun artması ve pişirme işlemi sırasında kahverengi pigmentlerin oluşmasına bağlanmaktadır (Skog, Johansson and Jägerstad 1998; Rabeler and Feyissa 2018). Pişirme işlemi neticesinde L^* değerinin azaldığını gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (Zikirov 2014; Kilic *et al.* 2021).

Tablo 25. L^* değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

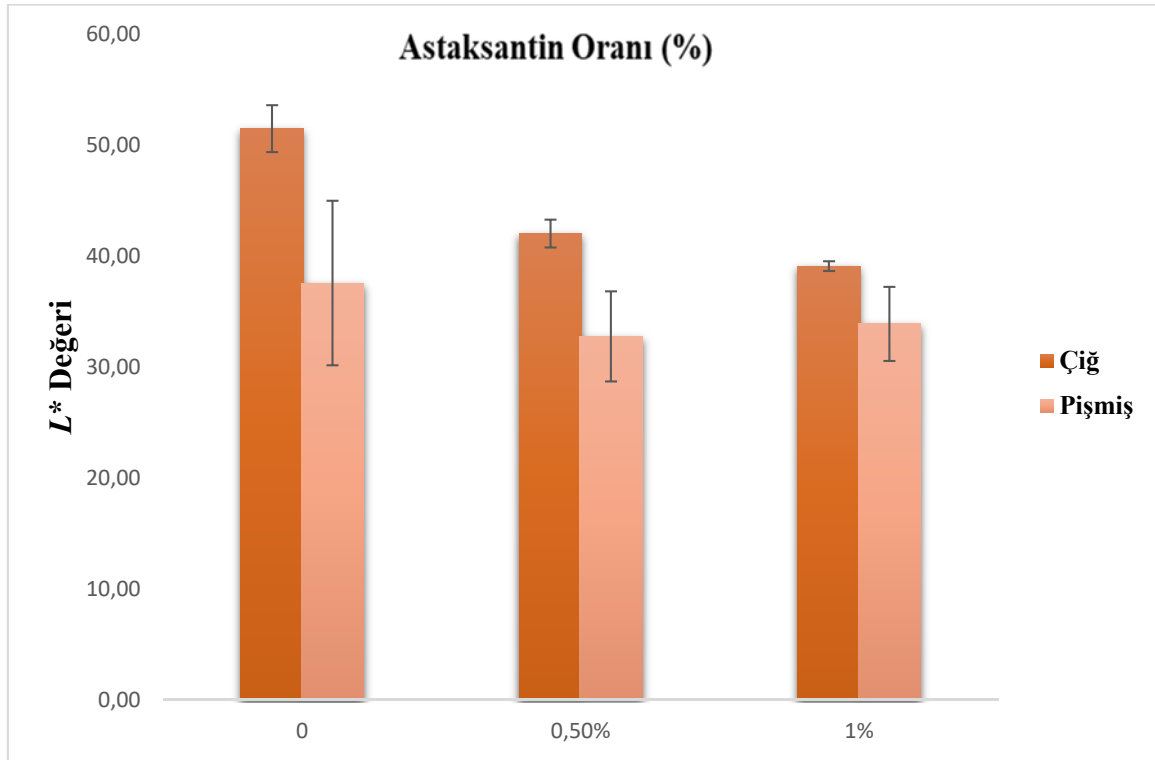
Pişirme İşlemi	n	L^* Değeri
Çiğ	18	44,19 $\pm$ 5,61a
Pişmiş	18	34,73 $\pm$ 5,36b

L^* değeri üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 26’da sunulmuştur. 200 °C ‘de pişirilen köfte örnekleri, 150 °C pişirilen köfte örneklerine kıyasla istatistiksel olarak daha düşük L^* değerine sahiptir. Literatürde pişirme sıcaklığına bağlı olarak L^* değerinde değişimler olduğunu gösteren başka çalışmalar da mevcuttur. Seyyar (2015), 85°C’de ısıtma işlem uyguladığı örneklerin L^* değerinin, 65°C ve 75°C ısıtma işlem uyguladığı örneklerin L^* değerinden daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Tablo 26. L^* değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

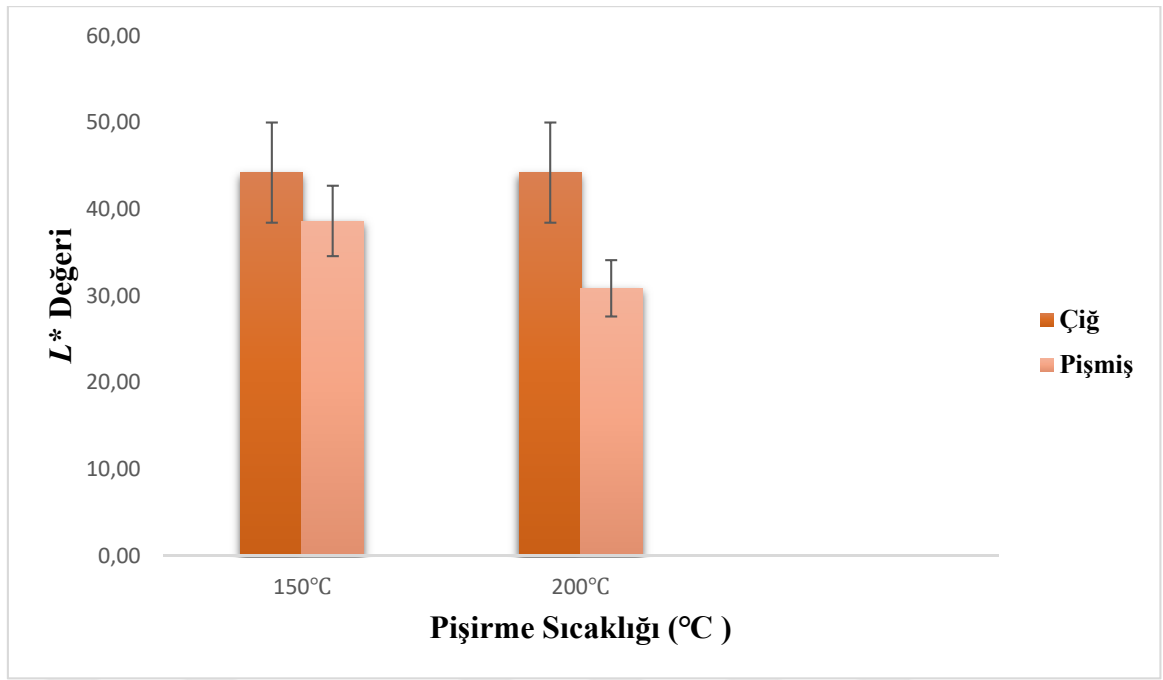
Piştirme sıcaklığı	n	L^* Değeri
150 °C	18	41,40±5,63a
200°C	18	37,51±8,24b

Astaksantin oranı x piştirme işlemi interaksiyonunun köfte örneklerinin L^* değerine etkisi Şekil 8’de sunulmuştur. Piştirme işlemi ve astaksantin kullanımı neticesinde köftelerin L^* değerinin azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 7. Köftelerin L^* değerleri üzerine astaksantin oranı x piştirme işlemi interaksiyonunun etkisi

Piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksiyonunun köfte örneklerinin L^* değerine etkisi Şekil 9’da sunulmuştur. 200°C’de pişirilen örneklerin L^* değerinin, 150°C’de pişirilen örneklerin L^* değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Zikirov (2014) yapmış olduğu çalışmada, tavada kızartılan örneklerin L^* değerinin çiğ örneklerle kıyasla azaldığını rapor etmiştir. Bunun muhtemel sonucunun ısı uygulaması ile paralel olarak oluşan pigment denatürasyonundan kaynaklandığı ve bu bağlamda kahverengi pigmentlerin meydana geldiği düşünülmektedir.



Şekil 8. Köftelerin L^* değerleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

a^* değeri sonuçları

Mevcut çalışmada, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) ve farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek hazırlanan köftelerin ısı işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin a^* değerleri Tablo 27’ de sunulmuştur. Kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin içeren ısı işlem görmemiş köftelerin a^* değerleri 17,05 – 28,17 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle a^* değerlerinin azalarak 9,66 – 16,96 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 27. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin a^* Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran (%)	n	a^* Değeri		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	17,05±0,64	10,55±0,42	9,66±1,05
%0,5	3	28,17±0,77	15,95±1,11	10,53±1,69
%1,0	3	26,94±0,61	16,96±1,00	12,97±2,72

Mevcut araştırmada, kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısı işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerinin a^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 28’de sunulmuştur. Köftelerin a^* değerleri üzerine astaksantin oranı, pişirme işlemi, pişirme sıcaklığı, astaksantin oranı x pişirme işlemi ve pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonlarının çok önemli etkisi ($p < 0,01$) olmuş, diğer interaksiyonların ise önemli etkisi ($p > 0,05$) olmamıştır.

Tablo 28. a^* Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

V.K	S.D	K.O	F
Astaksantin oranı (AO)	2	210,499	152,986**
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	1154,597	832,596**
Piştirme sıcaklığı (PS)	1	26,514	19,270**
AO×Pİ	2	48,915	35,550**
AO × PS	2	4,018	2,920
Pİ×PS	1	26,514	19,270**
AO×Pİ×PS	2	4,018	2,920
Hata	24	1,376	

a^* değeri üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 29’da sunulmuştur. Kontrol grubuna kıyasla, köfte üretiminde astaksantin kullanımının köftelerin a^* değerini anlamlı düzeyde ($p<0,05$) artırdığı, ancak %0,5 ve %1,0 konsantrasyonları arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Astaksantin ilavesi ile örneklerinde a^* değerinde görülen artışın; astaksantin renginin a^* rengini temsil eden kırmızılığı barındırması nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Buna paralel olarak, Carballo *et al.* (2018) yapmış oldukları çalışmada kontrol grubuna kıyasla farklı oranlarda astaksantin kullanımının a^* değerini artırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, en düşük a^* değerini kontrol grubu köfte örneklerinde, en yüksek a^* değerini ise 80 mg/kg astaksantin kullanılan köfte örneklerinde belirlediklerini rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada, araştırmacılar 4 gruba (kontrol grubu, 0,15g/kg, 0,3g/kg ve 0,45 g/kg astaksantin) ayırdıkları örneklerinin a^* değerlerinin, konsantrasyona da paralel olarak astaksantin ilavesi ile arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, en yüksek a^* değerini 0,45 g/kg astaksantin ilaveli köfte örneklerinde tespit ederken, en düşük a^* değerini ise kontrol grubu köfte örneklerinde belirlemişlerdir (Pogorzelska *et al.* 2017).

