



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**FARKLI MANTAR TÜRLERİNİN (*Morchella
esculenta* ve *Lactarius deliciosus*) VE PİŞİRME
YÖNTEMLERİNİN TAVUK KÖFTESİNDE
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE
BAZI ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Gamze SEL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İZMİR

2023

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**FARKLI MANTAR TÜRLERİNİN (*Morchella esculenta*
VE *Lactarius deliciosus*) VE PİŞİRME
YÖNTEMLERİNİN TAVUK KÖFTESİNDE
HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE
BAZI ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

Gamze SEL

Danışman: Doç. Dr. Gülen YILDIZ TURP

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İZMİR
2023

Gamze SEL tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Farklı Mantar Türlerinin (*Morchella esculenta* ve *Lactarius deliciosus*) ve Pişirme Yöntemlerinin Tavuk Köftesinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Özellikler Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışma Ege Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 15.09.2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Doç. Dr. Gülen YILDIZ TURP	
Raportör Üye	: Prof. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK	
Üye	: Prof. Dr. Güzin KABAN	

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Ege Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Mantar Türlerinin (*Morchella esculenta* ve *Lactarius deliciosus*) ve Pişirme Yöntemlerinin Tavuk Köftesinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Özellikler Üzerine Etkileri” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarında bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

15 / 09 / 2023

Gamze SEL



ÖZET**FARKLI MANTAR TÜRLERİNİN (*Morchella esculenta* ve *Lactarius deliciosus*) VE PIŞİRME YÖNTEMLERİNİN TAVUK KÖFTESİNDE HETEROSİKLİK AROMATİK AMİN OLUŞUMU VE BAZI ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

SEL, Gamze

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülen YILDIZ TURP

Ağustos 2023, 174 sayfa

Bu çalışma kapsamında tavuk köftesi üretiminde farklı türde mantarlara ait toz katkıların ve pişirme yöntemlerinin, ürünün fiziksel, kimyasal, duyuşal özellikleri ve heterosiklik aromatik amin (HCA) bileşiklerinin oluşumu üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla tavuk köftesi örneklerine kuzugöbeği (*Morchella esculenta*) ve kanlıca (*Lactarius deliciosus*) mantar tozu %4 oranında eklenerek, ürünlere iki farklı pişirme yöntemi (mikrodalga ve tavada pişirme) uygulanmıştır. Köfte örneklerinde kimyasal kompozisyon (nem, yağ, protein, kül), pH, pişme verimi, TBARS, renk ölçümü, doku profili, termal kamera ile görüntüleme, HCA ve duyuşal değerlendirme analizleri gerçekleştirilmiştir. Formülasyonlarında mantar tozu kullanılan örnek gruplarının, kontrol örnek gruplarına kıyasla daha düşük nem ve TBARS, daha yüksek kül, pH, sertlik ve genel kabul değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir ($P<0,05$). Mikrodalga fırında pişirilen örneklerin nem, pişme verimi, TBARS ve a^* değerleri tavada pişirilen örneklerle göre daha düşük saptanmıştır ($P<0,05$). Elde edilen veriler doğrultusunda tavuk köftesi üretiminde kuzugöbeği mantar tozu kullanımının ve mikrodalga fırında pişirme yönteminin, örneklerde oksidasyon gelişimini yavaşlatma, duyuşal özellikleri geliştirme ve HCA bileşiklerini azaltma üzerine önemli düzeyde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: *Morchella esculenta*, *Lactarius deliciosus*, köfte, mantar, pişirme yöntemi



ABSTRACT**THE EFFECTS OF DIFFERENT MUSHROOM SPECIES (*Morchella esculenta* and *Lactarius deliciosus*) AND COOKING METHODS ON HETEROCYCLIC AROMATIC AMINE FORMATION AND SOME PROPERTIES IN CHICKEN PATTIES**

SEL, Gamze

MSc in Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gülen YILDIZ TURP

August 2023, 174 pages

In this study, it was aimed to investigate the effects of the use of the different mushroom powder and cooking method in chicken meatball samples on some physical, chemical, sensory and heterocyclic aromatic amine compounds. For this purpose, *Morchella* (*Morchella esculenta*) and *Lactarius* (*Lactarius deliciosus*) mushroom powder were added to chicken meatball samples at a rate of 4% and two different cooking methods (microwave and pan cooking) were applied to the products. Proximate composition (moisture, fat, protein, ash), pH, cooking yield, TBARS, color measurement, texture profile, thermal camera imaging, HCA and sensory evaluation analyses were performed in chicken meatball samples. It was determined that the sample groups using mushroom powder in their formulations had lower moisture and TBARS, higher ash, pH, hardness and general acceptance values compared to the control groups ($P<0.05$). The moisture, cooking yield, TBARS and a^* values of the samples cooked in the microwave oven were detected to be lower than the samples cooked in pan ($P<0.05$). According to the data obtained, it was concluded that chicken meatballs using morel mushroom powder and cooked in a microwave have a significant effect on slowing down the development of oxidation, improving sensory properties and reducing HCA compounds.

Keywords: *Morchella esculenta*, *Lactarius deliciosus*, meatball, mushroom, cooking method

ÖNSÖZ

“Farklı Mantar Türlerinin (*Morchella esculenta* ve *Lactarius deliciosus*) ve Pişirme Yöntemlerinin Tavuk Köftesinde Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu ve Bazı Özellikler Üzerine Etkileri” başlıklı bu tez çalışması, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışması ile son yıllarda daha fazla önem taşıyan sağlıklı ürün formülasyonu oluşturulması konusu kapsamında, tavuk köftesi üretiminde sağlık üzerine çok sayıda olumlu etkileri bulunan kuzugöbeği ve kanlıca mantarı tozunun heterosiklik aromatik amin (HCA) oluşumunu engelleyici doğal katkı olarak kullanımı amaçlanmıştır. Duyusal özellikler açısından kabul edilebilir, daha sağlıklı tavuk köftesi üretiminde kuzugöbeği ve kanlıca mantarı tozu kullanımı ile birlikte tavada ve mikrodalga fırında pişirme işleminin ürünün fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Mantarların gıda olarak tüketilmeleriyle birlikte birçok hastalığın (kanser, hipertansiyon, hiperkolesterolemi, insomnia, alerji, stres, astım, diyabet) yavaşlatılmasında ve önlenmesinde önemli düzeyde etkili olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Feng et al., 2001, Jiskani 2001, Guillamón ve ark., 2010; Öztürk ve Kaya, 2022).

Kanlıca mantarı Avrupa’da en önemli şapkalı mantar türlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Wisitrassameewong, 2016). Lezzetli olması ile bilinen kanlıca mantarının bir diğer özelliği de turuncu sütlerinin içeriğindeki lactarioviolin ile antimikrobiyal etkiye sahip olmasıdır (Altuntaş ve ark., 2016). Türkiye’de en çok tüketilen ve ekonomik açıdan en değerli mantarlardan biri de kuzugöbeği mantarıdır (Ramazan vd., 2017). Kuzugöbeği mantarının ana ihracatçılarından biri de Türkiye olup (Taşkın, 2011; Bahar vd., 2020) bu mantar çeşidinin antiinflamatuvar ve antitümör aktivitelere sahip olduğu kanıtlanmıştır (Nitha ve ark., 2013). Kuzugöbeği ve kanlıca mantarları ülkemizde yetişmesi, sağlık üzerine olumlu etkilerinin bulunması ve lezzetli olmaları nedeniyle bu tez çalışması kapsamında seçilmiştir.

Gıdaların yakın mesafeden yüksek ısıya maruz kalmaları sonucunda mutajenik/karsinojenik bileşikler oluşabilmektedir (Felton and Knize 1991; Gümüş ve Yardımcı, 2019). Et ve balık gibi ürünlerin pişirilmesi sonucunda oluşan heterosiklik aminler (HCA) bu bileşiklerden biridir (Tran et al., 2002; Ferguson, 2002a; Hwang and Ngadi, 2002; Kulp et al., 2003; Öz, 2006; Jinap et al., 2013; Çiçek ve Bulgan, 2013). Sağlığa zararlı etkileri nedeniyle HCA oluşumunu azaltma yöntemlerinin araştırılması bilim dünyasında önem taşımaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda tavuk köftesi formülasyonunda kuzugöbeği ve kanlıca mantarı tozu kullanımının örneklerin kimyasal, fiziksel ve duyuşsal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Kuzugöbeği ve kanlıca mantarı tozu kullanımı lipid oksidasyonunu yavaşlatma üzerine etkili olurken, en düşük oksidasyon değeri kanlıca mantar tozu eklenerek mikrodalga fırında pişirilen örnek grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca mantar tozu içeren örnek gruplarının kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek kül, pH, sertlik ve genel kabul değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir ($P<0,05$). Pişirme yöntemi farklılığının nem, pişme verimi, TBARS, a^* ve doku özellikleri üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Bu tez çalışması kapsamında, heterosiklik aromatik amin miktarı azaltılmış, duyuşsal özellikler açısından kabul edilebilir daha sağlıklı tavuk köftesi eldesinin, %4 oranında kuzugöbeği mantarı tozu ilavesi ve mikrodalga fırında pişirme işlemi ile mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.

İZMİR

15 / 09 / 2023

Gamze SEL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	vii
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Mantarlar	4
2.1.1. Mantarların sağlık üzerine etkileri	8
2.1.2. Mantarların kurutulması	11
2.2 Kanlıca Mantarı	12
2.3 Kuzugöbeği Mantarı	14
2.4 Et Ürünlerinde Mantarların Kullanımına Yönelik Çalışmalar.....	18
2.5 Mikrodalga İle Pişirme Yöntemi	22
2.6 Heterosiklik Aromatik Amin (HCA)	24
2.7 HCA’ların Tespit Yöntemleri	25
2.8 HCA’ların Sınıflandırılması.....	26
2.9 HCA’nın Sağlık İle İlişkisi	30
2.10 Et ve Et Ürünlerinde HCA Oluşum Mekanizmaları	31
2.11 Et ve Et Ürünlerinde HCA Oluşumu Üzerine Etkili Faktörler	34
2.11.1 Et türü	35
2.11.2 Etin su ve yağ içeriği	35
2.11.3 Öncü maddelerin konsantrasyonu	36
2.11.4 Antioksidan içeriği	36
2.11.5 Pişirme süresi ve sıcaklığı	37
2.11.6 Pişirme yöntemi.....	38

2.12 Et Ürünlerinde HCA Oluşumunu Engellemek Amacıyla Kullanılan Katkılar.....	42
3. MATERYAL VE METOT.....	46
3.1 Materyal	46
3.2 Mantar Tozu Üretimi.....	46
3.3 Tavuk Köftesi Üretimi	48
3.4 Deneme Deseni	49
3.5 Metot	50
3.5.1 Kimyasal kompozisyon analizi.....	51
3.5.2 pH tayini	51
3.5.3 Pişme verimi	51
3.5.4 TBARS analizi.....	51
3.5.5 Renk ölçümü.....	52
3.5.6 Doku profili analizi.....	52
3.5.7 Termal kamera ile görüntüleme.....	52
3.5.8 HCA analizi	53
3.5.8.1 HCA standartlarının hazırlanması.....	53
3.5.8.2 Tavuk köfte örneklerinden HCA bileşiklerinin ekstraksiyonu	53
3.5.8.3 Kromatografik koşullar	54
3.5.8.4 Geri kazanım, LOD ve LOQ değerlerinin hesaplanması	56
3.5.9 Duyusal değerlendirme	56
3.5.10 İstatistiksel değerlendirme	57
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	58
4.1 Mantarda Yapılan Analizler	58
4.2 Üründe Yapılan Analizler	58
4.2.1 Kimyasal kompozisyon.....	58
4.2.2 pH	62
4.2.3 Pişme verimi	64
4.2.4 TBARS	66
4.2.5 Renk.....	68
4.2.6 pH, pişme verimi, TBARS, L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine, mantar türü ve pişirme yönteminin interaksiyon etkisi.....	73
4.2.7 Doku profili.....	74
4.2.8 Termal kamera ile görüntüleme.....	78

4.2.9 Heterosiklik aromatik amin (HCA) içeriğinin belirlenmesi.....	80
4.2.9.1 Standartlara ait kalibrasyon grafiklerinin oluşturulması	80
4.2.9.2 Standart kromatogramları	83
4.2.9.3 Heterosiklik aromatik amin (HCA) analizinin geri kazanım oranı, LOD ve LOQ değerleri.....	86
4.2.9.4 Tavuk köftesi örneklerindeki HCA bileşikleri miktarı.....	87
4.2.10 Duyusal değerlendirme.....	101
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	104
KAYNAKLAR DİZİNİ	105
TEŞEKKÜR	173
ÖZGEÇMİŞ	174
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil

Sayfa

2.1. Mantarların genel yapısı (Boztok, 1990; Kayataş Ogun, 2022).....	4
2.2. Mantarların sınıflandırılması (Kıyak, 2018)	5
2.3. Mantarların yaşam döngüsü (Anonim, 2018; Cedano Giraldo, 2022).....	7
2.4. Kanlıca (<i>Lactarius deliciosus</i>) mantarı (Anonim, 2023a).....	13
2.5. Kuzugöbeği (<i>Morchella esculenta</i>) mantarı (Anonim, 2023b).....	16
2.6. Mikrodalga fırını oluşturan bölümler (Anonim, 2023c).	23
2.7. Harman ve norharman bileşikleri için öngörülen oluşum yolları (Vitaglione and Fogliano, 2004; Gümüş, 2020).	33
2.8. PhIP bileşiği için öngörülen oluşum yolu (Vitaglione and Fogliano, 2004; Gümüş, 2020).	33
2.9. IQ, MeIQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin öngörülen oluşum yolları (Vitaglione and Fogliano, 2004; Gümüş, 2020).	34
3.1. Tepsili kurutucu	47
3.2. Mantar tozu üretimi.....	48
3.3. Tavuk köftesi örnek grupları.....	49
3.4. Tavuk köftesi üretimi akım şeması.	50
4.1. KM örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği.	79
4.2. KT örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği.	79
4.3. KGM örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği.	79
4.4. KGT örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği.	80
4.5. KMM örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği.....	80
4.6. KMT örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği.	80
4.7. IQ bileşiğine ait kalibrasyon grafiği.....	81
4.8. MeIQx bileşiğine ait kalibrasyon grafiği.	81
4.9. 4,8-DiMeIQx bileşiğine ait kalibrasyon grafiği.	82
4.10. PhIP bileşiğine ait kalibrasyon grafiği.	82
4.11. Norharman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği.....	83
4.12. Harman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği.	83

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.13. IQ bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 9,78 dk).....	84
4.14. MeIQx bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 10,8 dk).....	84
4.15. 4,8-DiMeIQx bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 16,68 dk).....	84
4.16. IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin karışımının (1 ppm) HPLC kromatogramı	85
4.17. PhIP bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 25,96 dk).....	85
4.18. Norharman bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 26,503 dk).....	85
4.19. Harman bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 26,509 dk).....	86
4.20. PhIP, norharman ve harman bileşiklerinin karışımının (1 ppm) HPLC kromatogramı	86
4.21. KGM örnek grubuna ait DAD dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı	92
4.22. KMM örnek grubuna ait DAD dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı	92
4.23. KM örnek grubuna ait floresans dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı	96
4.24. KT örnek grubuna ait floresans dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

Sayfa

2.1. <i>Lactarius deliciosus</i> mantarının besin bileşimi (Xu et al., 2019)	14
2.2. <i>Morchella esculenta</i> mantarının besin bileşimi (Wahid et al., 1988; García Pascual et al., 2006; Heleno et al., 2013).....	16
2.3. Farklı mantar katkılarının ürün özelliklerine etkilerinin incelenmesi üzerine yapılan bazı çalışmalar.	18
2.4. HCA'ların sınıflandırılması ve özellikleri (Gibis, 2016; Macit, 2018).....	27
2.5. Farklı pişirme yöntemlerinin HCA miktarı ve ürün özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi üzerine yapılan bazı çalışmalar.	39
2.6. Et ürünlerinde HCA oluşumunu engellemek amacıyla çeşitli katkıların kullanıldığı bazı çalışmalar.....	43
3.1. Kurutucunun çalışma parametreleri	47
3.2. Örnek gruplarına ait tavuk köftesi formülasyonları.	49
3.3. DAD dedektörüne ait dereceli elüsyon programı.....	54
3.4. FLD dedektörüne ait dereceli elüsyon programı.....	55
3.5. Duyusal değerlendirme formu.....	57
4.1. Tavuk köftesi örneklerine ait kimyasal kompozisyon değerleri.	58
4.2. Tavuk köftesi örneklerine ait pH değerleri.	62
4.3. Tavuk köftesi örneklerine ait pişme verimi değerleri.	64
4.4. Tavuk köftesi örneklerine ait TBARS değerleri.	66
4.5. Tavuk köftesi örneklerine ait renk değerleri.	69
4.6. Tavuk köftelerinde pH, pişme verimi, TBARS, L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine, mantar türü ve pişirme yönteminin interaksiyon etkisi.....	73
4.7. Tavuk köftesi örneklerine ait doku değerleri.	74
4.8. Geri kazanım, LOD, LOQ değerleri.	86
4.9. IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin miktarları.	87
4.10. PhIP, norharman, hHarman bileşiklerinin miktarları.	93
4.11. Tavuk köftesi örneklerindeki toplam HCA (IQ, MeIQx, 4,8- DiMeIQx, PhIP, norharman ve harman) miktarları.	97
4.12. Tavuk köftesi örneklerine ait duyusal değerlendirme puanları.....	101

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Acıklama

°C

Santigrat derece

 L^*

Renk aydınlık değeri

 a^*

Renk kırmızılık değeri

 b^*

Renk sarılık değeri

Kisaltmalar

Acıklama

AC

Aminokarbolinler

AIA

Aminoimidazoazorenler

HCA

Heterosiklik aromatik hidrokarbon

HPLC

High performance liquid chromatography (Yüksek performanslı sıvı kromatografisi)

IARC

Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi

KM

Mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanmış kontrol örneği

KT

Tavada pişirme işlemi uygulanmış kontrol örneği

KGM

Mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanmış, %4 kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu

KGT

Tavada pişirme işlemi uygulanmış, %4 kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Acıklama</u>
KMM	Mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanmış, %4 kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu
KMT	Tavada pişirme işlemi uygulanmış, %4 kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu
TBARS	Tiyobarbütirik asit reaktif maddeleri
TGK	Türk Gıda Kodeksi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
WCRF	Dünya Kanseri Araştırma Fonu
µm	mikrometre
nm	nanometre
mm	milimetre
cm	santimetre
m	metre
µl	mikrolitre
ml	mililitre
ppm	parts per million (milyonda bir)
µg	microgram

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Acıklama</u>
ng	nanogram
mg	milligram
g	gram
kg	kilogram
s	saniye
dk	dakika

1. GİRİŞ

Yaşam boyu bireylerin sağlığının korunması, iyileştirilmesi ve yaşam kalitesinin artırılması için yeterli ve dengeli beslenmesi çok önemlidir (FAO, 2019). Beslenme, bireylerin fiziksel, zihinsel, ruhsal yönden sağlıklı ve güçlü olarak yaşamasında, ekonomik ve sosyal yönden gelişmesinde, refah düzeyinin yükselmesinde etkili olan temel gereksinimlerden en önemlisidir (Yağmur ve Güneş, 2010). Proteinler, vücudun ihtiyaç duyduğu temel besin öğelerinden biridir. Sağlıklı bir insanın vücut ağırlığının her kilogramı için günde 1 gram protein tüketmesi ve alınan proteinin %42'sinin hayvansal kaynaklı olması gerektiği bildirilmiştir (TİGEM, 2020; Gürer, 2021).

Tavuk eti, yüksek doymamış yağ asitleri oranı, düşük yağ içeriği, sodyum ve kolesterol seviyeleri, duysal özellikleri ve besin değeri nedeniyle tüketiciler tarafından büyük beğeni toplayan önemli bir hayvansal protein kaynağıdır (Zhang et al., 2017). Kırmızı ete göre daha kolay sindirilebilir olması (Oz and Celik, 2015), düşük yağ içeriği, yüksek besin değeri ve beğenilen lezzeti nedeniyle tavuk eti tüketiciler tarafından en çok tercih edilen protein kaynaklarından biridir. (Wang et al., 2021a; Shao et al., 2022). Küresel tavuk üretim ve tüketimi miktarı son yıllarda dünya çapında artmıştır (Foreign Agricultural Service (FAS)/USDA, 2022). Birçok ülkede tavuk eti, en popüler hayvansal protein kaynaklarından biridir ve kırmızı ete sağlıklı bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Katiyo et al., 2020; Ma et al., 2022).

Türk mutfağında önemli et ürünlerinden biri olan köfte, kıyma içerisine çeşitli katkıları ilave edilerek üretilmekte ve farklı pişirme teknikleri uygulanarak tüketilmektedir (Kundakçı ve Ergönül, 2009; Keçeci, 2018; İçöz ve Eker, 2023). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'nde köfte; "Kıyılmış büyükbaş ve küçükbaş hayvan karkas etlerinin veya kanatlı hayvan karkas etlerinin bu tebliğe uygun olacak şekilde biri veya birkaçının karışımına, aynı ve/veya farklı tür hayvanların yağları, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilerek çeşitli şekillerde hazırlanan pişirilmeye hazır kırmızı veya kanatlı et karışımını veya pişirilmiş et ürünü"

olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2019). Diğer et ürünlerinde olduğu gibi köftede de pişirme işlemi ile sağlığa zararlı bileşikler oluşabilmektedir.

Protein açısından zengin gıdaların yüksek sıcaklıklarda ($>150^{\circ}\text{C}$) pişirilmesi sonucunda mutajenik ve/veya karsinojenik olan heterosiklik aromatik amin (HCA) bileşikleri oluşabilmektedir (Knize et al., 1997; Oz and Kaya, 2011a). Son yıllarda gıda kaynaklı kanserojen olan heterosiklik aminlerin oluşumu kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır (Khan et al., 2013; Lu et al., 2017; Barzegar et al., 2019; Khan et al., 2021). Et ve et ürünlerinde HCA bileşiklerinin oluşumu ve konsantrasyonu, et türü, pişirme işlemi, pH, su aktivitesi, karbonhidratlar, serbest amino asitler, kreatin, lipid, lipid oksidasyonu ve antioksidanlar gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Pais et al., 1999; Oz, 2011; Keskekoglu and Uren, 2014).

Pişirme yönteminin HCA oluşumunu etkileyen önemli bir faktör olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda tavada kızartma işlemi uygulanan sığır eti (Sinha et al., 1998; Kızıl ve Besler, 2012), tavuk but (Chiu et al., 1998) ve balık (Oz et al., 2010) örneklerinde oluşan HCA miktarlarının mikrodalga fırın ile pişirme işlemi sonucunda oluşan HCA miktarından daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Et ve et ürünlerinde HCA miktarının azaltılması amacıyla birçok farklı katkının kullanımı araştırılmıştır. Biberiye, adaçayı, kekik ve sarımsak (Murkovic ve ark., 1998), zeytinyağı ve kolza yağı (Persson ve ark., 2003), elma ve üzüm çekirdeği ekstraktları (Cheng ve ark., 2007), bira ve şarap (Melo ve ark., 2008), biberiye ekstraktları (Puangsombat ve Smith, 2010), kırmızıbiber (Oz ve Kaya, 2011b), zerdeçal, zencefil çiçeği ve limon otu (Jinap ve ark., 2015), alıç ekstraktı (Tengilimoglu Metin ve ark., 2017a), enginar ekstraktı (Tengilimoglu Metin ve ark., 2017b), karanfil ve tarçın (Unal ve ark., 2018), zeytin yaprağı ekstraktı (Macit, 2018) araştırılan katkılar arasındadır.

Son yıllarda mantarların farklı amaçlarla et ürünlerinde kullanılmasına yönelik çalışmaların da arttığı görülmektedir. Et ve et ürünlerinde *Pleurotus ostreatus* ve *Agaricus bisporus* (Süfer et al., 2016), *Lentinus edodes* (Akesowan et

al., 2016), *Pleurotus ostreatus* (Boylu, 2018), *Flammulina velutipes* (Wang et al., 2019a), Reishi (Güzel, 2019), *Flammulina velutipes* (Banerjee et al., 2020), *Boletus edulis* (Novakovic et al., 2020), *Pleurotus ostreatus* (Özünü and Ergezer, 2020) ve *Agaricus bisporus* (Durmuş, 2021) mantar türleri araştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada et-mantar karışımı burgerin %100 sığır eti burgerine kıyasla, sağlıklı beslenmeye katkıda bulunabileceği belirtilmiştir (Summers et al., 2015; Wong et al., 2019).

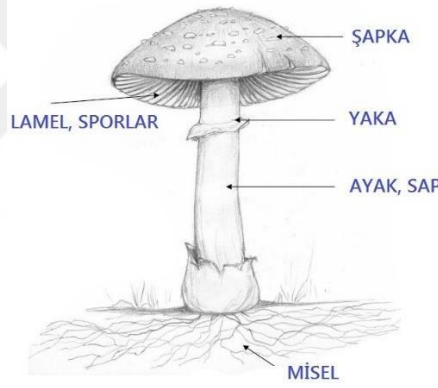
Ülkemiz yenilebilir mantarlar açısından oldukça zengin bir konumda yer almaktadır. Morchellaceae familyasında yer alan kuzugöbeği mantarı (*Morchella esculenta*), beğenilen lezzeti nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Kuzugöbeği mantarının, antioksidan (Ramírez Anguiano et al., 2007), antimikrobiyal (Kalyoncu et al., 2010) ve antitümör (Liu et al., 2018a) etki gösterdiği bildirilmiştir (Sağlam vd., 2021). *Lactarius deliciosus* ise kanlıca, çam ve melki mantarı olarak adlandırılan ve ülkemizde en çok tüketilen yenilebilir yabani mantarlardan biridir. Yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve ‘Lactarioviolin’ antibiyotiği içerdiği bildirilmiştir (Anke, 1978; Kayataş Ongun, 2022).

Bu tez çalışması kapsamında tavuk köftesi üretiminde farklı türde mantarlara (Kuzugöbeği ve Kanlıca) ait toz katkıların ve pişirme yöntemlerinin (tava ve mikrodalga fırın) ürünün fiziksel, kimyasal, duyuşal özellikleri ve heterosiklik amin (HCA) bileşiklerinin oluşumu üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ürünün fiziksel, kimyasal, duyuşal özellikleri ve HCA bileşiklerinin oluşum miktarları araştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Mantarlar

Mantarlar; klorofil içermeyen, üremeleri eşeyli ve eşeysiz olarak sporla gerçekleşen, organik maddeleri parçalayarak karbon ve azot döngüsünde önemli rol oynayan canlılar olarak tanımlanmaktadır (Stern et al., 2008; Kıyak, 2018). Mantarların, ilkel soydan geldikleri düşünülmektedir (Boyce et al., 2007; Kour et al., 2022). Mantarlar, tarımsal atıkları dönüştürebilen, sürdürülebilir gıda kaynakları olup (Basso et al., 2020, Do Carmo et al., 2021; Wang et al., 2022), substratları parçalamaları nedeniyle hem ekosistem için önemli bir role sahiptir hem de gıda olarak kullanılabilir (Sarıkürkçü vd., 2004; Alkın, 2017). Mantarların genel yapısı Şekil 2.1.'de görülmektedir.

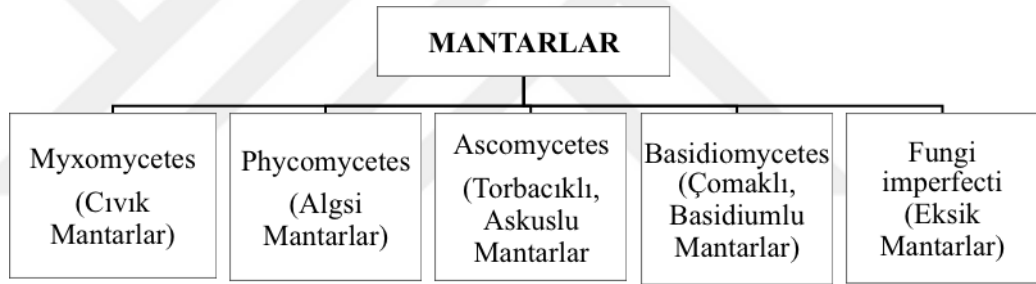


Şekil 2.1. Mantarların genel yapısı (Boztok, 1990; Kayataş Ongun, 2022)

İnsanlık tarihi boyunca mantarlar, besin değeri yüksek, lezzetli ve tıbbi özellikleri nedeniyle de özel bir yiyecek türü olarak kabul edilmiş ve çeşitli mutfak kültürlerinin bir parçası olmuştur (Kaliyaperumal et al., 2018; Kour et al., 2022). Tarih öncesinde mantarlar insanlar tarafından ilk kez hasat edilen yiyecekler arasındadır (Xu et al., 2011; Phan et al., 2015; Kumar, 2020; Dos Reis et al., 2022). Antik Yunanlılar, mantarların savaşçılara güç ve cesaret sağlayabileceğine inandıklarında mantarlara tanrıların yemeği adını vermişlerdir (Chang and Buswell, 1996; Patra and Mukherjee, 2022). Orta Avrupa'da yoksulluğun eti olarak da adlandırılmışlardır kabul (Kalac, 2013; Alkın, 2017). Mısırlılar mantarın, Tanrı Osiris'in bir hediyesi olduğuna, Çinliler ise bir yaşam

iksiri olduğuna inanmışlardır (Manzi et al., 1999; Kour et al., 2022). Günümüzde ise mantarlar hem beslenme hem de tıbbi açıdan faydalı gıdalar olarak değerdendirilmektedir. Bilim camiasında mantarlar, doğanın ilaç fabrikaları olarak ilan edilmiştir (Mohiuddin, 2021; Cateni et al., 2022). Nitekim günümüzde antibiyotiklerin büyük çoğunluğu mantar içermektedir (Ramazan vd., 2017; Kayataş Ongun, 2022).

Mantarlar, hareket etme yeteneklerinin olmayışı, hücrelerinin çevresinde çeper olması, sporla çoğalmaları nedeni ile bitki olarak kabul edilirken, modern yöntemlerle yapılan çalışmalar sonucunda ayrı bir grup olarak kabul edilmişler ve 5 canlı aleminden biri olan Myceteae alevi içinde sınıflandırılmışlardır (Sümer, 2006; Işık, 2008; Kıyak, 2018). Mantarların sınıflandırılmasında en sık kullanılan yöntem Şekil 2.2.'de görölmektedir.



Şekil 2.2. Mantarların sınıflandırılması (Kıyak, 2018)

Mantarlar bu sınıflandırmaya ek olarak tıbbi ve yenilebilir olarak da iki gruba ayrılmaktadır. Yenilebilir mantarlar, meyve kısımları taze veya kurutulmuş olarak tüketilmesinde sakınca olmayan mantarlardır (örneğin *Lentinus edodes*). Tıbbi mantarlar ise içerdikleri biyoaktif bileşenler ve triterpenoidler nedeniyle tedavi amaçlı kimya ve eczacılık sektöründe kullanılan ancak doğrudan yenilemeyen mantarlardır (örneğin *Ganoderma lucidum*) (Cheung 2013; Yıldız Turp ve Boylu, 2018).

Mantarlar, 120.000'den fazla tanımlanmış tür ve tahminen 3,8 milyon türün hala tanımlanamaması ile doğada oldukça çeşitli (Otieno et al., 2015; Hawksworth and Lücking, 2017; Otieno et al., 2022) olup cins ve türlerine göre farklı özelliklere sahiptir. Makromantarlar yenilebilir ve yenilemez olarak iki kısımda

incelenmektedir (Öztürk, 2010). Mantarlar uzun zamandır tüketilmekle birlikte sağlığı tehdit eden çok sayıda zehirli mantar bulunmaktadır (Yu et al., 2019; Nieminen and Mustonen, 2020; He et al., 2022).

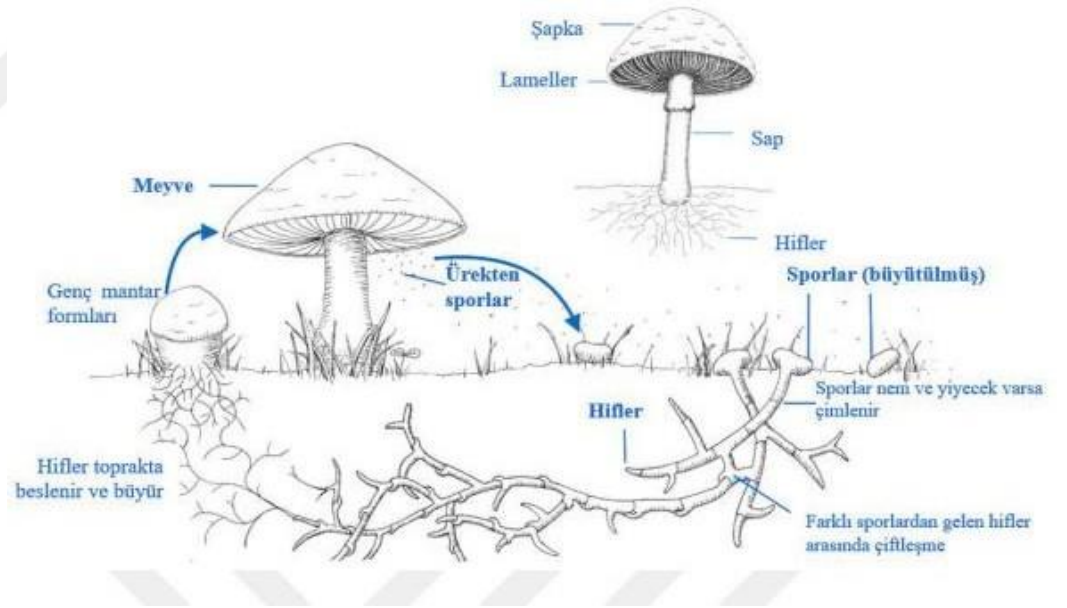
Yenilebilir mantarlar; önemli miktarda diyet lifi içermesi, düşük yağ miktarı ve düşük kalorileri (Tsai et al., 2007; Patel and Goyal, 2012; Roncero Ramos and Delgado Andrade, 2017; Ba et al., 2021; Yin et al., 2022a) ve benzersiz lezzetleri nedeniyle giderek daha fazla talep edilir hale gelmiştir (Roncero Ramos and Delgado Andrade, 2017; Pérez Chávez et al., 2022). Bu nedenle yetiştirme amacıyla daha fazla mantar türü araştırılmaktadır (Albertó, 2017; Pérez Chávez et al., 2022).