Tablo 29. a^* Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Astaksantin oranı	n	a^* Değeri
0	12	13,58±3,69b
%0,5	12	20,71±8,11a
%1,0	12	20,95±6,56a

a^* değeri üzerine piştirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 30’da sunulmuştur. Piştirme işlemi köftelerin a^* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olmuştur ($p<0,01$). Isıl işlem görmemiş köftelerde 24,05 olan a^*

değeri, pişmiş köftelerde 12,77 olarak tespit edilmiştir. Literatürde a^* değerinde meydana gelen bu düşüşün sebebi, ısıtıl işlem neticesinde meydana gelen pigment denatürasyonu ile ilişkilendirilmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Tablo 30. a^* Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

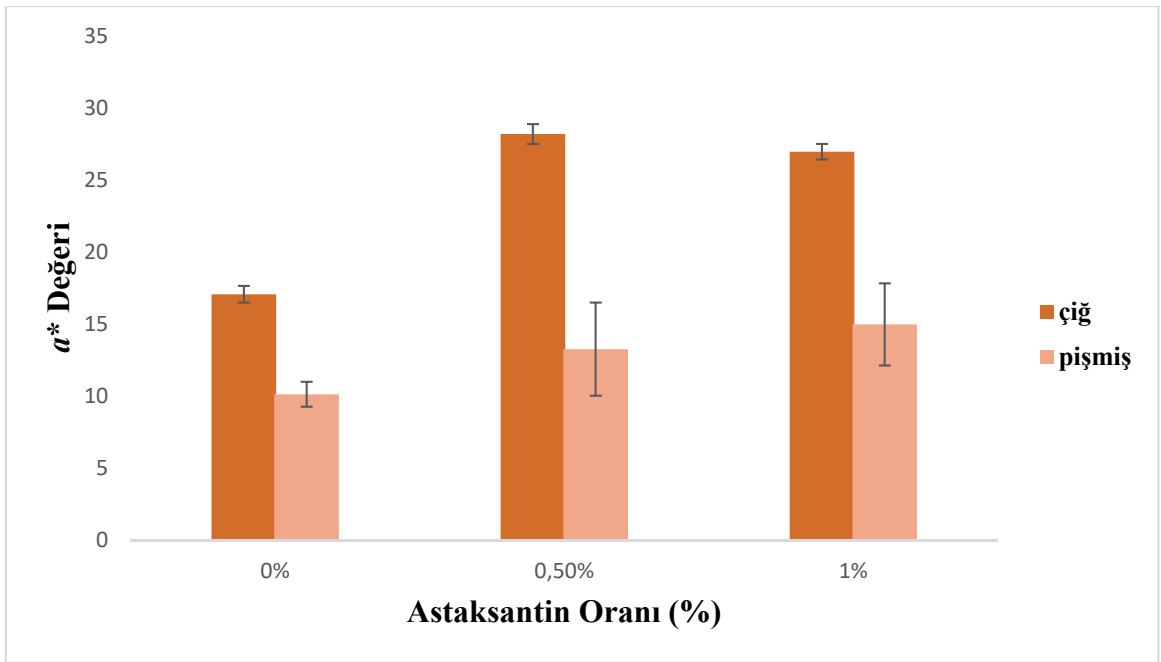
Pişirme İşlemi	n	a^* Değeri
Çiğ	18	24,05±5,15a
Pişmiş	18	12,77±3,16b

a^* değeri üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 31’ de sunulmuştur. 150 °C ‘de pişirilen köfte örnekleri 200 °C pişirilen köfte örneklerine kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek a^* değerine sahiptir. Bu duruma; oksimiyoglobın içeriği ile bağlantılı olan a^* değerinde, pişirme sıcaklığındaki artış ile daha yüksek myoglobın bozulmasının oluşmasının ve neticede kırmızı renkte kaybın meydana gelmesinin etki ettiği düşünülmektedir (Roldán *et al.* 2013). Mevcut araştırmaya paralel olarak, pişirme işlemi neticesinde a^* değerinin azaldığını gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (García – Segovia *et al.* 2007; Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Tablo 31. a^* Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

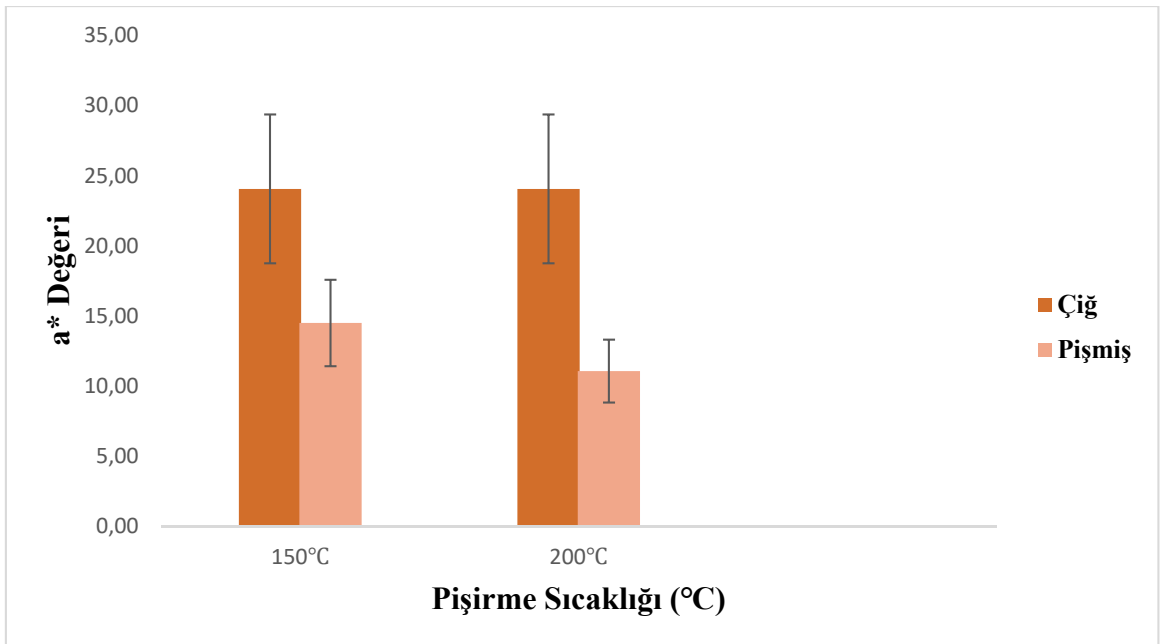
Pişirme sıcaklığı	n	a^* Değeri
150°C	18	19,27±6,48a
200°C	18	17,55±7,77b

Astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksiyonunun köfte örneklerinin a^* değerine etkisi Şekil 10’da sunulmuştur. Pişirme işlemi neticesinde örneklerin a^* değerleri azalırken, astaksantin kullanımı kontrol grubu köfte örneklerine kıyasla a^* değerinde artışa neden olmuştur.



Şekil 9. Köftelerin a^* değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi etkisi

Pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı etkileşiminin köfte örneklerinin a^* değerine etkisi Şekil 11’de sunulmuştur. 150 °C’ de pişirilen astaksantin ilaveli örneklerin a^* değerinin, 200 °C’de pişirilen örneklerin a^* değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Köfte örneklerinde sıcaklığın artışı sonucu a^* değerinde meydana gelen azalmanın pigment denatürasyonu nedeniyle olduğu belirtilmektedir (Aberle *et al.* 2001; Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Nitekim literatürde, uygulanan pişirme yöntemi ve ısı işlem normuna bağlı olarak a^* değerinin azaldığını gösteren başka çalışmalar mevcuttur (Zikirov 2014; Kilic *et al.* 2021).



Şekil 10. Köftelerin a^* değerleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı etkisi

***b** değeri sonuçları**

Mevcut çalışmada, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) ile farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin *b** değerleri Tablo 32’de sunulmuştur. Kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin içeren ısıt işlem görmemiş köftelerin *b** değerleri 11,85 – 25,00 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle *b** değerlerinin 11,73 – 20,46 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 32. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıt İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin *b** Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran (%)	n	<i>b</i> * Değeri ($\bar{x} \pm SD$)		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	11,85±0,89	17,65±1,52	12,78±3,95
%0,5	3	25,00±1,78	18,32±1,21	11,73±2,60
%1,0	3	21,97±0,82	20,46±2,18	15,57±3,94

*b** değeri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 33’de sunulmuştur. Köftelerin *b** değerleri üzerine astaksantin oranı, pişirme işlemi, pişirme sıcaklığı, astaksantin oranı x pişirme işlemi ve pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonlarının çok önemli etkisinin ($p < 0,01$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 33. *b** Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

V.K	S.D	K.O	F
Astaksantin oranı (AO)	2	167,262	36,059**
Pişirme İşlemi (Pİ)	1	111,663	24,073**
Pişirme sıcaklığı (PS)	1	66,810	14,403**
AO×Pİ	2	133,810	28,847**
AO × PS	2	0,737	0,159
Pİ×PS	1	66,810	14,403**
AO×Pİ×PS	2	0,737	0,159
Hata	24	4,639	

*b** değeri üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 34’de sunulmuştur. Köfte üretiminde farklı oranlarda astaksantin kullanımının köftelerin *b** değerini önemli düzeyde arttırdığı ancak %0,5 ve 1,0 oranlarında astaksantin kullanılan köfte örneklerinin *b** değerleri arasında anlamlı bir farklılık

olmadığı belirlenmiştir. Carballo *et al.* (2018) yapmış oldukları çalışmada, kontrol grubuna kıyasla farklı oranlarda astaksantin kullanımının b^* değerini artırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, en düşük b^* değerini (13,91) kontrol grubu köfte örneklerinde, en yüksek b^* değerini (22,10) ise 80 mg/kg astaksantin kullanılan köfte örneklerinde belirlemişlerdir.

Tablo 34. b^* Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

Astaksantin oranı	n	b^* Değeri
0	12	13,53 $\pm$ 3,14b
%0,5	12	20,01 $\pm$ 5,98a
%1,0	12	19,99 $\pm$ 3,38a

b^* değeri üzerine pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 35’de sunulmuştur. Isıl işlem görmemiş köftelerde 19,61 olan b^* değeri, ısıtıl işlem uygulanmış köftelerde 16,08 olarak tespit edilmiştir. Pişirme işlemi köftelerin b^* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olmuştur ($p < 0,05$).

Tablo 35. b^* Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

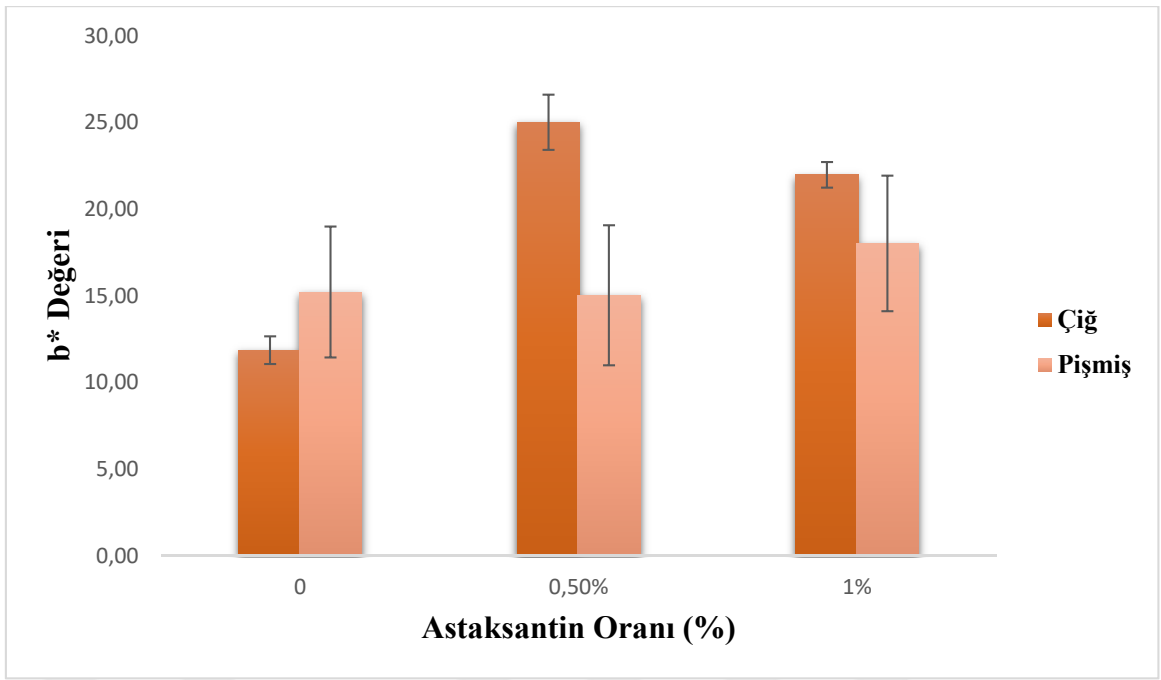
Pişirme İşlemi	n	b^* Değeri
Çiğ	18	19,61 $\pm$ 5,88a
Pişmiş	18	16,08 $\pm$ 3,93b

b^* değeri üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 36’da sunulmuştur. Farklı pişirme sıcaklıklarında pişirilen köftelerin b^* değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olduğu ve sıcaklık artışı ile b^* değerinde azalma olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Tablo 36. b^* Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