Yenilebilir mantar endüstrisi; kozmesötik, nutrasötik ve farmasötik özelliklerine yönelik artan tüketici talebi nedeniyle oldukça gelişmiştir (Kalaras et al., 2012; Mallikarjuna et al., 2013; Rathore et al., 2017; Ban et al., 2022). Son on yılda, dünya çapında gıda ve ilaç olarak pazarlanan mantarların bolluğu ve çeşitliliği istikrarlı bir şekilde artmaktadır (Pandey et al., 2020; Zhang et al., 2021a; Singh et al., 2022). Mantarlar kolay bulunabilmeleri ve temel besin maddelerinin yüksek içeriği nedeniyle, birçok bölgede önemli bir gıda ve gelir kaynağıdır (Valverde et al., 2015; González et al., 2020; Stojek et al., 2022). Ayrıca gıda kıtlığına yönelik önemli rol oynamaktadır (Kumar et al., 2022; Stojek et al., 2022). Mantarlarla ilgili yapılan bilimsel çalışmaların artması ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle mantar yetiştiriciliğine olan ilgi son yıllarda hızla artış göstermiştir (Kurt, 2008; Doğan, 2016).

Mantar yetiştiriciliği ilk olarak 16. yüzyılda Fransa'da başlamıştır. Günümüzde ise özellikle gelişmiş ülkelerde, mantar yetiştiriciliği bir sanayi kolu haline gelmiş ve sıcaklık, nem, havalandırmanın kontrollü olduğu büyük ve modern işletmelerde yapılmaktadır (Türkmen vd., 2008; Öztürk, 2010). Türkiye'de ise kültür mantarı üretimi 1970'li yılların sonlarında başlamıştır. Mantar üretimindeki ilk çalışmalar Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde, daha sonra başta Ankara ve Ege Üniversitesi Ziraat Fakülteleri olmak üzere farklı üniversitelerde yapılmıştır (Ergün vd., 2008; Öztürk, 2010). Trüf mantarı, çörek mantarı, *L. scabrum*, *H. repandum*, kuzugöbeği mantarı,

Lactarius spp., *C. cibarius*, borazan mantarı ve imparator mantarı ülkemizde ihracatı yapılan mantarlardandır (Allı vd., 2016; Kılınç, 2019).

Mantarların doğadan toplanan ve kültüre alınan birçok yenilebilir türü bulunmaktadır (Robinson et al., 2019). Mantarlar üreyebilmek için ısı ve neme ihtiyaç duymaktadır (Eren vd., 2017; İbrahimov, 2022). Toprak asitliği, türe ve tür grubuna bağlı olarak mantar üretimi üzerinde değişken bir etkiye sahiptir. Bazı türlerin (örn: *Lactarius* spp.) üretimi substratın asitliği ile artarken (Taye et al., 2016; Stojek et al., 2022) bazı türlerin de (örn: *Tuber aestivum*) azalmaktadır (Bragato et al., 2022; Stojek et al., 2022). Nitrojen konsantrasyonu, pH, toprak türü, eğim, yükseklik, yağış, toprak nemi ve ortam sıcaklığı mantar üretiminin ana belirleyicileri olarak sıralanmaktadır (Taye et al., 2016; Alday et al., 2017; Karavani et al., 2018; Stojek ve ark., 2022). Mantarların yaşam döngüsü Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Mantarların yaşam döngüsü (Anonim, 2018; Cedano Giraldo, 2022)

Çiğ mantar aroması güçlü değildir (Sun et al., 2020) fakat pişirdikten sonra uçucu profil önemli ölçüde değişmektedir. Belirlenen uçucular arasında aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler, terpenler, esterler, laktonlar, kükürt içeren bileşikler ve furanlar, piridinler, pirazinler gibi heterosiklik bileşikler bulunmaktadır (Grosshauser and Schieberle, 2013; Schmidberger and Schieberle, 2020; Pueschel

and Schieberle, 2021; Davila et al., 2022). Hayvansal ürünler, yüksek glutamik asit ve nükleotit içerikleri nedeniyle en yüksek umami bileşik konsantrasyonlarına sahiptir. Yenilebilir mantarlar da yüksek besin değerlerine ek olarak baskın umami lezzet özellikleri ve dokuları nedeniyle et alternatifi olarak bol miktarda tüketilen bir kaynaktır (Sun et al., 2020).

2.1.1. Mantarların sağlık üzerine etkileri

Mantarlar; düşük kalorisi, diyet lifi içeriği, yüksek protein miktarı, çoklu doymamış yağ asitleri içeriği, vitamin ve mineral zenginliği, arzu edilen lezzete sahip olması ve antioksidan bileşikler içermesi nedeniyle insanlar tarafından tercih edilen popüler bir gıdadır (Savoie and Mata, 2016; Ramos et al., 2019; Blumfield et al., 2020; Barrón García et al., 2022). Yenilebilir mantarlar yaklaşık olarak %90 su, %16-85 karbonhidrat, %0.2-87 yağ, %14-44 protein ve %1-29 kül içermektedir (Öztürk, 2010; Atalay, 2015). Mantarların karbonhidrat içeriğinin büyük bir kısmı, kitin, glukanlar (α ve β) ve hemiselülozlardır (mannanlar, ksilan ve galaktanlar) (Valverde et al., 2015; Rahi and Malik, 2016; Omak Keskin, 2020). Farklı kimyasal özelliklere sahip olan mannitol da mantarlardaki karbonhidratlar arasındadır. Yapılan çalışmalar sonucunda mannitol'un, *Lactarius deliciosus* türünde yüksek miktarda bulunduğu saptanmıştır (Barros et al., 2007; Barros et al., 2008; Kıyak, 2018).

Mantarların az miktarda yağ içermesi ve içerdiği yağ asitlerinin çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olması sağlığa olumlu katkıda bulunmaktadır (Aursuwanna et al., 2022). Düşük kalorili ve kolesterol içermeyen mantarların lipid profillerinde ana bileşenler olarak ergosterol, linoleik, oleik ve linolenik gibi çoklu doymamış yağ asitleri bulunmaktadır (Chang and Miles, 2004; Morales et al., 2017; Sande et al., 2019; Kozarski et al., 2023). Bu bileşiklerin; antianjiyojenik, antialerjik, antiartritik, antiosteoporotik, antiviral, antifungal, antibakteriyel, antiandrojenik ve iltihaplanma karşıtı özellikleri sahip olduğu, ayrıca kardiyoprotektif ve karsinostatik hastalıklarına da yardımcı olabileceği tespit edilmiştir (Sanodiya et al., 2009; Ahmad, 2018; Aursuwanna et al., 2022).

Mantarlar esas olarak proteinlerden ve diyet lifinden oluşmaktadır (Das and Prakash, 2022). Yenilebilir mantarlar; düşük yağ içerikleriyle birlikte proteinler, vitaminler, antioksidanlar ve mineraller açısından zenginliği ile besleyici ve sağlıklı bir gıda kaynağıdır (Kalac, 2013; Pérez Bassart et al., 2023). Mantarda, esansiyel amino asitlerin tümü dahil olmak üzere 20'den fazla amino asit tanımlanmıştır (Rangel Vargas et al., 2021). Monosodyum glutamat benzeri amino asitler (Glutamat ve Aspartat) yapıda baskın olarak bulunmaktadır (Davila et al., 2022). Mantarlar sebzelerden kolay sindirilebilir proteinlere sahip olmaları nedeniyle ayrılmaktadır (Demir, 2003; Öztürk, 2010).

Gıda ve Tarım Örgütü, mantar proteinlerinin birçok bitki ve hayvan proteininden daha iyi kalitede olduğunu ve %70'inin kolaylıkla sindirilebildiğini bildirmiştir (Boufaris, 2018; Omak Keskin, 2020). Mantar proteinleri; soya, bezelye, buğday gibi bitki bazlı protein kaynaklarından daha zengindir (Joshi and Kumar, 2015). Mantarlardaki protein miktarının, kuşkonmaz ve patatesin iki katı, domates ve havucun dört katı, portakalın ise altı katı olduğu saptanmıştır (Turkekul et al., 2004; Agrahar Murugkar and Subbulakshmi, 2005; Barros et al., 2007; Pekşen vd., 2007; Xu et al., 2011; Kıyak, 2018). Ayrıca yabancı yenilebilir mantarların lif seviyesi sebzelerden önemli ölçüde daha yüksek olduğundan mantarlar yüksek diyet lifi içeriğine sahip sağlıklı bir gıda özelliği göstermektedir (Mittermeier et al., 2018; Liu et al., 2022a). Tüm temel amino asitleri içermeleri nedeniyle, vejetaryen ve vegan beslenme tercihinde de uymaktadır (González et al., 2020). Bu nedenle mantarların fonksiyonel gıda olarak kullanımı giderek artmaktadır (Fernandes et al., 2021; Wang et al., 2022).

Mantarların mineral madde içerikleri, türe ve gelişme ortamına göre değişim göstermektedir. Yenilebilir mantarların, sodyum, kalsiyum, çinko, demir, bakır, magnezyum, potasyum ve fosfor içerdiği tespit edilmiştir (Rahi and Malik, 2016; Boufaris et al., 2018; Omak Keskin, 2020). Özellikle potasyum ve fosfor içeriğinin, çoğu sebzedden yüksek olduğu belirlenmiştir (Kalac, 2009; Alkın, 2017). Mantarlar mineral (Rasalanavho et al., 2020; Souza et al., 2022) ve B, C, D, K vitaminleri açısından zengin gıda kaynaklarıdır (Kayataş Ongun, 2022). Ayrıca ABD Gıda ve İlaç İdaresi, ultraviyole ışınlanmış mantarların D vitamini kaynağı olarak gıdalara eklenmesini onaylamıştır (FDA, 2020; Kido et al., 2023).

Mantarlar, tek bir porsiyonda önemli miktarda D2 vitamini içeren, hayvansal olmayan, zenginleştirilmemiş, tek doğal D vitamini kaynağı olma potansiyeline sahiptirler (Cardwell et al., 2018; Zhang et al., 2023a). Düşük glisemik indeksi, yüksek protein ve lif içeriği ile mantarlar, diyabetik ve hipertansiyonlu hastaların diyetine uygundur (Feeney et al., 2014; Kozarski et al., 2023).

Mantarların biyoaktif içeriği ve lezzet bileşikleri kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır (Rathore, 2017; Sun et al., 2020). Steroidler, terpenoidler, fenolikler, nükleotitler, polisakkaritler ve glikoproteinler mantarlarda bulunan biyoaktif bileşiklerdendir (Valverde et al., 2015; Chaturvedi et al., 2018; Agarwal and Fulgoni, 2021; Aursuwanna et al., 2022). Mantarların en önemli biyoaktif bileşiklerinden olan fenolik bileşikler, en çok çalışılan antioksidan bileşenlerdir ve tüm mantarlarda yüksek seviyelerde bulundukları saptanmıştır (Sanchez, 2017; Kido et al., 2023).

Yenilebilir mantarların birçoğu günümüzde tıp alanında kullanılmaktadır (Ying et al., 1987; Beşikçi, 2015). Mantarlar genel olarak saç dökülmesi, kellik sorununa yönelik potansiyel bir besin kaynağı olarak önerilmekte ve insanlar üzerinde olumsuz yan etkilere sahip ilaçlara karşı uygun bir doğal alternatif olarak hizmet etmektedir (Tiwari et al., 2022). Mantarların içerdiği bileşiklerin biyoaktivitesi, sadece insan sağlığının korunmasında değil aynı zamanda iltihaplanma ve oksidatif stresin neden olduğu sağlık sorunlarının, diyabetin, obezitenin, demansın, kanserin, damar hastalıklarının tedavisinde de önemli rol oynamaktadır (Reis et al., 2017; Cateni et al., 2022; Kozarski et al., 2023).

Mantarların içerisinde ürik asit az olduğu için gut hastaları için iyi bir protein kaynağıdır (Bauer Petrovska, 2001; Kayataş Ongun, 2022). Mantarlar aynı zamanda çok önemli bir folik asit kaynağıdır ve bu nedenle anemi tedavisinde mantarlardan yararlanılmaktadır (Durkan, 2006; Öztürk, 2010). Antitümör, antioksidan, antiradyasyon ve antienflamatuar fonksiyonlara sahip olmaları nedeniyle umut verici gıda kaynaklarıdır (Kozarski et al., 2015; Muszyńska et al., 2018; Cheng et al., 2019). Bu nedenle mantarlar sadece besleyici değil aynı zamanda sayısız sağlık yararına sahip gıdalardır.

Bu tez çalışması kapsamında tavuk köftesi üretiminde kullanılan mantar (*Morchella esculenta* ve *Lactarius deliciosus*) türleri ülkemizde yetişmesi, lezzetli olması ve besin içeriği nedeniyle seçilmiştir. Özellikle yüksek antioksidan ve fenolik madde içeriğine sahip olmalarından dolayı, köfte örneklerinde pişirme ile oluşan kanserojenik HCA bileşiklerinin miktarını azaltıcı etki gösterebileceği öngörülmüştür.

2.1.2. Mantarların kurutulması

Mantarlar, fiziksel ve mikrobiyal saldırılardan veya su kaybından koruyacak bir kütikula tabakasına sahip değildirler. Bu da mantarları mikrobiyal bozulmaya, enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına yatkın hale getirmektedir (Brennan et al., 2000; Koçer, 2017). Yüksek nem içeriği ve solunum metabolizması nedeniyle hasat sonrasında mantarlar, tüketici seçimini etkileyen yumuşama ve esmerleşme dahil olmak üzere patojenlere ve çürümeye eğilimlidirler (Liu et al., 2021). Bozulmaya karşı hassas gıdalardır ve buzdolabında ortalama 8 gün gibi kısa bir raf ömrüne sahiptirler (Marçal et al., 2021). Yapılarında gerçekleşen değişimler, yemeklik mantarların taze olarak tüketimini sınırlamaktadır. Bu nedenle mantarların güvenli bir şekilde tüketiciye ulaştırılması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla gıda endüstrisinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Hou et al., 2021; Liu et al., 2022b).

Dünyadaki bozulabilir ürünlerin %20'den fazlasının raf ömrünü uzatmak için kurutulduğu belirtilmektedir (Grabowski et al., 2003; Uçar, 2019). Mantarlar için de en uygun ve yaygın muhafaza yönteminin kurutma olduğu belirtilmektedir. Sıcak hava ile kurutma yöntemi, genellikle mantarların kurutulması için tercih edilen bir yöntemdir (Marçal et al., 2021). Öztürk (2010) tarafından yapılan bir çalışmada dört farklı mantar türü (*Agaricus bisporus*, *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* ve *Lactarius deliciosus*) üç farklı yöntem (dondurularak, infrared ve etüv) kullanılarak kurutulmuştur. Çalışma sonucunda mantarların kalite özelliklerinin en iyi korunduğu yöntemin dondurularak kurutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte farklı yöntemlerle kurutulan mantar tozu örneklerinde yapılan bir çalışma sonucunda, sıcak hava ile kurutulan

mantarların antioksidan kapasitelerinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Zhang et al., 2013; Aksel Efe, 2019).

Kurutma işleminin en önemli amacı, ortamdaki suyun uzaklaştırılması ile mikroorganizma ve enzimlerin faaliyetlerini engelleyerek ürünlerin raf ömürlerini uzatmaktır. Mantarların kurutulduktan sonra güvenli bir şekilde depolanabilmeleri için belirli bir nem değerine kadar kurutulmaları gerekmektedir. Mantarların %5 nem içeriğine kadar kurutulması ve kurutma sıcaklığının 65°C'yi geçmemesi gerektiği belirtilmiştir (Çelen, 2004; Öztürk, 2010). Von Loesecke (2001) ise 62-65°C sıcaklık aralığını mantar kurutma sıcaklığı olarak tavsiye etmektedir.

Kurutma işleminin diğer muhafaza yöntemlerine göre daha ucuz bir yöntem olmasıyla birlikte, kurutulmuş mantarlar hava geçirmez ambalajlarda bir yıldan fazla süreyle saklanabilmektedir (Bano et al., 1992; Rama and John, 2000; Öztürk, 2010). Kurutulmuş mantarlar, beslenme açısından gerekli olan elementler (K, Mg, P, Se, Zn, Cu) dahil olmak üzere mineraller açısından da zengindir (Falandysz, 2008; Falandysz and Borovička, 2013; Pankavec et al., 2022). Ayrıca kurutulmuş mantarlar, gıdalarda formülasyonlara eklenerek de kullanılmaktadır (Bano et al., 1992; Rama and John, 2000; Kılınç, 2019).

2.2 Kanlıca Mantarı

Kanlıca mantarı, Türkiye'deki mantarlar arasında lezzeti en çok beğenilen ve tüketilen mantar türüdür (Kayataş Ongun, 2022). Russulaceae ailesine ait yenilebilir bir mantardır ve üç türü bulunmaktadır. Bunlar *Lactarius deliciosus*, *Lactarius salmonicolor* ve *Lactarius deterrimus*'tur. Bununla birlikte Türkiye'de tamamı kanlıca, çınar, melki mantarı adlarıyla anılmaktadır (Çakmaklı, 2019). Bu mantarlar; ülkemizde sıklıkla Karabük, Bolu, Sinop, Bursa, Bartın, Kastamonu, Sinop, Balıkesir, Giresun, Antalya, Sivas, Karabük, Sansun gibi ormanların yoğun olduğu bölgelerden toplanıp yemeklerde yaygın olarak kullanılmakta ve başta İspanya, İtalya, Almanya, Fransa, İsviçre, Avusturya olmak üzere birçok ülkeye ihraç edilerek önemli gelir kaynağı sağlamaktadır (Yüksel vd., 2006; Kayataş Ongun, 2022).

Lactarius deliciosus mantarı dünya çapında önemli türlerinden biridir (Martínez Peña et al., 2012). Kanlıca mantarlarının kök bölümünün uzunluğu 3-8 cm, şapkasının uzunluğu 4-14 cm ve çapı 1-2 cm'dir (Çakmaklı, 2019). Doğada, sonbahar yağışlarından sonra Eylül-Aralık ayları arasında meşe ve çam ağaçlarının alt kesimlerinde yetişmektedir (Ramazan et al., 2017; Öztürk et al., 2018). Şapkası turuncu renktedir, kesildiğinde veya zedelendiğinde yer yer yeşil lekeler oluşabilmektedir (Tunçakın, 2015). *Lactarius* “sütlü”, *deliciosus* “lezzetli” demektir (Alkın, 2017). *Lactarius* cinsine ait mantar türleri kesildiğinde süt olarak tanımlanan bir sıvı akmaktadır ve bu cinse ait mantarlar sütleri sayesinde ayırt edilmektedir. Bu süt mükemmel antioksidan aktivite sergilemektedir ve içeriğindeki ‘Lactarioviolin’ antibiyotiğinin *Mycobacterium tuberculosis*’e karşı etkili olduğu tespit edilmiştir (Anke, 1978; Kayataş Ongun, 2022). Kanlıca mantarının görüntüsü Şekil 2.4’te verilmiştir.



Şekil 2.4. Kanlıca (*Lactarius deliciosus*) mantarı (Anonim, 2023a)

Lactarius deliciosus, vücudumuzun ihtiyaç duyduğu bütün protein, doymamış yağ asitleri, diyet lifi, vitamin (C, B1, B2) ve mineralleri (magnezyum, potasyum, fosfor, demir, kalsiyum) içermektedir. Bu yüzden oldukça faydalı bir besin kaynağı olarak kabul edilmiştir (Kayataş Ongun, 2022). İçerdiği aminoasit, mineral ve vitaminler sayesinde bağışıklık sisteminin güçlenmesine, şeker hastalığı tedavisine, tansiyonun düşmesine ve kanser hastalığına faydalı olduğu bildirilmiştir (Doğan ve Aydın, 2013). *Lactarius deliciosus* mantarının besin bileşimi Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. *Lactarius deliciosus* mantarının besin bileşimi (Xu et al., 2019)

Bileşen	Miktar (%)
Nem	92,00±0,64 g/100g
Karbonhidrat	66,61±1,02 g/100g kuru madde
Yağ	4,82±0,15 g/100g kuru madde
Protein	17,19±0,06 g/100g kuru madde
Kül	8,62±0,25 g/100g kuru madde
Diyet Lifi	31,81±1,51 g/100g kuru madde
Enerji	378,60±2,74 kcal /100g kuru madde

Lactarius türlerinin bazıları tıbbi özelliklere sahiptir. Özellikle, *L. deliciosus* türünün *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* bakterileri üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği (Kosanić et al., 2016; Gül, B., 2021) ve bu özelliklerin fenol, flavanoid içeriğinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Doğan ve Aydın, 2013; Alkın, 2017). *Lactarius deliciosus*'un, antienflamatuar, antihiperglisemik, immünomodülatör, antiproliferatif, antitümör ve antikanser aktivitesi çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır (Ding et al., 2012; Moro et al., 2012; Kosanić et al., 2016; Feussi Tala et al., 2017; Nowakowski et al., 2021). *Lactarius deliciosus* mantarının antioksidan aktivitesi 1610,18±1,47 µmol TE/100g kuru madde, toplam fenolik madde içeriği 1451,51±23,34 mg GAE/100g kuru madde olarak tespit edilmiştir (Erdoğan vd., 2017; Özcan et al., 2019). Tıbbi değerine ek olarak eşsiz bir tada sahip olması nedeniyle kuzey yarımkürede en popüler ve en değerli mantarlardan biri haline gelmiştir (Suortti, 1984; Guerin Laguette et al., 2014; Li et al., 2019a).

2.3 Kuzugöbeği Mantarı

Kuzugöbeği mantarı (*Morchella esculenta*), Türkiye’de en çok tüketilen ve ekonomik açıdan en değerli mantarlardan biridir (Ramazan vd., 2017). Morchellaceae familyasına ait olan kuzugöbeği (Omak Keskin, 2020), hoş kokuya, çıtır dokuya ve bazı tıbbi değerlere sahip yenilebilir yabani bir mantar türüdür

(Liu et al., 2017; Liu et al., 2022c). *Morchella* cinsine ait mantarlar, arzu edilen tadı, zengin aroması ve etli dokusu nedeniyle dünyadaki en seçkin yenilebilir mantarlar arasında kabul edilmektedir (Mau, 2005; Tietel and Masaphy, 2022). İtalya, Fransa, İngiltere, Amerika başta olmak üzere 28 ülkede yenilebilir olarak kabul edildiği ve aranan en özel mantarlardan biri olduğu (Özderin ve Ulusoy, 2022), ayrıca dünyada bu mantarı toplayan yaklaşık 50 milyon insan olduğu belirtilmiştir (Pilz et al., 2007; Pekşen ve Kaplan, 2017).

Halk arasında kuzugöbeği olarak adlandırılmaktadır ve ülkemizde başlıca bulunduğu iller İzmir, Muğla, Aydın, denizli, Sinop, Ordu, Kastamonu, Çanakkale ve Balıkesir'dir (Gücin, 1993; Pekşen ve Kaplan, 2017; Bahar vd., 2020). Her yıl Nisan ayında Muğla'nın Fethiye ilçesinde "Yeşilüzümlü Kuzugöbeği Mantar Festivali" düzenlenmektedir (Bekar vd., 2017). Kuzugöbeği mantarının gelişmesi için karların erimeye başlaması, toprağın ısınması ve havanın hala nemli olması gerekmektedir (Pilz, 2007; Taşkın ve Büyükalaca, 2012). Genellikle Nisan'dan Mayıs'a kadar ormanlarda, ekili veya bozulmuş topraklarda, yanmış alanlarda, akçaağaç, karaağaç, meşe, kayın, dişbudak, çınar, defne, ladin, göknar ve diğer meyve ağaçları gibi sert ağaçların yakınlarında ya da altında büyüdüğü bildirilmiştir (Singh et al., 2004; Taşkın ve Büyükalaca, 2012).

Kuzugöbeği mantarı yüksek talep gören bir gurme ürünüdür bu nedenle dünya çapında ekonomik açıdan en önemli yabani yenilebilir mantarlardan biri olarak kabul edilmektedir (Boa, 2004; Pildain vd., 2014). Avrupa'nın en değerli mantarları arasındadır. Bu ilgiyi arttıran unsurlardan biri özellikle Avrupa ülkelerinden gittikçe artan bir oranda talep görmesi ve karşılığında toplayıcılara bir gelir kazandırmasıdır (Kuzugüdenli ve Kaya, 2011). Dünya genelinde büyük önem taşıyan kuzugöbeği mantarının ana ihracatçıları Çin, Hindistan, Pakistan, Nepal, Amerika, Kanada ve Türkiye'dir (Taşkın, 2011; Bahar vd., 2020). Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde yerel pazarlarda satılan ve başta Fransa, Almanya, İsviçre olmak üzere birçok Avrupa ülkesine ihraç edilen en iyi bilinen mantar türlerinden biridir (Taşkın vd., 2010; Sahin et al., 2021). Kuzugöbeği mantarının şapka çapı 3-6 cm, yüksekliği 4-8 cm, genişliği 2-5 cm ve dış yüzeyinde düzensiz çukurlardan oluşan bir ağ içeren, pileus adı verilen üst kısmı olan bir bal peteğine benzer şekildedir (Özçelik vd., 2004; Yakupoğlu ve Deveci 2010; Yakupoğlu ve

Karadağ, 2017; Raman et al., 2018; Sunil and Xu, 2022). Kuzugöbeği mantarının görüntüsü Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Kuzugöbeği (*Morchella esculenta*) mantarı (Anonim, 2023b)

Yenilebilir ve şifalı bir mantar olan kuzugöbeği, protein, yağ, mineral içerikleri, kül, lif ve karbonhidratlar gibi birçok biyolojik aktif madde içermektedir (Meng et al., 2010). Kuzugöbeği mantarı yağlar, mineraller, vitaminler, fenolik bileşikler ve polisakkaritler, proteinler ve polinükleotitler gibi bazı temel makromoleküller açısından zengindir (Sunil and Xu, 2022). Kuzugöbeği mantarının şapka yapısı, tokoferoller, karotenoidleri, organik asitleri ve fenolik bileşikleri içeren çok çeşitli aktif bileşenlere sahiptir. Oksalik asit, malik asit, sitrik asit, fumarik asit ve kinik asit içermekte olup protokatekuik asit, para-hidroksibenzoik asit ve para-kumarik asit içeriği ile tıbbi açıdan oldukça önemli olan fenolik bileşikler arasında yer almaktadır (Ajmal et al., 2015; Sevim ve Sevim, 2021). Kuzugöbeği mantarının besin bileşimi Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kuzugöbeği (*Morchella esculenta*) mantarının besin bileşimi (Wahid et al., 1988; García Pascual et al., 2006; Heleno et al., 2013)

Bileşen	Miktar (%)
Nem	90,79±8,57 g/100g
Karbonhidrat	74,55±0,87 g/100g kuru madde

Yağ	2,59±0,42 g/100g kuru madde
Protein	11,52±0,89 g/100g kuru madde
Kül	11,34±0,81 g/100g kuru madde
Diyet Lifi	17,6 g/100g kuru madde
Enerji	367,59±0,78 kcal /100g kuru madde

Kuzugöbeği mantarları, lezzetli tatları ve anti-oksidatif, anti-enflamatuar, anti-mikrobiyal, immüno-uyarıcı, anti-tümör özellikleri dahil çoklu biyoaktiviteleri nedeniyle dünya çapında takdir edilmektedir (Heleno et al., 2013; Vieira et al., 2016; Liu et al., 2017; Rossbach et al., 2017; Tietel and Masaphy, 2018; Liu et al., 2018b; He et al., 2018). 2000 yılı aşkın bir süredir geleneksel olarak hem diyetle hem de kanser tedavisinde kullanılan kuzugöbeği mantarı, Çin tıbbında olduğu kadar Japonya ve Malezya'da da çeşitli hastalıkların tedavisi için kullanımı giderek daha popüler hale gelmektedir (Hobbs, 1995; Wasser, 2002; Liu et al., 2016a; Shameem et al., 2017).

Morel türlerinin organizmalarda çeşitli kronik hastalıklarda meydana gelen oksidatif hasarı en aza indirdiği rapor edilmiştir (Ferreira et al., 2009; Heleno et al., 2013). Kuzugöbeği mantarı çoğunlukla hazımsızlık, balgamla ilgili hastalıklar ve nefes darlığı tedavisinde kullanılmaktadır (Fu et al., 2013; Teng et al., 2022a). Antienflamatuar, antitümör, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelere de sahip olduğu kanıtlanmıştır (Mau et al., 2004; Nitha et al., 2007; Nitha and Janardhanan, 2008; Nitha et al., 2010; Alves et al., 2012; Heleno et al., 2013). Kuzugöbeği mantarının tümörlere karşı hem iyileştirici hem de önleyici aktiviteleri rapor edilmiştir (Liu et al., 2016a; Sunil and Xu, 2022). Kuzugöbeği, nöroprotektif (Xiong et al., 2016; Zhang et al., 2022a), antioksidan (Xiong et al., 2020), anti-tümör (Tang et al., 2019) ve ateroskleroz azaltıcı (Wang et al., 2021b) etkilere sahip olduğu ispatlanmıştır. Kuzu göbeği mantarının antibakteriyel aktivitesi, birçok dirençli bakteri suşuna karşı bir antibiyotik madde olarak kullanımı için muazzam bir potansiyeldir (Shameem et al., 2017; Lee et al., 2018). Ayrıca bu türlerin, ilk tercih edilen antibiyotiklere karşı bakteriyel dirençle

örtüşen yeni antimikrobiyalleri bulmak için kullanılabileceği düşünülmektedir (Alves et al., 2012; Heleno et al., 2013).

Kuzu göbeği mantarının güçlü antioksidan aktivitelere sahip olduğu bulunmuştur (Cai et al., 2018; Li et al., 2019b). Mantarların antioksidan aktivitesinden fenolik bileşiklerin, tokoferollerin ve organik asitlerin sorumlu olduğu düşünülmektedir (Ferreira et al., 2009; Leal et al., 2013; Reis et al., 2012; Heleno et al., 2013). Kuzugöbeği mantarından elde edilen polisakkaritlerin, antitümör aktivite, anti-oksidatif aktivite ve kolesterol düşürücü aktivite dahil olmak üzere çok çeşitli farmakolojik aktiviteler sergilediği ortaya konulmuştur (Fu et al., 2013; Liu et al., 2016b; Li et al., 2017; Yang et al., 2019). Kuzugöbeği mantarının yüksek düzeyde toplam fenolik madde içerdiği bildirilmiştir. Kuzu göbeği mantarının metanolik ve sulu özlerinin sırasıyla 45.9 mg/g kuru madde ve 173.5 mg/g kuru madde toplam fenolik madde içerdiği bildirilmiştir (Ramírez Anguiano et al., 2007; Sunil and Xu, 2022).

2.4 Et Ürünlerinde Mantarların Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Son yıllarda yenilebilir mantarlar, lezzetli tatları ve çeşitli yüksek düzeyde besleyici ve fonksiyonel bileşenleri nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Qing et al., 2021; Fu et al., 2022). Farklı mantar katkılarının ve pişirme yöntemlerinin et ürünlerinin özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bazı çalışmalar Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Farklı mantar katkılarının et ürünlerinin özelliklerine etkilerinin incelenmesi üzerine yapılan bazı çalışmalar

Ürün	Kullanılan Mantar	Sonuç	Kaynak
Dana Köfte	Farklı oranlarda (%5, %10) <i>Pleurotus ostreatus</i> ve <i>Agaricus</i>	%5 oranında <i>Pleurotus ostreatus</i> tozu içeren örnek grubunun en yüksek kabul edilebilirlik değerine sahip	Süfer et al., 2016

	<i>bisporus</i> mantar tozu kullanımı	olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). <i>Agaricus bisporus</i> tozu eklenen örneklerin sertliğinin arttığı, artan oranda <i>Agaricus bisporus</i> unu kullanımının örneklerin renk, lezzet ve genel kabul puanlarını düşürdüğü saptanmıştır ($P<0,05$).	
Tavuk Nugget	Farklı oranlarda (%1, %4) <i>Lentinus edodes</i> mantar unu kullanımı	Artan mantar oranıyla birlikte örneklerin renginde koyulaşma olduğu gözlenmiştir. Mantar ilaveli örneklerin oksidasyon değerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu, duyuşsal özelliklerinin geliştiği saptanmıştır ($P<0,05$).	Akesowan et al., 2016
Sosis	Tuz ikamesi olarak farklı oranlarda (%3, %5) <i>Pleurotus ostreatus</i> mantar unu kullanımı	Mantar unu kullanımının emülsiyon stabilitesi değerlerinde artışa; L^* , pH, TBARS değerlerinde ise azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Tuzun azaltılmasıyla birlikte doku özellikleri üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı saptanmıştır.	Boylu, 2018
Cantonese Sosisi	Farklı oranlarda (%2,5, %5) / farklı formlarda (taze, kurutulmuş) <i>Flammulina</i>	Mantar kullanımının örneklerde lipid ve protein oksidasyonunu, sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığı, b^* değerini arttırdığı	Wang et al., 2019a

	<i>velutipes</i> mantarı kullanımı	belirlenmiştir ($P<0,05$). %2.5 oranında kurutulmuş mantar içeren örneklerin duyuşsal kabul puanlarının diğer örnek gruplarına kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).	
Dana köfte	Reishi mantarı ekstraktı farklı oranları (%0, %0,25, %0,5, %1) / farklı yöntemler (yüzeye serpmeye içine karıştırma) ile formülasyonda kullanma / farklı pişirme sıcaklıkları (150°C ve 190°C) / derin yağda kızartma	Reishi mantarı ekstraktının HCA bileşiklerinin oluşumunu %26-100 oranında azalttığı, %0,5 konsantrasyonda reishi mantarı ekstraktı eklenen örnekte HCA bileşiklerinde en fazla azalmanın olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Ekstrakt oranları ve pişirme sıcaklıkları ile TBARS değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki saptanmazken ($P>0,05$), yüzeye serpmeye yöntemi ile üretilen köfte örneklerinin TBARS değerleri içine karıştırma yöntemi uygulanan örneklerden daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$).	Güzel, 2019
Et Nugget	Farklı oranlarda (%2, %4, %6) <i>Flammulina velutipes</i> mantar	Mantar sapı tozu kullanımının su tutma kapasitesini, pişme verimini arttırdığı, sertliliği azalttığı, raf ömrünü uzattığı ($P<0,05$) ve optimum mantar	Banerjee et al., 2020

	sapı tozu kullanımı	kullanım oranının %4 olduğu bildirilmiştir.	
Frankfurter Sosis	Farklı oranlarda (%0,75, %1,5) <i>Boletus edulis</i> mantarı kullanımı	Mantar kullanımının sosis örneklerinin protein içeriğini ve b^* değerini arttırdığı, L^* değerini azalttığı, doku özelliklerini iyileştirdiği ve depolama süresince toplam aerobik mezofilik mikroorganizmaların gelişimini engellediği belirtilmiştir ($P<0,05$).	Novakovic et al., 2020
Salam	Farklı oranlarda (%1, %3, %5) <i>Pleurotus ostreatus</i> mantar unu kullanımı	Mantar katkısının örneklerin yağ ve protein miktarlarını, lipid ve protein oksidasyonunu, b^* değerini önemli ölçüde azalttığı, duysal özellikleri olumsuz yönde etkilemediği saptanmıştır ($P<0,05$).	Özünlü and Ergezer, 2020
Sığır köftesi	Farklı mantar unlarının (<i>Volvariella volvacea</i> , <i>Hypsizygus marmoreus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Agaricus bisporus</i>) %5 oranında kullanımı	Mantar unlarının eklenmesi ile uçucu bileşiklerin, serbest amino asitlerin, b^* değerinin, sertlik ve sakızimsılık değerinin, protein ve lipid oksidasyonunun önemli ölçüde arttığı, L^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$).	Qing et al., 2021

Et Döner	Marinasyon aşamasında farklı oranlarda (%4, %6) NaCl, CaCl ₂ , KCl ve farklı oranlarda (%4, %8) <i>Agaricus bisporus</i> kullanımı	Döner marinasyonu formülasyonunda NaCl'ün, KCl ve CaCl ₂ ile ikamesi yanında <i>Agaricus bisporus</i> mantarı kullanımının, ürün özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden sodyum içeriğinin düşürülmesine imkan verdiği, örneklerde oksidasyon gelişimini azalttığı sonucuna varılmıştır ($P<0,05$).	Durmuş, 2021
----------	---	--	--------------

2.5 Mikrodalga İle Pişirme Yöntemi

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumda radyo dalgaları ile görünür ışık arasında kalan bölgede yer alan, dalga boyu 1 mm ile 1 m ve frekansı 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalardır (Dababneh, 2013; Prudhvi et al., 2022). Elektromanyetik radyasyonun dielektrik malzemeleri ısıtmak için uygulanabilirliği ilk kez 1949'da Percy L. Spencer tarafından rapor edilmiştir (Anoopkumar et al., 2022). Bir maddenin mikrodalga ile ısıtılması, o maddenin yüzeyine gelen mikrodalga ışıınımını absorbe etmesine ve bu elektromanyetik enerjinin etkisi sonucu polar moleküller arasında meydana gelen titreşim ve sürtünmeler sonucunda sıcaklığının artması prensibine dayanmaktadır (Platts, 1991; Stephen, 1997; Bozkır vd., 2014). Mikrodalga fırının bölümleri Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6. Mikrodalga fırını oluşturan bölümler (Anonim, 2023c)

Mikrodalga fırın; güç kaynağı, magnetron, dalga yayıcı, karıştırıcı, döner tabla ve fırın boşluğundan oluşmaktadır. Mikrodalga fırının ana parçalarından biri olan magnetron, elektrik enerjisinin mikrodalgaya dönüşümünü sağlamaktadır. Üretilen mikrodalgalar foton olarak adlandırılan ışın tanecikleri halinde yayılırlar ve besinlere ulaştığında su molekülleri mikrodalga fotonlarının enerjisini soğurarak artı ve eksi uçları titreşmeye başlar. Titreşim sırasında oluşan büyük miktarda kinetik enerji, sürtünmeden dolayı ısı enerjisine dönüşür ve açığa çıkan ısı gıdaların ısınmasını sağlar (Bengtsson 2001, Işın 2002; Çoksaygılı, 2008).

Mikrodalga, gıdaları ısıtmak ve çözündürmek için ev uygulamalarında oldukça yaygınlaşmıştır. Günümüzde bilimsel ve endüstriyel kullanım için 915 MHz ve 2450 MHz mikrodalga frekanslarına izin verilmektedir (Kurup et al., 2020). Gıda sanayinde mikrodalga ısıtma yöntemi; haşlama, pişirme, pastörizasyon, enzimlerin inaktive edilmesi, ön ısıtma, kurutma ve çözündürme işlemlerinde kullanılmaktadır (İçier ve Yıldız, 2005). Mikrodalga ısıtma ile gıda kısa bir süre içerisinde çözündürülebilmektedir (Nijhuis et al., 1998; Bozkır vd., 2014). Donmuş ürünün çözünme hızı, boyuta, fiziksel özelliklere, elektromanyetik radyasyonun frekansına ve gücüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Akkari et al., 2005; Bozkır vd., 2014).

Mikrodalga fırında gıdaların pişirilmesi geleneksel yöntemle pişirmeden oldukça farklıdır. Geleneksel yöntemlerle pişirilen gıdalarda en yüksek ısı dış yüzeyde, mikrodalga fırında pişirilen gıdalarda ise gıdanın merkezindedir (Çoksaygılı, 2008). Geleneksel ısı transferinden farkı, mikrodalga ile ısıtmada molekül içi sürtünme meydana gelmektedir (Sun et al., 2021).

Mikrodalga kullanımı için geleneksel yöntemlere göre daha yüksek bir yatırım maliyeti gereklidir ancak düşük işletme ve bakım maliyeti sağlamaktadır (Mujumdar and Zhonghua, 2007; Hasna, 2011; Vani et al., 2012; Suhag et al., 2021). Pişirme boşluğunun ve dış ortamın ısınmaması, geleneksel ısıtma sistemlerine göre daha az yer kaplaması, kullanım kolaylığı, lezzet ve besin değeri açısından yüksek kalitede ürün sağlaması (Uylaşer ve ark. 2005), duman oluşumunun olmaması, atık üretmemesi, geleneksel yöntemlere kıyasla 10 kat hızlı olması mikrodalga kullanımının avantajları olarak kabul edilmektedir (Anoopkumar et al., 2022). Mikrodalga teknolojisinin geleneksel kızartma pişirmeyle birleştirilmesinin daha yüksek ısı ve kütle transfer verimliliği sağlayabildiği tespit edilmiştir (Nasiri et al., 2011).

Bununla birlikte gıda maddelerini oluşturan bileşenlerin farklı fiziksel ve dielektrik özelliklere sahip olması, homojen ve dengeli bir ısıtma uygulamasını engellemektedir. Bu nedenle ürün içerisinde sıcak ve soğuk noktalar kalmaktadır (Çoksaygılı, 2008). Yetersiz pişirilen soğuk noktalar ise mikroorganizma aktivitesi nedeni ile risk oluşturmaktadır (Ünüsün 1994). Homojen olmayan ısıtma nedeni ile gıda endüstrisinde henüz önemli bir yer alamamıştır (Vadivambal and Jayas, 2010; Dinani et al., 2020a; Dinani et al., 2020b).

2.6 Heterosiklik Aromatik Amin (HCA)

Et ve et ürünleri insan sağlığı için gerekli gıdalardır. Ancak etin aşırı ısıtılması veya uygun olmayan yöntemle pişirilmesi, heterosiklik aromatik aminler (HCA'lar) gibi toksik ve zararlı maddelerin oluşmasına neden olmaktadır (Nerin et al., 2016; Flores et al., 2019; Teng et al., 2023). Heterosiklik aromatik aminler, protein açısından zengin gıdalara uygulanan ısıtma işlem sonrasında ppb seviyelerinde (Kim and Lee, 2010; Keskekoglu and Uren, 2014) oluşan

kanserojenik ve mutajenik bileşiklerdir (Barzegar et al., 2019; Cheng et al., 2023). Gıdalardaki kanserojen maddelerin oluşumu, ilk olarak 1939 yılında İsveç’li Profesör Widmark tarafından ızgara at etlerinin düzenli tüketiminin farelerde tümör oluşumuna neden olmasıyla ortaya konulmuştur (Skog et al., 1998; Ekici vd., 2012). HCA ise ilk olarak 1997’de Japon bilim insanı Sugimura tarafından yapılan çalışma sonucunda balık derisi yüzeyinde keşfedilmiştir (Sugimura, 1997; Feng et al., 2022a).

Günümüze kadar köfte, kurutulmuş dana eti, sosis, döner, pastırma ve jambon gibi çeşitli et ürünlerinde HCA’lar tespit edilmiştir (De Andrés et al., 2010; Mesa et al., 2013; Meurillon and Engel, 2016; Yan et al., 2017; Hsiao et al., 2017; Oz, 2011; Chang et al., 2018; Dong et al., 2020a). HCA’lar çoğunlukla pişmiş etin yüzeyinde bulunurken, gıdaların iç kısmında da az miktarda bulunabilmektedirler (Knize and Felton, 2005; Chevolleau et al., 2020). HCA’lar; ticari et ürünlerinde ve ev yapımı pişmiş ette, genellikle 1 ng ile 100 ng arasındaki seviyelerde tespit edilmektedir (Yan et al., 2017). Dünya Kanser Araştırma Fonu kırmızı et tüketiminin haftada 3 porsiyon ve her porsiyonun 300-500g arasında olmasını önermiştir (WCRF/AICR, 2018). Keating ve Bogen (2001), çalışmaları sonucunda HCA alımının kişi başı yaklaşık 420 ng/gün olduğunu tespit etmişlerdir. Avrupa Konseyi ise günlük HCA alım miktarının 1 µg’dan az olması gerektiğini vurgulamıştır (Barzegar et al., 2019; Zhang et al., 2021b). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), günlük HCA alımının azaltılmasını önermiştir (IARC, 1993).

2.7 HCA’ların Tespit Yöntemleri

Gıdaların kompleks matrisi ve eser HCA seviyeleri nedeniyle, HCA’ların hızlı ve doğru bir şekilde analiz edilmesi sorun olabilmektedir (Zhang et al., 2021a). Bu nedenle, et ürünlerinin HCA profillerini tam olarak netleştirmek için tek seferde birden fazla HCA’nın eş zamanlı olarak saptanmasına yönelik çalışmalar önem taşımaktadır. Günümüzde HCA bileşiklerini tespit etmek için birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlar; gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (Casal et al., 2004), sıvı kromatografisi- ikili kütle spektrometrisi (Zhao et al., 2014; Bessette et al., 2009), foto diyot dizisi algılamalı yüksek performanslı sıvı

kromatografisi (Dundar et al., 2012), ultra hızlı sıvı kromatografisi (Dong et al., 2013) ve ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi- ikili kütle spektrometrisidir (Yan et al., 2014; Fu et al., 2014; Canales et al., 2017). Yaygın olarak kullanılan analitik yöntemler ise, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) (Zhang et al., 2015) ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi-kütle spektrometrisidir (HPLC-MS) (Xian et al., 2019; Zhang et al., 2022b).

2.8 HCA'ların Sınıflandırılması

Günümüze kadar, pişmiş et ürünlerinde 30'dan fazla kanserojen ve mutajen HCA tespit edilmiş ve tanımlanmıştır (Lu et al., 2018; Yao et al., 2020; Khan and Azam, 2021, Teng et al., 2023). IARC tarafından HCA'lar; 2A ve 2B olmak üzere iki grupta sınıflandırmıştır. 2A “insanlar için kanserojen” olarak kabul edilen HCA'ları içerir, 2B “insanlar için muhtemel kanserojen” olarak kabul edilen (IQ tipi olmayan) sınıf sekiz HCA'yı içermektedir (IARC, 1993; Zhang et al., 2021c).

HCA'lar oluşum yollarına ve yapısal özelliklerine göre aminoimidazoazoarenler (AIA'lar) ve amino-karbolinler (AC'ler) olarak kategorize edilmektedir (Dong et al., 2020b; Cheng et al., 2023). Aminoimidazoazoarenler (AIA'lar), termik ve IQ tipi olarak da isimlendirilirler ve 100-300°C pişirme sıcaklıklarında oluşurlar.

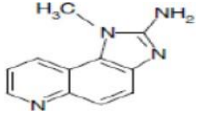
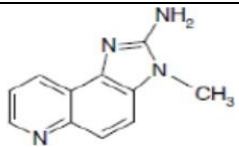
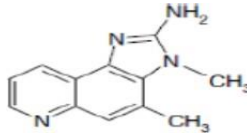
AIA'lar kimyasal yapılarına göre başlıca üç türe ayrılırlar; imidazopiridin, imidazokinolin ve imidazokinoksalin (Gibis, 2016; Dong et al., 2020b). IQ, MeIQ, MeIQx, DiMeIQx ve PhIP AIA'lar sınıfında bulunan bileşiklerdir (Toribio et al., 2002). PhIP, tipik bir imidazopiridin HCA'dır ve oluşum mekanizması nispeten açıktır. Fenilalaninin Strecker bozunmasında üretilen fenilasetaldehit, kreatinin ile reaksiyona girerek bir ara ürün üretir. Bu ara ürünler de formaldehit ve amonyakla reaksiyona girerek PhIP oluşturmaktadır (Dong et al., 2020b; Cheng et al., 2023). Kinolin (IQ), kinoksalin (IQx) ve piridin (PhIP) AIA'ların iyi araştırılmış alt gruplarından (Teng et al., 2023).

Pirolitik AC'ler; α -karbolin (A α C, MeA α C), β -karbolin (harman, norharman), γ -karbolin (Trp-P-1, Trp-P-) ve δ olmak üzere 4 alt gruba

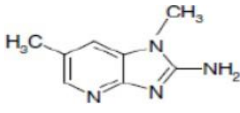
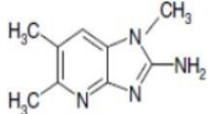
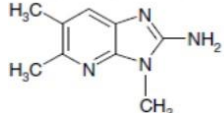
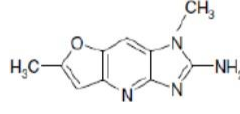
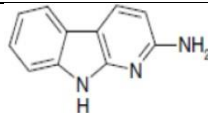
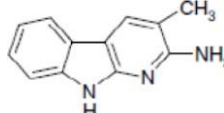
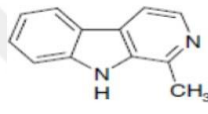
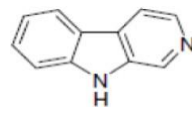
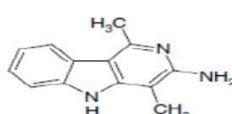
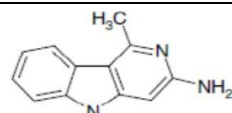
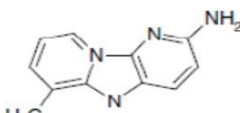
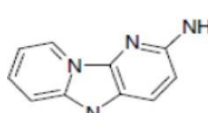
ayrılmaktadır. AIA'larla karşılaştırıldığında, AC'ler konusunda daha az çalışma bulunmaktadır (Zhang and Zhou, 2022). AIA'lar polar yapıya sahipken, AC'ler apolar yapıya sahiptirler (Barzegar et al., 2019; Yin et al., 2021). Amino-karbolinler (AC'ler), prolitik ve IQ tipi olmayan olarak da isimlendirilmektedirler (Teng et al., 2023). Aminoasit pirolizi yoluyla (triptofan, glutamik asit, lizin, fenilalanin, ornitin, kreatin) ve kazein, albümin, gluten veya soya globulini gibi protein prolizi ile 300°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşmaktadırlar (Jägerstad et al., 1998; Toribio et al., 2002; Gibis, 2016).

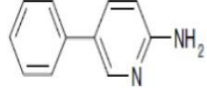
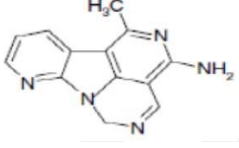
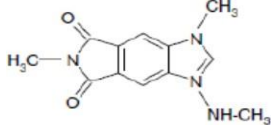
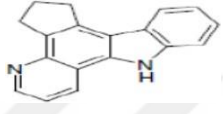
Birden fazla aromatik halka ve heterosiklik halkadan oluşan heterosiklik aromatik aminler, harman ve haricinde genellikle bir amino grubu içermektedir (Hsu and Chen, 2020a; Hsu and Chen, 2020b; Lai et al., 2023). harman ve norharman'nın Ames/Salmonella testlerinde mutajenik özellik göstermezken diğer bileşiklerin mutajenik aktivitesini arttırmaktadırlar (Vidal et al., 2020; Zhang et al., 2021c). Ayrıca norharman ve harman bileşiklerinin, diğer HCA bileşikleriyle karşılaştırıldığında daha düşük sıcaklıklarda oluştuğu saptanmıştır (Sharma et al., 2003; Chen et al., 2017; Teng et al., 2023). HCA'ların metil gruplarının sayısına ve pozisyonlarına göre farklı bileşikler oluşmaktadır (Skog et al., 2000). HCA'ların sınıflandırılması ve bazı özellikleri Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. HCA'ların sınıflandırılması ve özellikleri (Gibis, 2016; Macit, 2018)

Polarite	Kimyasal İsim	Kısaltılması	Molekül ağırlığı (g/mol)	Molekül Yapısı
Polar	2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]-kinolin	IQ	192,2	
	2-amino-1-metilimidazo[4,5-f]-kinolin	IsolQ	192,2	
	2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-f]-kinolin	MeIQ	212,3	

2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]-kinokzalin	IQx	199,3	
2-amino-3,8-dimetilimidazo[4,5-f]-kinokzalin	8-MeIQx	213,3	
2-amino-3,4-dimetilimidazo[4,5-f]-kinokzalin	4-MeIQx	213,3	
2-amino-3,4,8-trimetilimidazo[4,5-f]-kinokzalin	4,8-DiMeIQx	227,3	
2-amino-3,7,8-trimetilimidazo[4,5-f]-kinokzalin	7,8-DiMeIQx	227,3	
2-amino-3,4,7,8-tetrametilimidazo[4,5-f]-kinokzalin	TriMeIQx	241,3	
2-amino-4-hidroksimetil-3,8-dimetilimidazo[4,5-f]-kinokzalin	4-CH2OH-8-MeIQx	243,3	
2-amino-1,7-dimetilimidazo[4,5-g]-kinokzalin	7-MeIgQx	213,2	
2-amino-1,7,9-trimetilimidazo[4,5-g]-kinokzalin	7,9-MeIgQx	227,3	
2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-b]-pridin	PhIP	224,3	
2-amino-1-metil-6-(4'-hidroksifenil)-imidazo[4,5-b]-pridin	4'OH-PhIP	240,6	

	2-amino-1,6-dimetilimidazo [4,5-b]-piridin	DMIP	162,2	
	2-amino-1,5,6-trimetillimidazo[4,5-b]-pridin	1,5,6 TMIP	176,2	
	2-amino-3,5,6-trimetilimidazo[4,5-b]-pridin	3,5,6 TMIP	176,2	
	2-amino-1,6-dimetil-furo[3,2-e]imidazo[4,5-b]-pridin	IFP	202,3	
Apolar	2-amino-9H-prido[2,3-b]indol	AαC	183,2	
	2-amino-3-metil-9H-prido[2,3-b]indol	MeAαC	197,2	
	1-metil-9H-prido[3,4-b]indol	Harman	182,2	
	9H-prido[3,4-b]indol	Norharman	168,2	
	3-amino-1,4-dimetil-5H-prido[4,3-b]-indol	Trp-P-1	211,3	
	3-amino-1-metil-5H-prido[4,3-b]indol	Trp-P-2	197,2	
	2-amino-6-metildiprido-[1,2-α:30,20-d]imidazol	Glu-P-1	198,3	
	2-aminodiprido-[1,2-α:30,20-d]imidazol	Glu-P-2	184,3	

2-amino-5-fenilpridin	Phe-P-1	170,2	
4-amino-6-metil-1H-2,5,10,10b-tetraazafluoranthene	Orn-P-1	237,3	
4-amino-1,6-dimetil-2-metilamino-1H,6H-pirrolo-[3,4-f]benzimidazol-5,7-dion	Cre-P-1	259,3	
3,4-siklopenten-prido[3,2-α] karbazol	Lys-P-1	258,3	

2.9 HCA'nın Sağlık İle İlişkisi

HCA'ların dokular üzerinde genetik hasara yol açtığı enstrümental analizlerle kanıtlanmıştır (Sugimura et al., 2004; Turesky et al., 2007). Bu bileşikler insan vücuduna kolayca girebilmekte ve farklı organlar tarafından emilmekte (Kizil et al., 2011; Tajdar et al., 2021) daha sonrasında karaciğere taşınarak aktive edilmektedir (Lynch et al., 1995; Barzegar et al., 2019). Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda HCA'ların süte geçebildiği ve normalden 5000–10,000 kat daha düşük dozlarda bile yenidoğan farelerde güçlü kanserojenik etki gösterdiği belirlenmiştir (Brittebo et al., 1994; Dooley et al., 1988; Borgen et al., 2001). HCA bileşiklerinin, DNA zincirinin hidrojen bağı kırarak kovalent bağlanması sonucunda hedef bölgelerde tümör hücrelerine neden olabileceği tespit edilmiştir (Toribio et al., 2007; Guñez et al., 2020).

HCA içeren ürünlerin düzenli olarak tüketiminin, nöronlara zarar vererek hücre ölümüne neden olabileceği, bunun sonucunda alzheimer (Syeda and Cannon, 2022) ve parkinson (Cruz Hernandez et al., 2018) hastalığına neden olabileceği saptanmıştır. Parkinson hastalarının beyin omurilik sıvısındaki harman ve norharman miktarlarının, sağlıklı bireylere kıyasla önemli düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Kuhn et al., 1996). Ayrıca norharman ve harman bileşiklerinin, yetişkin kemirgenlerde önemli ölçüde bilinç bozukluğuna ve

depresyon benzeri davranışlara yol açtığı tespit edilmiştir (Celikyurt et al., 2013; Feng et al., 2022b).

Bununla birlikte HCA'ların farklı kanser türlerinin riskini artırdığı saptanmıştır (Aeenehvand et al., 2016; Barzegar et al., 2019; Li et al., 2021; Yao et al., 2022). Yapılan çalışmalar sonucunda; günde 50 g işlenmiş et ürünü tüketiminin; kolon kanseri riskini %18 (Gibis, 2016; Tajdar et al., 2021), prostat kanseri riskini %4, meme kanseri riskini %9 ve pankreas kanseri riskini %19 arttırdığı tespit edilmiştir (Wolk, 2017; Barzegar et al., 2019). Çalışmalar sonucunda HCA'ların; pankreas, prostat, akciğer, meme, kolon ve mide kanserlerinin başlıca indükleyicileri olduğu tespit edilmiştir (Lumbreras et al., 2008; Lim et al., 2011; Guo et al., 2018; Lo et al., 2020; Cheng et al., 2023). Ayrıca HCA'ların bilinen diğer gıda mutajeni olan nitritten 10-100 kat (Jägerstad and Skog, 2005), aflatoksin B1'den 100 kat (Xian et al., 2019; Feng et al., 2022a) ve benzo[a]pirenden 2000 kat (Stavric, 1994; Oz and Kaya 2006; Oz and Kaya, 2011a) daha fazla mutajen olduğu bildirilmiştir. HCA bileşiklerinin sağlık üzerindeki tehlikeleri nedeniyle, oluşum mekanizmalarını tespit etmek ve reaksiyon sürecini engellemenin yollarını araştırmak önem arz etmektedir (Saxena et al., 2020).

2.10 Et ve Et Ürünlerinde HCA Oluşum Mekanizmaları

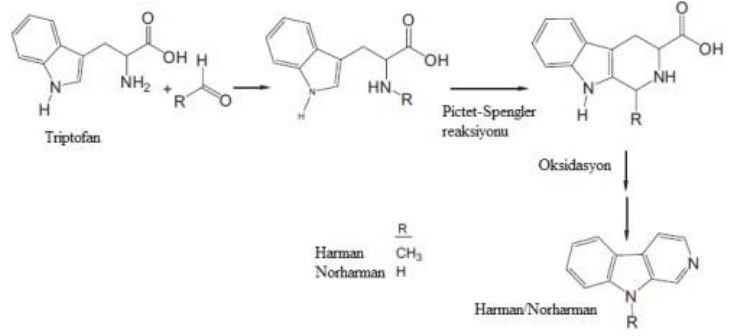
Gıda matrisindeki HCA oluşum mekanizmaları, HCA'ların öncü maddeleri olarak da işlev gören serbest amino asitler, kreatin, kreatinin, disakkaritler veya dipeptidler gibi çoklu bileşiklerden çok daha karmaşıktır (Skog et al., 1998; Sun et al., 2010; Gibis, 2016; Teng et al., 2023). İlk keşfinden bu yana 40 yıldan fazla zaman geçmesine rağmen, oluşum yolları hala tam olarak bilinmemektedir (Zamora and Hidalgo, 2020). HCA'lar termal işlem sırasında, protein açısından zengin gıdalardaki serbest amino asitler, kreatinin ve karbonhidratlardan oluşmakta (Zamora et al., 2020; Feng et al., 2022a) ve oluşumları süresince bir dizi radikal reaksiyon gerçekleşmektedir (Lu et al., 2018).

HCA'ların iki olası oluşum yolu vardır. Bunlar; Maillard reaksiyonu ve Strecker bozunmasıdır (Kanzler et al., 2016; Teng et al., 2023). Maillard

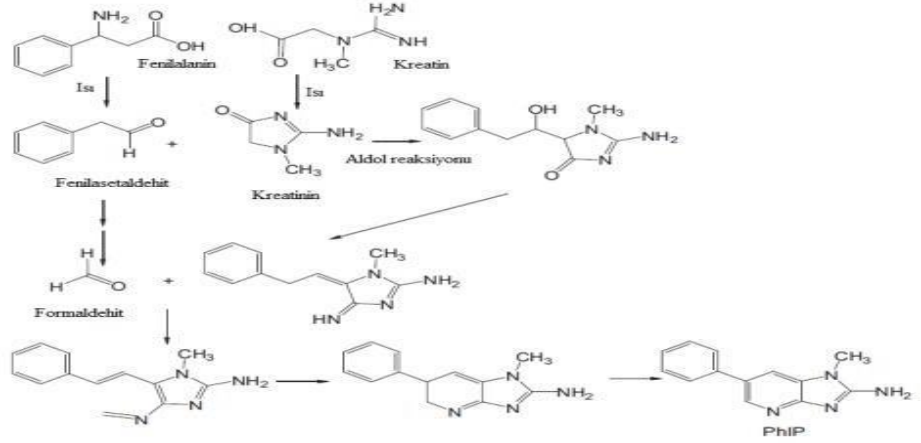
reaksiyonu üç basamakta gerçekleşmektedir. İlk basamakta aminoasitlerin amino grubu ve indirgen şekerin karbonil grubu arasındaki kondensasyon reaksiyonuyla yapıdan su uzaklaşmakta ve kapalı halka formundaki glikozilamin oluşmaktadır. Oluşan glikolizamin, zayıf asidik koşulların katalize ettiği Amadori dönüşümü olarak adlandırılan reaksiyon ile 1-amino-1-deoksi-ketoza dönüşmekte ve sonrasında ters Amadori (Heyns) dönüşümüne uğrayarak 2- amino-2-deoksialdoz oluşmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz, 2002; Yıldız vd., 2010).

İkinci basamakta renk değişimleri başlamakta ve üç yolla gerçekleşmektedir. Maillard ara ürünlerinin oluştuğu birinci yolda 1-amino-1-deoksi-2-ketoza başka bir aldoz molekülü ile reaksiyona girerek daha az stabil olan diketozamine dönüştükten sonra monofruktozamin gibi birçok bileşiğe parçalanmaktadır. İkinci yolda Amadori ürünlerinin enolizasyonu ile gerçekleşmektedir (Burdurlu ve Karadeniz, 2002). Strecker bozulması olarak adlandırılan üçüncü yolda ise heksoz ve amino asitlerden oluşan aldehitler, piridinler veya pirazinler gibi HCA ara ürünleri; kreatinin ile reaksiyona girerek HCA'ları oluşturmaktadır (Dong et al., 2020b; Yan et al., 2022).

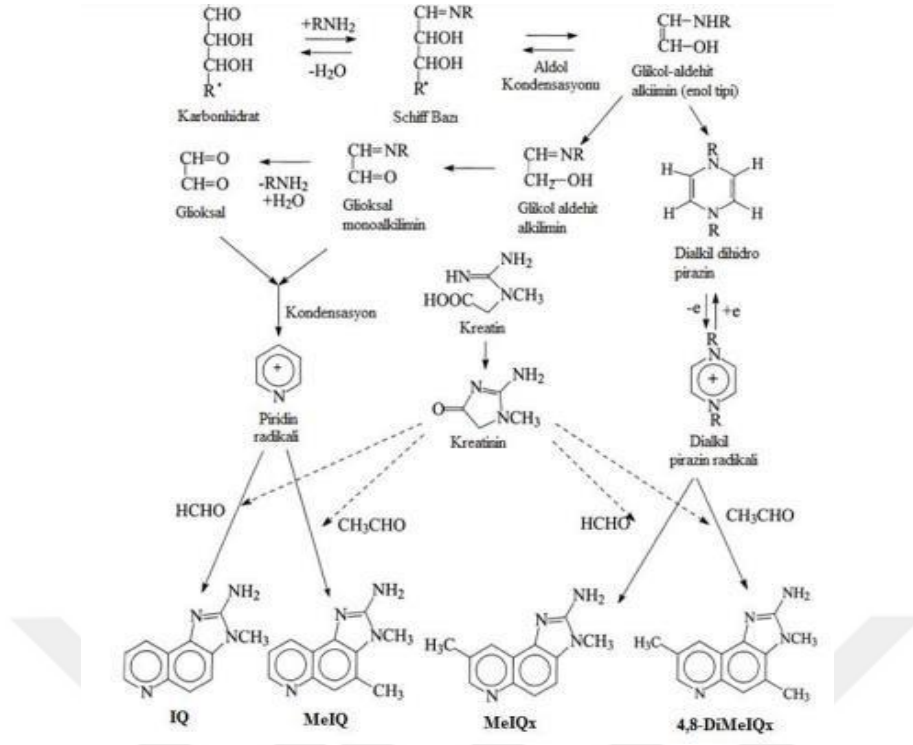
Son basamak ise diğer basamaklarda oluşan bileşiklerin aminlerle birleşmesi, aldehit ve aminlerin polimerize olması, aldollerin kondanase olması ve bu sayede melanoidin olarak isimlendirilen heterosiklik yapıdaki koyu renkli bileşiklerin oluşmasıdır (Burdurlu ve Karadeniz, 2002; Yıldız vd., 2010; Demir, 2017). Lee et al. (1995), haşlanmış domuz suyuna Maillard reaksiyon ürünleri olan tetrahidrotiyofen ve 2,3-dimetilpirazini eklemişler ve çalışma sonucunda mutajenitenin arttığını ve Maillard ürünlerinin IQ bileşiğinin oluşumunda rol oynadığını saptamışlardır (Teng et al., 2023). Şekil 2.7’de harman ve norharman bileşiklerinin, Şekil 2.8’de PhIP bileşiğinin, Şekil 2.9’da ise IQ, MeIQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin öngörülen oluşum yolları verilmiştir.



Şekil 2.7. Harman ve norharman bileşikleri için öngörülen oluşum yolları (Vitaglione and Fogliano, 2004; Gümüş, 2020)



Şekil 2.8. PhIP bileşiği için öngörülen oluşum yolu (Vitaglione and Fogliano, 2004; Gümüş, 2020)



Şekil 2.9. IQ, MeIQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin öngörülen oluşum yolları (Vitaglione and Fogliano, 2004; Gümüş, 2020)

2.11 Et ve Et Ürünlerinde HCA Oluşumu Üzerine Etkili Faktörler

Çoğu batı ülkesindeki yetkili makamlar HCA oluşumlarının en aza indirilmesini (Alaejos et al., 2008; Yan et al., 2017), Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı ise HCA alımının azaltılmasını tavsiye etmektedir (IARC, 1993). Bu nedenle çok sayıda çalışmada HCA oluşumunu etkileyen faktörler araştırılmıştır (Hsu and Chen, 2020a; Hui et al., 2021; Yan et al., 2021; Zhang and Zhou, 2022; Yao et al., 2022). Et türü, pişirme yöntemi, süresi ve sıcaklığın, HCA öncülerinin konsantrasyonları, etin su ve yağ içeriği, pH ve su aktivitesi değeri, antioksidan maddelerinin kullanımı, ısı ve kütle transferi, lipid oksidasyonu gibi birçok faktör HCA türünü ve miktarını etkilemektedir (Oz, 2014; Oz and Celik, 2015; Tengilimoglu Metin vd., 2017a; Wang et al., 2017; Wang et al., 2021c; Hui et al., 2021; Zhang and Zhou, 2022; Yao et al., 2022).