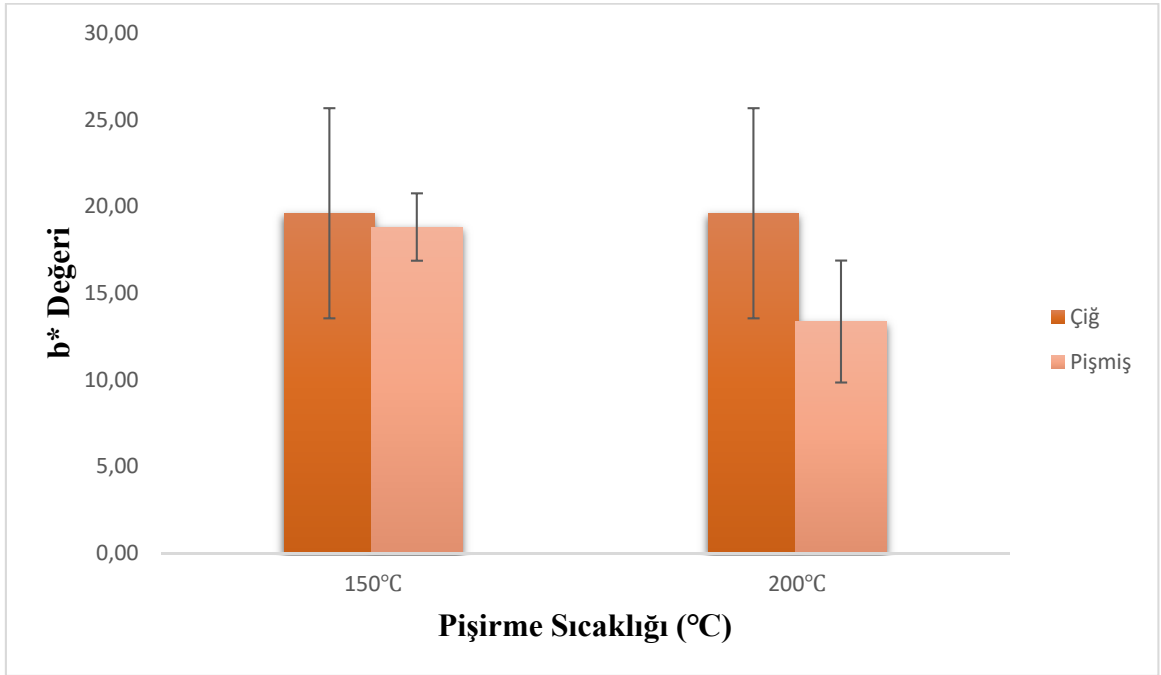
Pişirme sıcaklığı	n	b^* Değeri
150°C	18	19,21 $\pm$ 4,38a
200°C	18	16,48 $\pm$ 5,78b

Astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksiyonunun köfte örneklerinin b^* değerine etkisi Şekil 12’de sunulmuştur. Kontrol grubu köfte örneklerinde, pişirme işlemi sonucunda b^* değerinde bir artış yaşanırken, astaksantin ilaveli köftelerde pişirme işlemi b^* değerinde azalmaya neden olmuştur. Kontrol grubu köftelerde metmyogloblin denatürasyonu sonucu kahverengi pigmentlerin oluşması, b^* değerinde artışa neden olabilmektedir.



Şekil 11. Köftelerin b^* değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksiyonunun etkisi

Pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun köfte örneklerinin b^* değerine etkisi Şekil 13’de sunulmuştur. Pişirme işlemi neticesinde köfte örneklerinin b^* değerinde azalma tespit edilmiş ve ısıtıl işlem görmemiş örneklerle kıyasla b^* değerinde görülen en büyük azalma 200°C’ de pişirilen köfte örneklerinde belirlenmiştir. Benzer sonuçlar literatürde de yer almaktadır (Zikirov 2014; Kilic *et al.* 2021).



Şekil 12. Köftelerin b^* değerleri üzerine pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

C (Kroma) değeri sonuçları

Mevcut çalışmada, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) ile farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıt işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin C (kroma) değerleri Tablo 37’de sunulmuştur. Kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin içeren ısıt işlem görmemiş köftelerin C değerleri 20,83 – 37,68 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle C değerlerinin 15,82 – 26,62 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 37. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıt İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin C Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran	n	C Değeri		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	20,83±0,76	20,62±1,23	16,13±3,81
%0,5	3	37,68±1,72	24,37±1,64	15,82±3,07
%1,0	3	34,76±0,99	26,62±2,28	20,33±4,78

C değeri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 38’de sunulmuştur. Köftelerin C değerleri üzerine astaksantin oranı, pişirme işlemi, pişirme sıcaklığı, astaksantin oranı x pişirme işlemi ve pişirme işlemi x pişirme sıcaklığı interaksiyonlarının çok önemli etkisinin ($p < 0,01$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 38. C Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

VK	S.D	K.O	F
Astaksantin oranı (AO)	2	353,766	65,056**
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	981,334	180,463**
Piştirme sıcaklığı (PS)	1	93,388	17,174**
AO×Pİ	2	173,163	31,844**
AO × PS	2	3,100	0,570
Pİ×PS	1	93,388	17,174**
AO×Pİ×PS	2	3,100	0,570
Hata	24	5,438	

C değeri üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 39’da sunulmuştur. Köfte üretiminde farklı oranlarda astaksantin kullanımının köftelerin C değerini önemli düzeyde arttırdığı ancak %0,5 ve 1,0 oranlarında astaksantin kullanılan köfte örneklerinin C değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. C değerinde (kroma veya et rengi doygunluğu) meydana gelen bu

artışın sebebinin, myoglobin konsantrasyonu ve denatürasyon derecesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. C değerinin daha yüksek myoglobin konsantrasyonlarında ve daha düşük oranda denatüre myoglobinde daha baskın özellik gösterdiği belirtilmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Bu durumun ise ilave edilen astaksantin, köfte örneklerine daha canlı bir renk kazandırmasına etki ettiği düşünülmektedir. Çünkü C değerinin, ürün renginin parlaklık veya matlığını ifade ettiği ve değerin yükseldikçe ürünün daha parlak görüldüğü belirtilmektedir (McGuire 1992). Pogorzelska *et al.* (2017), yapmış oldukları çalışmada, mevcut çalışmaya paralel sonuçlar tespit etmişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla farklı oranlarda astaksantin kullanımının, C değerini istatistiksel olarak artırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, en düşük C değerini (9,37) kontrol grubu köfte örneklerinde, en yüksek C değerini (13,13) ise 0,3 g/kg astaksantin kullanılan köfte örneklerinde belirlemişlerdir.

Tablo 39. C Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

Astaksantin oranı	n	C Değeri
0	12	19,60 $\pm$ 2,74b
%0,5	12	28,89 $\pm$ 9,88a
%1,0	12	29,12 $\pm$ 6,75a

C değeri üzerine pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 40’da sunulmuştur. Pişirme işlemi köftelerin C değerlerinde önemli bir azalmaya ($p < 0,05$) neden olmuştur. Isıl işlem görmemiş köftelerde 31,09 olan C değeri, pişmiş köftelerde 20,65 olarak tespit edilmiştir. Isıl işlem neticesinde köfte örneklerinde meydana gelen bu düşüşün sebebi, ısıl işlemin myoglobin denatürasyonunu artırması sonucu myoglobin miktarında görülen azalmaya bağlanmaktadır (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Neticede, köfte örneklerinin yüzeyde metmyoglobin birikimi nedeniyle C değeri azalmaktadır (Humada *et al.* 2014). Pişirme işlemi neticesinde C değerinin azaldığını gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (Zikirov 2014).

Tablo 40. C Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

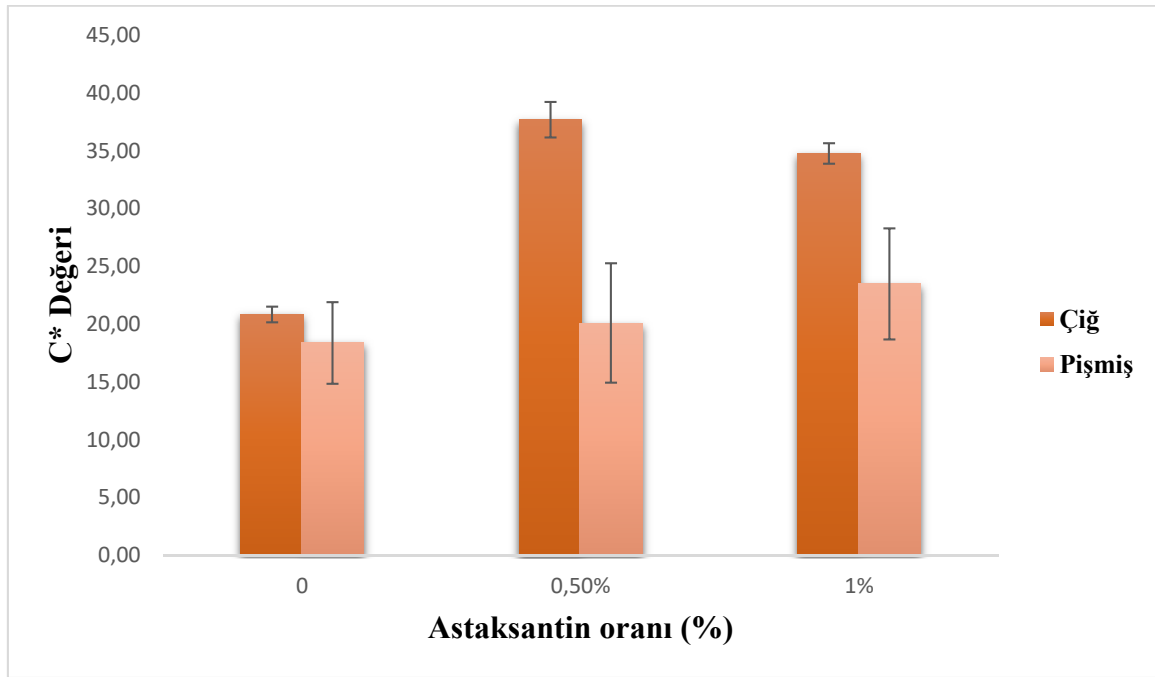
Pişirme İşlemi	n	C Değeri
Çiğ	18	31,09 $\pm$ 7,63a
Pişmiş	18	20,65 $\pm$ 4,81b

C değeri üzerine farklı pişirme sıcaklığının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 41’de sunulmuştur. 150 °C’ de pişirilen köfte örnekleri 200 °C’ de pişirilen köfte örneklerine kıyasla istatistiksel olarak daha düşük C değerine sahiptir.