2.11.1 Et türü

Kümes hayvanları, balık, sığır eti ve domuz etinde değişen miktarlarda HCA'lar tespit edilmiştir. Hayvanın kullanılan bölgesi ve derisi de HCA oluşumunu etkilemektedir. Etin farklı bölümlerinde nem, serbest amino asit, kreatin ve diğer azot bileşiklerinin konsantrasyonlarındaki farklılık HCA oluşumu üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Gu et al., 2002). PhIP bileşiğinin tavuk etindeki oluşum miktarı, sığır eti, domuz eti ve balıktan daha fazla iken, tavuk etinde 8-MeIQx bileşiği konsantrasyonunun, pişmiş sığır eti ve domuz etine kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır (Borgen et al., 2001; Solyakov and Skog, 2002; Gümüş, 2020).

2.11.2 Etin su ve yağ içeriği

Nemin varlığı, HCA oluşumu üzerinde engelleyici bir etkiye sahiptir ve su tutan maddelerin varlığı ile HCA oluşumu azaltılabilmektedir (Hou et al., 2017; Teng et al., 2023). Yüksek pişirme kaybının, büyük miktarlarda HCA oluşumuyla ilişkili olduğu bulunmuştur (Persson et al., 2003; Keskekoglu and Uren, 2014). Aynı zamanda gıda maddelerinin içeriğinde yüksek oranda bulunan hayvansal yağlar ve tuz da kanser oluşumunu tetiklemektedir (Sugimura, 2002).

Yağsız sığır eti, tavuk ve balıkta, HCA'lar daha yüksek konsantrasyonlarda bunun yanında sosis ve domuz etinde düşük miktarlarda saptanmıştır (Augustsson et al., 1999; Ur Rahman et al., 2014). Bu sonuç; yağlı et ve et ürünlerinde ısı iletiminin yüksek olması ve yağsız et ve et ürünlerine kıyasla daha hızlı pişirme süresiyle ilişkilendirilmiştir (Knize et al., 1997; Barzegar et al., 2019). Örneğin, kümes hayvanlarında yüksek oranda PhIP oluşumu, balık, sığır ve domuz etinde yüksek oranda MeIQx tespit edilmiştir (Borgen et al., 2001; Solyakov and Skog, 2002; Barzegar et al., 2019). Hayvanların derisinde de HCA bileşikleri oluşmaktadır (Solyakov and Skog, 2002). Et ve et ürünlerinde, yağda ve suda çözünen vitaminlerin HCA inhibitörleri olarak görev yaptığı da saptanmıştır (Lee et al., 2020).

2.11.3 Öncü maddelerin konsantrasyonu

Et ürünleri üzerine yapılan çalışmalarda örneklerin içerdiği şeker, kreatin ve aminoasit gibi öncü madde miktarındaki artış ile HCA içeriğinin de arttığı tespit edilmiştir (Buła et al., 2019). Öncülerin türü ve seviyesi kontrol edilerek HCA miktarının azaltılabileceği tespit edilmiştir (Hasnol et al., 2014; Teng et al., 2023). Yapılan çalışmalarla, glikoz oranındaki artış ile toplam HCA miktarında artış olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte; örneklere kreatin ve aminoasit konsantrasyonunun yarısından fazla glikoz ilavesinin, gıda mutajenlerinin oluşumunu azalttığı tespit edilmiştir (Skog and Jägerstad 1990; Jackson and Hargraves 1995; Skog et al., 1998; Oz and Kaya, 2011c). Bu durum araştırmacılar tarafından Maillard reaksiyonu ürünlerinin şeker miktarı arttıkça daha kolay oluşması ile ilişkilendirilmiştir (Tai et al., 2001; Alaejos and Afonso, 2011).

HCA oluşumunda etkili olan bir diğer unsur ise aminoasitlerdir. Yapılan çalışmalarda; AIA'ların oluşumu için amino asit veya kısa zincirli peptidlerin gerekli olduğu ve aynı mutajenik molekülün farklı amino asitler tarafından oluşabileceği belirtilmiştir (Wakabayashi et al., 1992; Robbana Barnat et al., 1996; Öz, 2006). Waszkiewicz Robak (2014) tarafından yapılan bir çalışmada; glisin, prolin, valin, triptofan, treonin, lösin, izolösin, arginin, asparagin, glutamin, tirozin ve histidin gibi bazı amino asitlerin toplam HCA miktarı yerine spesifik HCA oluşumunu arttırdığı tespit edilmiştir.

2.11.4 Antioksidan içeriği

Gıdaya ilave edilen antioksidan bileşiklerin HCA oluşumunu azaltıcı ya da artırıcı yönde muhtemel etkisi; sistemin koşullarına, gıda matriksinin tipine, fenolik bileşiklerin yapısına ve konsantrasyonuna bağlıdır. Antioksidanların yapısında bulunan fenolik bileşiklerin, radikal yakalama aktivitesi ya da indirgen şekerlerle bağ kurarak Maillard reaksiyonunu inhibe ettiği ve böylece HCA oluşumunu azalttığı yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Demirok Soncu, 2014). Et ve et ürünlerinde nitrit, baharat veya antioksidan gibi katkı maddelerinin ürüne eklenmesinin HCA inhibisyonu üzerinde olumlu etkilere neden olduğu tespit edilmiştir (Oz et al., 2016; Meurillon and Engel, 2016; Unal et al., 2018).

Antioksidanların yapısında bulunan fenolik bileşiklerin serbest radikalleri yakalaması veya şekerlerle bağ kurarak Maillard reaksiyonunu inhibe etmesinin HCA oluşumunu azalttığı belirlenmiştir (Demirok Soncu, 2014). HCA oluşumunu azaltmak amacıyla çeşitli doğal antioksidanların kullanımının etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda; kekik, biberiye (Damašius et al., 2011), kırmızı biber (Zeng et al., 2017), zeytin, nar çekirdeği ve üzüm çekirdeği ekstresi (Keşkeoğlu and Üren 2014), yağda ve suda çözünen vitaminlerin et ürünlerinde HCA'ların inhibitörleri olduğu bildirilmiştir (Lee et al., 2020). Gıdaların yapısında sağlık üzerinde olumlu etkileriyle bilinen ve özellikle son yıllarda dikkat çeken karotenoidler, vitaminler, flavanoidler gibi doğal antioksidan özelliğe sahip pek çok bileşen bulunmaktadır (Vitaglione and Fogliano, 2004).

2.11.5 Pişirme süresi ve sıcaklığı

Pişirme işleminin süresi ve sıcaklığının, HCA oluşumunu etkileyen en önemli etkenlerden olduğu tespit edilmiştir (Yao et al., 2022). HCA'ların miktarı, pişirme sıcaklığı ve süresinden etkilenmektedir (Gibis and Weiss, 2015). Düşük sıcaklıklarda aminoimidazoazoarenler, daha yüksek sıcaklıklarda pirolitik aminler oluşmaktadır (Turesky et al., 2007). Yapılan birçok çalışma sonucunda, sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak oluşan HCA miktarında önemli düzeyde bir artış gözlenmiştir (Persson et al., 2002; Messner and Murkovic, 2004; Turesky et al., 2007; Liao et al., 2009; Polak et al., 2009; Özşaraç, 2015; Adeyeye and Ashaolu, 2021).

Farklı sıcaklıklarda (75°C, 85°C ve 95°C) ve sürelerde (2 saat ve 4 saat) pişirilen dana etlerinin toplam HCA miktarının sıcaklık ve süredeki artışla birlikte arttığı tespit edilmiştir (Oz and Zikarov, 2015). Kızartılmış dana köftelerinde pişirme sıcaklığının (175°C, 200°C ve 225°C) ve süresinin (12 ve 20 dakika) HCA üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada ise toplam HCA miktarının 225°C'de 12 dakika pişirme işlemi uygulanmış örneklerde 24,6 ng/g, 225°C'de 20 dakika pişirilen örneklerde 50,8 ng/g tespit edilmiştir. Çalışmada, en düşük sıcaklık ve süre kullanılarak üretilen örneklerinde en düşük PhIP konsantrasyonu; en yüksek sıcaklık ve süre kullanılarak üretilen örneklerinde ise en yüksek PhIP konsantrasyonu saptanmıştır (Balogh et al., 2000). Yao et al., (2013), kızarmış

tavuktaki toplam HCA konsantrasyonlarının 68,8 ng/g'a kadar çıktığını ve kızartma süresinin artmasıyla HCA miktarının arttığını bildirmişlerdir.

2.11.6 Pişirme yöntemi

Pişirme yöntemi, ette HCA oluşumunda etkili başka bir faktördür (Alaejos and Afonso, 2011). Yapılan çalışmalarla et ürünlerinde oluşan kanserojenik bileşenlerin özellikle gıdaların lezzetini artırmak amacıyla ürünlere uygulanan pişirme işlemiyle oluştuğu ve pişirilmiş etlerde poliaromatik hidrokarbonlar, heterosiklik aminler ve nitrozamin kaynaklı kanserojenik bileşenlerin oluşabildiği tespit edilmiştir (Skog et al., 1998; Ferguson et al., 2002b; Singla et al., 2003). Çalışmalar; ızgara, kızartma, mangal, ızgara ve kavrulmuş et örneklerinin yüksek miktarda HCA içerdiğini ortaya koymuştur (Cross and Sinha, 2004; Ur Rahman et al., 2014). Mikrodalgalar, sıcak hava ile kurutma işleminden daha hızlı kuruma hızına sahiptir (Darvishi et al., 2013; Yin et al., 2022b). Izgara ve kızartma koşulları gibi yüksek sıcaklık (>100 °C) koşulları, HCA'ların oluşumu için elverişlidir (Dong et al., 2020b; Zhang and Zhou, 2022).

Et ürünlerinde pişirme işlemi, derin yağda kızartma, haşlama, tava, ızgara/barbekü, fırın ve mikrodalga yöntemleriyle yapılmaktadır. HCA'ların oluşum mekanizmalarından yola çıkarak oluşumunu azaltabilen yöntemler (Zhang et al., 2021a) ve farklı pişirme yöntemleri (Özsaraç vd., 2019) araştırılmıştır. Farklı pişirme yöntemlerinin kullanıldığı birçok et ürününde; kızarmış sığır eti (Balogh et al., 2000), kavrulmuş koyun eti (Raza et al., 2015), ızgara tavuk (Jinap et al., 2018), mikrodalga fırında pişirilmiş somon (Oz and Kotan, 2016) farklı tür ve konsantrasyonlarda HCA'lar keşfedilmiştir (Shan et al., 2021). Bilimsel çalışmalar; güveçte pişirme, buharda pişirme, mikrodalga fırında pişirme veya kaynatma gibi hafif pişirme yöntemleri kullanıldığında, HCA konsantrasyonunun azaldığını göstermiştir (Felton et al., 1994; Persson et al., 2002; Chevolleau et al., 2020). Özellikle ızgara ve kızartma yöntemlerinin, HCA oluşumunu arttırdığı saptanmıştır (Keating and Bogen, 2001; Wang et al., 2021d). Hamburger köftesi ve biftek örneklerinde farklı pişirme yöntemlerinin ve seviyelerinin HCA oluşumu üzerine etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada, örnekler üç farklı yöntemle (ızgara, fırında pişirme, kızartma) ve dört farklı derecede (az, orta, iyi, çok iyi)

pişirilmiştir. Çok iyi pişmiş hamburger köftelerinde; MeIQx ve PhIP bileşikleri en az fırında pişirme, en çok ızgarada pişirme yönteminde tespit edilmiştir (Sinha et al., 1998). Farklı pişirme yöntemlerinin HCA miktarı ve ürün özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi üzerine yapılan bazı çalışmalar Çizelge 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.5. Farklı pişirme yöntemlerinin HCA miktarı ve ürün özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi üzerine yapılan bazı çalışmalar

Ürün	Uygulanan İşlem	Sonuç	Kaynak
Tavuk ve balık eti	Farklı pişirme yöntemleri (mikrodalga, fırın, ızgara, tavada kızartma ve barbekü) ve pişirme seviyeleri (az, orta, iyi, çok iyi)	Orta derecede mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanan tavuk örneklerinin en düşük toplam HCA miktarına, çok iyi derecede mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanan tavuk örneklerinin ise en yüksek toplam HCA miktarına sahip olduğu belirtilmiştir ($P<0,05$). Balık eti örneklerinde en düşük toplam HCA miktarı mikrodalga fırında az pişirme seviyesi ile pişirilen örneklerde, en yüksek toplam HCA miktarı ise mikrodalga ile çok iyi derecede pişirilen örneklerde tespit edilmiştir ($P<0,05$).	Oz et al., 2010
Hindi göğüs ve but eti	Farklı pişirme yöntemleri (haşlama, tavada yağsız kızartma, derin yağda	Göğüs etinin pişirilmesi sonucu toplam HCA miktarı 2,90-52,34 ng/g, but etinin pişirilmesi sonucu toplam HCA miktarı ise 2,38-21,35 ng/g	Yüzer, 2015

	kızartma, ısıtıcı plaka üzerinde kızartma, fırında pişirme ve mikrodalga fırında pişirme)	arasında belirlenmiştir. Göğüs ve but etlerinde en yüksek toplam HCA içeriği derin yağda kızartılan örneklerde ikinci olarak fırında pişirilen örneklerde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Göğüs etinde en düşük toplam HCA miktarı mikrodalga fırında pişirme ile, but etinde en düşük toplam HCA miktarı ise ısıtıcı plakada pişirme yöntemi ile elde edilmiştir ($P<0,05$).	
Sığır, tavuk ve domuz eti	Farklı pişirme yöntemleri (haşlanma, fırında pişirme, ızgara, tavada pişirme, mikrodalga fırında pişirme)	Tavada pişirme işlemi uygulanan örnek gruplarının en yüksek HCA miktarına, mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanan örnek gruplarının en az HCA miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). HCA bileşiklerinin en çok sığır etinde, en az domuz etinde olduğu bildirilmiştir ($P<0,05$).	Carvalho et al., 2015
Tavuk göğüs eti	Farklı pişirme yöntemleri (ohmik 60V-0.3A-30dk, mikrodalga 700W-15dk)	Ohmik pişirme ile tavuk eti örneklerinde mikrobiyal bozulmanın daha geç başladığı, mikrodalga fırında pişirme sonucunda ise mikrobiyal bozulmanın daha erken	Külcü vd., 2018

		gerçekleştiği bildirilmiştir.	
Keçi köftesi	Farklı pişirme yöntemleri (tavada pişirme, derin yağda kızartılmış, mangalda pişirme, fırında pişirme) / farklı pişirme sıcaklıkları (175°C, 225°C)	Köfte örneklerinin HCA miktarlarının, pişirme sıcaklığının artışı ile arttığı bildirilmiştir. 175°C’de pişirilen örnek gruplarında en yüksek HCA miktarının fırında pişirme işlemi uygulanan örnek gruplarında, en düşük ise tavada pişirilen örnek gruplarında tespit edildiği bildirilmiştir ($P<0,05$). 225°C’de pişirilen örnek grupları arasında ise en yüksek HCA miktarı derin yağda kızartılan örneklerde tespit edilirken, en düşük tavada pişirilen örnek gruplarında belirlenmiştir ($P<0,05$).	Khan et al., 2019
Hamburger köftesi	Farklı pişirme yöntemleri (haşlama, fırında kızartma, ızgara ve mikrodalga) / farklı pişirme sıcaklıkları (72°C, 78°C)	Mikrodalga pişirme işlemi ile en yüksek pişirme kaybı, düşük pH değeri elde edilmiştir ($P<0,05$). En düşük TBARS değerleri mikrodalga ile pişirilen örneklerde, en yüksek TBARS değerleri ise fırında ve ızgarada pişirilen örneklerde saptanmıştır ($P<0,05$).	Şimşek, 2020
Tavuk kanadı	Farklı pişirme yöntemleri (tavada kızartma, elektrikli	En yüksek toplam HCA miktarının tavada kızartma işlemi uygulanan örnek	Kwon et al., 2023

	fırın, özel sistem havada kızartma ve kızılötesi ocak) / farklı katkıları (sarımsak, biberiye ve zerdeçal)	grubunda, en düşük toplam HCA miktarının ise özel sistem havada kızartma ve fırında pişirme işlemi uygulanan örnek gruplarında saptandığı belirtilmiştir ($P<0,05$).	
--	--	--	--

2.12 Et Ürünlerinde HCA Oluşumunu Engellemek Amacıyla Kullanılan Katkıları

Zararlı etkileri göz önünde bulundurulduğunda, gıda yoluyla HCA alımını azaltmak amacıyla kullanılabilecek katkıların araştırılması insan sağlığı için önem arz etmektedir. HCA inhibisyonunun yaygın olarak kabul edilen üç mekanizması vardır. Birincisi, fenoliklerin serbest radikallerle reaksiyona girerek nispeten kararlı serbest grupların oluşturulması ve zincir reaksiyonunu bloke etmesidir. İkincisi, metal iyonlarını antioksidan bileşiklerle bağlayarak serbest radikallerin oluşumunu engellemektir. Üçüncüsü ise fenoliklerin, hidrojen oksidasyonu ile serbest radikalleri temizlemesidir (Pearson et al., 1992; Teng et al., 2023).

Polifenoller, flavonlar ve alkaloidler gibi ekzojen bileşiklerin akrilamid, heterosiklik aromatik hidrokarbonlar gibi çeşitli karsinojenlere karşı önleyici bir etki göstermiştir (Cheng et al., 2009; Quelhas et al., 2010; Wang et al., 2019b; Yan et al., 2022). Fenolik maddelerin benzen halkası üzerindeki reaktif oksijen grubu, serbest radikalleri yakalayarak HCA'ların oluşumunu engelleyen bir antioksidan görevi görmektedir (Kidd, 2009; Teng et al., 2023).

Bugüne kadar HCA oluşumunu engellemek için ısı işlem koşulları değiştirilmiş ve çeşitli bitki özleri, baharatlar ve amino asitler gibi ekzojen maddeler gıdalara eklenmiştir (Özsaraç vd., 2019; Jing et al., 2021; Zhang et al., 2021c; Cheng et al., 2023). Et ürünlerinde HCA içeriğini azaltmak için yüksek sıcaklıkta pişirme süresinin kısaltılması ve işlenmeden önce etin belirli doğal maddelerle kürlenmesi gibi birçok yöntem kullanılmaktadır (Wang et al., 2021e; Zhang et al., 2023b). Son yıllarda ise sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden

dolayı HCA'lara alımını azaltmak için yapılan çalışmalar artmıştır (Oz et al., 2016; Manful et al., 2020; Vidal et al., 2020; Oz, 2021). Günümüzde en umut verici yaklaşımlardan biri, et ürünleri formülasyonlarına HCA'ların oluşumunu sınırlayan doğal antioksidanlar eklemektir (Meurillon and Engel, 2016; Meurillon et al., 2020). Antioksidanların HCA oluşumunu azaltma etkileri yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Dong et al., 2020b; Gumus and Kizil, 2022). Bu nedenle antioksidanların HCA oluşumu üzerindeki etkilerinin kapsamlı olarak araştırılması önemlidir (Lee et al., 2020; Gumus and Kizil, 2022). Bazı ülkelerde sentetik antioksidanların potansiyel kanserojen görülerek yasaklanması (Oz and Kaya, 2011b) gıdaların antioksidan özelliklerine olan ilgiyi artırmıştır (Oz, 2019; Kilic et al., 2021).

Birayla marine etme işleminin ızgara domuz etinde, enginar özünün sığır eti ve tavuk göğsünde HCA miktarını azalttığı saptanmıştır ve bu sonuç; bira ve enginar özünün antioksidan kapasitesiyle ilişkilendirilmiştir (Lee et al., 2020; Teng et al., 2023). Bununla birlikte; yeşil çay (Yao et al., 2020), zeytinyağı (Awney, 2011), domates özü (Vitaglione et al., 2002), vişne (Britt et al., 1998), ebegümeçi (Gibis and Weiss, 2010), bira/kırmızı şarap (Melo et al., 2008), kuru galeta unu (Korkmaz and Oz, 2020), biberiye (Tsen et al., 2006), kimyon, karabiber, zerdeçal, sarımsak ve birçok baharatın HCA'ları inhibe etmede etkili olduğu saptanmıştır (Jung et al., 2010; Oz and Kaya, 2011c; Sepahpour et al., 2018; Oz, 2019; Cheng et al., 2023). Et ürünlerinde HCA oluşumunu engellemek amacıyla çeşitli katkıların kullanıldığı bazı çalışmalar Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Et ürünlerinde HCA oluşumunu engellemek amacıyla çeşitli katkıların kullanıldığı bazı çalışmalar

Ürün	Kullanılan Katkı	Sonuç	Kaynak
Köfte	Sichuan biberi (%0,5-%1-%1,5) ve sanshoamide ekstraktı	Sichuan biberinin en düşük konsantrasyonda kullanımının PhIP, IQx, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerini sırasıyla %82, %61, %28 ve %79	Zeng et al., 2018

	(%0,005- %0,010- %0,015)	oranında; sanshoamide ekstraktının en düşük konsantrasyonda kullanımının sırasıyla %27, %45, %44 ve %26 oranında inhibe ettiği tespit edilmiştir.	
Dana ve tavuk köfte	sarımsak, soğan, kırmızı biber, zencefil, karabiber (%5)	En yüksek HCA miktarı kontrol grubunda saptanmıştır. Tüm baharatların HCA oluşumunu azalttığı, en yüksek inhibisyon değerinin zencefil ile elde edildiği bildirilmiştir.	Lu et al.,2018
Sığır eti	Zerdeçal, köri yaprağı, meşale zencefili ve limon otu	Kullanılan katkıların sığır etinde harman ve norharman oluşumunu engellediği ancak MeIQ oluşumunu desteklediği tespit edilmiştir. Zerdeçal ve limon otu kombinasyonunun, toplam HCA miktarında maksimum azalma sağladığı saptanmıştır.	Sepahpour et al., 2018
Köfte	Soğan suyu (%0,25, %0,50 ve %0,75)	%0,25 ve %0,50 soğan suyu kullanımı ile kontrol grubunda tespit edilen IQx ve IQ oluşumunun engellendiği tespit edilmiştir. %0,75 soğan suyu içeren örnek grubunun en yüksek toplam HCA değerine sahip olduğu saptanmıştır.	Nuray and Oz, 2019

Tavuk köfte	Zerdeçal (%0,5-%1)	Köfte örneklerinde zerdeçal kullanımının, heterosiklik aromatik aminlerin seviyesini azalttığı, en güçlü inhibitör etkinin %0,5 oranı ile formüle edilen örneklerde tespit edildiği bildirilmiştir.	Kilic et al., 2021
Tavuk kanadı	Sarımsak, biberiye, Zerdeçal (%0,5)	Sarımsak içeren örneklerin toplam HCA miktarında %33,33 oranında, biberiye içeren örneklerde %40,89 ve zerdeçal içeren örneklerde %50,67 oranında azalma sağlanmıştır.	Kwon et al., 2023

Bu tez çalışması kapsamında, tavuk köftesi üretiminde *Morchella esculenta* (Kuzugöbeği) ve *Lactarius deliciosus* (Kanlıca) mantarları kullanımı ile mikrodalga ve tavada pişirme yöntemlerinin uygulanmasının üründe heterosiklik aromatik amin bileşenlerinin oluşumu ve bazı kalite özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Tavuk köftesi üretiminde kullanılan tavuk but eti ve tavuk derisi Berrak Et Mamülleri Hayvancılık Yem Gıda Market İşletmeciliği San. Tic. Ltd. Şti. firmasından, kullanılan katkıları (tuz, karabiber, galeta unu, soğan tozu) ise İzmir’de bulunan yerel bir marketten temin edilmiştir. Tavuk but eti ve tavuk derisi, tavuk köftesi üretiminden bir gün önce satın alınarak dondurulmadan 4°C’de korunmuştur. Çalışmada toz hale getirilerek kullanılan *Morchella esculenta* ve *Lactarius deliciosus* mantarları, Gurmenet Sanal Mağazacılık Hizmetleri Ltd. Şti. firmasından dondurulmuş olarak satın alınmıştır. Mantarlar hasat edildikten hemen sonra dondurulmuş. Mantarlar soğuk zincir içinde Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’ne taşınarak, -20°C’de depolanmıştır.

3.2 Mantar Tozu Üretimi

Dondurulmuş olarak satın alınan mantarlar, kurutma işleminden 15 saat önce 4°C’de bekletilerek çözündürülmüştür. Çözündürülen mantarların sapları kesilerek çeşme suyu ile yıkanmış ve 2-3 mm kalınlığında dilimlenerek kurutmaya hazır hale getirilmiştir. Dilimlenen mantarlara tepsili kurutucuda (Eksizs Industrial Drying Systems, PLC controlled Laboratory Type, Türkiye) kurutma işlemi uygulanmıştır. Tepsili kurutucuya ait görsel Şekil 3.1’de, çalışma parametreleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tepsili kurutucu

Çizelge 3.1. Kurutucunun çalışma parametreleri

Kurutma Sıcaklığı	60 °C
Kurutma Ortamı Nemi	%5,5
Hava Akım Hızı	1,5 m/s
Devir Sayısı	10 devir/dakika

Mantarların nem içeriği infrared nem tayin cihazı (OHAUS MB200, OHAUS Corp., Florham, ABD) ile tayin edilmiş ve ortalama %3,04'e ulaştığında kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Kurutulmuş mantarlar çekiçli öğütücüde (Brook Crompton series 2000 England) toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen mantarlar kapaklı cam kavanozda 4°C'de tavuk köftesi üretiminde kullanılıncaya kadar en fazla 7 gün bekletilmiştir. Mantar tozu üretimine ait akım şeması Şekil 3.2'de verilmiştir.



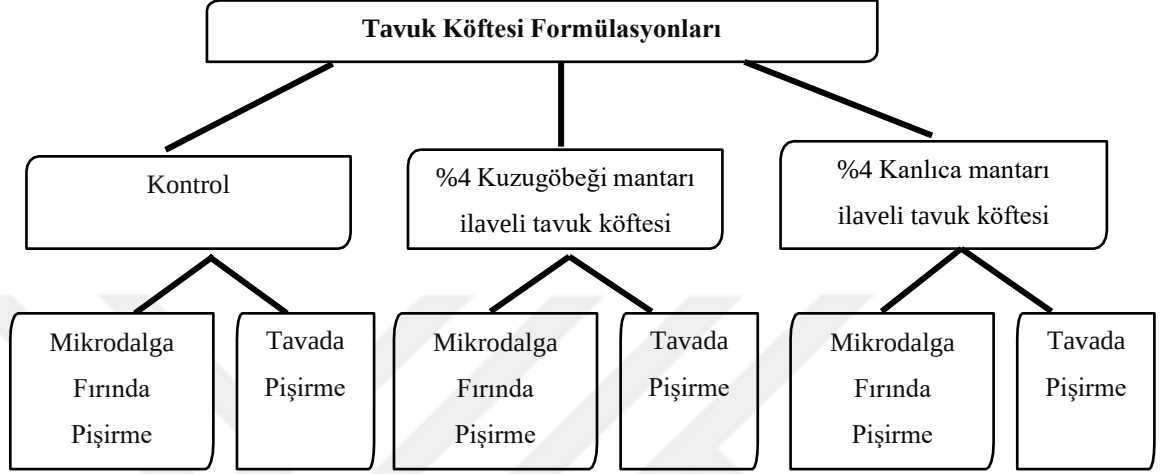
Şekil 3.2. Mantar tozu üretimi

3.3 Tavuk Köftesi Üretimi

Tavuk köftesi üretimi Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Et Pilot Tesisi'nde gerçekleştirilmiştir. Tavuk köftesi üretiminde kullanılan tavuk derisi 30 dakika haşlama işlemine tabi tutulduktan sonra derisiz tavuk but eti ile ayrı ayrı kıyma makinesinin (Arnica Promeat Grande W2000) 3 mm delik çaplı aynasından geçirilmiştir. Kontrol grubu örneklerin formülasyonunda katkı maddesi olarak tuz, karabiber, galeta unu ve soğan tozu kullanılmıştır. Örnek gruplarından birine bu katkılara ek olarak *Morchella esculenta* tozu, diğerine ise *Lactarius deliciosus* tozu %4 oranında tavuk but eti ile yer değiştirilerek eklenmiştir. Tavuk köftelerine ilave edilen mantar tozlarının oranı yapılan ön denemelerle örneklerin lezzet özelliği dikkate alınarak belirlenmiştir. Elde edilen tavuk köftesi hamuru elde yoğurularak yaklaşık 25g ağırlığında olacak şekilde, 5 cm çapında ve 1 cm yüksekliğinde dairesel kalıp ile şekillendirilmiştir. Üretilen tavuk köfteleri mikrodalga fırında 3 dakika 800W (Samsung ME87M) ve teflon tavada orta derece ateşte herbir yüzü 1,5 dakika olmak üzere iki farklı pişirme işlemi uygulanmıştır. Mikrodalga fırın ile pişirme işleminde tavuk köftelerine çevirme işlemi uygulanmamıştır. Örneklerin pişirme süreleri, yapılan ön denemelerle iç sıcaklığı minimum 75°C ve duyu özellikleri kabul edilebilir düzeyde olacak şekilde belirlenmiştir. Tavuk köftelerinin iç sıcaklık ölçümleri, merkez noktasından 0,5 cm derinlikte termokupl (Testo 175-T3) ile belirlenmiştir. Pişirme işlemleri sırasında her örnek sadece kendi grubu ile birlikte pişirilmiştir. Hazırlanan tavuk köftesi örneklerine uygulanan tüm analizler Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

3.4 Deneme Deseni

Tez çalışması kapsamında farklı tavuk köftesi grubu oluşturulmuştur. Üç farklı formülasyona sahip örnek gruplarına iki farklı pişirme işlemi uygulanmıştır. Tavuk köftesi örnek grupları Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Tavuk köftesi örnek grupları

Tavuk köftesi örnek gruplarına ait formülasyonlar Çizelge 3.2'de, tavuk köftesi üretimine ait akım şeması Şekil 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Örnek gruplarına ait tavuk köftesi formülasyonları

Örnek Grupları	Tavuk But Eti (%)	Tavuk Derisi (%)	Tuz (%)	Karabiber (%)	Galeta Unu (%)	Soğan Tozu (%)	Kuzugöbeği Mantarı Tozu (%)	Kanlıca Mantarı Tozu (%)
KM	84	10	1	1	2	2	-	-
KT	84	10	1	1	2	2	-	-
KGM	80	10	1	1	2	2	4	-
KGT	80	10	1	1	2	2	4	-
KMM	80	10	1	1	2	2	-	4
KMT	80	10	1	1	2	2	-	4

KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu

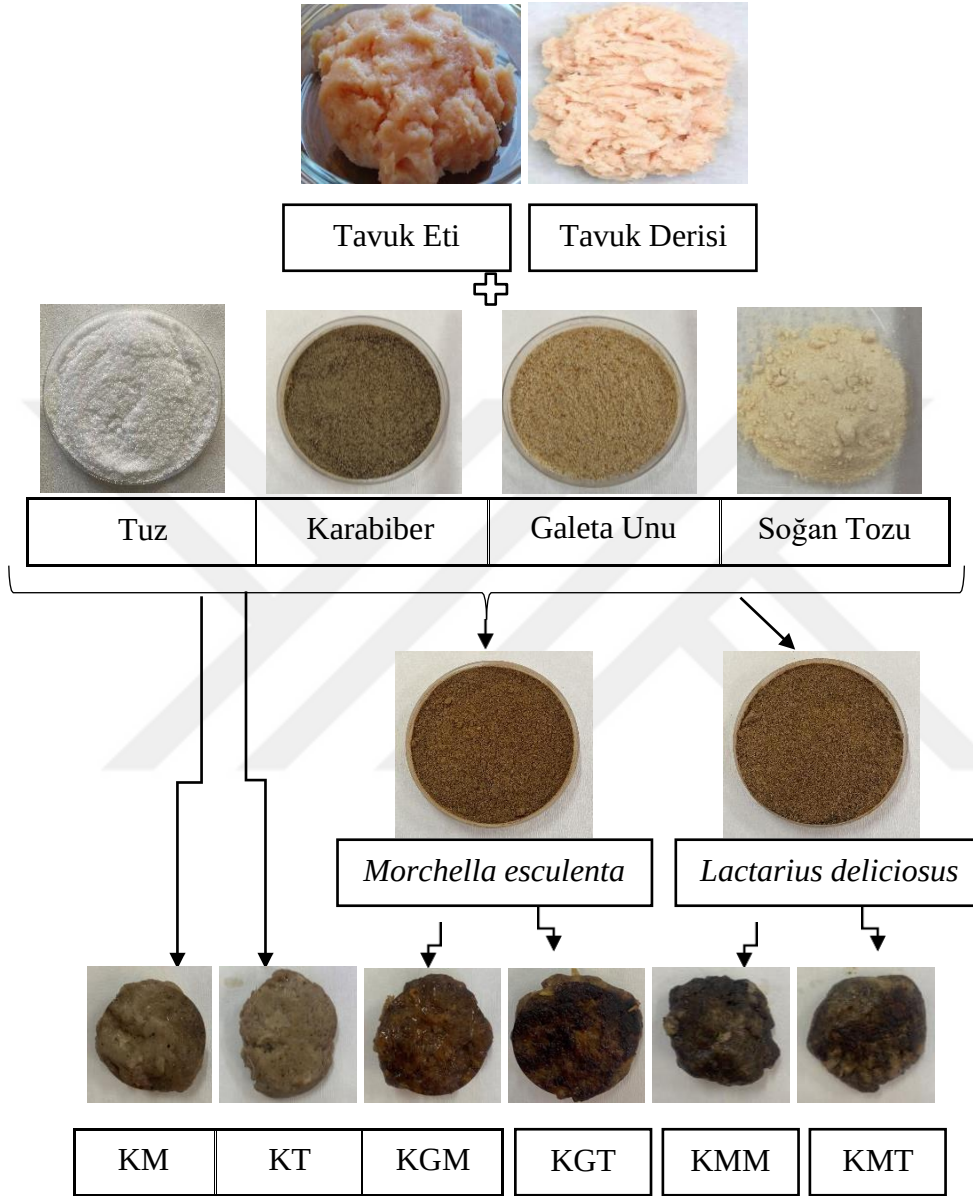
KT: Tavada pişirilen kontrol grubu

KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve %4 kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu

KGT: Tavada pişirilen ve %4 kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu

KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve %4 kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu

KMT: Tavada pişirilen ve %4 kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.



Şekil 3.4. Tavuk köftesi üretimi akım şeması

3.5 Metot

Mantar tozlarında nem analizi, tavuk köftesi örneklerinde kimyasal kompozisyon (nem, yağ, protein, kül), pH, pişme verimi, TBARS, renk ölçümü, doku profili, termal kamera, HCA bileşikler (MeIQx, 4,8-DiMeIQx, IQ, harman,

norharman ve PhIP) miktarının belirlenmesi ve duyuşal değerlendirme analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.5.1 Kimyasal kompozisyon analizi

Taze mantarların nem değerleri AOAC (2000)'e göre, mantar tozlarının nem değerleri ise infrared nem cihazı ile (Shimadzu MOC-63U, Japonya) AOAC (1990)'a göre belirlenmiştir. Tavuk köftesi örneklerinin nem ve kül değerleri AOAC (2000)'e, yağ değerleri Soxhlet ekstraksiyon metodu kullanılarak AOAC (2006)'ya göre, protein değerleri ise Kjeldahl metodu ile Anonymous (1979)'a göre tespit edilmiştir.

3.5.2 pH tayini

Pişirilmiş örneklerden 10 g tartılarak üzerine 100 ml saf su eklenmiş ve ardından Ultra-turrax (Ika T25 Ultra-Turrax, 25000 devir/dk, Almanya) ile parçalanmıştır. Parçalama işlemi sonrası örneklerin pH değeri, pH-metrenin (Inolab, WTW series pH 720, Weilheim, Germany) cam elektrodu (WTW SenTix® 81, Weilheim, Germany) rnek solüsyonuna daldırılarak ölçülmüştür (AOAC, 2006).

3.5.3 Pişme verimi

Örneklerin pişirme öncesi ve sonrası ağırlık farklılıkları hesaplanarak pişme verimi değerleri belirlenmiştir (Murphy et al., 1975).

$$\text{Pişme Verimi(\%)}: \frac{\text{Pişmiş köfte ağırlığı}}{\text{Pişmemiş köfte ağırlığı}} \times 100$$

3.5.4 TBARS analizi

Pişirilmiş örneklerin yağ oksidasyon derecesini belirlemek amacıyla, 2-Tiyobarbitürik asit (TBARS) analizi yapılmıştır (Witte et al., 1970). TBARS analizi, yağ oksidasyonu sonucunda oluşan malonaldehitlerin, 2- tiyobarbitürik asit ile verdikleri rengin 532 nm'de spektrofotometrik olarak (Cary 60, UV-Vis

Spectrophotometer, Agilent Technologies, Malaysia) ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Analizde elde edilen absorbans değerleri 5,2 ile çarpılarak, sonuçlar “mg malonaldehit/kg örnek” olarak verilmiştir.

3.5.5 Renk ölçümü

Piştirilmiş örneklerin renk ölçümleri "HunterLab Colorflex CFLX 45–2 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, VA" cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçüm cihazının, beyaz ve siyah standart levhalar ile kalibre edilmesinin ardından (CIE L^* , a^* , b^*) örneklerin renk ölçümleri yapılmıştır (Kramer and Twigg, 1984). Bu değerlerden L^* aydınlık değerini (0'dan 100'e), a^* yeşillik/kırmızılık değerini (-60' dan +60'a), b^* ise mavilik/sarıklık değerini (-60' dan +60'a) ifade etmektedir. Her örnek için sekiz ölçüm yapılmıştır ve her örnek grubundan 3 örnek analiz edilmiştir.

3.5.6 Doku profili analizi

Piştirilmiş örneklerin doku profili analizi TA-XT Plus (Stable Microsystems, Surrey, UK) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Her örnek grubunun merkezinden 1x1x1 cm³'lük örnek alınmıştır. Ölçümlerde 20 mm çaplı silindirik piston kullanılmış ve örnekler 5 kg yük uygulanmıştır. Test öncesi hız 1 mm/s, test hızı 5 mm/s ve test sonrası hız 5 mm/s olarak ayarlanmıştır. Ölçümler sonucunda örneklerin sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet özellikleri saptanmıştır. Her bir örnek grubundan 10 ölçüm alınmıştır.

3.5.7 Termal kamera ile görüntüleme

Piştirme işlemi sonrası köfte yüzeyindeki sıcaklık dağılımını belirlemek amacıyla Testo 868 termal kamera kullanılarak görüntüleme analizi yapılmıştır. Görüntüleme, piştirme süresini takip eden 10 saniye içerisinde gerçekleştirilmiştir. Termal kamera görüntüleri cihaza ait görüntü işleme paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Maksimum, minimum, ortalama sıcaklık değerleri belirlenmiş ve sıcaklık dağılımı grafikleri değerlendirilmiştir.

3.5.8 HCA analizi

Köfte örneklerinde, heterosiklik aromatik amin bileşenlerinden IQ, MeIQx, 4,8- DiMeIQx, norharman, harman ve PhIP olmak üzere 6 bileşiğin miktarı tespit edilmiştir. Ozdestan et al. (2014) tarafından geliştirilen metoda göre HCA analizinin basamakları (bileşenlerin ekstraksiyonu, saflaştırılması ve ölçümü) gerçekleştirilmiştir.

HCA içeriğinin belirlenmesinde IQ (2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline), MeIQx (2-amino-3,8-dimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline), 4,8DiMeIQx (2-amino-3,4,8-trimethylimidazo[4,5-f]quinoxaline), harman (1-methyl-9H-pyrido[3,4-b]indole), PhIP (2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine) standartları için Toronto Research Chemicals (Canada); norharman (9H-pyrido[3,4-b]indole) standardı için Sigma (Switzerland) markası kullanılmıştır. HCA bileşiklerinin analizinde kullanılan metanol ve asetonitril sıvı kromatografisine uygun saflıkta Carlo Erba (Milano, İtalya); asetik asit, amonyak (%25), hidroklorik asit (%37), amonyum asetat ise sıvı kromatografisine uygun saflıkta Merck (Darmstadt, Almanya) marka kullanılmıştır.

3.5.8.1 HCA standartlarının hazırlanması

HCA bileşiklerinin hazırlanmasının ilk aşamasında, her bir HCA bileşiğine ait stok çözelti oluşturulmuştur. HCA bileşiklerinin standartları, metanolde çözündürülmüş ve 100 mg/L stok çözeltiler hazırlanmıştır. Stok çözeltilerin hazırlanmasının ardından, her bir standart için 0,1 mg/L, 0,2 mg/L, 0,5 mg/L, 1 mg/L ve 5 mg/L konsantrasyonlarda standart çözeltiler hazırlanmış ve standart kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur.

3.5.8.2 Tavuk köfte örneklerinden HCA bileşiklerinin ekstraksiyonu

Tavuk köfte örnekleri 4'er g tartılmış ve 25 ml 0,2 M HCl ile Ultraturrax'da (IKA T25 Ultraturrax, 25000 devir/dk, Almanya) homojenize edildikten sonra 250 ml'lik erlenlere aktarılmıştır. Erlene alınan homojenize edilmiş örnekler 1 saat süresince 100 rpm çalkalama cihazında (Wisebath-Digital Shaking Water Bath) çalkalanmıştır. Bir saat sonunda örneklere 1 ml Carrez I ilave edilip 2

1 dakika çalkalanmış, ardından 1 ml Carrez II ilave edilip 2 dakika daha çalkalanmıştır. Elde edilen karışım Whatman No:40 filtre kağıdından süzölmüştür ve eşit bir şekilde iki kısma ayrılmıştır. Safsızlıklardan arınması amacıyla kullanılan Bond Elute C18 SPE ve OASIS MCX katı faz ekstraksiyon kartuşları 2 ml 0,1 M HCl ile şartlandırılmıştır. Eşit miktarda ayrılan süzöntüler Bond Elute C18 SPE kartuştan geçirilmiştir. Sonrasında Bond Elute C18 SPE kartuştan geçirilen çözelti, OASIS MCX katı faz ekstraksiyon kartuşundan geçirilmiştir. OASIS MCX kartuşunda tutulan HCA bileşikler 2 ml 0,1 M HCl ve ardından 2 ml metanol ile yıkanmıştır. Kartuşta kalan çözelti basınçlı hava ile uzaklaştırılmıştır. Kartuşta tutulmuş olan HCA bileşikler, hazırlanan 3 ml metanol/NH₃ (%25) (19:1, v/v) çözeltisi ile tüplere aktarılmıştır. Tüplerdeki çözgen, azot gazı ile uçurulmuştur. Elde edilen kalıntı 0,5 ml metanol ile çözöndürölmüştür ve 0,45 µm'lik filtreden geçirildikten sonra viallere alınarak HPLC cihazına enjeksiyonu yapılmıştır.

3.5.8.3 Kromatografik koşullar

HCA bileşiklerinden IQ, MeIQx ve 4,8DiMeIQx bileşiklerinin tespiti DAD dedektörü (Agilent Serial No: DEAC12736) ve Agilent marka kolon (Poroshell 120 EC-C₁₈ 4.6 x 150 mm, 4 µm) kullanılarak HPLC (Agilent 1260 Infinity II) cihazında gerçekleştirilmiştir. IQ bileşiğı için 254 nm dalga boyunda, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşikler için ise 263 nm dalga boyunda çalışılmıştır. Hareketli faz olarak A hattında %25 lik NH₃, pH'sı 5,0'e ayarlanmış metanol/asetonitril/ultra saf su/asetik asit (8/14/76/2, v/v/v/v) çözeltisi, B hattında ise asetonitril kullanılmıştır. Enjeksiyon miktarı 20 µl olarak ayarlanmışır. Kullanılan dereceli elüsyon programı Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. DAD dedektörüne ait dereceli elüsyon programı

Zaman	A Solventi (%)	B Solventi (%)	Akış Hızı (ml/dk)
0	100	0	0,3
12	100	0	0,3
20	70	30	0,3

29	70	30	0,3
34	0	100	0,3
35	0	100	1
44	0	100	1
49	100	0	0,3
55	100	0	0,3

PhIP, norharman ve harman bileşiklerinin tespiti ise floresans dedektörü (Agilent Serial No: DE90959461) ve Agilent marka kolon (Poroshell 120 EC-C₁₈ 4.6 x 150 mm, 4 µm) kullanılarak HPLC (Agilent 1260 Infinity II) cihazında gerçekleştirilmiştir. Uyarma dalga boyu 340 nm ve emisyon dalga boyu ise 370 nm olarak seçilmiştir. PhIP, norharman ve harman bileşiklerinin analizinde hareketli faz olarak A hattında 0,5 M amonyum asetat, B hattında ise metanol kullanılmıştır. Enjeksiyon miktarı 15 µl olarak ayarlanmıştır. Kullanılan dereceli elüsyon programı Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. FLD dedektörüne ait dereceli elüsyon programı

Zaman	A Solventi (%)	B Solventi (%)	Akış Hızı (ml/dk)
0	90	10	0,5
10	75	25	0,5
15	50	50	0,5
20	25	75	0,5
22	0	100	0,5
25	90	10	0,5

30	90	10	0,5
----	----	----	-----

3.5.8.4 Geri kazanım, LOD ve LOQ değerlerinin hesaplanması

Geri kazanım değerinin tespiti için konsantrasyonu bilinen standart HCA çözeltileri kullanılarak, örneklere standart ekleme yöntemi uygulanmıştır. Her bir HCA bileşiğinin geri kazanım oranı % olarak hesaplanmıştır (Gibis, 2009). 10 adet blank (boş) enjeksiyon yapılarak cihazın Sinyal/Gürültü oranı saptanmıştır (Ozdestan et al., 2014). Tespit edilen Sinyal/Gürültü oranının 3 katını verecek şekilde tespit limiti (LOD) ve 10 katını verecek şekilde tayin limiti (LOQ) değerleri hesaplanmıştır.

3.5.9 Duyusal değerlendirme

Tavuk köftesi örneklerinin duyusal değerlendirme analizi, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü duyusal değerlendirme laboratuvarında ayrı bölmelerde, personel ve öğrencilerden oluşan yaş aralığı 20 ile 40 arasında olan en az 10 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmeler, Uluslararası Standardizasyon Örgütü'ne uygun olarak duyusal değerlendirme odasında, ayrı bölmelerde gerçekleştirilmiştir (ISO, 2007). Panelistler köfte örneklerini görünüm, renk, doku, lezzet ve genel kabul özellikleri bakımından hedonik test ile değerlendirmişlerdir. Uygulanan hedonik skalada 1'den 9'a kadar puanlar (9: çok fazla beğendim, 1: hiç beğenmedim) kullanılmıştır. Panelistlere verilen hedonik test formu ile formda belirtilen puanların karşılıkları Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Duyusal değerlendirme formu

Panelist Adı- Soyadı:			Tarih:		
Lütfen aşağıdaki ifadeler içerisinde size sunulan ürün hakkında hissettiğiniz yanıtı işaretleyiniz. Teşekkürler.					
ÖRNEK KODU	GÖRÜNÜM	RENK	DOKU	LEZZET	GENEL KABUL

9 Puan	Çok fazla beğendim
8 Puan	Çok beğendim
7 Puan	Orta derecede beğendim
6 Puan	Az beğendim
5 Puan	Ne beğendim ne beğenmedim
4 Puan	Biraz beğenmedim
3 Puan	Orta derecede beğenmedim
2 Puan	Çok beğenmedim
1 Puan	Hiç beğenmedim

3.5.10 İstatistiksel değerlendirme

Çalışmada kimyasal kompozisyon, pH, pişme verimi, TBARS, renk, doku ve duyusal değerlendirme analizleri 2x3 faktöriyel düzende iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Mantar türleri (kuzugöbeği mantarı, kanlıca mantarı) ve pişirme yöntemi (tava, mikrodalga fırın) faktör olarak seçilmiştir. Bağımsız değişkenlerin (mantar türü ve pişirme yöntemi), bağımlı değişkenler (pH, pişme verimi, TBARS, renk) üzerine olan esas etkileri ile ikili ve üçlü interaksyonları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler SPSS 22 paket programı kullanılarak faktöriyel düzende varyans analizi (Univariate ANOVA) tekniği ile analiz edilmiştir. Örnek grupları arasındaki farklılıklar ise tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma metodları ile $P \leq 0,05$ önem seviyesinde tespit edilmiştir (SPSS, 2011).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mantarda Yapılan Analizler

Taze mantarların nem içeriklerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık belirlenmiştir. Taze kuzugöbeği mantarının nem değeri, taze kanlıca mantarının nem değerinden önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). Kuzugöbeği mantarının nem değeri %83,48, Kanlıca mantarlarının nem değeri ise %81,96 olarak tespit edilmiştir. Farklı araştırmacılar kanlıca mantarının nem değerini %92,0 (Xu et al., 2019) ve %92,4 (Kayataş Ogun, 2022), kuzugöbeği mantarının nem değerini ise %90,2 (García-Pascual et al., 2006) ve %90,79 (Heleno et al., 2013) olarak saptamışlardır.

4.2 Üründe Yapılan Analizler

4.2.1 Kimyasal kompozisyon

Tavuk köftesi örneklerine ait kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Tavuk köftesi örneklerine ait kimyasal kompozisyon değerleri

Örnek Grupları	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
KM	58,29±0,45 ^{bc}	15,74±0,11 ^d	22,69±0,73 ^c	2,56±0,07 ^a
KT	63,19±0,32 ^d	14,42±0,16 ^c	20,04±0,67 ^a	2,59±0,26 ^a
KGM	55,92±0,22 ^a	15,67±0,20 ^d	22,31±0,51 ^c	3,55±0,06 ^b
KGT	59,43±0,44 ^c	11,49±0,16 ^a	19,54±0,21 ^a	3,63±0,05 ^b
KMM	55,89±0,74 ^a	15,63±0,18 ^d	21,88±0,54 ^{bc}	3,30±0,16 ^b
KMT	57,94±0,49 ^b	13,28±0,15 ^b	20,34±0,38 ^{ab}	3,23±0,07 ^b

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-d}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu,

KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Tavuk köftesi örneklerinin kimyasal kompozisyonunu belirlemek amacıyla nem, yağ, protein, kül değerleri tespit edilmiştir. Örneklerin nem içeriğinin %55,89-63,19, yağ içeriğinin %11,49-15,74, protein içeriğinin %19,54-22,69 ve kül içeriğinin %2,56-3,63 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır.

Kuzugöbeği ve kanlıca mantarı tozu ilave edilen örnek gruplarının nem değerlerinin aynı pişirme işlemi uygulanan kontrol gruplarına kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Köfte formülasyonlarındaki etin bir kısmının mantar tozu ile yer değiştirmesi örneklerin nem değerinde önemli düzeyde bir azalmaya neden olmuştur ($P<0,05$). Yapılan çalışmalarda, benzer şekilde, sığır etinden üretilmiş köfte üretiminde *Oyster* mantar unu (El-Refai et al., 2014), domuz etinden üretilmiş sosis üretiminde *Agaricus blazei* mantar unu (Stefanello et al., 2015) ve tuzu azaltılmış sosis üretiminde *Pleurotus ostreatus* mantar unu (Boylu, 2018) kullanımının, örneklerin nem içeriğini azalttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte *Pleurotus sajor-kaju* mantarının tavuk sosisi (Wan Rosli et al., 2015), *Flammulina velutipes* mantarununun keçi nugget (Banerje et al., 2020) ve *Agaricus bisporus* mantarının kıyma döner üretiminde (Durmuş, 2021) kullanımının örneklerin nem değerlerinde önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı saptanmıştır. Benzer şekilde Cerón- Guevare et al. (2019) tarafından yapılan çalışmada sığır köftelerine *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* mantarlarının eklenmesiyle köfte örneklerinin nem değerlerinde önemli düzeyde bir değişim olmadığı belirlenmiştir. Pişirilmiş sığır kıyması örneklerine *Agaricus bisporus* unu eklenmesinin ise örneklerin nem değerlerini arttırdığı bildirilmiştir (Alnoumani et al., 2017).

Mantar türlerinin tavuk köftesi örneklerinin nem değerleri üzerine gösterdiği etki, uygulanan pişirme yöntemine göre farklılık göstermiştir. Kuzugöbeği mantar tozu ilave edilen ve tavada pişirilen örneklerin nem değerlerinin, kanlıca mantar tozu ilave edilen ve tavada pişirilen örneklerin nem değerlerine kıyasla önemli düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte mikrodalga fırında pişirme uygulanan ve farklı mantar türleri kullanılan örneklerin nem değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$).

Piştirme yöntemleri karşılaştırıldığında, tavada piştirilen örnek gruplarının nem değerleri, mikrodalga fırında piştirilen örnek gruplarına kıyasla önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). En düşük nem içeriğine sahip örnek grubu KGM ve KMM, en yüksek nem içeriğine sahip örnek grubu ise KT olarak belirlenmiştir ($P<0,05$).

Örneklerin yağ değerleri üzerine mantar tozu ilavesinin etkisi, uygulanan piştirme yöntemine göre farklılık göstermiştir. Tavada piştirilen örnekler incelendiğinde, her iki türde mantar tozu ilave edilen örnek gruplarının yağ değerlerinin, kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Mantar tozu ilave edilen ve mikrodalga fırında piştirilen örnek gruplarının yağ değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). En düşük yağ içeriğine sahip örnek grubu KGT, en yüksek yağ içeriğine sahip örnek grupları ise mikrodalga fırında piştirilen KM, KGM ve KMM olarak belirlenmiştir ($P<0,05$).

Piştirme yöntemlerinin örneklerin yağ değerleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde, mikrodalga fırında piştirilen örnek gruplarının yağ değerleri tavada piştirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek belirlenmiştir ($P<0,05$). Isı, tavada piştirme gibi geleneksel ısıtma yöntemlerinde gıdanın yüzeyinden merkez noktasına doğru iletilmektedir. Bu yöntemler ile kıyaslandığı zaman, mikrodalga fırın ile ısıtma sırasında ısı, gıdanın içerisinde üretildiği için ısıtma hızı yüksektir ve işlem süresi kısadır. Bu nedenle mikrodalga ile işlem gören gıdalarda vitamin ve mineral kayıplarının daha az olduğu belirtilmiştir (Konak ve ark., 2009). Karabacak ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, mikrodalga fırın ile kurutma yöntemi kullanılarak kurutulan meyve ve sebzelerin geleneksel yöntemlere kıyasla gıdaların besin değerini daha iyi koruduğu bildirilmiştir. Ayrıca farklı araştırmacılar tarafından mikrodalga fırında piştirme yöntemi ile gıdaların besin değerinin daha iyi korumasından dolayı geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Başkaya Sezer ve Demirdöven, 2015).

Mantar tozu ilave edilen örnek grupları ile aynı piştirme yöntemi uygulanan kontrol örnek gruplarının protein değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel

olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Bu sonuç, et yerine formülasyona eklenen mantar tozlarının yüksek protein içeriğine sahip olması nedeniyledir. Yapılan çalışmalarla tavuk etinin protein değeri $18,59\pm0,25$ g/100g (Karataş, 2022), kanlıca mantarının protein değeri $17,19\pm0,06$ g/100g kuru madde (Xu et al., 2019), kuzugöbeği mantarının protein değeri ise $11,52\pm0,89$ g/100g kuru madde (Wahid et al., 1988; García Pascual et al., 2006; Heleno et al., 2013) olarak belirlenmiştir.

Bununla birlikte literatürde, farklı mantar katkılarının et ürünlerinde kullanımının protein içeriğinde azalmaya (Wan Rosli et al., 2015; Akesowan, 2016; Özünlü and Ergezer, 2020; Durmuş, 2021) ve artışa (El-Refai et al., 2014; Stefanello et al., 2015; Akesowan, 2016; Boylu, 2018) neden olduğunu bildiren çalışmalar yer almaktadır. Çalışmalardan elde edilen farklı protein değerleri, mantar türlerinin farklı miktarda protein içermesi ve formülasyonda kullanım oranının farklı olması ile ilişkilendirilmiştir. Kuzugöbeği mantarının protein değeri $11,52\pm0,89$ g/100g kuru madde (Wahid et al., 1988; García Pascual et al., 2006; Heleno et al., 2013), kanlıca mantarının protein değeri $17,19\pm0,06$ g/100g kuru madde (Xu et al., 2019) tespit edilmiştir.

Farklı pişirme yöntemleri, kanlıca mantarı eklenen örneklerin protein değerleri arasında önemli düzeyde bir farklılığa neden olmamıştır ($P>0,05$). Bununla birlikte mikrodalga fırında pişirilen kontrol ve kuzugöbeği mantarı ilaveli örnek gruplarının protein değerleri, tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Mantar tozu ilave edilen örnek gruplarının kül değerleri, kontrol grubu örneklerine kıyasla önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen sonuçlar, kurutulmuş formda formülasyona ilave edilen mineral madde bakımından zengin mantar tozlarının tavuk eti ile yer değiştirmesi ile ilişkilendirilmiştir. Kuzugöbeği mantarının mineral içeriği Ca 2760 ± 190 mg/kg kuru madde, Fe $64,9\pm7,2$ mg/kg kuru madde, Cu $24,7\pm1$ mg/kg kuru madde, K $33,7\pm1,4$ g/kg kuru madde, P $14,6\pm0,5$ g/kg kuru madde, Mg $1,53\pm0,09$ g/kg kuru madde; kanlıca mantarının mineral içeriği ise Ca 430 ± 10 mg/kg kuru madde, Fe 1190 ± 22 mg/kg kuru madde, K $25,4\pm0,2$ g/kg kuru madde, P

5,07±0,1 g/kg kuru madde, Mg 1,19±0,02 g/kg kuru madde olarak tespit edilmiştir (Haro et al., 2020). Tavuk but etinin bazı mineral madde miktarlarının Fe 0.68 mg/100g, P 185 mg/100g, Ca 11 mg/100g, Mg 21 mg/100g, K 274 mg/100g olduğu bildirilmiştir (TURKOMP, 2021).

Benzer olarak dana köfte örneklerinde *Oyster* mantar unu (El-Refai et al., 2014) ve tuzu azaltılmış sosis örneklerinde *Pleurotus ostreatus* mantarunun (Boylu, 2018) artan oranı ile kül içeriğinde artış saptanmıştır.

Farklı türde mantar kullanılan tavuk köftesi örnekleri arasında kül değerleri bakımından önemli düzeyde farklılık gözlenmemiştir ($P>0,05$). Mikrodalga fırında pişirme ve tavada pişirme yöntemleri örneklerin kül değerleri üzerinde önemli düzeyde bir farklılığa neden olmamıştır ($P>0,05$).

4.2.2 pH

Köfte örneklerinin pH değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Örneklerin pH değerleri 5,49-6,36 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.2. Tavuk köftesi örneklerine ait pH değerleri

Örnek Grupları	pH
KM	5,49±0,14 ^a
KT	5,61±0,09 ^{ab}
KGM	5,78±0,02 ^b
KGT	6,10±0,00 ^c
KMM	5,83±0,14 ^b
KMT	6,36±0,00 ^c

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-c}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Mantar tozu ilave edilen örnek gruplarının pH değerleri aynı pişirme işlemi uygulanan kontrol örnek gruplarına kıyasla önemli düzeyde yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bazı araştırmacılar domuz sosis üretiminde *Agaricus blazei* unu (Stefanello et al., 2015), frankfurter sosis üretiminde *Lentinus edodes* unu (Pil-Nam et al., 2015), sosis üretiminde *Pleurotus ostreatus* unu (Boylu, 2018), köfte üretiminde *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* (Cerón-Guevara et al., 2019) ve döner üretiminde *Agaricus bisporus* (Durmuş, 2021) mantarının örneklerin pH değerlerinde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte farklı araştırmacılar; frankfurter tipi sosis üretiminde *Boletus edulis* mantarı (Novakovic et al., 2020) ve köfte üretiminde *Volvariella volvacea*, *Hypsizygus marmoreus*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* mantarlarının (Qing et al., 2021) örneklerin pH değerlerinde önemli düzeyde bir değişime neden olmadığını rapor etmişlerdir. KM örneğinin pH değeri KT ile benzer bulunmakla birlikte ($P>0,05$) diğer tüm örneklerin pH değerlerinden daha düşük belirlenmiştir ($P<0,05$). En yüksek pH değeri KGT ve KMT örnek gruplarında saptanmıştır ($P<0,05$).

Farklı mantar türleri ilave edilen örnek grupları karşılaştırıldığında ise pH değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).

Farklı pişirme yöntemleri, kontrol grubu örneklerinin pH değerlerinde önemli düzeyde bir farklılığa neden olmazken ($P>0,05$), mantar tozu ilave edilen örnek gruplarından tavada pişirilen örneklerin pH değerleri, mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarından önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). Benzer şekilde farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, fırında, ızgara ve mikrodalga) hamburger köftelerinin kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada en düşük pH değeri mikrodalga fırında pişirilen örnek grubunda tespit edilmiştir (Şimşek, 2020).

Utama et al. (2018) tarafından et proteinlerinin termal denatürasyonu ve lipid oksidasyonunun artışı ile et pH'sının arttığı ileri sürülmüştür. Mikrodalga fırında pişirme yöntemi ile et ve et ürünlerinin sıcak yüzeye direkt temas etmemesi sonucunda termal denatürasyonun daha düşük düzeyde gerçekleşmesi,

mikrodalga fırında pişirme yönteminde daha kısa işlem süresi olması, mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarının pH değerlerinin tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla daha düşük olmasına neden olmuştur.

4.2.3 Pişme verimi

Köfte örneklerinin pişme verimi değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Örneklerin pişme verimi değerleri %79,72-92,07 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.3. Tavuk köftesi örneklerine ait pişme verimi değerleri

Örnek Grupları	Pişme Verimi
KM	80,34±0,53 ^a
KT	88,38±0,10 ^b
KGM	83,65±0,83 ^a
KGT	90,18±0,06 ^b
KMM	79,72±0,77 ^a
KMT	92,07±0,35 ^b

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-b}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Mantar tozu ilavesinin örneklerin pişme verimi değerleri üzerine önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Benzer şekilde, tavuk köftesi üretiminde *Pleuratus sajor-caju* mantarı (Wan Rosli et al., 2011) ve döner üretiminde *Agaricus bisporus* (Durmuş, 2021) mantarının örneklerin pişme verimi değerlerinde önemli bir farklılık oluşturmadığı belirtilmiştir.

Yapılan başka çalışmalarda, domuz köfte üretiminde *Tremella fuciformis* (Cha et al., 2013), dana köfte üretiminde *Pleurotus ostreatus* (ElRefai et al., 2014), sığır köfte üretiminde *Agaricus bisporus*- *Pleurotus ostreatus* (Cerón-Guevera et al., 2019) keçi nugget üretiminde *Flammulina velutipes* (Banerjee et

al., 2020) ve sosis üretiminde *Pleurotus ostreatus* (Jung et al., 2022) mantarı eklenmesi ile örneklerin pişme verimi değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir. Farklı türde mantar tozu ilave edilen örnek grupları arasında pişme verimi değerleri açısından önemli bir farklılık saptanmamıştır ($P>0,05$).

Farklı pişirme yöntemleri değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte tavada pişirilen örneklerin pişme verimi değerlerinin, mantar kullanımı ile arttığı saptanmıştır ($P>0,05$). Mikrodalga fırın ile pişirilen örnek gruplarının pişme verimi değerleri, tavada pişirilen örnek gruplarından istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşük tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu sonuç örneklerin nem değerleri ile uyumludur. Mikrodalga fırın ile pişirilen örneklerin pH değerlerinin, tavada pişirilen örneklerin pH değerlerinden daha düşük olması nedeniyle bu örneklerin su tutma kapasitelerinin daha düşük olması ile bu durum ilişkili olabilir. Benzer şekilde Yarmand et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, deve eti farklı pişirme yöntemleri ile (kavurma, kendi suyuyla kısık ateşte pişirme, mikrodalgada pişirme) pişirilmiştir ve mikrodalga fırın ile pişirilen örneklerin pişme verimi değerlerinin geleneksel yöntemler ile pişirilen örnek gruplarından daha düşük olduğu saptanmıştır. Rai et al. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, mikrodalga fırın ile pişirilen köfte örneklerinin pişme verimi değerlerinin tavada pişirilen köfte örneklerine kıyasla daha düşük olduğu bildirilmiştir. Hamburger köftelerinin farklı pişirme yöntemleri ile (haşlama, fırın, ızgara ve mikrodalga), farklı merkez sıcaklığına kadar (72°C ve 78°C) pişirilmesi sonucunda, en düşük pişme verimi değeri her iki merkez sıcaklığında da mikrodalga fırın ile pişirilen örnek gruplarında saptanmıştır (Şimşek, 2020). Arguelo et al. (2016), konvensiyonel pişirme yöntemlerinde pişirme işleminin dış yüzeyden ürünün içerisine doğru olduğunu bu nedenle etin iç yüzey sıcaklığının daha yavaş yükseldiğini ve et yüzeyindeki proteinlerin denatüre olması sonucunda oluşan tabaka sayesinde daha yüksek pişme verimi değerlerinin elde edildiğini, mikrodalga fırında pişirme yönteminde ise elektromanyetik dalgaların homojen bir şekilde et içerisine transfer edildiği ve sıcaklığın içeriden dışarıya doğru iletilmesinden kaynaklı pişme veriminin daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir (Arguelo et al., 2016). Mikrodalga fırın ile pişirilen örnek gruplarının pişme verimi değerlerinin tavada pişirilen örnek gruplarında daha düşük olması, tavada pişirme yöntemi ile köfte örneklerinin dış yüzeyinde pretein denatürasyonuna

bağlı olarak gelişen sertleşme sayesinde nem uzaklaşmasının azalması ile açıklanabilmektedir.

4.2.4 TBARS

Köfte örneklerinin TBARS değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Örneklerin TBARS değerleri 0,15-0,39 arasında değişim göstermiştir. Mantar tozu ilavesinin ve farklı pişirme yöntemlerinin TBARS değerlerini önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Tavuk köftesi örneklerine ait TBARS değerleri

Örnek Grupları	TBARS (mg malonaldehit/kg)
KM	0,32±0,01 ^e
KT	0,39±0,01 ^f
KGM	0,24±0,00 ^c
KGT	0,29±0,00 ^d
KMM	0,15±0,01 ^a
KMT	0,18±0,01 ^b

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-f}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

En düşük TBARS değeri KMM örnek grubunda, en yüksek TBARS değeri ise KT örnek grubunda tespit edilmiştir ($P<0,05$). Mantar eklenen örneklerin TBARS değerleri kontrol örneğine kıyasla daha düşük tespit edilmiştir. Kuzu göbeği ve kanlıca mantarlarının unları tavuk köftelerinde lipid oksidasyonunu azaltıcı etki göstermiştir. Elde edilen sonuçlar; sığır etinde *Flammulina velutipes* mantarı (Bao et al., 2008), domuz sosis üretiminde *Agaricus blazei* unu (Stefanello et al., 2015), frankfurter tipi sosis üretiminde *Lentinus edodes* unu (Pil-Nam et al., 2015), tavuk nugget üretiminde *Lentinus edodes* unu (Akesowan, 2016), sığır köfte üretiminde gama ışınlanmış *Agaricus ostreatus* ekstraktı

(Abdeldaiem et al., 2016), fermente et ürünü üretiminde *Lentinula edodes* mantarı (Ba et al., 2017), sığır kıymalarında *Agaricus bisporus* (Alnoumani et al., 2017), tavuk sosis üretiminde *Flammulina velutipes* mantarı (Jo et al., 2018), sosis üretiminde *Pleurotus ostreatus* (Boylu, 2018), köfte üretiminde *Agaricus bisporus* mantarı (Ceron-Guevera et al., 2019), salam üretiminde *Pleurotus ostreatus* mantarı (Özünlü and Ergezer, 2020), döner üretiminde *Agaricus bisporus* (Durmuş, 2021), balık burger üretiminde *Agaricus bisporus* (Patinho et al., 2021) ve sosis üretiminde *Pleurotus ostreatus* (Jung et al., 2022) kullanılan örneklerin TBARS değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla daha düşük saptandığı ve ürünlerin raf ömrünü uzattığı bildirilen çalışmalarla uyum göstermektedir. Bu durum, mantarların güçlü antioksidan aktiviteleri sayesinde örnekleri lipid oksidasyonuna karşı koruduğunu ortaya koymaktadır.