Tablo 41. C Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklığının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

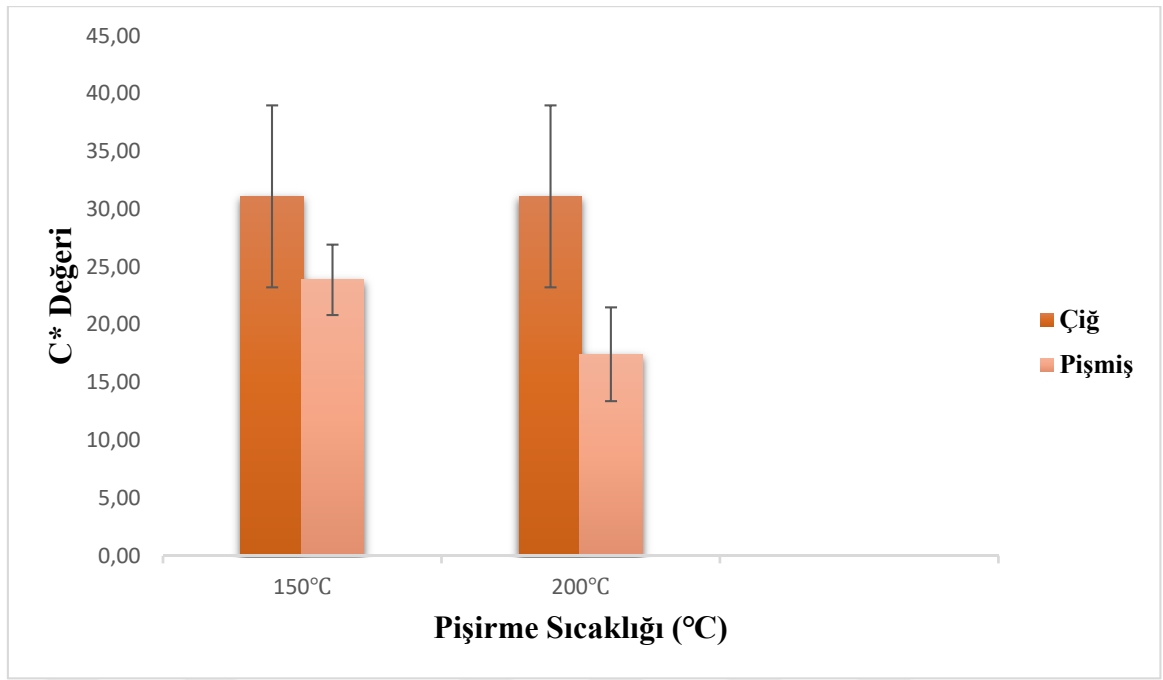
Piştirme sıcaklığı	n	C Değeri
150°C	18	27,48±6,88a
200°C	18	24,26±9,29b

Astaksantin oranı x piştirme işlemi interaksyonunun köfte örneklerinin C değerine etkisi Şekil 14’de sunulmuştur. Piştirme işlemi örneklerin C değerinde azalmaya neden olurken astaksantin ilavesi ise kontrol grubu örneklere kıyasla hem çiğ hem pişmiş örneklerde C değerini arttırmıştır.



Şekil 14. Köftelerin C* değerleri üzerine astaksantin oranı x piştirme işlemi interaksyonunun etkisi

Piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksyonunun köftelerin C değerine etkisi Şekil 15’de sunulmuştur. Piştirme işlemi neticesinde köfte örneklerinin C değerinde azalma tespit edilmiş ve ısıtılmış işlem görmemiş örneklere kıyasla C değerinde görülen en büyük azalma 200°C’de pişirilen köfte örneklerinde belirlenmiştir.



Şekil 13. Köftelerin C değerleri üzerine piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

Hue açısı (h°) değeri sonuçları

Mevcut çalışmada, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) ile farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek hazırlanan ısıtıl işlem görmemiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin hue açısı değerleri Tablo 42’de sunulmuştur. Kontrol grubu ve farklı oranlarda astaksantin içeren ısıtıl işlem görmemiş köftelerin hue açısı değerleri 35,11 – 41,50 arasında değişirken, bu köftelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesiyle hue açısı değerlerinin 47,20 – 58,81 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 42. Kontrol Grubu ile Farklı Oranlarda Astaksantin İlave Edilerek Hazırlanan Isıl İşlem Görmemiş ve Farklı Sıcaklıklarda Pişirilen Köfte Örneklerinin Hue Açısı Değerleri ($\bar{x} \pm SD$)

Oran	n	Hue açısı (h°) Değeri		
		Çiğ	150°C	200°C
0	3	35,11±2,19	58,81±2,85	51,74±5,49
%0,5	3	41,50±1,36	48,84±0,43	47,20±2,31
%1,0	3	39,15±0,39	50,00±1,22	49,75±1,71

Hue açısı değeri ile ilgili varyans analiz sonuçları Tablo 43’de sunulmuştur. Köftelerin hue açısı değerleri üzerine piştirme işlemi ve astaksantin oranı x piştirme işlemi interaksiyonunun çok önemli bir etkisi ($p < 0,01$) olmuş, astaksantin oranı, piştirme sıcaklığı, astaksantin oranı x piştirme sıcaklığı, piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı ve astaksantin oranı x piştirme işlemi x piştirme sıcaklığı interaksiyonlarının ise önemli bir etkisi ($p > 0,05$) olmamıştır.

Tablo 43. Hue Açısı Değeri ile İlgili Varyans Analiz Sonuçları

V.K	S.D	K.O	F
Astaksantin oranı (AO)	2	1,423	0,276
Piştirme İşlemi (Pİ)	1	1400,100	271,882**
Piştirme sıcaklığı (PS)	1	20,097	3,902
AO×Pİ	2	146,531	28,454**
AO × PS	2	9,749	1,893
Pİ×PS	1	20,097	3,902
AO×Pİ×PS	2	9,749	1,893
Hata	24	5,150	

Hue açısı değeri üzerine astaksantin kullanım oranının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 44’de sunulmuştur. Köfte üretiminde farklı oranlarda astaksantin kullanımının köftelerin hue açısı değeri üzerine anlamlı bir etkisi ($p>0,05$) olmamıştır. Hue açısı değerinin, myoglobinin kimyasal pozisyonundan etkilendiği ve a^* değeri ile ters ilişkili olduğu belirtilmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012). Mevcut çalışmada da a^* değerinde görülen artış ile hue açısı değerinde azalma olmuş, ancak bu azalmanın anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Carbolla *et al.* (2019), yapmış oldukları çalışmada, mevcut çalışmaya paralel sonuçlar tespit etmişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla astaksantin kullanımının hue açısı değerini azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar kontrol grubu köftelerin hue açısı değerini 44,11 tespit ederlerken, astaksantin ilave ettikleri köfte gruplarının hue açısı değerini 39,46 olarak tespit etmişlerdir.

Tablo 44. Hue Açısı Değeri Üzerine Astaksantin Kullanım Oranının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x}\pm SD$)

Astaksantin oranı	n	Hue Açısı Değeri
0	12	45,19±11,25a
%0,5	12	44,76±3,70a
%1,0	12	44,51±5,68a

Hue açısı değeri üzerine piştirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 45’de sunulmuştur. Piştirme işlemi köftelerin hue açısı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olmuştur ($p<0,05$). Isıl işlem görmemiş köftelerde 38,58 olan hue açısı değeri, pişmiş köftelerde 50,36 olarak tespit edilmiştir. Hue açısı değeri etin görünüşü bakımından stabiliteyi koruyan iyi bir göstergedir. Etin renginin algılanması bakımından iyi bir parametre olmakla beraber büyük değerler daha az kırmızı rengi ifade etmektedir (Humada *et al.* 2014). Mevcut çalışmada çiğ örneklerle kıyasla ısıtılmış örneklerin hue açısı değerlerinin a^* değerlerinin azaldığı (Tablo 30) ve buna karşın hue açısı değerlerinin

arttığı tespit edilmiştir. Hue açısı değerinde meydana gelen bu artışın sebebi pişirme işlemi ile hue açısı değerinin myoglobinin kimyasal pozisyonundan etkilendiği düşünülmektedir (Sánchez del Pulgar *et al.* 2012).

Tablo 45. Hue Açısı Değeri Üzerine Pişirme İşleminin Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

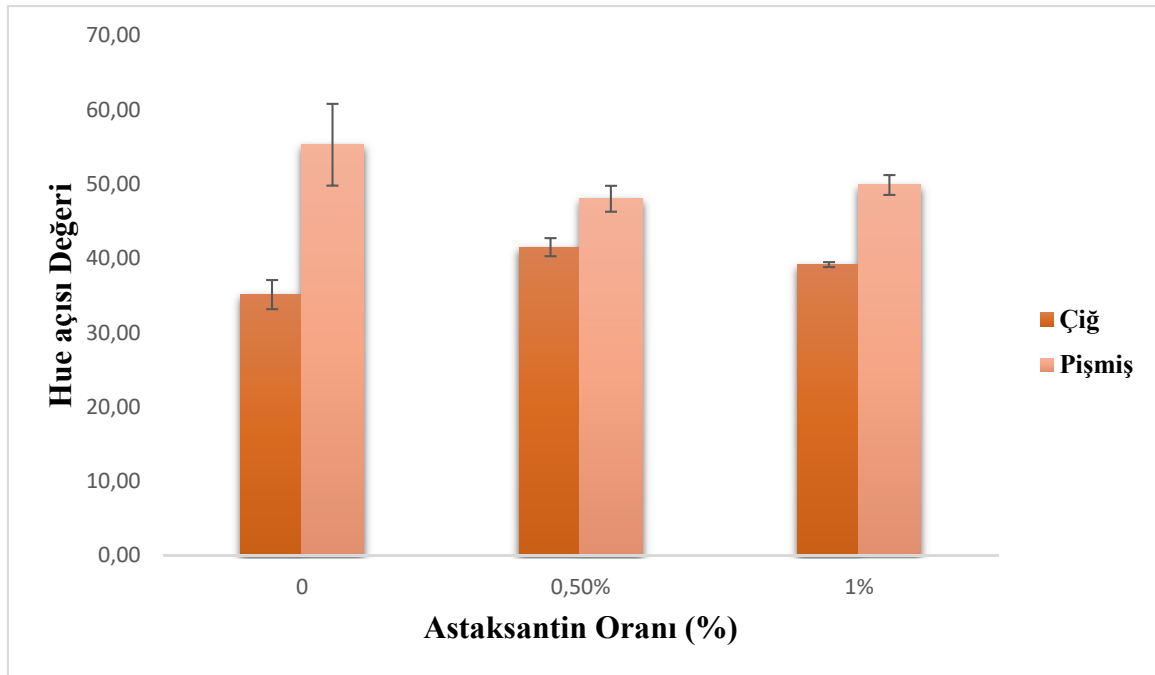
Pişirme İşlemi	n	Hue Açısı Değeri
Çiğ	18	38,58 $\pm$ 3,00b
Pişmiş	18	51,06 $\pm$ 4,51a

Hue açısı değeri üzerine farklı pişirme sıcaklıklarının etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 46’da sunulmuştur. Pişirme sıcaklığının artması hue açısının değerini azaltmış ancak bu azalmanın anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 46. Hue Açısı Değeri Üzerine Farklı Pişirme Sıcaklıklarının Etkisini Gösteren Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\bar{x} \pm SD$)

Pişirme sıcaklığı	n	Hue Açısı Değeri
150°C	18	45,57 $\pm$ 8,23a
200°C	18	44,07 $\pm$ 6,54a

Astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksiyonunun köfte örneklerinin hue açısı değerine etkisi Şekil 16’da sunulmuştur. Astaksantin kullanımı kontrol grubu örneklerle kıyasla ısı işlem görmemiş örneklerde hue açısı değerini artırırken, ısı işlem görmüş örneklerde ise değeri azaltmıştır.



Şekil 14. Köftelerin Hue açısı değerleri üzerine astaksantin oranı x pişirme işlemi interaksiyonunun etkisi

Köftelerin Heterosiklik Aromatik Amin İçeriği Sonuçları

Geri kazanımlar

Mevcut araştırmada HAA'ların geri kazanımlarını belirlemek için standart ilave yönteminden yararlanılmış ve örnekler bilinen konsantrasyonlarda (0,5 ve 1, 2,5, 5 ve 10 ng/g) HAA standartlarından ilave edildikten sonra analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizden sonra geri kazanım miktarının (recovery) %81,52 – 95,64 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Mevcut araştırmada analizi yapılan HAA'ların geri kazanımı, belirli konsantrasyonlardaki HAA standartlarının Sinyal/Gürültü (S/N) oranlarına bağlı hesaplanan LOD (limit of detection=3) ve LOQ (limit of quantification=10) değerleri; sırasıyla 0,004 – 0,025 ng/g ve 0,013 – 0,085 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

HAA içerikleri

Mevcut araştırmada, analizi yapılan köftelerde, analizi yapılan HAA'lardan IQx, IQ, PhIP, AaC ve MeAaC bileşikler belirlenmezken, diğer HAA bileşikler, astaksantin oranı ve farklı pişirme sıcaklıklarına bağlı olarak değişen miktarlarda belirlenmiştir. Kontrol grubu ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan köftelerin farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilmesi sonucu oluşan HAA miktarları (ng/g) Tablo 47'de sunulmuştur. Her bir bileşiğe aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

Tablo 47. Köftelerin HAA İçerikleri (ng/g)

Oran	Sıcaklık	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8 DiMeIQx	4,8 DiMeIQx	PhIP	AaC	MeAaC	Toplam HAA
0	150°C	nd	nd	0,18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,18
	200°C	nd	nd	7,19	nd	0,09	nd	nd	nd	nd	7,28
%0,5	150°C	nd	nd	0,35	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,35
	200°C	nd	nd	3,08	0,12	0,09	0,08	nd	nd	nd	3,37
%1,0	150°C	nd	nd	0,62	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,62
	200°C	nd	nd	3,83	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3,83

nd: Tespit edilemedi (nd=LOD>...)