Gençcelep (2012) ise, sığır etinin %0,5, %1 ve %2'si oranında *Agaricus bisporus* ununun geleneksel Türk sucuğu üretiminde kullanımının örneklerin TBARS değerlerini önemli düzeyde etkilemediği ($P>0,05$), ancak mantar ununun nitritle kombine edilmesi ile önemli düzeyde düşüş sağlandığını bildirmiştir. Örneklerin oksidasyon değerlerinde önemli düzeyde bir değişim olmaması, formülasyonda kullanılan mantar unu oranının diğer çalışmalara göre daha düşük olması ile ilişkilendirilmiştir.

Mantar türleri karşılaştırıldığında ise her iki pişirme yönteminde de kanlıca mantarı tozunun oksidasyonu engelleme üzerine önemli düzeyde daha etkili olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Kanlıca mantarında, pirogallon, gallik asit, p-hidroksi benzoik asit, kateşin, trans sinnapik asit, benzoik asit, resveratrol, kafeik asit, kumarik asit, trans sinnamik asit, vanilik asit, β -karoten, likopen, askorbik asitin bulunduğu ve toplam fenolik madde miktarının 5.338 mg GAE /g kuru ekstrakt olduğu tespit edilmiştir (Kır, 2018). Kuzugöbeği mantarının toplam fenolik madde miktarı ise 2,26 mg GAE /g kuru ekstrakt olarak belirlenmiştir (Çolak, 2019). Tez çalışması kapsamında elde edilen TBARS değerleri incelendiğinde, yüksek miktarda fenolik madde içeriğine sahip olan kanlıca mantarının lipid oksidasyonunu engellemede kuzugöbeği mantarına kıyasla daha etkili olduğu ve sonuçların fenolik madde miktarları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Farklı pişirme yöntemleri karşılaştırıldığında tavada pişirilen örnek gruplarının oksidasyon derecesi, mikrodalga ile pişirilen örnek gruplarından istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte hamburger köftesi örneklerinde farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, fırında kızartma, ızgara ve mikrodalga) ve farklı merkez sıcaklıklarının (72°C ve 78°C) araştırıldığı bir çalışmada; en düşük TBARS değerlerinin mikrodalga ile pişirilen örneklerde, en yüksek TBARS değerlerinin ise fırında ve ızgarada pişirilen örneklerde saptandığı bildirilmiştir (Şimşek, 2020). Pişirme işlemi sırasında yüksek sıcaklık uygulaması etin oksidasyon derecesinin artmasına neden olmaktadır (Broncano et al., 2009). Mikrodalga fırında pişirme yöntemi fırında, ızgarada ve tavada pişirme yöntemlerine kıyasla gıdanın sıcak yüzey veya hava ile direkt temas etmeden daha kısa sürede güvenli sıcaklığa ulaşmasını sağlamaktadır ve bu sayede daha düşük oksidasyon değerleri elde edilmektedir.

4.2.5 Renk

Günümüzde en çok kullanılan ve temel alınan renk sistemi CIE LAB sistemidir (Sharma, 2018).

Bu değerler sistemin koordinatları olup şu anlamları taşımaktadır;

L^* =renğin aydınlığı,

a^* =renğin kırmızı/yeşil eksenindeki konumu,

b^* = renğin sarı/mavi eksenindeki konumu (Kısa, 2019).

Elde edilen değerler, renkler hakkında değerlendirme yapmamızı sağlamaktadır. Mantar tozu ilaveli tavuk köftesi örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Tavuk köftesi örneklerine ait renk değerleri

Örnek Grupları	L^*	a^*	b^*
KM	47,17±0,34 ^e	3,40±0,06 ^a	17,00±0,16 ^e
KT	39,63±0,99 ^d	3,95±0,04 ^b	18,95±0,25 ^f
KGM	32,12±0,38 ^c	7,08±0,05 ^e	16,14±0,24 ^d
KGT	29,54±0,25 ^b	8,09±0,14 ^f	15,12±0,30 ^c
KMM	29,05±0,30 ^b	4,68±0,05 ^c	11,34±0,14 ^b
KMT	25,27±0,26 ^a	5,40±0,10 ^d	8,88±0,11 ^a

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-f}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Örneklerin L^* değerleri 25,27-47,17 arasında değişim göstermiştir. En düşük L^* değeri KMT örnek grubunda, en yüksek L^* değeri KM örnek grubunda gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, mantar tozu ilavesi ile örneklerin L^* değerlerinin önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu durum, formülasyonda kullanılan mantarların kendine özgü koyu rengi ve kurutulması ile renkte koyulaşma meydana gelmesi ile ilişkilendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, et ürünlerinde kullanılan farklı mantar türleri ile örneklerin aydınlık değerlerinde azalmanın meydana geldiğini bildiren çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Chockchaisawasdee et al., 2010; Wan Rosli et al., 2011; Gençcelep, 2012; Stefanello et al., 2015; Pil-Nam et al., 2015; Boylu, 2018; Jo et al., 2018). Bununla birlikte, et ürünlerine farklı mantarların eklenmesi ile örneklerin L^* değerlerinde önemli bir değişikliğin belirlenmediğinin (Süfer et al., 2016; Mattar et al., 2018) ve artışın meydana geldiğinin bildirildiği çalışmalar literatürde yer almaktadır (Wang et al., 2019a). Bu durum çalışmalarda kullanılan mantarın formu, türü, miktarı ve formülasyonda et ikamesi olarak kullanımına bağlı olarak değişmektedir.

Mantar türleri karşılaştırıldığında, kuzugöbeği mantarı tozu ilave edilen örnek gruplarının L^* değeri, kanlıca mantarı tozu ilave edilen örnek gruplarının L^* değerlerinden önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$).

Piştirme yöntemleri karşılaştırıldığında ise mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarının aydınlık değerleri, tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu sonuç, tavada piştirme yönteminde köftelerin sıcak yüzeye direkt temas etmesi ve bu nedenle köfte örneklerinin yüzeyinde koyulaşma meydana gelmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Aynı koşullarda marine edilen piliç bonfile örneklerinin farklı yöntemlerle pişirilmesi (ızgara, sous-vide, fırın) sonucunda meydana gelen renk değişimlerinin incelendiği bir çalışmada, 0. günde en yüksek dış yüzey L^* değerinin sous-vide yöntemiyle pişirilen örnek grubunda, en düşük dış yüzey L^* değerinin ise ızgarada pişirilen örnek grubunda tespit edildiği bildirilmiştir (Esen vd., 2022). Hamburger köftesi örneklerinde farklı piştirme yöntemlerinin (haşlama, fırında kızartma, ızgara ve mikrodalga) ve farklı merkez sıcaklıklarının (72°C ve 78°C) araştırıldığı bir çalışmada; en yüksek L^* değerinin haşlanmış köfte örneklerinde daha sonra mikrodalga fırın ile pişirilen örneklerde saptanmıştır (Şimşek, 2020). Yıldız-Turp, (2016) tarafından, keten tohumu unu ile zenginleştirilmiş İnegöl köftelerine dört farklı piştirme yöntemi (ızgara, fırın, tava ve ohmik piştirme) uygulamasının örneklerde oluşturduğu fizikokimyasal, yağ asidi kompozisyonu ve duyuşal farklılıklar araştırılmıştır. Ohmik piştirme uygulanmış İnegöl köfte örneklerinin, geleneksel yöntemlerle pişirilmiş örnek gruplarına kıyasla daha parlak bir yüzey rengine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Köfte örneklerinin a^* (kırmızılık) değerleri 3,40-8,09 arasında değişim göstermiştir. Her iki mantar tozu ilavesi ile örneklerin a^* değerlerinin önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu durum, mantar unlarının tavuk eti ile yer değiştirmesi ve tavuk etine kıyasla mantar unlarının daha yüksek kırmızılık değerine sahip olmaları ile ilişkilendirilmiştir.

Literatürde farklı tipte mantarların eklendiği farklı et türleri ile üretilmiş et ürünlerinin a^* değerlerinin değişim gösterdiği gözlenmiştir. Sucuk üretiminde *Agaricus bisporus* mantarı (Gençcelep, 2012), domuz sosis üretiminde *Agaricus blazei* mantarı (Stefanello et al., 2015), tavuk nugget üretiminde *Lentinus edodes* mantarı (Akesowan, 2016), köfte üretiminde *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* mantarı (Cerón-Guevera et al., 2019) ve sığır köfte üretiminde *Agaricus bisporus* mantarı (Qing et al., 2021) kullanımının örneklerin a^* değerlerinde önemli düzeyde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, döner üretiminde *Agaricus bisporus* mantar oranının artmasıyla örneklerin a^* değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Durmuş, 2021). Ayrıca literatürde farklı et ürünlerinde farklı mantarların kullanımının, örneklerin a^* değerlerinde önemli düzeyde bir değişikliğe neden olmadığını raporlayan çalışmalar da yer almaktadır (Chockchaisawasdee, 2010; Wan Rosli et al., 2011; Süfer et al., 2016; Mattar et al., 2018; Choe et al., 2018; Jo et al., 2018).

Mantar türleri karşılaştırıldığında, kuzugöbeği mantarı tozunun, kanlıca mantarı tozuna kıyasla örneklerin a^* değerlerinde önemli düzeyde daha yüksek bir artışa neden olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). En düşük a^* değeri KM örnek grubunda, en yüksek a^* değeri ise KGT örnek grubunda gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Bu durum, lipid oksidasyonunun artışıyla a^* değerinde düşüş gerçekleşmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Farklı pişirme yöntemleri karşılaştırıldığında ise mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarının a^* değerleri, tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Örneklerin b^* değerleri 8,88-18,95 arasında değişim göstermiştir. En düşük b^* değeri KMT örnek grubunda, en yüksek b^* değeri ise KT örnek grubunda gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Tavuk köftesi örneklerine mantar tozu ilavesi, örneklerin b^* değerlerinde önemli düzeyde azalmaya neden olmuştur ($P<0,05$). Kontrol örneklerine kıyasla her iki türde mantar ilaveli örneklerin b^* değerleri önemli düzeyde düşük saptanmıştır ($P<0,05$). Benzer şekilde; tavuk köfte üretiminde *Pleurotus sajorcaju* mantarı (Wan Rosli et al., 2011), sucuk üretiminde *Agaricus bisporus* mantarı (Gençcelep, 2012), sığır etinde *Sarcodon*

aspratus, *Agaricus bisporus* ve *Lentinula edodes* mantarları (Lee et al., 2017), salam üretiminde *Pleurotus ostreatus* (Özünlü and Ergezer, 2020), döner üretiminde *Agaricus bisporus* (Durmuş, 2021) mantarı kullanımının örneklerin b^* değerlerinde düşüşe neden olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, tavuk sosis üretiminde *Flammulina velutipes* mantarının örneklerin b^* değerlerinde önemli düzeyde bir değişikliğe neden olmadığı (Jo et al., 2018), sosis üretiminde *Lentinus edodes* (Pil-Nam et al., 2015), domuz sosis üretiminde *Agaricus blazei* (Stefanello et al., 2015), sosis üretiminde *Pleurotus ostreatus* (Boylu, 2018) mantarlarının ise örneklerin b^* değerlerinde önemli düzeyde bir artışa neden olduğu belirtilmiştir.

Kanlıca mantarı tozu ilave edilen örnek gruplarının b^* değerleri, kuzugöbeği mantarı tozu ilave edilen örnek gruplarının b^* değerlerine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşük saptanmıştır ($P<0,05$).

Farklı pişirme yöntemleri karşılaştırıldığında ise kontrol grubu örneklerinde tavada pişirilen örnek grubunun (KT) b^* değeri mikrodalga fırında pişirilen örnek grubundan (KM) daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Isıl işlem ile miyogloblin denatüre olur ve metmiyogloblin oluşur. Metmiyogloblin daha fazla denatürasyona uğraması, etin renginin daha sarı olmasına sebep olmaktadır (Zhang and Wang, 2012). Tavada pişirilen örneklerin dış yüzeyinin mikrodalga fırın ile pişirilen örneklerle göre yüksek sıcaklığa maruz kalmasından kaynaklı daha fazla denatürasyona uğraması sonucu b^* değerlerinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Mantar tozu ilave edilen ve mikrodalga fırın ile pişirilen örnek gruplarının b^* değerleri, tavada pişirilen mantar tozu ilaveli örnek gruplarından istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Aynı koşullarda marine edilen piliç bonfile örneklerinin farklı yöntemlerle pişirilmesi (ızgara, sous-vide, fırın) sonucunda meydana gelen renk değişimlerinin incelendiği bir çalışmada, 0. günde en düşük dış yüzey b^* değerinin sous-vide yöntemi ile pişirilen örnek grubunda tespit edildiği bildirilmiştir (Esen vd., 2022). Hamburger köftelerine farklı pişirme yöntemleri (haşlama, fırında, ızgara ve mikrodalga) uygulamasının araştırıldığı bir çalışmada, en düşük b^* değeri mikrodalga fırın ile pişirilen örnek grubunda tespit edilmiştir (Şimşek, 2020).

Jung et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, domuz sosis üretiminde sosis hamurunun %2'si oranında *Pleurotus ostreatus* mantarı tozunun kullanımı ile örneklerin L^* değerinde azalma, a^* ve b^* değerlerinde artış saptandığı bildirilmiştir.

4.2.6 pH, pişme verimi, TBARS, L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine, mantar türü ve pişirme yönteminin interaksiyon etkisi

Tavuk köftelerinde pH, pişme verimi, TBARS, L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine, mantar türü ve pişirme yönteminin interaksiyon etkisi Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Tavuk köftelerinde pH, pişme verimi, TBARS, L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine, mantar türü ve pişirme yönteminin interaksiyon etkisi

Bağımlı Değişkenler	Bağımsız Değişkenler		
	MT	PY	MTxPY
pH	<0,01	<0,01	<0,01
Pişme verimi	0,339	<0,01	0,218
TBARS	<0,01	<0,01	<0,01
L^*	<0,01	<0,01	<0,01
a^*	<0,01	<0,01	<0,01
b^*	<0,01	<0,01	0,004

*MT: Mantar türü, PY: Pişirme yöntemi, MTxPY: Mantar türü ve pişirme yönteminin ikili interaksiyonu.

Mantar türü, pişirme yöntemi ve mantar türü*pişirme yönteminin, örneklerin pH, TBARS, L^* ve a^* değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etki ettiği belirlenmiştir ($P<0,01$). Örneklerin pişme verimi değerleri üzerinde yalnızca pişirme yönteminin önemli düzeyde bir farklılık yarattığı saptanmıştır ($P<0,01$). Renk b^* değeri üzerinde mantar türü ve pişirme yönteminin önemli etki oluşturduğu, mantar türü ve pişirme yönteminin ikili

interaksiyon etkisinin ise istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı tespit edilmiştir ($P<0,01$).

4.2.7 Doku profili

Örneklerin doku profili değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Tavuk köftesi örneklerine ait doku profili değerleri

Örnek Grupları	Sertlik (N)	Esneklik (mm)	Yapışkanlık	Sakızımsılık (N)	Çiğnenebilirlik (N*mm)	Elastikiyet
KM	14,31±0,57 ^b	0,23±0,02 ^c	0,14±0,01 ^a	1,53±0,09 ^b	0,97±0,08 ^b	0,06±0,01 ^{bc}
KT	8,81±0,15 ^a	0,24±0,01 ^c	0,14±0,01 ^a	0,88±0,05 ^a	0,08±0,01 ^a	0,04±0,01 ^{ab}
KGM	19,52±0,56 ^c	0,13±0,01 ^a	0,22±0,01 ^b	4,26±0,29 ^d	0,89±0,06 ^b	0,07±0,01 ^c
KGT	18,95±0,89 ^c	0,17±0,03 ^b	0,13±0,01 ^a	1,92±0,10 ^b	0,15±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a
KMM	19,06±0,79 ^c	0,12±0,01 ^a	0,29±0,01 ^c	3,02±0,32 ^c	0,95±0,14 ^b	0,09±0,01 ^d
KMT	18,95±0,89 ^c	0,16±0,01 ^b	0,16±0,01 ^a	1,82±0,09 ^b	0,14±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-d}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Köfte örneklerinin sertlik değerinin 8,81-19,52, esneklik değerinin 0,12-0,24, yapışkanlık değerinin 0,13-0,29, sakızımsılık değerinin 0,88-4,26, çiğnenebilirlik değerinin 0,08-0,97 ve elastikiyet değerinin 0,03-0,09 arasında değiştiği saptanmıştır.

Her iki mantar tozu ilavesi ile sertlik değerlerinin önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). En düşük sertlik değeri KT örnek grubunda belirlenmiştir ($P<0,05$). Benzer şekilde, *Agaricus bisporus* unu kullanılan köfte örneklerinin sertlik değerlerinin kontrol örneğine göre önemli düzeyde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Süfer et al., 2016; Ceron-Guevare et al., 2019; Qing et al., 2021). Bununla birlikte literatürde, farklı et ürünlerinde farklı mantar türlerinin katkı olarak kullanılması ile ürün sertlik değerinin düştüğü (Wan Rosli

et al., 2011; Pil-Nam et al., 2015; Wan Rosli et al., 2015; Süfer et al., 2016; Akesowan, 2016; Boylu, 2018) ve sertlik değeriinde önemli düzeyde farklılığın saptanmadığı (Novakovic et al., 2020; Durmuş, 2021) çalışmaları bulunmaktadır. Bu durum, mantarların farklı formlarda kullanımı ve yapısal özelliklerinin farklı olması ile ilişkilendirilmiştir.

Mantar ilave edilen örnek gruplarında, farklı mantar kullanımının ve pişirme yönteminin sertlik değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$).

Farklı pişirme yöntemlerinin örneklerin sertlik değeri üzerine etkisinin, yalnızca kontrol örnek gruplarında istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Mikrodalga ile pişirilen kontrol grubunun (KM) sertlik değeri, tavada pişirilen kontrol grubunun (KT) sertlik değerine kıyasla önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). Yarmand et al., (2013) tarafından yapılan çalışmada, deve etine farklı pişirme yöntemleri (kavurma, kısık ateşte pişirme, mikrodalga fırın ile pişirme) uygulanmıştır. En düşük sertlik değeri mikrodalga fırın ile pişirilen örnek grubunda tespit edilmiştir. Bu sonuç mikrodalga fırın ile pişirme yönteminde kısa sürede pişme işleminin tamamlanması sonucunda kasın bağ dokusunun korunması, bağ dokuda bir yumuşama olmaması nedeniyle et örneklerinin daha sert olması ile ilişkilendirilmiştir. Chang et al. (2011) sığır etine ısı uygulamasının tekstür özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sığır etleri su banyosunda ve mikrodalga fırında sırasıyla 40°C ile 90°C aralığında pişirilmiştir. Çalışma sonucunda, mikrodalga fırında pişirilen etlerin su banyosunda pişirilen etlere kıyasla 65°C'den sonraki sıcaklıklarda daha sert ve 70°C'den sonraki sıcaklıklarda ise daha az esnek olduğu bildirilmiştir.

Tavuk köftesi örneklerine mantar tozu ilave edilmesi ile örneklerin esneklik değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüş meydana gelmiştir ($P<0,05$). Mantar tozu ilaveli örneklerin esneklik değerleri, kontrol örneklerine kıyasla önemli düzeyde daha düşük saptanmıştır ($P<0,05$). Jung et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ise %1 ve %2 oranında kullanılan istiridye

mantarı tozunun, sosis üretiminde kullanımı ile örneklerin esneklik değerinde artış saptandığı belirtilmiştir.

Örneklerin formülasyonlarında farklı türde mantar kullanımının esneklik değeri üzerinde önemli değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Kuzugöbeği ve kanlıca mantarlarının örneklerin esneklik değerleri üzerindeki etkisinin benzerlik gösterdiği saptanmıştır ($P>0,05$).

Kontrol grubu örneklerde pişirme yönteminin esneklik değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı ($P>0,05$), mantar tozu ilave edilen örnek gruplarında ise tavada pişirilen örneklerin esneklik değerlerinin mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarına kıyasla önemli düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Mantar tozu ilave edilen ve mikrodalga ile pişirilen örnek gruplarının yapışkanlık değerleri, kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). En yüksek yapışkanlık değeri KMM örnek grubunda tespit edilmiştir ($P<0,05$). Benzer şekilde, sosis üretiminde *Lentinus edodes* unu (Pil-Nam et al., 2015) ve *Pleurotus sajor-caju* (Wan Rosli et al., 2015) kullanılması ile örneklerinin yapışkanlık değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Bununla birlikte et ürünlerine farklı mantarların eklenmesiyle, örneklerin yapışkanlık değerinde azalmanın rapor edildiği çalışmalar literatürde yer almaktadır (Wan Rosli et al., 2011; Akesowan, 2016; CeronGuevara et al., 2019).

Pişirme yöntemi farklılığı, kontrol gruplarının yapışkanlık değerlerinde önemli düzeyde bir farklılığa neden olmazken ($P>0,05$), mantar tozu ilave edilen ve mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarının yapışkanlık değerleri tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Tavada pişirilen örnek gruplarının yapışkanlık değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Benzer şekilde, sığır köfte üretiminde *Agaricus bisporus* mantarı ilavesinin örneklerin yapışkanlık değerinde önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı bildirilmiştir (Qing et al., 2021).

Mantar tozu ilavesi ile örneklerin sakızimsılık değerlerinin önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Mantar tozu ilave edilen ve tavada pişirilen örnek gruplarının sakızimsılık değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Mantar tozu ilave edilen ve mikrodalga ile pişirilen örneklerde ise KGM örnek grubunun sakızimsılık değerinin KMM örnek grubuna kıyasla önemli düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). En düşük sakızimsılık değeri KT örnek grubunda, en yüksek sakızimsılık değeri ise KGM örnek grubunda tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Mantar tozu ilavesinin örneklerin çiğnenebilirlik değerleri üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Kuzugöbeği ve kanlıca mantarı içeren örnek grupları arasındaki farklılığın, istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Benzer şekilde Ceron-Guevera et al., (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, *Agaricus bisporus* mantarı ilave edilen köfte örneklerinin sakızimsılık değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte; sosis üretiminde *Pleurotus sajor-caju* mantarı (Wan Rosli et al., 2015) ve sığır eti marinasyonunda *Agaricus bisporus* mantarı (Lee et al., 2017) kullanımının, örneklerin çiğnenebilirlik ve sakızimsılık değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. Patinho et al., (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, burger köfte üretiminde %5 oranında *Agaricus bisporus* mantarı ilave edilmesi ile örneklerin çiğnenebilirlik değerlerinde düşüş saptanmıştır.

Mikrodalga ile pişirilen örnek gruplarının sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri, tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Mantar tozu ilave edilen örnek grupları arasında yalnızca KMM örnek grubunun elastikiyet değerlerinin kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Mantar ilave edilen ve tavada pişirilen örnek grupları arasındaki farklılığın önemli düzeyde olmadığı tespit edilirken ($P>0,05$), mikrodalga ile pişirilen örnek gruplarında kanlıca mantarı ilave edilen örnek grubunun elastikiyet değeri, kuzugöbeği tozu ilave edilen örnek grubuna kıyasla önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). En yüksek elastikiyet değeri KMM örnek grubunda saptanmıştır ($P<0,05$).

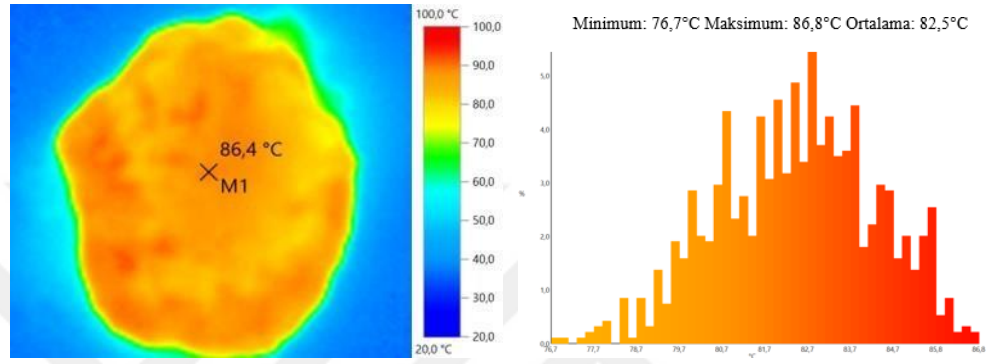
Piştirme yöntemi farklılığının, kontrol grubu örneklerin elastikiyet değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Mantar tozu ilave edilen örnek gruplarında ise mikrodalga ile pişirilen örneklerin elastikiyet değerleri, tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$).

4.2.8 Termal kamera ile görüntüleme

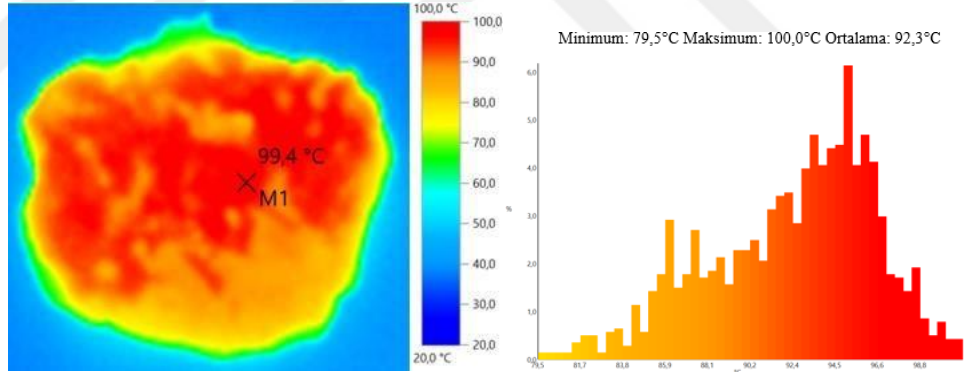
Sıcaklık, gıda proseslerinde önemli bir faktördür. Genellikle tarım ve gıda ürünlerinde sıcaklık ölçümü, termokupllar, termometreler, termistörler ve direnç sıcaklık sensörleri gibi klasik ölçüm araçları kullanılarak gerçekleştirilir (Vadivambal and Jayas, 2011). Bu tür araçlar gıdayla doğrudan temas gerektirmektedir ve tek seferde bir ölçüm alanını seçmek gereklidir. Termal görüntüleme, analizde tüm örneğin sıcaklık dağılımını temassız ve tahribatsız bir şekilde ölçme olanağı sağlamaktadır (Ali et al., 2020). Ayrıca termal görüntüyü elde etmek için gereken işlem süresi oldukça kısadır ve kullanımı kolaydır. Termal kameralar, mercekle yardımı ile ölçümü yapılan üründen toplanan kızılötesi enerjinin optik sistem aracılığıyla odaklanması ve odaklanan kızılötesi enerjinin yoğunluğuna göre değişen renk tonlarıyla bir görüntü oluşturması prensibi ile çalışmaktadır (Serin, 2023).

Tez kapsamında, farklı mantar katkıları ve piştirme yöntemleri uygulanarak üretilen tavuk köfte örneklerinin sıcaklık homojenliği, termal görüntüleme sistemi ile sıcaklık dağılımından yararlanılarak tespit edilmiştir. Örneklerin termal kamera görüntüleri incelendiğinde, kontrol grubu ve mantar ilaveli örneklerle uygulanan farklı piştirme işlemleri sonucunda sıcaklık dağılımlarının farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Mikrodalga fırında pişirilen kontrol örneğinin, tavada pişirilen kontrol örneğine kıyasla sıcaklık dağılımının daha homojen olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Kanlıca mantarı ilave edilen örneklerden mikrodalga fırında pişirilen örneğin, tavada pişirilen örneğe göre daha yüksek bir sıcaklık homojenliğine sahip olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte kuzugöbeği mantarı ilaveli örneklerden mikrodalga fırında pişirilen örneğin sıcaklık dağılımının, tavada pişirilen örneğe kıyasla daha az homojen olduğu saptanmıştır. Örnek grupları karşılaştırıldığında en homojen sıcaklık dağılımına KGT örnek grubunun

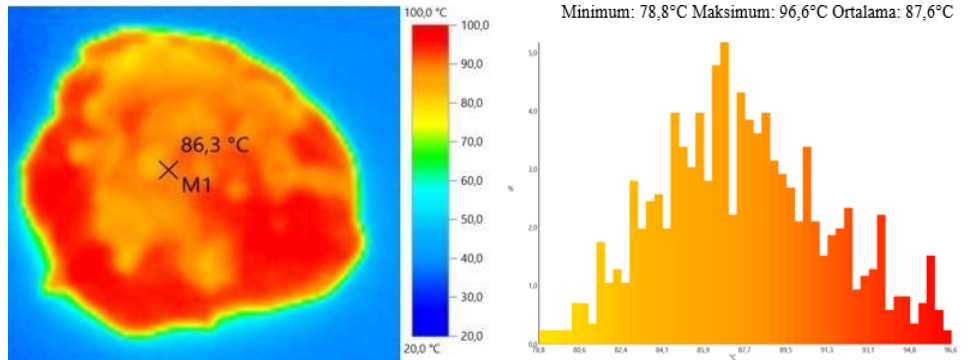
sahip olduğu belirlenmiştir. Örnekler arasında en büyük ortalama sıcaklık farklılığı kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Tavuk köftesi formülasyonlarına eklenen mantar tozları, örneklerin genel olarak homojen bir doku kazanmalarına yardımcı olarak pişirme yöntemlerinin örneklerde oluşan farklı sıcaklık değerleri üzerine etkisini azaltmıştır. Örnek gruplarına ait termal görüntüler ve sıcaklık dağılımı grafikleri Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir.