IQx içeriği

Mevcut araştırmada kontrol grubu (%0 astaksantin) ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen sığır köfte örneklerinin hiçbirinde IQx bileşiği tespit edilememiştir. Literatürde farklı pişirme sıcaklıkları kullanılarak pişirilen köfte örneklerinde IQx bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim, Öz and Zikirov (2015) 75 – 95°C'de sous vide

yöntemi ile pişirilen sığır pirzolarında, Öz and Çakmak (2016) ısıtıcı plakada (150, 200, 250°C) pişirmiş oldukları kontrol grubu sığır eti örneklerinde, Uzun and Öz (2021) 150, 200, 250°C’de ısıtıcı plakada pişirdikleri kontrol grubu sığır köfte örneklerinin hiçbirinde IQx bileşiğinin belirlenemediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Öz (2021), farklı yağ oranlarıyla formüle ettiği sığır örneklerinin hiçbirinde IQx bileşiğinin belirlenemediğini bildirmiştir. Nuray and Öz (2019), 200°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirmiş oldukları sığır köfte örneklerinde IQx bileşiğini belirlemiş, ancak miktarını tespit edememişlerdir. Öte yandan, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tavada pişirdikleri (150, 200, 250°C) kontrol grubu sığır örneklerinde nd – 0,29 ng/g arasında, Güzel (2019), 150 ve 190 °C sıcaklıklarda derin yağda pişirmiş olduğu sığır köfte örneklerinde nd – 1,25 ng/g arasında, Korkmaz and Öz (2020) ısıtıcı plakada 250 °C’ye kadarki sıcaklıkları kullanarak pişirmiş oldukları sığır eti örneklerinde 0,02 – 0,10 ng/g arasında, Öz and Yüzer (2016) mangalda pişirdikleri sığır et örneklerinde 0,29 ng/g’a kadar, Zeng *et al.* (2017) sığır etinden hazırladıkları köftelerinde 0,42 ng/g kadar Tengilimoğlu and Kızıl (2017) aynı sıcaklıklarda tavada pişirdikleri sığır örneklerinde 1,54 – 3,48 ng/g arasında, IQx bileşiğinin tespit edildiğini bildirmişlerdir.

IQ içeriği

Mevcut araştırmada kontrol grubu (%0 astaksantin) ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen sığır köfte örneklerinin hiçbirinde IQ bileşiği tespit edilememiştir. Literatürde IQ bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Öz and Kaya (2011a) 225°C’de kızartılan sığır eti köfte örneklerinde, Öz and Çakmak (2016) 150°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köfte örneklerinde, Korkmaz and Öz (2020) ısıtıcı plakada 150, 200 ve 250 °C sıcaklıkları kullanarak pişirmiş oldukları sığır köfte örneklerinde, Uzun and Öz (2021) 150, 200, 250 °C’lik ısıtıcı plakada pişirdikleri kontrol grubu sığır köfte örneklerinde, Meurillon *et al.* (2020) 200 °C’de tavada pişirdikleri kontrol grubu köfte örneklerinde IQ bileşiğinin belirlenemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tava kullanarak pişirdikleri (150, 200, 250 °C) kontrol grubu sığır köfte örneklerinde nd – 1,85 ng/g arasında, Öz and Yüzer (2016) mangal kullanarak pişirdikleri sığır eti örneklerinde 0,05 – 0,93 ng/g arasında, Güzel (2019), 150 ve 190 °C sıcaklıklarda derin yağda pişirmiş olduğu sığır köfte örneklerinde 0,13 ng/g’a kadar IQ tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Tengilimoğlu and Kızıl (2017) tavada pişirdikleri (150, 200, 250 °C) kontrol grubu sığır örneklerinde 0,19 – 0,63 ng/g arasında IQ bileşiğinin belirlendiğini bildirmişlerdir. Keşkekoğlu and Üren (2014) ise fırında, ızgarada, mangalda ve yağda kızartma yöntemleri kullanarak pişirdikleri dana eti köftelerinin

IQ içeriğini sırasıyla 139,21 ng/g, 44,65 ng/g, 303,06 ng/g ve 122,80 ng/g olarak tespit etmişlerdir.

MeIQx içeriği

Mevcut araştırmada kontrol grubu (%0 astaksantin) ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen sığır köfte örneklerinin tamamında MeIQx bileşiği tespit edilmiş ve örneklerin MeIQx içeriklerinin 0,18 – 7,19 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Mevcut araştırmada tüm köfte örneklerinde pişirme sıcaklığının artması ile MeIQx miktarı artmıştır. Astaksantin kullanımı, düşük pişirme sıcaklığında (150 °C) MeIQx bileşiğinin oluşumunu artırırken, yüksek pişirme sıcaklığında (200°C) ise MeIQx bileşiğinin oluşumunu inhibe etmiştir. Literatürde, antioksidanların kullanım oranı ve pişirme sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak prooksidan etki gösterebilecekleri belirtilmektedir (Öz and Kaya 2011a; Öz 2021). Ayrıca, literatürde antioksidanların, oksijeni bağlama ve serbest radikalleri süpürmeleri nedeniyle heterosiklik aromatik amin oluşumunu azalttığı rapor edilmiştir (Johansson and Jägerstad 1996; Öz and Kaya 2011a-b; Murkovic *et al.* 1998). Literatürde mevcut olan bazı çalışmalarda MeIQx bileşiği tespit edilmezken, bazı çalışmalarda da tespit edildiği bildirilmiştir. Nitekim, Öz *et al.* (2010) 200°C sıcaklıkta farklı pişirme yöntemleri (fırında, mangalda ve mikrodalgada) ile pişirmiş oldukları sığır eti köfte örneklerinde, Öz and Kaya (2011a, 2011b) 175-225°C’de tavada kızartılan köfte ve pirzola örneklerinde, Keşkekoğlu and Üren (2014) farklı pişirme yöntemleri kullanarak (fırında, ızgarada, mangalda ve yağda kızartma) pişirdikleri dana eti köftelerinde, Öz and Zikirov (2015) 75 – 95°C’de sous vide yöntemi ile pişirilen sığır pirzolarında, Öz *et al.* (2017) 150°C – 200°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz (2021), farklı yağ oranlarıyla formüle ettiği sığır örneklerinin hiçbirinde MeIQx bileşiğini tespit edemediklerini belirtmişlerdir. Öte yandan, Korkmaz and Öz (2020) 250 °C’de ısıtıcı plakada pişirmiş olduğu sığır örneklerinde 0,08 ng/g kadar, Uzun and Öz (2021) 200°C ve 250 °C’de ısıtıcı plakada pişirdikleri kontrol grubu sığır köfte örneklerinde 0,40 – 0,63 ng/g arasında, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tavada pişirdikleri (200°C ve 250 °C) kontrol grubu sığır örneklerinde 0,47 – 1,01 ng/g arasında, Tengilimoğlu – Metin and Kızıl (2017) 150, 200 ve 250°C’de tavada kızartılan sığır köfte örneklerinde 0,68 – 1,76 ng/g arasında, Zeng *et al.* (2017) 225°C’de fırında pişirdikleri sığır eti köftelerinde 1,88 ng/g kadar, Puangsombat *et al.* (2011) 400 °C’de pişirdiği sığır köfte örneklerinde 6,53 ng/g kadar, Cheng *et al.* (2007) 210 °C’de pişirilen sığır köfte örneklerinde 10,10 ng/g kadar MeIQx bileşiğinin belirlendiğini bildirmişlerdir.

MeIQ içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu (%0 astaksantin) ile %1,0 astaksantin ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen köfte örneklerinde MeIQ bileşiği belirlenememiştir. Öte yandan %0,5 astaksantin ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen köfte örneklerinde ise sadece 200°C’de pişirilen köfte örneklerinde MeIQ bileşiği 0,12 ng/g düzeyinde belirlenmiştir. Cheng *et al.* (2007) tava kullanarak pişirdikleri (210°C) sığır köftelerinde, Öz and Kaya (2011a) ısıtıcı plaka üzerinde (175°C) kızarttıkları sığır köftelerinde, Güzel (2019) 150°C’de derin yağda pişirmiş olduğu sığır köfte örneklerinde, Uzun and Öz (2021) 150°C’de ısıtıcı plakada pişirdiği kontrol grubu sığır köfte örneklerinde MeIQ bileşiği tespit edememişlerdir. Öte yandan, Öz and Çakmak (2016) 150, 200 ve 250°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır köfte örneklerinde nd – 0,07 ng/g arasında, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tavada pişirdikleri (150, 200, 250 °C) kontrol grubu sığır eti örneklerinde nd – 0,67 ng/g arasında, Öz and Yüzer (2016) mangal kullanarak pişirdikleri sığır etlerinde nd – 0,75 ng/g arasında MeIQ bileşiğinin belirlendiğini bildirmişlerdir. Tengilimoğlu–Metin and Kızıl (2017) 150, 200 ve 250°C’lik tavada kızarttıkları sığır köfte örneklerinde 0,02 – 6,17 ng/g arasında, Korkmaz and Öz (2020) ısıtıcı plakada 150, 200 ve 250 °C pişirme sıcaklıkları kullanarak pişirdikleri sığır eti örneklerinde 0,05 – 0,18 ng/g arasında, Öz and Kaya (2011a) 200 ve 225°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde kızarttıkları sığır köftelerinde 0,24 – 2,66 ng/g arasında, Öz (2021), farklı yağ oranlarıyla formüle ettiği sığır örneklerinde 1,16 ng/g kadar MeIQ bileşiğinin belirlendiğini bildirmişlerdir.

7,8-DiMeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada, kontrol grubu (%0 astaksantin) ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen sığır köfte örneklerinin 7,8-DiMeIQx içeriklerinin nd – 0,09 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. 150°C’ de pişirilen kontrol grubu ve %0,5 astaksantin ilaveli köfte örneklerinde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilemezken, 200°C’de pişirilen her iki köfte grubunda da 0,09 ng/g düzeyinde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilmiştir. %1,0 oranında astaksantin içeren köfte örneklerinin tamamında 7,8-DiMeIQx miktarının algılama sınırının altında (<0,005) kaldığı belirlenmiştir. Öz and Yüzer (2016) mangal kullanarak pişirdikleri sığır etinde nd – 0,08 ng/g arasında, Uzun and Öz (2021) 150, 200 ve 250°C’de ısıtıcı plakada pişirdiği kontrol grubu sığır köfte örneklerinde nd – 0,08 ng/g arasında, Korkmaz and Öz (2020) ısıtıcı plakada 150, 200 ve 250°C sıcaklıkları kullanarak pişirdikleri sığır örneklerinde nd – 0,11 ng/g arasında, Tengilimoğlu – Metin and Kızıl (2017) 150, 200 ve 250°C’de tavada kızartılan sığır köfte örneklerinde 0,01 – 0,02 ng/g arasında, Öz and Çakmak (2016) 150, 200 ve 250°C’lik ısıtıcı

plaka üzerinde pişirdikleri sığır köfte örneklerinde 0,02 – 0,13 ng/g arasında, Tengilimoğlu *et al.* (2017) 150°C tavada pişirdikleri kontrol grubu sığır örneklerinde 7,8-DiMeIQx bileşiği tespit etmezlerken, 200 ve 250 °C’ de 0,06 – 0,14 ng/g arasında 7,8-DiMeIQx bileşiği belirlendiğini bildirmişlerdir. Öte yandan, Öz *et al.* (2017) 150°C – 250°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz and Nuray (2019) 200°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirmiş olduğu sığır köftelerinde, Güzel (2019), 150°C – 190 °C sıcaklıklarda derin yağda pişirmiş olduğu sığır eti köfte örneklerinde, Öz (2021) farklı yağ oranlarıyla formüle ettiği sığır örneklerinin hiçbirinde 7,8-DiMeIQx bileşiğinin belirlenemediğini bildirmişlerdir.

4,8- DiMeIQx içerikleri

Mevcut araştırmada, sadece %0,5 astaksantin ilaveli ve 200°C’de pişirilen köfte örneklerinde 0,08 ng/g düzeyinde 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilirken kontrol grubu ve %1,0 oranında astaksantin ilaveli köfte örneklerinin tamamında 4,8-DiMeIQx miktarının algılama sınırının altında (<0,005) kaldığı belirlenmiştir. Öz and Çakmak (2016) 150, 200 ve 250°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde kızarttıkları sığır köfte örneklerinde nd – 0,04 ng/g arasında, Korkmaz and Öz (2020) ısıtıcı plakada 150, 200 ve 250 °C sıcaklıkları kullanarak pişirdikleri sığır örneklerinde nd – 0,04 ng/g arasında, Uzun and Öz (2021) 150, 200 ve 250°C’de ısıtıcı plakada pişirdiği kontrol grubu sığır köfte örneklerinde nd – 0,08 ng/g arasında, Öz and Kaya (2011a), 175, 200 ve 250°C’lik ısıtıcı plaka üzerinde kızarttıkları sığır köfte örneklerinde nd – 3,35 ng/g arasında 4,8-DiMeIQx bileşiğini belirlediklerini bildirmişlerdir. Bununla beraber, Öz and Yüzer (2016) 200°C’de mangalda pişirilen sığır etinde 0,04 – 4,95 ng/g arasında, Tengilimoğlu – Metin and Kızıl (2017) 150, 200 ve 250°C’de tavada kızartılan sığır köfte örneklerinde 0,08 – 0,73 ng/g arasında, Öz (2021) farklı yağ oranlarıyla formüle ettiği sığır örneklerinde 0,18 ng/g kadar, Zeng *et al.* (2017) 225°C’de fırında pişirdikleri sığır eti köftelerinde 0,19 ng/g kadar, Chen *et al.* (2017) sığır eti köfte örneklerinde 0,36 ng/g kadar 4,8-DiMeIQx bileşiğini belirlediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, literatürde yapılan bazı çalışmalarda da 4,8-DiMeIQx bileşiği tespit edilememiştir. Nitekim, Keşkekoğlu and Üren (2017) tavada pişirdiği sığır köfte örneklerinde, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tavada pişirdikleri (150, 200, 250 °C) kontrol grubu sığır örneklerinde, Öz *et al.* (2017) 150, 200 ve 250°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır eti köftelerinde, Öz and Nuray (2019) 200°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirmiş olduğu sığır köftelerinde 4,8-DiMeIQx bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir.

PhIP içeriği

Mevcut araştırmada kontrol grubu (%0) ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen sığır köfte

örneklerinin hiçbirinde PhIP bileşiği tespit edilmemiştir. Literatürde PhIP bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Tengilimoğlu – Metin and Kızıl (2017) 150°C – 200°C’de tavada kızartılan sığır köfte örneklerinde, Öz and Nuray (2019) 200°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirmiş olduğu sığır köftelerinde, Güzel (2019), 150 ve 190 °C sıcaklıklarda derin yağda pişirmiş olduğu sığır köfte örneklerinde PhIP bileşiğini tespit edemediklerini rapor etmişlerdir. Uzun and Öz (2021) 150, 200, 250 °C’de ısıtıcı plakada pişirdikleri kontrol grubu sığır köfte örneklerinde, Öz (2021) farklı yağ oranlarıyla formüle ettiği sığır eti örneklerinde PhIP bileşiğinin belirlenmediğini bildirmişlerdir. Öz and Zikirov (2015) 75 – 95°C’de sous vide yöntemi ile pişirilen sığır pirzolarında nd – 0,095 ng/g arasında, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tavada pişirdikleri (150, 200, 250°C) kontrol grubu sığır örneklerinde nd – 0,75 ng/g arasında Öz and Kaya (2011a) 225°C’de kızartılan sığır köfte örneklerinde nd – 31,80 ng/g arasında, PhIP bileşiğinin belirlenmediğini bildirmişlerdir. Keşkekoğlu and Üren (2017) tavada pişirdiği sığır köfte örneklerinde 1,11 ng/g kadar, Meurillon *et al.* (2020) 200 °C’de tavada pişirdiği kontrol grubu köfte örneklerinde 2,3 ng/g kadar, Chen *et al.* (2017) sığır köfte örneklerinde 2,94 ng/g kadar, Puangsombat *et al.* (2011) 400°C’de pişirdiği sığır köfte örneklerinde 6,53 ng/g PhIP bileşiğini tespit ettiklerini belirlemişlerdir.

AαC içeriği

Mevcut araştırmada kontrol grubu (%0) ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen sığır köfte örneklerinin hiçbirinde AαC bileşiği tespit edilememiştir. Literatürde AαC bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Zeng *et al.* (2017) 225°C’de fırında pişirdikleri sığır eti köftelerinde, Tengilimoğlu – Metin and Kızıl (2017) 150°C – 200°C’de tavada pişirdikleri sığır köftelerinde, Nuray and Öz (2019) 200 °C’ de ısıtıcı plaka üzerinde pişirmiş oldukları sığır köfte örneklerinde, Korkmaz and Öz (2020) ısıtıcı plakada 150, 200 ve 250°C sıcaklıkları kullanarak pişirdikleri sığır örneklerinde, Chevolleu *et al.* (2020) 50 – 89°C’de pişirmiş oldukları köfte örneklerinde AαC bileşiğinin belirlenmediğini bildirmişlerdir. Öte yandan AαC bileşiğinin pişirme sonucu et ve et ürünlerinde tespit edildiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Öz and Yüzer (2016) 200°C’de mangalda pişirilen sığır etlerinde nd– 0,20 arasında, Öz and Çakmak (2016) 150°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır köfte örneklerinde nd – 0,24 arasında, Tengilimoğlu – Metin and Kızıl (2017) 150, 200 ve 250°C’de tavada pişirdikleri sığır köfte örneklerinde nd – 0,82 ng/g arasında, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tavada pişirdikleri (150, 200, 250 °C) kontrol grubu sığır örneklerinde nd – 1,27 ng/g arasında, AαC bileşiğinin belirlendiğini rapor etmişlerdir. Öz and Zikirov (2015) tavada

kızartılan sığır pirzola etinde 0,097 ng/g, Toribio *et al.* (2007) 180°C – 210°C’de ızgarada pişirdiği sığır etinde 0,33 ng/g, Cheng *et al.* (2007) 210°C’de pişirilen sığır köfte örneklerinde 10,10 ng/g AαC bileşiğinin belirlendiğini rapor etmişlerdir.

MeAαC içeriği

Mevcut araştırmada kontrol grubu (%0) ile farklı oranlarda astaksantin (%0,5 ve 1,0 w/w) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen sığır köfte örneklerinin hiçbirinde MeAαC bileşiği tespit edilememiştir. Literatürde MeAαC bileşiğinin belirlenemediğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır. Öz and Zikarov (2015) 75 – 95°C’de sous vide yöntemi ve tavada pişirilen sığır pirzolarında, Öz and Çakmak (2016) 150°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır köfte örneklerinde, Öz and Yüzer (2016) 200°C’de mangalda pişirilen sığır etlerinde, Tengilimoğlu – Metin and Kızıl (2017) 150, 200 ve 250°C’de tavada pişirdikleri sığır köfte örneklerinde, Tengilimoğlu *et al.* (2017) tavada pişirdikleri (150, 200, 250 °C) kontrol grubu sığır örneklerinde, Nuray and Oz (2019) 200°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirmiş oldukları sığır köfte örneklerinde, Chevolleu *et al.* (2020) 50 – 89°C’de pişirmiş oldukları köfte örneklerinde, Uzun and Öz (2021) 150, 200, 250°C’de ısıtıcı plakada pişirdikleri kontrol grubu sığır köfte örneklerinde, Öz (2021), farklı yağ oranlarıyla formüle ettiği sığır örneklerinde MeAαC bileşiğinin belirlenemediğini bildirmişlerdir. Öte yandan, Öz and Çakmak (2016) 250°C’de ısıtıcı plaka üzerinde pişirilen sığır köfte örneklerinde nd – 0,05 ng/g arasında, Tengilimoğlu – Metin *et al.* (2017) 150°C – 250°C’de tavada pişirilen sığır etlerinde nd – 0,48 ng/g arasında AαC bileşiği belirlediklerini bildirmişlerdir. Bununla birlikte Toribio *et al.* (2007) 180°C – 210°C’de ızgara pişirilen sığır etinde 0,15 ng/g MeAαC belirlemişlerdir.

Örneklerin toplam heterosiklik aromatik amin içerikleri

Mevcut araştırmada kontrol grubu (%0) ile farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (150°C ve 200°C) pişirilen köfte örneklerinde toplam HAA miktarının 0,18 – 7,28 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Her bir köfte grubunda pişirme sıcaklığının artması neticesinde toplam HAA içeriğinin arttığı, 150°C’ de pişirilen köfte örneklerinin toplam HAA içeriklerinin tamamının MeIQx bileşiğine ait olduğu ve 150°C’de pişirilen köftelerin üretiminde astaksantin kullanımının toplam HAA içeriğini arttırdığı buna karşın 200°C’de pişirilen köftelerin üretiminde ise astaksantin kullanımının toplam HAA içeriğini azalttığı belirlenmiştir.

Mevcut araştırmada köftelerde belirlenen toplam HAA içerikleri ile sonuçları literatürdeki sonuçlar ile kıyaslamak oldukça güçtür. Bunun sebebi, köfte üretiminde farklı

oranlarda astaksantin kullanımının HAA oluşumu üzerine etkilerinin ilk defa çalışılması ve HAA içeriği üzerine etin tipi, hayvanın beslenme koşulları, pişirme yöntemi, pişirme süresi, pişirme sıcaklığı, prekürsör madde varlığı ve miktarı, pişirmede kullanılan alet ve ekipmanlar vb. gibi birçok faktörün etkisin olmasıdır (Felton *et al.* 1997; Öz *et al.* 2007; Pais *et al.* 1999; Öz and Kaya 2011). Öte yandan, literatürdeki çalışmalarla kıyaslandığında mevcut verilerin genellikle daha düşük çıktığı görülmektedir.

Astaksantin; ksantofil grubu bir karotenoit ve dünyanın en güçlü ikinci antioksidan kaynağı olarak bilindiği bu nedenle insan vücudunda karotenoidlerden çok daha yararlı potansiyel etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Jackson *et al.* 2008). Mevcut araştırmada köfte üretiminde astaksantin kullanımının, kullanım oranına ve pişirme sıcaklığına bağlı olarak hem bireysel hem de toplam HAA oluşumu üzerine hem azaltıcı hem de arttırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir.

Heterosiklik aromatik aminlerin ısıtılma işlem görmüş et ve et ürünlerinde oluşum mekanizmaları tam olarak aydınlatılabilmiş olmamakla beraber serbest radikal bileşiklerin bireysel heterosiklik aromatik aminlerin oluşumunda önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Cheng *et al.* 2007). Bu nedenle, antioksidanların, HAA'ların oluşumunda önemli rol oynayan serbest radikallerin oluşumunda farklı aşamaları bozarak HAA oluşumunu azaltabileceği düşünülmektedir. Mevcut araştırmada köfte üretiminde kullanılan astaksantin, kuvvetli bir antioksidan olarak görev alıp serbest radikallerin oluşumunu bozması neticesinde toplam HAA içeriğini azattığı düşünülmektedir. Öte yandan, antioksidanların, yapısı, kullanım miktarı, kullanım yeri, sıcaklık ve substrata bağlı olarak prooksidan etki gösterdiği bilinmektedir (Yoshino and Murakami 1995; Maurya and Devasagayam 2010). Bu nedenle mevcut araştırmada köfte üretiminde kullanılan astaksantin bazı kullanım koşullarında prooksidan aktivite göstererek HAA oluşumunu teşvik ettiği de belirlenmiştir. Benzer sonuçlar literatürde yer alan araştırmalarda da gözlenmektedir (Gibis and Weiss 2010; Öz and Kaya 2011; Öz *et al.* 2016; Bulan 2019; Uzun and Öz 2021).