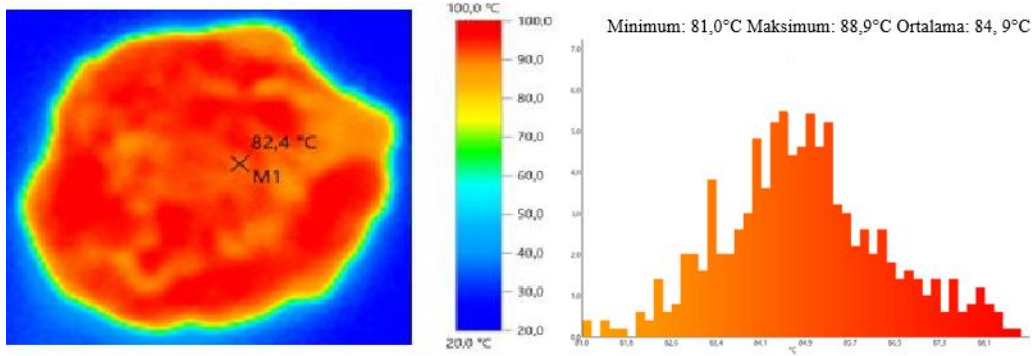
Şekil 4.1. KM örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği



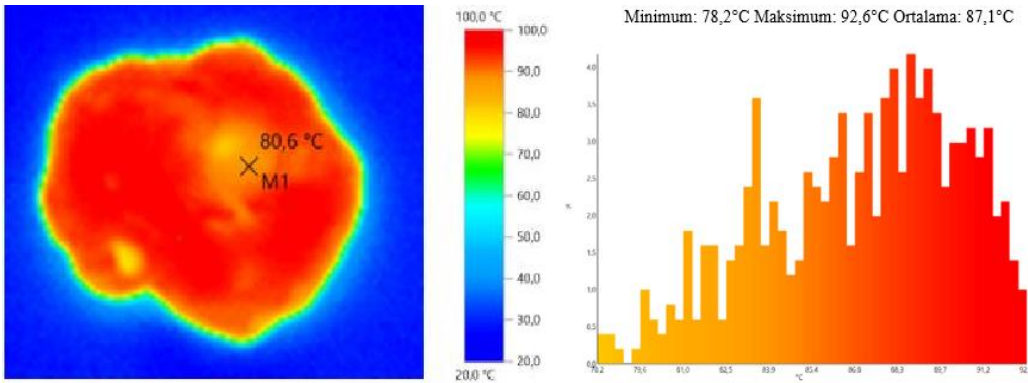
Şekil 4.2. KT örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği



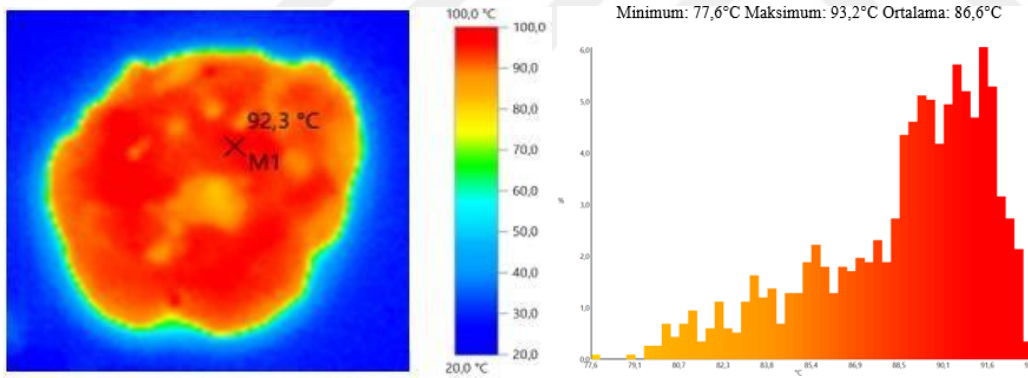
Şekil 4.3. KGM örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği



Şekil 4.4. KGT örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği



Şekil 4.5. KMM örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği



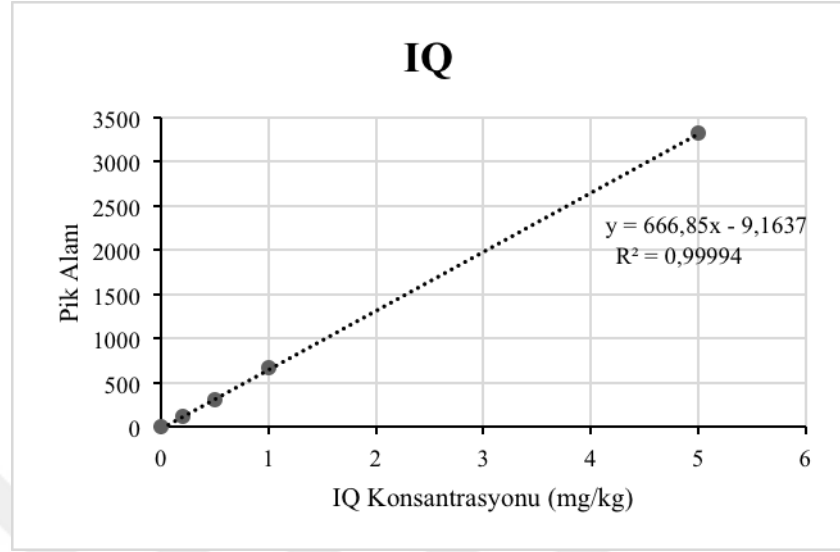
Şekil 4.6. KMT örnek grubuna ait termal görüntü ve sıcaklık dağılımı grafiği

4.2.9 Heterosiklik aromatik amin (HCA) içeriğinin belirlenmesi

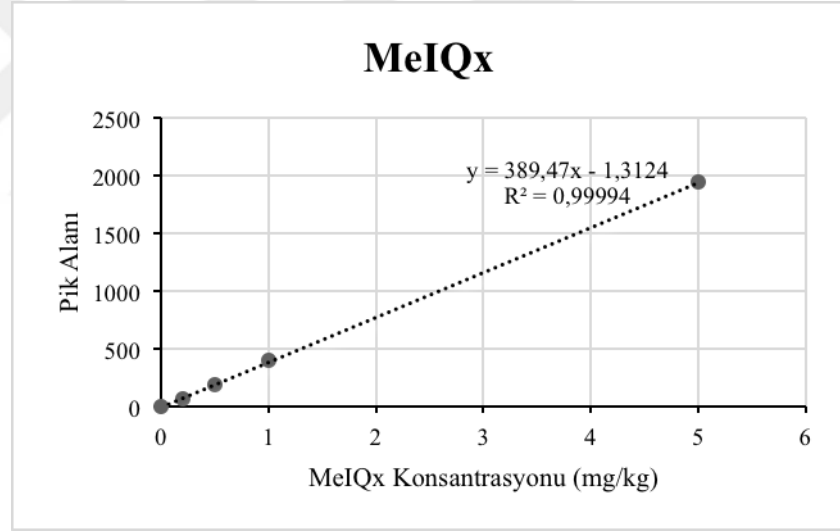
4.2.9.1 Standartlara ait kalibrasyon grafiklerinin oluşturulması

Köfte örneklerinin HCA içeriğini belirlemek amacıyla 100 ppm'lik stok çözeltileri hazırlandıktan sonra bu stok çözeltilerinden IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, norharman ve harman için 0,2 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm ve 5 ppm'lik; PhIP için 0,2 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm ve 3 ppm'lik standart HCA çözeltileri hazırlanmıştır. Her

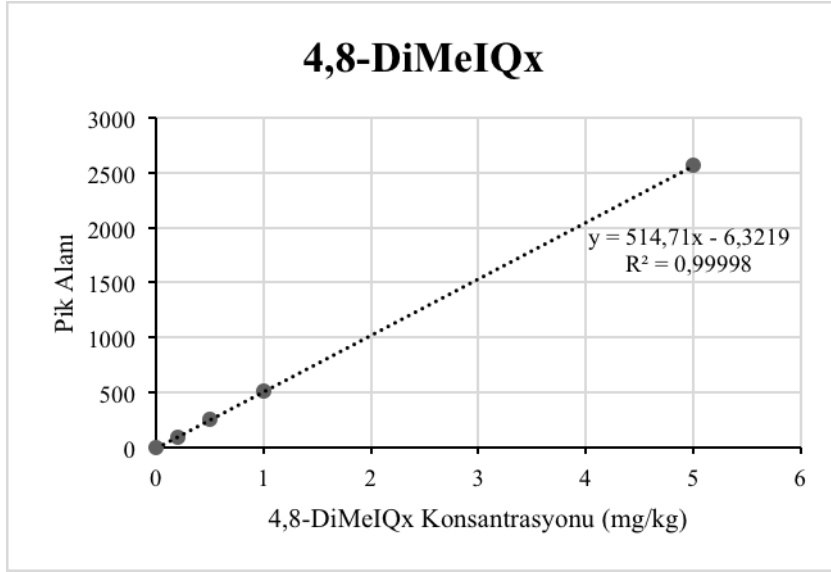
HCA bileşğine ait çizilen kalibrasyon grafikleri Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de verilmiştir.



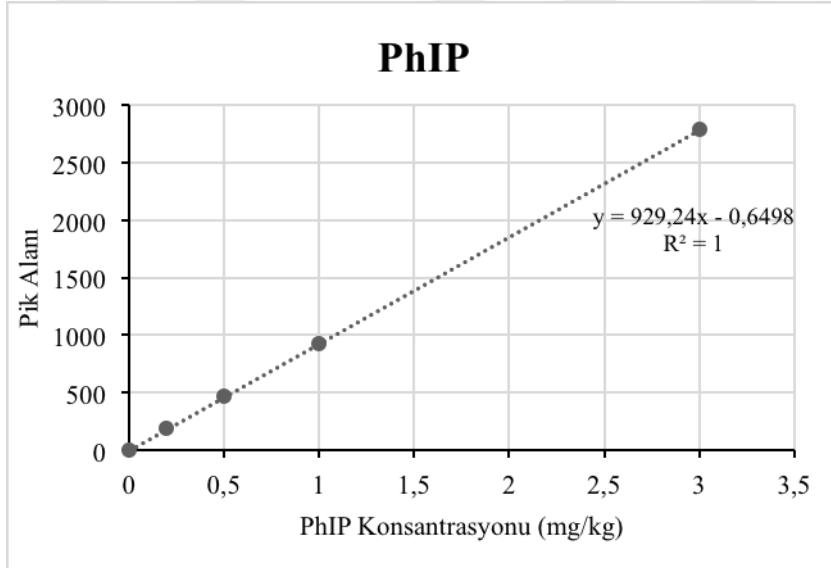
Şekil 4.7. IQ bileşğine ait kalibrasyon grafiği



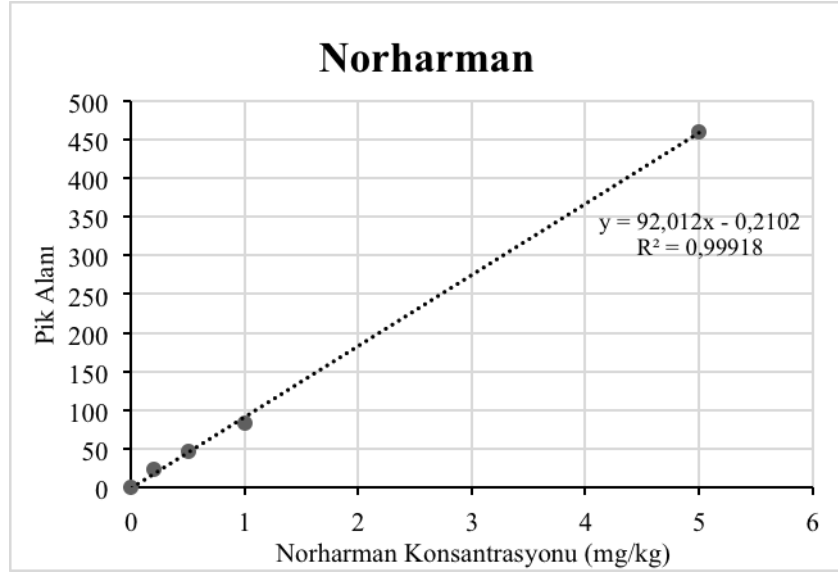
Şekil 4.8. MeIQx bileşğine ait kalibrasyon grafiği



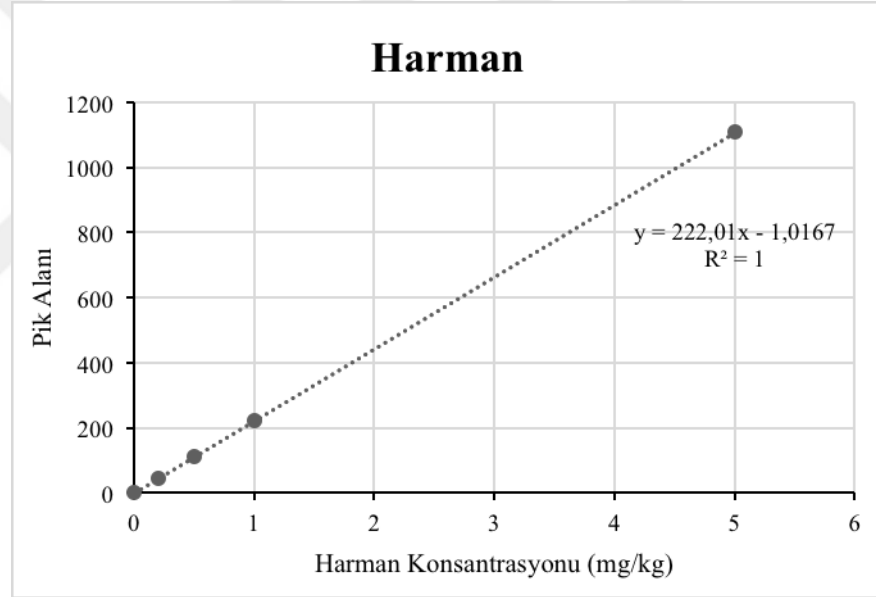
Şekil 4.9. 4,8-DiMeIQx bileşiğine ait kalibrasyon grafiği



Şekil 4.10. PhIP bileşiğine ait kalibrasyon grafiği



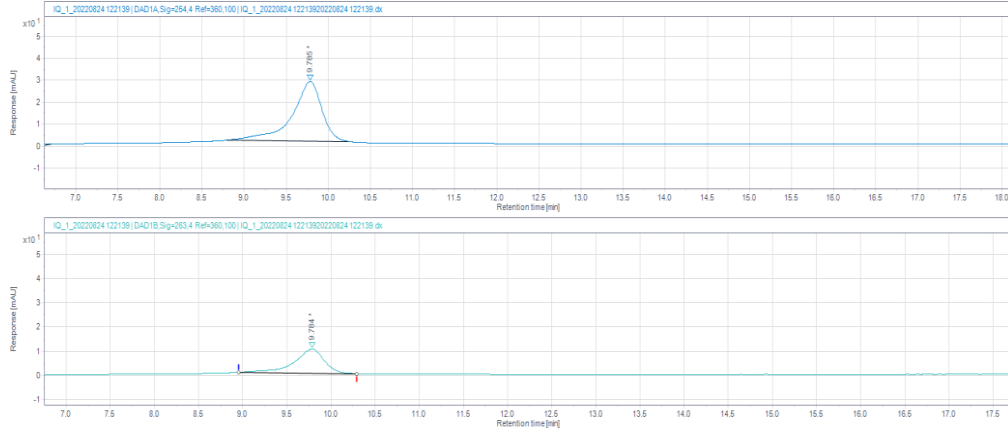
Şekil 4.11. Norharman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği



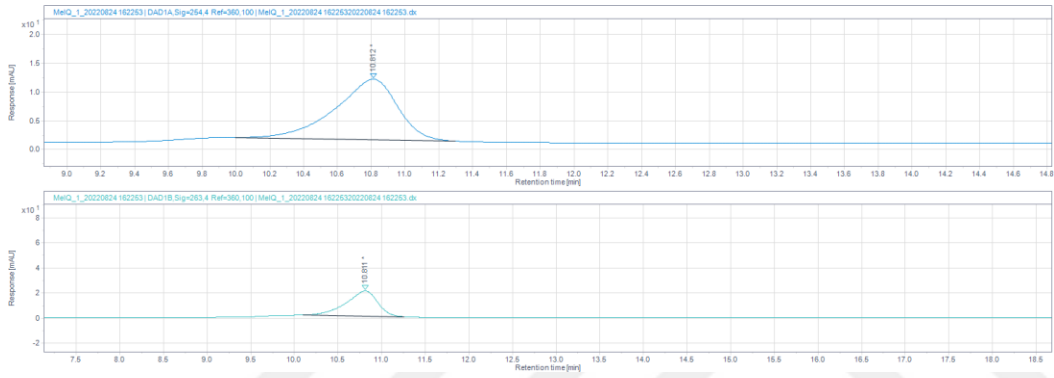
Şekil 4.12. Harman bileşiğine ait kalibrasyon grafiği

4.2.9.2 Standart kromatogramları

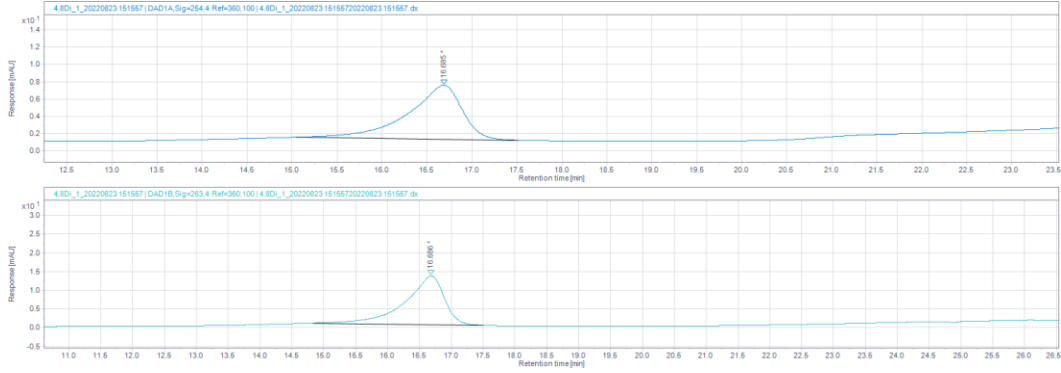
IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx bileşikleri DAD dedektörü ile tespit edilmiştir. IQ bileşiği tespiti için 254 nm, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin tespiti için 263 nm dalga boyunda çalışılmıştır. Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin kromatogram görüntüleri verilmiştir. Bu üç standartın karışımına ait kromatogram görüntüsü ise Şekil 4.16’da görülmektedir.



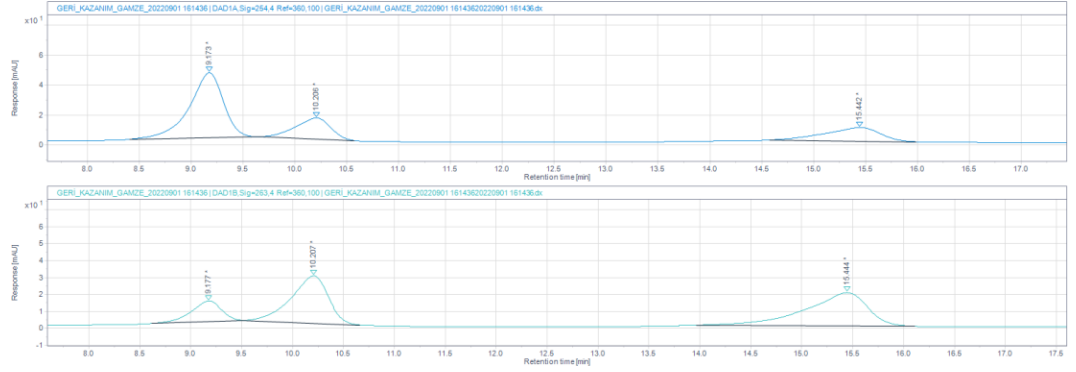
Şekil 4.13. IQ bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 9,78 dk)



Şekil 4.14. MeIQx bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 10,8 dk)

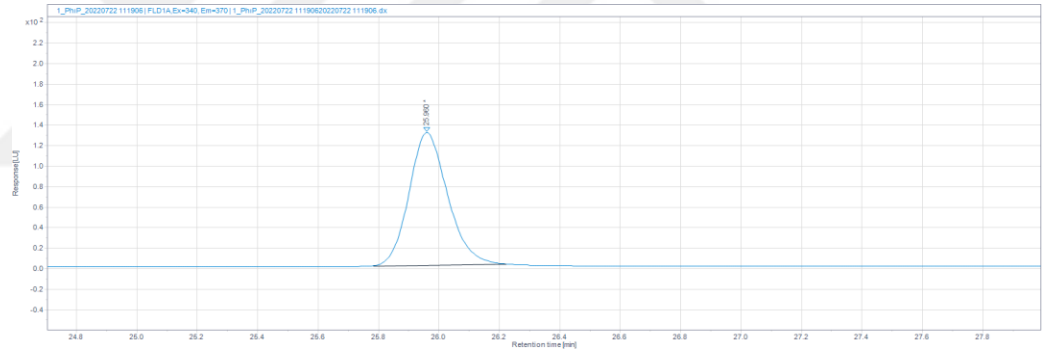


Şekil 4.15. 4,8-DiMeIQx bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 16,68 dk)

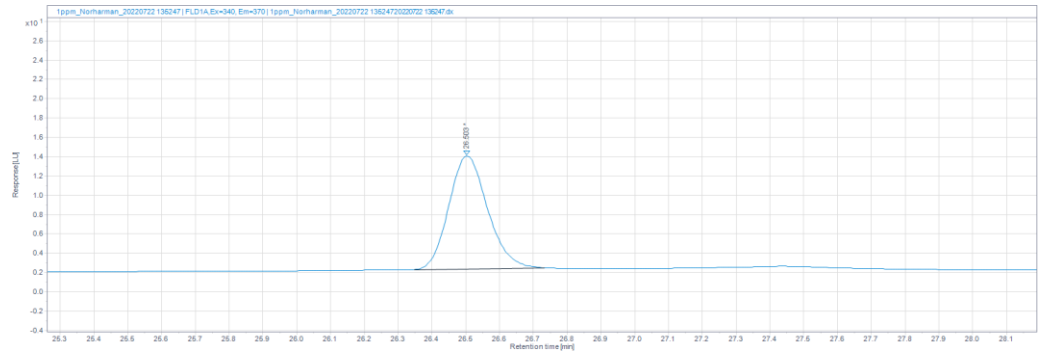


Şekil 4.16. IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin karışımının (1 ppm) HPLC kromatogramı

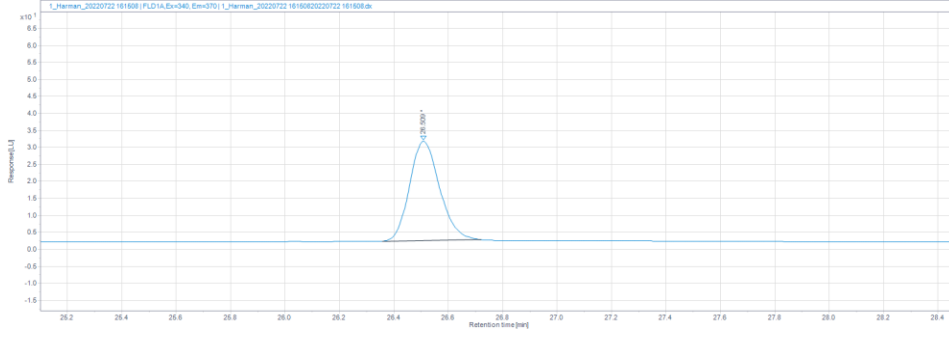
PhIP, norharman ve harman bileşikleri Floresans dedektörü ile tespit edilmiştir. Bu bileşiklerin tespiti için 340 nm ve 370 nm dalga boyunda çalışılmıştır. Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da PhIP, norharman ve harman bileşiklerinin kromatogram görüntüleri verilmiştir. Bu üç standartın karışımına ait kromatogram görüntüsü ise Şekil 4.20’de görülmektedir.



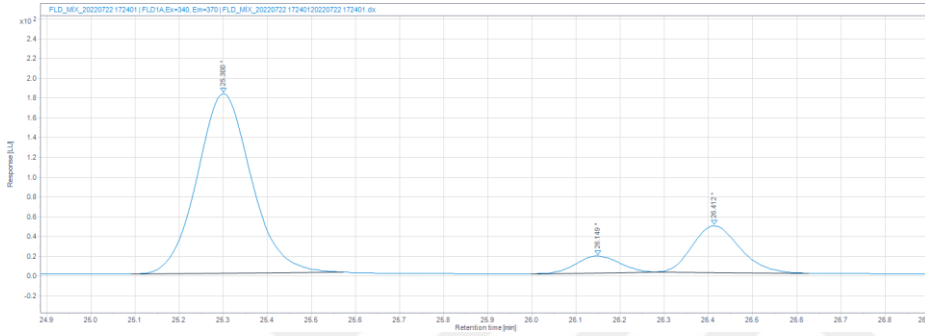
Şekil 4.17. PhIP bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 25,96 dk)



Şekil 4.18. Norharman bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkonma zamanı: 26,503 dk)



Şekil 4.19. Harman bileşiği standartının (1 ppm) HPLC kromatogramı (Alıkınma zamanı: 26,509 dk)



Şekil 4.20. PhIP, norharman ve harman bileşiklerinin karışımının (1 ppm) HPLC kromatogramı

4.2.9.3 Heterosiklik aromatik amin (HCA) analizinin geri kazanım oranı, LOD ve LOQ değerleri

Geri kazanım oranı, LOD ve LOQ değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Geri kazanım, LOD, LOQ değerleri

HCA	Geri Kazanım Oranı (%)	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)
IQ	96,12	0,00002	0,00008
MeIQx	94,09	0,00004	0,00015
4,8-DiMeIQx	93,24	0,00002	0,00006
PhIP	97,22	0,00007	0,00023
Norharman	92,70	0,00177	0,00589
Harman	96,48	0,00224	0,00747

4.2.9.4 Tavuk köftesi örneklerindeki HCA bileşikleri miktarı

Tez projesi kapsamında örneklerde, DAD dedektörü ile tespit edilen IQ, MeIQx ve 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin miktarları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx bileşiklerinin miktarları

Örnek Grupları	IQ (ng/g)	MeIQx (ng/g)	4,8-DiMeIQx (ng/g)
KM	8,17±0,02 ^{ab}	17,21±0,30 ^{ab}	8,36±0,04 ^b
KT	8,01±0,05 ^a	13,05±0,33 ^a	7,18±0,00 ^a
KGM	8,05±0,03 ^a	17,19±0,55 ^{ab}	7,11±0,01 ^a
KGT	7,98±0,04 ^a	20,75±3,43 ^b	8,32±0,07 ^b
KMM	8,40±0,20 ^b	28,08±0,31 ^c	7,24±0,01 ^a
KMT	8,07±0,04 ^a	27,33±1,04 ^c	11,75±0,23 ^c

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-c}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Köfte örneklerinin IQ miktarları 7,98-8,40 ng/g arasında değişim göstermiştir. Mantar tozları eklenen örneklerin IQ değerleri ile, aynı pişirme yöntemi ile pişirilen kontrol örneklerinin IQ değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmamıştır ($P>0,05$).

Mantar türleri örneklerin IQ değerleri üzerinde önemli düzeyde değişime neden olmuştur. Kanlıca mantarı ilave edilen ve mikrodalga ile pişirilen örnek grubunun (KMM) IQ değerinin, kuzugöbeği mantarı ilave edilen ve mikrodalga ile pişirilen örnek grubuna (KGM) kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Tava ile pişirilen örnek grupları arasındaki IQ değeri farklılığının istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Kontrol ve kuzugöbeği mantarı ilave edilen örnek gruplarının IQ değerlerinin pişirme yöntemi farklılığından önemli düzeyde

etkilenmediği ($P>0,05$), bunun yanında kanlıca mantarı ilave edilen örnek gruplarından mikrodalga ile pişirilen örnek grubunun IQ değerinin, tavada pişirilen örnek grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Kuzugöbeği ve kanlıca mantarlarının iki farklı pişirme yönteminde de IQ bileşiğinin oluşumunu engelleyici etki göstermediği ($P>0,05$), istatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte kuzugöbeği mantarı ilave edilen örnek gruplarında aynı pişirme işlemi uygulanan kontrol gruplarına kıyasla daha düşük miktarda IQ bileşiğinin oluştuğu belirlenmiştir ($P>0,05$). U.S. Department of Health and Human Services (2016) tarafından yayınlanan raporda, kızarmış tavuk, balık ile ızgara biftek, köfte ve domuz pirzolası gibi gıdalardaki IQ konsantrasyonlarının 0,1-150 ng/g arasında değiştiği bildirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda IQ miktarlarının; dana biftek örneklerinin tavada pişirilmesi ile 0,01-0,28 ng/g arasında (Ni et al., 2008), dana etinin mikrodalga fırında ön pişirme işlemi sonrası ızgarada pişirme yöntemi uygulanması ile 17,88 ng/g (Jinap et al., 2013) olduğu tespit edilmiştir.

Öz (2006) tarafından farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, tavada yağsız kızartma, derin yağda kızartma, ısıtıcı plaka üzerinde kızartma, fırında pişirme ve mikrodalga fırında pişirme) hindi göğüs ve but etlerinde heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, hindi göğüs ve but etinde oluşan en yüksek IQ miktarı derin yağda kızartılan örnek grubunda saptanmıştır. Haşlama, fırında pişirme, mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanan hindi göğüs örneklerinde ve haşlama, ısıtıcı plakada pişirme, fırında pişirme ve mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanan hindi but örneklerinde IQ bileşiği tespit edilmemiştir.

Özçetin (2021) tarafından yaprak et döner örneklerinin odun ateşinde farklı parametreler ile pişirilmesi sonucunda oluşan IQ miktarının, 14,802-19,977 ng/g arasında değiştiği belirtilmiştir. Antosiyaninlerin tavuk göğüs etinden üretilen köfte örneklerinde HCA üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, fırında 20 dk pişirme işlemi sonrasında kontrol grubunun ortalama IQ değerinin 0,10 ng/g olduğu, IQ değerinin 0,1 mg/g antosiyanin kullanımı ile %34, 0,5 mg/g kullanımı ile %14 ve 1 mg/g kullanımı ile %2 azaldığı tespit edilmiştir (Teng et al., 2022b).

Antioksidanlar, radikal söndürücüler ve serbest radikal temizleyiciler aktivitesi sayesinde mutajen oluşumunu önlemek için reaksiyonun farklı aşamalarında inhibitör görevi görebilmektedir (Vitaglione and Fogliano, 2004). Karabiberin heterosiklik amin oluşumunu engelleyici rolünün araştırıldığı bir çalışmada, %30 yağ içeren kıymadan yapılan köftelere eklenen karabiberin HCA oluşumu üzerinde yaklaşık %12 ile %100 arasında değişen azaltıcı bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Oz and Kaya 2011c). Farklı konsantrasyonlarda (%0,2, %0,4 ve %0,6) *Adinandra nitida* yaprağı ekstraktı ilave edilen tavuk köftesi örneklerde HCA oluşum miktarlarının incelendiği bir çalışmada, ekstrakt oranının artması ile doğru orantılı olarak HCA inhibisyon oranının arttığı belirlenmiştir (Zhao et al., 2021). Khan et al. (2022), yenibahar ve *Perilla frutescens* tohum ekstraktının farklı oranlarda (%0,1 ve %0,2) tavuk köftesi örneklerine eklenmesi sonucunda en yüksek toplam HCA azalma oranının (%51,59) %0,1 oranında yenibahar ve *Perilla frutescens* ekstraktı kombinasyonu içeren örnek grubunda olduğunu bildirmişlerdir. Farklı baharat (sarımsak, biberiye ve zerdeçal) ilavesinin ve farklı pişirme yöntemlerinin (tavada kızartma, elektrikli fırın, özel sistem havada kızartma ve kızılötesi ocak) tavuk kanadı örneklerinde HCA oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, en yüksek toplam HCA miktarı tavada kızartma işlemi uygulanan örnek grubunda en düşük toplam HCA miktarı ise özel sistem havada kızartma ve fırında pişirme işlemi uygulanan örneklerde saptanmıştır. Kontrol grubuna kıyasla zerdeçal ilaveli örnek grubunun toplam HCA miktarını %50,67 oranında inhibe ettiği, bunu sırasıyla biberiye (%40,89) ve sarımsak (%33,33) içeren örneklerin takip ettiği saptanmıştır (Kwon et al., 2023).

Örneklerinin MeIQx miktarlarının 13,05-28,08 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuzugöbeği mantarı eklenen örneklerin MeIQx değeri ile aynı pişirme yöntemi uygulanan kontrol örneklerinin MeIQx değerleri arasında önemli düzeyde bir farklılık saptanmamıştır ($P>0,05$). Bununla birlikte Kanlıca mantarı ilavesi, örneklerin MeIQx değerinde artışa neden olmuştur ($P<0,05$). Mikrodalga ile pişirilen örnek grupları arasında en yüksek MeIQx değeri, kanlıca mantarı ilave edilen örnek grubunda saptanmıştır ($P<0,05$). Tavada pişirilen örnek grupları incelendiğinde en düşük MeIQx değeri kontrol grubunda, en yüksek MeIQx değeri ise kanlıca mantarı ilave edilen örnek gruplarında saptanmıştır

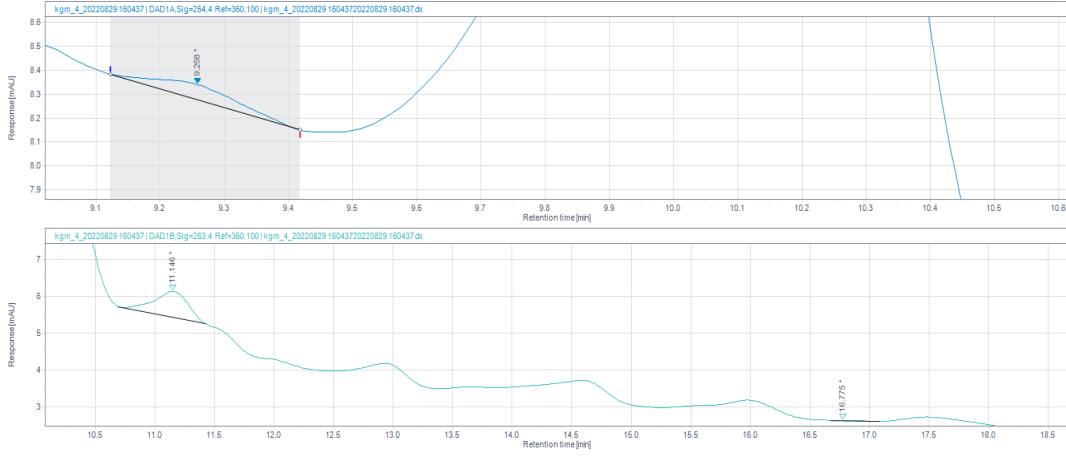
($P<0,05$). Mantar türleri farklılığı örneklerin MeIQx değerleri üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. Kuzugöbeği mantarı kullanılan örneklerin MeIQx değeri, Kanlıca mantarı kullanılan örneklere kıyasla önemli düzeyde düşük belirlenmiştir ($P<0,05$).

Piştirme yöntemi farklılığının örneklerin MeIQx değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). US Department of Health and Human Services (2016) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, günlük tahmini ortalama MeIQx alımının 33 ile 44,8 ng/g arasında değiştiği ve MeIQx bileşiğinin vücut kütlelerine oranla alımının 2,61 ng/kg olduğu bildirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda MeIQx miktarları; dana etinin kızartılması ile 3,33 ng/g (Puangsombat et al., 2012), marine dana eti örneklerinin kömürde pişirilmesi ile 15,60 ng/g, mikrodalga ön işleme sonrası kömürde pişirilmesi ile 9,99 ng/g (Jinap et al., 2013), dana biftek örneklerinin ızgarada pişirilmesi ile 0,08 ng/g (Oz and Yuzer, 2016) olarak tespit edilmiştir. Özçetin (2021) tarafından yaprak et döner örneklerinin odun ateşinde farklı parametreler ile pişirilmesi sonucunda oluşan MeIQx miktarının 11,816-12,171 ng/g arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında üretilen tavuk köftesi örneklerinde en fazla bulunan HCA bileşiğinin MeIQx olduğu belirlenmiştir.

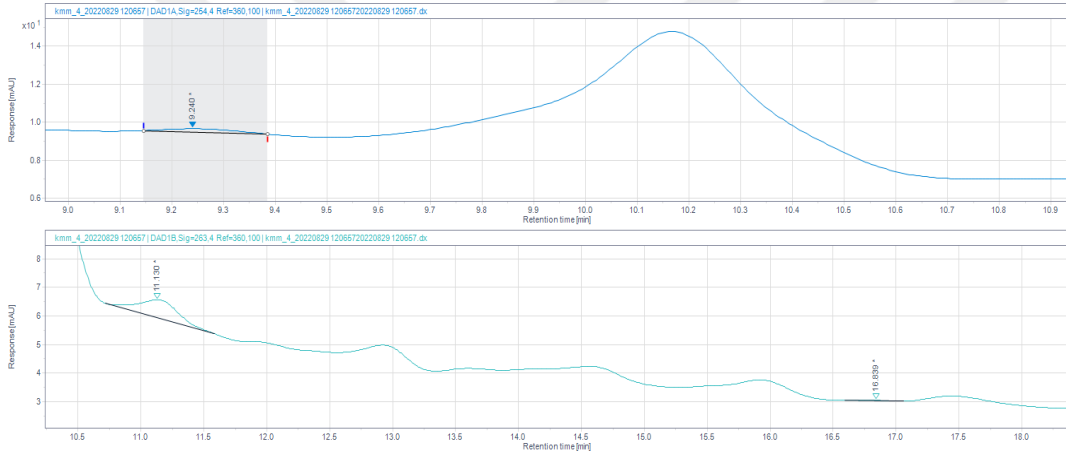
Köfte örneklerinin 4,8-DiMeIQx miktarlarının 7,11-11,75 ng/g arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Mantar tozu ilave edilen ve mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarının (KGM ve KMM) 4,8-DiMeIQx değerleri, mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşük saptanmıştır ($P<0,05$). Tavada pişirilen örnek grupları incelendiğinde ise, en düşük 4,8-DiMeIQx değeri kontrol grubunda, en yüksek 4,8-DiMeIQx değeri kanlıca mantarı ilave edilen örnek grubunda tespit edilmiştir ($P<0,05$). Farklı mantar türlerinin kullanımının, 4,8-DiMeIQx bileşiği bakımından mikrodalga fırında pişirilen örnekler arasında önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı, bunun yanında tavada pişirilen örnekler arasında önemli düzeyde farklılığın ($P<0,05$) olduğu belirlenmiştir. KGT örneğinin 4,8-DiMeIQx değeri, KMT örneğine kıyasla önemli düzeyde düşük saptanmıştır ($P<0,05$).