Öz and Kaya (2011b) sığır eti örneklerinde kırmızı biber ilavesinin farklı sıcaklık derecelerinde (175, 200 ve 250°C) toplam HAA içeriklerini araştırdıkları çalışmalarında, kontrol grubu örneklerini toplam HAA içeriklerini 2,63 – 9,47 ng/g aralığında belirlerken, kırmızı biber ilaveli örneklerin toplam HAA içeriklerini nd – 0,64 ng/g'a kadar düşüğünü bildirmişlerdir.

Zhu *et al.* (2016) köfte örneklerine fenolik bileşikler ilave etmiş ve HAA içeriklerini araştırmışlardır. Köfte örneklerini 230°C'de pişirdikleri çalışmada, kontrol grubu köfte örneklerinin toplam HAA içeriklerini 24,45 ng/g olarak belirlemişlerdir. Farklı flavonid

ekledikleri köfte örneklerinde ise toplam HAA içeriklerinin azaldığını ve 8,86 – 18,98 ng/g aralığına kadar düştüğünü bildirmişlerdir.

Bulan (2019), sığır eti köfte örneklerine tarhun ilavesinin farklı sıcaklık derecelerinde (150, 200 ve 250°C) pişirilen köftelerde HAA içeriği üzerine etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada, köfte üretiminde %0,5 oranında tarhun kullanımının HAA oluşumunu tamamen inhibe ettiğini, öte yandan %1 ve 1,5 tarhun kullanımının ise HAA oluşumunu arttırdığını belirtmiştir. Araştırmacı köfte örneklerinin toplam HAA içeriklerinin nd – 0,30 ng/g arasında değiştiğini bildirmiştir.

Uzun and Öz (2021), sığır eti köfte örneklerine fesleğen ilavesinin farklı sıcaklık derecelerinde (150, 200 ve 250°C) pişirilen köftelerde HAA içeriği üzerine etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada, kontrol grubu köfte örneklerinin toplam HAA içeriklerinin nd – 1,46 ng/g aralığında değiştiğini, farklı konsantrasyonlarda (%0,25, 0,5, 0,75 ve 1, w/w) fesleğen ilaveli köfte örneklerinin toplam HAA içeriklerinin ise nq – 1,61 ng/g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Mevcut araştırmada köfte üretiminde farklı oranlarda (%0,5 ve 1,0 w/w) astaksantin ilavesinin köfte örneklerinin çeşitli kalite parametreleri (su, pH değeri, pişirme kaybı, lipit oksidasyonu ve renk) ve HAA oluşumu üzerine etkisi araştırılmış ve bulunan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Köfte üretiminde kullanılan astaksantin IC_{50} değerinin, sentetik bir antioksidan olan BHT'nin IC_{50} değerinden daha düşük olduğu, dolayısıyla astaksantin BHT'ye kıyasla daha iyi inhibisyon etki gösterdiği belirlenmiştir.
2. Köfte üretiminde astaksantin kullanımının örneklerin su içeriği, pH değeri, TBARS değeri, L^* , a^* , b^* ve C değeri üzerine çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$), pişirme kaybı ve Hue açısı değerleri üzerine ise önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.
3. Pişirme işleminin köfte örneklerinin su içeriği, pH değeri, TBARS değeri, L^* , a^* , b^* , C ve Hue açısı değerleri üzerine çok önemli etkisinin olduğu ($p<0,01$) belirlenmiştir.
4. Pişirme sıcaklığının köfte örneklerinin su içeriği, pişirme kaybı, L^* , a^* , b^* ve C değeri üzerine çok önemli ($p<0,01$), TBARS değeri üzerine ise önemli ($p<0,05$) düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir.
5. Pişirme sıcaklığı arttıkça örneklerin su içeriği önemli düzeyde ($p<0,05$) azalmış, buna karşın pişirme kaybı değerleri ise önemli düzeyde ($p<0,05$) artmıştır.
6. Köfte üretiminde astaksantin kullanım oranı arttıkça örneklerin pH değerinin önemli düzeyde ($p<0,05$) azaldığı belirlenmiştir. Öte yandan, pişirme işlemi örneklerin pH değerinde artışa neden olmuştur.
7. Köfte üretiminde astaksantin kullanımının, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) köfte örneklerine kıyasla TBARS değerini istatistiksel olarak çok önemli oranda ($p<0,01$) düşürdüğü belirlenirken %0,5 ve %1,0 oranlarında astaksantin kullanılarak üretilen köfte örneklerinin TBARS değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca pişirme işleminin ve pişirme sıcaklığındaki artışın TBARS değerini artırdığı belirlenmiştir.
8. Köfte üretiminde astaksantin kullanımının, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) köfte örneklerine kıyasla L^* değerini istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) oranda düşürdüğü belirlenirken, %0,5 ve %1,0 oranlarında astaksantin

kullanılarak üretilen köfte örneklerinin L^* değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca pişirme işleminin ve pişirme sıcaklığındaki artışın L^* değerini azalttığı belirlenmiştir.

9. Köfte üretiminde astaksantin kullanımının, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) köfte örneklerine kıyasla a^* değerini istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) oranda artırdığı belirlenirken %0,5 ve %1,0 oranlarında astaksantin kullanılarak üretilen köfte örneklerinin a^* değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca pişirme işleminin ve pişirme sıcaklığındaki artışın a^* değerini azalttığı belirlenmiştir.
10. Köfte üretiminde astaksantin kullanımının, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) köfte örneklerine kıyasla b^* değerini istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) oranda artırdığı belirlenirken %0,5 ve %1,0 oranlarında astaksantin kullanılarak üretilen köfte örneklerinin b^* değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca pişirme işleminin ve pişirme sıcaklığındaki artışın b^* değerini azalttığı belirlenmiştir.
11. Köfte üretiminde astaksantin kullanımının, kontrol grubu (astaksantin ilave edilmemiş) köfte örneklerine kıyasla C değerini istatistiksel olarak çok önemli ($p<0,01$) oranda artırdığı belirlenirken %0,5 ve %1,0 oranlarında astaksantin kullanılarak üretilen köfte örneklerinin C değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca pişirme işleminin ve pişirme sıcaklığındaki artışın C değerini azalttığı belirlenmiştir.
12. Pişirme işleminin örneklerin Hue açısı değerlerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir.
13. Mevcut araştırmada analizleri yapılan HAA bileşiklerinden; IQx, IQ, PhIP, AaC ve MeAaC bileşikleri hiçbir köfte örneğinde tespit edilememiştir.
14. Köfte örneklerinin toplam HAA içerikleri $nd - 7,19$ aralığında değişen seviyelerde tespit edilmiştir.
15. Mevcut araştırmada tüm köfte örneklerinde MeIQx içeriği $0,18 - 7,19$ ng/g arasında, MeIQ içeriği $nd - 0,12$ ng/g arasında, 7,8-DiMeIQx içeriği $nd - 0,09$ ng/g arasında ve 4,8-DiMeIQx içeriği ise $nd - 0,08$ ng/g arasında belirlenmiştir.
16. Köfte üretiminde farklı seviyelerde astaksantin kullanımı HAA içeriği bakımından hem azaltıcı hem de artırıcı etki göstermiş ve bu etkinin astaksantin kullanım miktarı ile pişirme sıcaklıklarına bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.
17. 150°C ' de pişirilen köftelerin üretiminde astaksantin kullanımının toplam HAA içeriğini artırdığı buna karşın 200°C 'de pişirilen köftelerin üretiminde ise astaksantin

kullanımının toplam HAA içeriğini azalttığı belirlenmiştir.

18. Neticede, düşük sıcaklıkta pişirilen köftelerin üretiminde astaksantin kullanımı toplam HAA içeriğinin artmasına neden olmuş, öte yandan, yüksek sıcaklıkta pişirilen köftelerin üretiminde astaksantin kullanımının ise hem TBARS seviyesini hem de toplam HAA içeriğini azalttığı belirlenmiştir. Bu nedenle, mevcut araştırmada elde edilen verilere göre, yüksek sıcaklıkta pişirilecek olan köftelerin üretiminde astaksantin kullanımı tavsiye edilmektedir.



KAYNAKLAR

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A., 2001. Structure and composition of animal tissues. Principles of Meat Sci., USA., 9-45.
- Avcu, E., 2017. Sağlıklı Beslenme –Neleri Gözden Kaçııyoruz? Klinik Tıp Bilimleri Dergisi, 5 (5), 31-34.
- Biesalski, H. K., 2005. Meat as a component of a healthy diet—are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. Meat Science, 70(3), 509–524.
- Buła, M., Przybylski, W., Jaworska, D., Kajak-Siemaszko, K. 2019. Formation of heterocyclic aromatic amines in relation to pork quality and heat treatment parameters. *Food Chemistry*, 276, 511-519.
- Bulan, R., 2019. Köfte Üretiminde Tarhun Kullanımının Çeşitli Kalite Kriterleri Ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi, Erzurum.
- Carballo, D.E., Caro, I., Andrés, S., Giráldez, F.J, Mateo, J., 2018. Assessment of the antioxidant effect of astaxanthin in fresh, frozen and cooked lamb patties. *Food Research International* 111 342–350.
- Carballo, D.E., Giráldez, F. J., Andrés, S., Caro, I., Fernández– Gutiérrez, M., Mateo, J., 2019. Effects of dietary astaxanthin supplementation on the oxidative stability of meat from suckling lambs fed a commercial milk– replacer containing butylated hydroxytoluene. *Meat Science* 156 68–74.
- Cheng, K. W., Wu, Q., Zheng, Z. P., Peng, X., Simon, J. E., Chen, F., Wang, M. 2007. Inhibitory effect of fruit extracts on the formation of heterocyclic amines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10359-10365.
- Çakmak, İ.H., 2015. Köfte Üretiminde Konjuge Linoleik Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi, Erzurum.
- Estévez, M. 2017. What's New In Meat Oxidation. In P. P. Purslow (Ed.). *New Aspects Of Meat Quality* (Pp. 91–109). (1st Ed.). Buenos Aires, Argentina: Woodhead Publishing.
- Fakhri, S., Abbaszadeh, F., Dargahi, L., & Jorjani, M., 2018. Astaxanthin: A mechanistic review on its biological activities and health benefits. *Pharmacological Research*, 136, 1 –20.
- Fassett RG, Coombes JS., 2011. Astaxanthin: a potential therapeutic agent in cardiovascular disease. *Mar Drugs*, 9 (3): 447-465.
- Fernández– López, J., Pérez– Alvarez, J. A., Sayas– Barberá, E., López– Santoveña, F., 2002. Effect of Paprika (*Capsicum annum*) on Color of Spanish– type Sausages During the Resting Stage. *Institute of Food Technologists*. Vol. 67, Nr. 6.
- García–Segovia, P., Andrés– Bello, A., &Martínez– Monzo, J. 2007. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). *Journal of Food Engineering*, 80, 813–821.
- Georgantelis, D., Blekas, G., Katikou, P., Ambrosiadis, I., Fletouris, D., J. 2007. Effect of rosemary extract, chitosan and α - tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science* 75 256–264.
- Girard, P.J., 1992. *Cooking. Technology of Meat and Meat Products*. France, 32– 83.

- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu. (V. Baskı), Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 318.Ders kitapları seri no:69 Atatürk Üniversitesi, Ofset Tesisi, Erzurum.
- Güzel, B., 2019. Reishi Mantarı Ekstraktının Köftede Heterosiklik Aromatik Aminlerin Oluşumu Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Toplu Beslenme Sistemleri Programı, Y. Lisans Tezi, Ankara.
- Güzel, E., Boğa1, R., Bursal E., 2013. Çiriş Otunun (*Asphodelus Aestivus*) Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Muş Alparslan University Journal Of Science Issn:2147– 7930.
- Humada, M.J., Sañudo, C. and Serrano, E., 2014. Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14; months. *Meat Sci*, 96(2, Part A), 908– 915.
- International Agency Research on Cancer- IARC 1993. Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans: Some naturally occurring aromatic amines and mycotoxins (Vol. 56, pp. 163–242). Lyon, France: International Agency for Research on Cancer (IARC).
- Jackson, H., Braun, CL, Ernst H. 2008. The chemistry o f novelxanthophyll carotenoids. *Am J Cardiol*; 101 (1 0A): 50-5 7.
- Jägerstad, M., Skog K., Arvidsson, P., and Solyakov, A., 1998. Chemistry, Formation and occurence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods. *Z. Lebensm. Unters Forsch. A*, 207, 419–427.
- Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M., 1996. Influence of pro- and antioxidants on the formation of mutagenic-carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Food Chemistry*, 56 (1), 69-75.
- Kaya, M., 2021. Et teknolojisi ders notu. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Keskekoglu, H., Uren, A. 2014. Inhibitory effects of pomegranate seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs after cooking by four different methods. *Meat Science*, 96(4), 1446-1451.
- Keskekoglu, H., Uren, A. 2017 Inhibitory effects of grape seed extract on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef and chicken meatballs cooked by different techniques *International Journal of Food Properties*, DOI: 10.1080/10942912.2017.1308956.
- Khan, I.A., Liu, D., Yao, M., Memon, A., Huang, J. and Huanga, M., 2019. Inhibitory effect of *Chrysanthemum morifolium* flower extract on the formation of heterocyclic amines in goat meat patties cooked by various cooking methods and temperatures. *Meat Science*, 147,70– 81.
- Kilic, B. and Richards, M. P., 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2), 686-689.
- Kilic, S., Öz, E., Öz, F., 2021. Effect of turmeric on the reduction of heterocyclic aromatic amines and quality of chicken meatballs. *Food Control*, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108189>.
- Korkmaz, A., 2018. Köfte Üretiminde Kurutulmuş Ekmek İçi Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi, Erzurum.

- Lan, C. M., 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.
- Lawrie, R., 1991. Developments in meat science, Applied Sci., London, England.
- Lepper– Blilie, A.N., Berg, E.P., Buchanan, D.S., Keller, W.L., Maddock– Carlin, K.R. and Berg, P.T., 2014. Effectiveness of oxygen barrier oven bags in low temperature cooking on reduction of warmed– over flavor in beef roasts. *Meat Sci*, 96(3), 1361– 1364.
- 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.
- Martínez-Delgado, A. A., Khandual, S., & Villanueva–Rodríguez, S. J., 2017. Chemical stability of astaxanthin integrated into a food matrix: Effects of food processing and methods for preservation. *Food Chemistry*, 225, 23–30.
- 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.
- McGuire R., G., 1992. Reporting of Objective Color Measurements. U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service, Subtropical Horticulture Research Station, 13601 Old Cutler Road, Miami, FL 33158.
- 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.
- Nasrin, S., Kabir, M.H., Hossain, M.A., Hossain, M.M. and Hashem, M.A., 2016. Formulation of value added beef meatballs using bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) leaf extracts and wheat flour. *International Journal of Applied Research*, 2(3), 164– 171.
- Nuray, M. and Öz, F., 2019. The effect of using different types and rates of onion-water extract in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Nuray, M., 2018. Köfte Üretiminde Farklı Tür Ve Oranlarda Soğan–Su Eksrakı Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi, Erzurum.
- Oz, E., 2019. Inhibitory effects of black cumin on the formation of heterocyclic aromatic amines in meatball. *PLoS ONE* 14(8): e0221680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221680>
- Oz, F., Kaban, G., Kaya, M. 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, 104(1), 67-72.
- Oz, F., 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 Çakmak İ.H., 2016. The effects of conjugated linoleic acid usage in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. *LWT – Food Science and Technology*, 65, 1031– 1037.
- 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 aromatic amines in cooked commercial frozen meat products by ultrafast liquid chromatography. *Food Analytical Methods*, 6(5), 1370-1378.

- Öz, F. And Seyyar, E., 2016. Formation of heterocyclic aromatic amines and migration level of bisphenol– A in sous– vide– cooked trout fillets at different cooking temperatures and cooking levels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(15), 3070– 3082.
- Öz, F., 2013. Effects of water extract of *urtica dioica* l. on the quality of meatballs. *Journal of Food Processing and Preservation*, ISSN 1745– 4549.
- 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., 2021. Et tüketimi ve sağlık ilişkisi. Yüksek Lisans Ders Notu, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum.
- Öz, F., Kaban, G., and Kaya, M., 2010. Heterocyclic aromatic amine contents of beef and lamb chops cooked by different methods to varying levels. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9, 1436-1440.
- Öz, F., Kızıl, M., Çakmak, İ. and Aksu, M.İ., 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, 2820– 2833.
- Öz, F., Kızıl, M., Zaman, A. and Turhan, S., 2016. 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., ve Kaya, M., 2007. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik aminlerin engellenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38 (1), 121-126.
- Öz, F., Zaman, A. and Kaya, M., 2017. Effect of chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines and some quality properties of meatball. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), 1– 17.
- 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 Chem*, 132(1), 80– 85.
- Persson, E., Oroszvári, B. K., Tornberg, E., Sjöholm, I., Skog, K. 2008. Heterocyclic amine formation during frying of frozen beefburgers. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(1), 62-68.
- Pogorzelska, E., Godziszewska, J., Brodowska, M., Wierzbick, A., 2017. Antioxidant potential of *Haematococcus pluvialis* extract rich in astaxanthin on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigerated storage. Department of Technique and Food Development, Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS – SGGW), Warsaw; Nowoursynowska Street 159 c, 02– 776 Warsaw, Poland
- Rabeler, F., & Feyissa, A. H. 2018. Kinetic modeling of texture and color changes during thermal treatment of chicken breast meat. *Food and Bioprocess Technology*, 11(8), 1495– 1504.
- Ramirez MR, Morcuende D, Estevez M, Lopez RC 2005. Fatty acid profiles of intramuscular fat from pork loin chops fried in different culinary fats following refrigerated storage. *Food Chem* 92:159–167
- 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.

- Rojas, M.C. and Brewer, M.S., 2007. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. *Journal of Food Science*, 72, 282– 288.
- 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.
- 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., Oz, E., and Oz, F. 2021. “Is oven bag really advantageous in terms of heterocyclic aromatic amines and bisphenol-A? Chicken meat perspective”, *Food Chemistry*, 355, 129646.
- Savell, J. W., Mueller, S. L., Baird, B. E., 2005. The chilling of carcasses. *Meat Science* 70 (2005) 449–459.
- 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.
- Skog, K. 1993. Cooking procedures and food mutagens: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 31(9), 655-675.
- Skog, K. I., Johansson, M. A. E., & 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.
- Sugimura, T., Wakabayashi, K., Nakagama, H., Nagao, M. 2004. Heterocyclic amines: Mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish. *Cancer Science*, 95(4), 290-299.
- Suman, S. P., and Joseph, S., 2013. Myoglobin Chemistry and Meat Color. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 4:79-99.
- Szterk, A., Waszkiewicz-Robak, B. 2014. Influence of selected quality factors of beef on the profile and the quantity of heterocyclic aromatic amines during processing at high temperature. *Meat Science*, 96(3), 1177-1184.
- Şireli, H., D., 2018. Karkaslarda Et Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Geleneksel Yöntemler Ve Yeni Teknikler. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 7(3) 126– 132
- Tengilimoğlu-Metin, M. M. and Kızıl, M., 2017. Reducing effect of artichoke extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat. *Meat Science*, 134, 68-75.
- Tengilimoğlu– Metin, M.M., Hamzalıoğlu, A., Gökmen, V. and Kızıl, M., 2017. Inhibitory effect of hawthorn extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat. *Food Research International*, 99(1), 586– 595.
- 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.
- Toribio, F., Moyano, E., Puignou, L., Galceran, M. T. 2002. Ion-trap tandem mass spectrometry for the determination of heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography A*, 948(1-2), 267-281.

- Uğur, E. ve Unal, R., 2017. Diyetle Proteinler, Aminoasitler ve Bazı Diğer Aminli Bileşiklerin Kardiyovasküler Sistem Üzerine Metabolik Etkileri. *Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1): 71-83.
- Uzun, İ., 2019. Köfte Üretiminde Farklı Oranlarda Fesleğen Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Y. Lisans Tezi, Erzurum.
- Uzun, İ., and Öz, F., 2021. Effect of basil use in meatball production on heterocyclic aromatic amine formation. *Journal Of Food Science And Technology-Mysore*, cilt.58, ss.3001-3009.
- Ünsal, A., 2019. Beslenmenin Önemi ve Temel Besin Öğeleri. *Nutrition and Basic Food Items*. 2 (3), 4-5.
- Visessanguan W., Benjakul, S., Riebroy, S., Yarchai, M., Wanaporn Tapingkae, W., 2004. Changes In Lipid Composition And Fatty Acid Profile Of Nham, A Thai Fermented Pork Sausage, During Fermentation. *Food Chemistry* 94 (2006) 580–588.
- Vitaglione, P., Fogliano, V. 2004. Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 189-199.
- 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 Chem*, 106(1), 140– 146.
- Wolk, A. 2017. Potential health hazards of eating red meat. *Journal of Internal Medicine*, 281(2), 106-122.
- Yang, D., He, Z., Gao, D., Qin, F., Deng, S., Wang, P., Zeng, M. 2019. Effects of smoking or baking procedures during sausage processing on the formation of heterocyclic amines measured using UPLC-MS/MS. *Food Chemistry*, 276, 195-201.
- Yıldız, N. ve Bircan, H., 1991. Uygulamalı istatistik. Atatürk Üniversitesi Yay. No: 704–308–60.
- Yoshino, M. and Murakami, K., 1995. Interaction of iron with polyphenolic compounds: application to antioxidant characterization. *Analytical Biochemistry*, 257, 40–44.
- Zaman, A., 2014. Köfte Üretiminde Kitosan Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Zeng, M., Zhang, M., He, Z., Qin, F., Tao, G., Zhang, S., Gao, Y. and Chen, J., 2017. Inhibitory profiles of chilli pepper and capsaicin on heterocyclic amine formation in roast beef patties. *Food Chemistry*, 221, 404– 411.
- Zhang, L., Du, H., Zhang, P., Kong, B., Liu, Q., 2019. Heterocyclic aromatic amine concentrations and quality characteristics of traditional smoked and roasted poultry products on the northern Chinese market. *Food and Chemical Toxicology* 135 (2020) 110931
- Zhao, X., Zhang, X., Fu, L., Zhu, H., & Zhang, B. 2016. Effect of extraction and drying methods on antioxidant activity of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Food and Bioprocess Technology*, 99, 197-203. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.05.007](https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.05.007)
- Zikirov, E., 2014. Sous– Vide Pişirme Yönteminin Sığır Etinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Kalitatif Kriterler Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Müşerref BİNGÖL
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Varto Çok Programlı Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2021)
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Atatürk Üniversitesi TMMOB Gıda Mühendisleri Odası	
Bildiriler	
Ekiz E., Bingöl M. , Öz F. Hindistan cevizi yağı ve sağlık üzerine etkileri. 2nd International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology, Gaziantep.	
Sertifikalar	
-ISO 22000: 2018 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi -ISO 22000: 2018 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi İç Denetçi -BRC Gıda Güvenliği Global Standardı -GHP İyi Hijyen Uygulamaları	