Piştirme yöntemi farklılıkları örneklerin 4,8-DiMeIQx değerleri üzerinde önemli düzeyde farklılığa neden olmuştur. Mikrodalga ile pişirilen kontrol örnek grubunun 4,8-DiMeIQx değeri, tavada pişirilen kontrol örnek grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Mantar ilave edilen örnek gruplarında ise tavada pişirilen örnek gruplarının 4,8-DiMeIQx değerlerinin, mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarına kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Farklı et ürünlerinde 4,8-DiMeIQx miktarları, dana eti örneklerinin tavada pişirilmesi ile 0,01-2,6 ng/g arasında (Ni et al., 2008), dana köfte örneklerinin kızartılması ile 1,1 ng/g (Gibis 2009), dana köfte örneklerinin kızartılması ile 0,2 ng/g (Gibis and Weiss, 2010), dana etinin kızartılması ile 0,33 ng/g (Puangsombat et al., 2012), dana eti örneklerinin ızgarada pişirilmesi ile 4,95 ng/g (Oz and Yuzer, 2016), kuzu eti örneklerinin derin yağda kızartılması ile 3,69 ng/g (Guo et al., 2014) olarak tespit edilmiştir. Özçetin (2021) tarafından yaprak et döner örneklerinin odun ateşinde farklı parametreler ile pişirilmesi sonucunda oluşan 4,8-DiMeIQx miktarlarının 14,223-30,669 ng/g arasında değiştiği belirtilmiştir. Zhang et al. (2022c) tarafından yapılan bir çalışmada, sakkaroz ve yeşil çay yaprakları ile farklı oranlarda (40:0, 39,5:0,5, 39:1, 38,5:1,5 w/w) tütülenen tavuk baget örneklerinde HCA bileşiklerinin oluşum miktarları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda tütülenen örnek grupları ile kontrol grubunun IQ değerleri arasında önemli düzeyde farklılık olmadığı, MeIQx bileşiğinin tütüleme işlemi uygulanan örnek gruplarında kontrol grubuna kıyasla daha düşük miktarda olduğu bildirilmiştir.

KGM ve KMM örnek gruplarının DAD dedektörü ile tespit edilen kromatogram görüntüleri sırasıyla Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.21. KGM örnek grubuna ait DAD dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı



Şekil 4.22. KMM örnek grubuna ait DAD dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı

Örneklerdeki, floresans dedektörü ile tespit edilen PhIP, norharman ve harman bileşiklerinin miktarları Çizelge 4.10’da yer almaktadır.

Çizelge 4.10. PhIP, norharman, harman bileşiklerinin miktarları

Örnek Grupları	PhIP (ng/g)	Norharman (ng/g)	Harman (ng/g)
KM	1,38±0,04 ^c	2,80±0,14 ^c	2,68±0,05 ^{bc}
KT	0,91±0,02 ^b	1,95±0,51 ^b	2,52±0,03 ^{ab}
KGM	0,55±0,02 ^a	1,04±0,01 ^a	2,28±0,02 ^a
KGT	0,57±0,01 ^a	1,69±0,06 ^{ab}	3,39±0,05 ^d
KMM	0,87±0,00 ^b	1,14±0,03 ^a	2,27±0,12 ^a
KMT	0,93±0,16 ^b	1,90±0,06 ^b	2,94±0,22 ^c

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-d}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Köfte örneklerinin PhIP miktarlarının 0,55-1,38 ng/g arasında değiştiği saptanmıştır. Formülasyonlarına mantar eklenen ve mikrodalga fırında pişirilen örneklerin PhIP değerleri, mikrodalga fırında pişirilen kontrol örneğine kıyasla önemli düzeyde düşük saptanmıştır ($P<0,05$). Mikrodalga ile pişirilen örnek grupları değerlendirildiğinde en düşük PhIP değeri kuzugöbeği mantarı ilave edilen örnek grubunda, en yüksek PhIP değeri ise kontrol grubunda tespit edilmiştir ($P<0,05$). Mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarında mantar tozu ilavesi ile PhIP miktarının azaldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Tavada pişirilen örnek grupları incelendiğinde ise, en düşük PhIP değeri kuzugöbeği mantarı ilave edilen örnek grubunda saptanmıştır ($P<0,05$). Tavada pişirilen kontrol grubu ile tavada pişirilen kanlıca mantarı ilaveli örnek grubunun PhIP değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Pişirme yöntemi farklılığı, mantar ilave edilen örnek gruplarında önemli bir farklılığa neden olmamıştır ($P>0,05$). Bununla birlikte kontrol gruplarında mikrodalga ile pişirilen örneğin PhIP değeri, tavada pişirilen örneğe göre istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$).

HCA bileşiklerinin vücuda alımı üzerine yapılan çalışmada, PhIP alımının 285,5 ile 457 ng/g arasında değiştiği bildirilmiştir. PhIP bileşiğinin vücut kütlesine oranla alımının 7 ng/kg olduğu tahmin edildiği belirtilmiştir (U.S. Department of Health and Human Services, 2016). Yapılan başka çalışmalarda PhIP içeriğinin, köfte örneklerinin kızartılması ile sırasıyla 0,1-0,2 ng/g (Gibis and Weiss, 2010), dana etinin kızartılması ile 5,27 ng/g (Puangsombat et al., 2012), dana biftek örneklerinin ızgarada pişirilmesi ile 6,24 ng/g (Oz and Yuzer, 2016) olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Özçetin (2021) tarafından yaprak et döner örneklerinin odun ateşinde farklı parametreler ile pişirilmesi sonucunda oluşan PhIP içeriğinin 15,109-15,294 ng/g arasında değiştiği belirtilmiştir.

Örneklerin norharman değerleri 1,04-2,80 ng/g arasında belirlenmiştir. Teng et al. (2022b), tavuk köfte örneklerinde fırında 20dk pişirme işlemi ile norharman değerlerinin 1,77 ng/g olarak tespit edildiği bildirilmiştir (Teng et al., 2022b). Mantar ilave edilen ve mikrodalga ile pişirilen örnek gruplarının norharman değerleri kontrol grubunun norharman değerine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşük saptanmıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte mantar ilave edilen ve tavada pişirilen örnek gruplarının norharman değerleri ile kontrol örneğinin norharman değeri arasındaki farklılığın önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Farklı mantar türlerinin kullanımı, norharman değeri üzerinde önemli düzeyde bir farklılık oluşturmamıştır ($P>0,05$).

Farklı pişirme yöntemlerinin norharman miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, KM örnek grubunun norharman değerinin KT örnek grubuna kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Pişirme yöntemi farklılığının, kuzugöbeği mantarı ilave edilen örnek gruplarının norharman miktarı üzerinde önemli düzeyde etkili olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Bununla birlikte, Kanlıca mantarı ilave edilen örnek gruplarında ise KMT örnek grubunun norharman değeri, KMM örnek grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Örneklerin harman miktarları 2,27-3,39 ng/g arasında belirlenmiştir. Örneklere mantar ilavesinin harman bileşiği miktarı üzerine etkisinin uygulanan pişirme yöntemine göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Mikrodalga fırında

pişirilen örneklerde mantar ilavesi ile kontrol örneğine kıyasla harman miktarının azaldığı, tavada pişirilen örneklerde ise mantar ilavesi ile kontrol örneğine kıyasla harman miktarının arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Zhang et al. (2022c) tarafından yapılan bir çalışmada, sakkaroz ve yeşil çay yaprakları ile farklı oranlarda (40:0, 39,5:0,5, 39:1, 38,5:1,5 w/w) tütsülen tavuk baget örneklerinde HCA bileşiklerinin oluşum miktarları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda yeşil çay yaprağı oranındaki artış ile harman bileşiği miktarının 5,76 ng/g'dan 18,88 ng/g'a, norharman bileşiği miktarının 43,15 ng/g'dan 128,46 ng/g'a yükseldiği bildirilmiştir. Pişirme yöntemi farklılığının örneklerdeki harman miktarı üzerine etkisi değerlendirildiğinde, mantar ilave edilen örnek gruplarında tavada pişirme işleminin mikrodalga ile pişirme işlemine göre daha yüksek harman bileşiği oluşumuna neden olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). Kontrol grupları karşılaştırıldığında ise, pişirme yönteminin harman miktarı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Dana köfte örneklerinin kızartılması ile norharman ve harman değerleri sırasıyla 0,2-0,9 ve 0,7-1,7 ng/g arasında (Gibis and Weiss, 2010), kuzu eti örneklerinin fırında pişirilmesi ile norharman ve harman değerlerinin sırasıyla 0,09-0,23 ve 0,09-0,43 ng/g arasında (Xiao et al., 2020) ve yaprak et döner örneklerinin harman değerlerinin 6,351-6,794 ng/g arasında değiştiği bildirilmiştir.

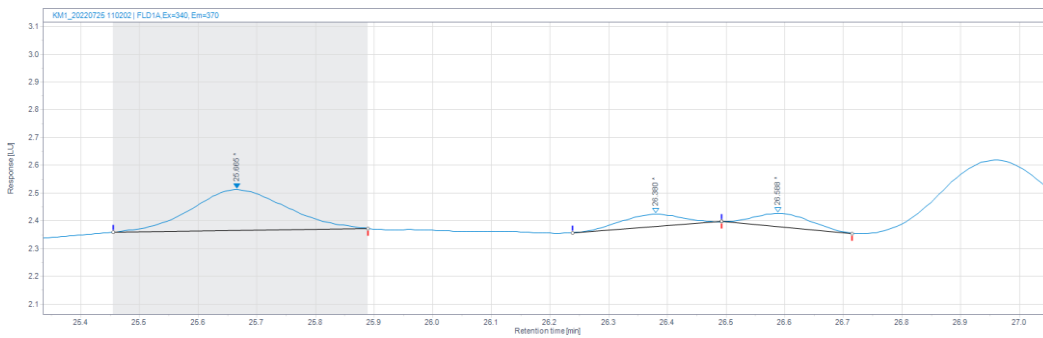
Mikrodalga fırın ile pişirme işleminin geleneksel yöntemlere kıyasla 10 kat daha hızlı gerçekleşmektedir (Anoopkumar et al., 2022). Bununla birlikte ürün içerisinde soğuk noktalar kalabilmektedir (Çoksaygılı, 2008). Tez çalışması kapsamında üretilen ve mikrodalga fırın ile pişirilen tavuk köftesi örneklerinin bütününe güvenli sıcaklığa ulaşması amacıyla tavada pişirilen örnekler ile aynı sürede pişirme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu nedenle farklı pişirme yöntemi uygulanan kontrol grubu örneklerinde PhIP, norharman ve istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte harman bileşiklerinin mikrodalga fırın ile pişirilen kontrol grubunda tavada pişirilen kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Mikrodalga ile pişirme işlemi polar moleküller arasında meydana gelen sürtünmelerden kaynaklı sıcaklığının artması prensibine dayanmaktadır (Platts, 1991; Stephen, 1997; Bozkır vd., 2014). Bu bilgidan yola çıkarak KM örnek grubunun PhIP bileşik miktarının KT örnek grubundan daha yüksek olması, polar yapıda olan PhIP bileşiğinin mikrodalga fırın ile pişirme

prensibinden etkilenecek olduğu noktalarda ısı üretiminde rol oynaması ile ilişkilendirilmiştir.

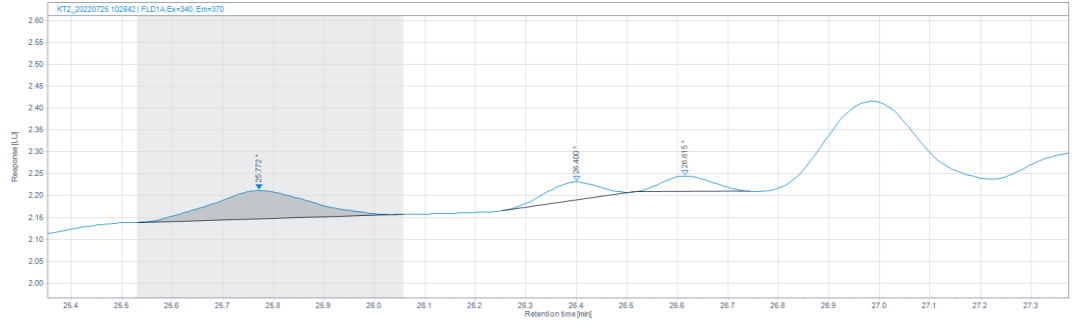
KM örnek grubunun ortalama sıcaklık değeri (82,5°C) diğer örnek gruplarından daha düşük olmakla birlikte PhIP ve norharman bileşiği miktarı diğer örnek gruplarına kıyasla daha yüksek tespit edilmiştir.

Mikrodalga gıdaların pişirilmesi, pastörizasyonu, enzimlerin inaktive edilmesi, ön ısıtılması amacıyla kullanıldığı gibi kurutma ve çözündürme amacıyla da gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (İçier ve Yıldız, 2005). Kurutma temel olarak gıdadan suyun uzaklaştırılması anlamına gelmektedir ve mikrodalga fırında suyun hareketi geleneksel yöntemlerle benzerlik göstermekle birlikte daha hızlı gerçekleşmektedir (Dadalı et al., 2007). Mikrodalga fırın ile pişirilen örnek gruplarının nem, pH ve pişme verimi değerlerinin tavada pişirilen örnek gruplarına kıyasla daha düşük olması sonuçlarına dayanarak, HCA öncü bileşiklerinin su ile örnek yüzeyine doğru ilerlediği ve bu nedenle tavada pişirilen örnek grubundan daha yüksek PhIP ve norharman bileşiği olduğu düşünülmektedir.

KM ve KT örnek gruplarının floresans dedektörü ile tespit edilen kromatogram görüntüleri sırasıyla Şekil 4.23 ve 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.23. KM örnek grubuna ait floresans dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı



Şekil 4.24. KT örnek grubuna ait floresans dedektörde ölçümü gerçekleştirilen HCA bileşiklerinin kromatogramı

Tavuk köftesi örneklerindeki toplam HCA (IQ, MeIQx, 4,8- DiMeIQx, PhIP, norharman ve harman) miktarları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Tavuk köftesi örneklerindeki toplam HCA (IQ, MeIQx, 4,8- DiMeIQx, PhIP, norharman ve harman) miktarları

Örnek Grupları	Toplam HCA Miktarı (ng/g)
KM	40,60±0,03 ^c
KT	33,62±0,01 ^a
KGM	36,22±0,02 ^b
KGT	42,70±0,01 ^d
KMM	48,00±0,01 ^e
KMT	52,92±0,04 ^f

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-f}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Köfte örneklerinin toplam HCA miktarları 33,62-52,92 ng/g arasında tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, hindi göğüs ve but etinin farklı yöntemler ile pişirilmesi sonucunda (haşlama, tavada yağsız kızartma, derin yağda kızartma, ısıtıcı plaka üzerinde kızartma, fırında pişirme ve mikrodalga fırında pişirme) HCA miktarları belirlenmiştir. Göğüs etinin pişirilmesi sonucu toplam HCA miktarı 2,90-52,34 ng/g, but etinin pişirilmesi sonucu toplam HCA miktarı ise

2,38-21,35 ng/g arasında saptanmıştır. Göğüs etinde en düşük toplam HCA miktarı mikrodalga fırın ile pişirilen örnek grubunda, en yüksek toplam HCA miktarları ise sırasıyla derin yağda kızartma ve fırında pişirme işlemi uygulanan örnek gruplarında tespit edilmiştir (Yüzer, 2015).

Örneklere mantar ilavesinin toplam HCA miktarı üzerine etkisi değerlendirildiğinde, Kuzu göbeği mantarı eklenen ve mikrodalga fırında pişirilen KGM örneğinin toplam HCA miktarının, kontrol örneği olan KM örneğine kıyasla %10,79 oranında daha düşük olduğu belirlenmiştir. Diğer örnek gruplarının toplam HCA miktarının ise aynı pişirme işlemi uygulanan kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Mikrodalga ile pişirilen örnek grupları içinde en yüksek toplam HCA miktarı kanlıca mantarı ilave edilen örnek grubunda, en düşük toplam HCA miktarı ise kuzugöbeği mantarı ilave edilen örnek grubunda saptanmıştır ($P<0,05$). Tavada pişirilen örnek gruplarında ise, mantar ilave edilen örnek gruplarının toplam HCA değeri, kontrol grubundan istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Pişirme yöntemi farklılıkları değerlendirildiğinde; mikrodalga ile pişirilen kontrol grubunun toplam HCA miktarının, tava ile pişirilen kontrol grubundan önemli düzeyde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Mantar tozu ilave edilen örnek gruplarında ise tavada pişirme işleminin, mikrodalga fırında pişirme işlemine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek HCA oluşumuna neden olduğu saptanmıştır ($P<0,05$).

Oz et al., (2010) tarafından farklı pişirme yöntemlerinin (mikrodalga, fırın, ızgara, tavada kızartma ve barbekü) ve pişirme seviyelerinin (az, orta, iyi, çok iyi) tavuk ve balık etinde HCA oluşumu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada; çok iyi derecede mikrodalga fırında pişirme işlemi uygulanan tavuk ve balık örneklerinin en yüksek toplam HCA miktarına sahip olduğu belirtilmiştir. Mikrodalga fırın ile pişirilen tavuk eti örneklerinin az, orta, iyi, çok iyi pişme seviyelerindeki toplam HCA miktarları sırasıyla 0,25 ng/g, 0,24 ng/g, 1 ng/g, 8,21 ng/g, tavada pişirilen tavuk eti örneklerinin toplam HCA miktarları sırasıyla 0,96 ng/g, 0,9 ng/g, 5,82 ng/g, 2,83 ng/g tespit edilmiştir.

Farklı pişirme yöntemlerinin (tavada pişirme, derin yağda kızartılmış, mangalda pişirme, fırında pişirme) ve farklı pişirme sıcaklıklarının (175°C, 225°C) keçi köfte örneklerindeki HCA miktarı üzerine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada ise, iki pişirme sıcaklığında da en düşük HCA oluşumunun tavada pişirme yöntemi ile sağlandığı bildirilmiştir (Khan et al., 2019). Benzer şekilde Carvalho et al., (2015), tavada pişirme işlemi uygulanan örnek gruplarının HCA miktarının, mikrodalga ile pişirilen örnek gruplarından önemli düzeyde daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, hindi göğüs ve but etinin farklı yöntemler ile pişirilmesi sonucunda (haşlama, tavada yağsız kızartma, derin yağda kızartma, ısıtıcı plaka üzerinde kızartma, fırında pişirme ve mikrodalga fırında pişirme) HCA miktarları belirlenmiştir. Göğüs etinde en düşük toplam HCA miktarının mikrodalga fırında pişirme ile, but etinde en düşük toplam HCA miktarının ise ısıtıcı plakada pişirme yöntemi ile sağlandığı bildirilmiştir (Yüzer, 2015). Araştırmalar sonucunda pişmiş et ürünlerinin toplam HCA miktarlarının 1-500 ng/g arasında değiştiği, bununla birlikte genellikle 100 ng/g'dan az olduğu bildirilmiştir (U.S. Department of Health and Human Services, 2016). Liao ve ark (2010) tarafından yapılan çalışmada, kömür ızgarada pişirilmiş tavuk göğsü örneklerinin toplam HCA içerdiği 112 µg/g ile en yüksek HCA içeriğine sahipken, farklı pişirme yöntemleri ile pişirilmiş tavuk eti örneklerinde oluşan toplam HCA miktarları sırasıyla; tavada kızartma 27,4 µg/g, derin yağda kızartma 21,3 µg/g, rosto pişirme sonucunda ise 4 µg/g olarak tespit edilmiş.

Pek çok çalışmada, mantarların antioksidan aktivitesinin toplam fenolik içeriği ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Ren ve ark., 2014; Lin ve ark., 2015; Smolskaitė ve ark., 2015). Fenolik bileşikler, sahip oldukları hidroksil grupların süpürme kabiliyetleri sayesinde antioksidan etkiye doğrudan katkıda bulunan önemli bileşenlerdir. Kır (2018) yaptığı çalışmada kanlıca mantarının sarıkız ve findık mantarından daha yüksek olduğunu ve antioksidan aktivite göstererek zararlı reaksiyonları inhibe edebilecek yeterlilikte olduğunu bildirmiştir. Çalışmada kanlıca mantarında bulunan fenolik bileşiklerden pirogallon 415,59 mg/kg, gallik asit 0,60 mg/kg, p-hidroksi benzoik asit 0,55 mg/kg, kateşin 2,13 mg/kg, trans sinnapik asit 1,50 mg/kg, benzoik asit 12,06 mg/kg, resveratrol 3,28 mg/kg, kafeik asit 0,29 mg/kg, kumarik asit 0,17 mg/kg, trans sinnamik asit 1,70 mg/kg, vanilik asit 0,05 mg/kg, toplam fenolik madde miktarı 437,92 mg/kg, β-

karoten miktarı 0,105 mg/g kuru ekstrakt, likopen miktarı 0,028 mg/g kuru ekstrakt, askorbik asit miktarı 0,147 mg/kuru ekstrakt olarak tespit edilmiştir.

2,26 mg GAE /g kuru ekstrakt fenolik madde miktarına sahip olan kuzugöbeği mantarı (Çolak, 2019) ve 5.338 mg GAE /g kuru ekstrakt fenolik madde miktarına sahip olan kanlıca mantarının (Kır, 2018), dereotu (1,865 mg GAE /g kuru ekstrakt), semizotu (1,319 mg GAE /g kuru ekstrakt), maydanoz (1,826 mg GAE /g kuru ekstrakt), kuzukulağı (1,605 mg GAE /g kuru ekstrakt), roka (1,52 mg GAE /g kuru ekstrakt), tere (1,261 mg GAE /g kuru ekstrakt) ve radikadan (1,091 mg GAE /g kuru ekstrakt) daha yüksek fenolik madde miktarına sahiptir (Karadağ vd., 2012).

Güzel (2019) tarafından yapılan çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%0,25, %0,5 ve %1) reishi mantarı ekstraktı farklı yöntemlerle (yüzeye serpmeye ve içine karıştırma) dana köfte örneklerine eklenmiş ve iki farklı pişirme sıcaklığında (150°C ve 190°C) derin yağda kızartma işlemi uygulanarak HCA oluşumunu azaltıcı etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, mantar ekstraktının içine karıştırma yöntemi ile köftelere eklendiği örnek gruplarının HCA miktarının, her iki pişirme sıcaklığında da kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tez çalışmasından elde edilen toplam HCA miktarları değerlendirildiğinde, kuzugöbeği mantarının kanlıca mantarına kıyasla daha düşük fenolik madde içermesine rağmen tavuk köftesi örneklerinde HCA oluşumunu engellemede daha etkili olduğu görülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda farklı oranlarda mantarların denendiği ve fenolik maddelerin tespitine dayanan çalışmalara ihtiyaç duyulduğu söylenebilmektedir. Bununla birlikte kanlıca mantarı ilave edilen örnek gruplarının aynı pişirme işlemi uygulanan kontrol gruplarına kıyasla daha düşük nem içeriğine sahip olmasından yola çıkarak, nem kaybı ile birlikte fenolik bileşiklerin bir kısmının yapıdan uzaklaşarak kontrol HCA oluşumunu engellemede etkili olamadığı düşünülmektedir. KT örnek grubunun en yüksek maksimum sıcaklık değerine sahip olmasına karşılık en düşük toplam HCA miktarını içermektedir.

4.2.10 Duyusal değerlendirme

Örneklerin duyusal değerlendirme analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Köfte örneklerinin görünüm değerinin 6,35-7,70, renk değerinin 6,05-7,35, doku değerinin 6,15-7,05, lezzet değerinin 6,30-8,55 ve genel kabul değerinin 6,35-7,90 arasında değiştiği saptanmıştır.

Çizelge 4.12. Tavuk köftesi örneklerine ait duyusal değerlendirme puanları

Örnek Grupları	Görünüm	Renk	Doku	Lezzet	Genel Kabul
KM	6,40±0,18 ^a	6,65±0,13 ^a	6,15±0,23 ^a	6,40±0,27 ^a	6,45±0,21 ^a
KT	6,55±0,11 ^a	6,65±0,13 ^a	7,00±0,16 ^b	6,35±0,24 ^a	6,35±0,11 ^a
KGM	7,50±0,20 ^b	7,30±0,23 ^b	6,35±0,17 ^a	8,55±0,11 ^d	7,90±0,14 ^c
KGT	7,70±0,19 ^b	7,35±0,30 ^b	7,05±0,17 ^b	7,85±0,13 ^c	7,65±0,24 ^c
KMM	6,35±0,15 ^a	6,05±0,20 ^a	6,40±0,18 ^a	7,25±0,18 ^b	7,10±0,14 ^b
KMT	6,45±0,11 ^a	6,15±0,17 ^a	7,05±0,19 ^b	6,30±0,16 ^a	7,00±0,13 ^b

*Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. ^{a-d}: Örnek grupları arasındaki istatistiksel farklılıklar farklı harflerle gösterilmiştir ($P<0,05$). KM: Mikrodalga fırında pişirilen kontrol grubu, KT: Tavada pişirilen kontrol grubu, KGM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KGT: Tavada pişirilen ve kuzugöbeği mantarı tozu içeren örnek grubu, KMM: Mikrodalga fırında pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu, KMT: Tavada pişirilen ve kanlıca mantarı tozu içeren örnek grubu.

Kanlıca mantarı tozu ilave edilen örnek gruplarının görünüm ve renk puanları ile kontrol gruplarının puanları arasındaki farklılığın önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$). Kuzugöbeği mantarı tozu ilave edilen köfte örneklerin görünüm ve renk puanlarının, kanlıca mantarı ilave edilen köfte örneklerine ve kontrol örnek gruplarına kıyasla önemli düzeyde daha yüksek olduğu, panelistler tarafından daha çok beğenildiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Pişirme yöntemi farklılığının örneklerin görünüm ve renk puanları üzerine etkisinin, önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$).

Mantar tozu ilavesinin örneklerin doku puanları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Bununla

birlikte pişirme yöntemi örneklerin doku puanları üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. Tavada pişirilen örnek gruplarının doku puanları, mikrodalga fırında pişirilen örnek gruplarına kıyasla önemli düzeyde yüksek belirlenmiştir ($P<0,05$).

Örnek formülasyonlarında mantar tozu kullanımının ürün lezzetini geliştirdiği gözlenmiştir. KMT örneği dışında mantar ilaveli tüm örneklerin lezzet puanlarının kontrol örneklerine kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). KMT örneğinin lezzet puanının kontrol örnekleri ile benzer olduğu, istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Mantar türleri örneklerin lezzet özelliği üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. Kuzugöbeği mantarı ilaveli örneklerin lezzet puanları aynı pişirme yöntemi uygulanan Kanlıca mantarı ilaveli örneklerin lezzet puanlarına kıyasla önemli düzeyde yüksek saptanmıştır ($P<0,05$). Pişirme yöntemi farklılığının kontrol gruplarında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$). Bununla birlikte mantar tozu ilave edilen örnek gruplarında ise mikrodalga ile pişirilen örnek gruplarının (KGM, KMM) lezzet puanları tavada pişirilen örnek gruplarına (KGT, KMT) kıyasla önemli düzeyde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Tavuk köftesi formülasyonlarında mantar tozu kullanımı örneklerin genel kabul puanlarında kontrol örneklerine göre önemli düzeyde artışa neden olmuştur ($P<0,05$). En yüksek genel kabul puanları sırasıyla kuzugöbeği mantarı ve kanlıca mantarı ilave edilen örnek gruplarında, en düşük genel kabul puanları ise kontrol örneklerinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Pişirme yöntemi farklılığının örneklerin genel kabul puanları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$).

Mantar tozu ilavesi ile tavuk köftesi örneklerinin duyu özelliklerinin geliştirilebildiği gözlemlenmiştir. Benzer şekilde; *Lentinus edodes* ununun frankfurter sosis üretiminde (Pil-Nam et al., 2015) ve tavuk nugget üretiminde (Akesowan, 2016) örneklerin duyu özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir. Yapılan bir çalışmada, *Agaricus bisporus* mantarının %2,5 oranında köfte üretiminde kullanımı ile genel kabul puanlarının kabul edilebilir seviyede olduğu bildirilmiştir (Ceron-Guevara et al., 2019). Chun ve ark. (2005) tarafından yapılan

bir çalışmada, domuz köfte üretiminde %0, %2, %4 ve %6 (w/w) oranlarında *Shiitake* mantarı tozu ve %0, %0,5 (w/w) oranlarında fosfat kullanımının Koreli ve Amerikan tüketicilerin duyusal kabul edilebilirlik tercihleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda fosfat eklenmeyen örnek grupları değerlendirildiğinde hem Koreli hem de Amerikan tüketiciler tarafından mantar katkılı köftelerin kabul edilebilirliklerinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dana burger formülasyonlarında farklı oranlarda (%5, %12,5 ve %20) *Shiitake* mantarı kullanımının araştırıldığı bir çalışmada, %20 oranında mantar ilave edilen örnek grubunun en yüksek genel kabul puanlarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Mattar et al., 2018).

Bununla birlikte, geleneksel Türk sucuğu üretiminde *Agaricus blazei* unu ile örneklerin görünüm puanlarının (Gençcelep, 2012), köfte üretiminde *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* unları miktarının artışı ile örneklerin renk, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel kabul edilebilirlik puanlarının (Süfer et al., 2016), sosis üretiminde *Pleurotus ostreatus* unu kullanımı ile örneklerin doku, lezzet ve genel kabul puanlarının (Boylu, 2018), köfte üretiminde *Agaricus bisporus* kullanımının örneklerin renk, lezzet, doku, sululuk ve genel kabul puanlarının (Wong et al., 2019) düştüğü bildirilmiştir. Literatürde, et ürünlerine farklı mantarların eklenmesinin örneklerin duyusal değerlendirme puanlarında önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı raporlandığı çalışmalar da yer almaktadır (Jo et al., 2018; Özünlü and Ergezer, 2020).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında elde edilen sonuçlar, kuzugöbeği ve kanlıca mantarı tozlarının tavuk köftesi formülasyonlarında kullanımının ve farklı pişirme yöntemlerinin uygulanmasının ürün özellikleri üzerinde farklı şekilde ve önemli düzeyde etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Farklı mantar tozu katkılarının, üründe oluşan HCA bileşiklerini (IQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, norharman ve harman) aynı şekilde etkilemediği gözlenmiştir. Kuzugöbeği mantarı ilaveli ve mikrodalga fırında pişirilen örnek grubunun toplam HCA miktarı, kontrol örneğine kıyasla daha düşük saptanmıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte diğer örnek gruplarında mantar tozu kullanımına bağlı olarak pişirme yöntemlerinin uygulanması sonucunda toplam HCA içeriklerinde bir azalma gerçekleşmemiştir. Pişirme yöntemi mantar katkılı örneklerde HCA bileşiklerinin oluşumu üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. Mantar ilave edilen örneklerde mikrodalga fırında pişirme yönteminin tavada pişirme yöntemine kıyasla daha düşük miktarda toplam HCA oluşumuna neden olduğu saptanmıştır ($P<0,05$).

Tavuk köftesi formülasyonlarında kuzugöbeği ve kanlıca mantarı tozları kullanımı ürün duyusal özelliklerini geliştirmiştir. Formülasyonlarında mantar kullanılan örneklerin genel beğeni puanları kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek saptanmıştır ($P<0,05$).

Köfte formülasyonunda %4 oranında kuzugöbeği mantarı tozu kullanımı ile, ürün özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmeden, oksidasyonun yavaşlatılmasının, duyusal özelliklerin geliştirilmesinin, toplam HCA içeriğinin düşürülmesinin mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır. Ürün özelliklerini geliştirmek amacıyla, farklı mantar tozlarının doğal bir katkı olarak tavuk köftesi üretiminde kullanımıyla ilgili araştırmaların arttırılması ile daha sağlıklı ve güvenilir ürün eldesi gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdeldaiem, M.H.M., Ali, H.G.M., and Hassanien, M.F.R.,** 2016, Extending the shelf life of refrigerated beef balls using methanol extracts of gamma-irradiated mushrooms, *Fleischwirtschaft International*, 5:62–68 pp.
- Adeyeye, S.A.O. and Ashaolu, T.J.,** 2021, Heterocyclic amine formation and mitigation in processed meat and meat products: A mini-review, *Journal of Food Protection*, 84(11), 1868-1877.
- Aeenehvand, S., Toudehrousta, Z., Kamankesh, M., Mashayekh, M., Tavakoli, H. R. and Mohammadi, A.,** 2016, Evaluation and application of microwave-assisted extraction and dispersive liquid–liquid microextraction followed by high-performance liquid chromatography for the determination of polar heterocyclic aromatic amines in hamburger patties, *Food Chemistry*, 190, 429-435.
- Agarwal, S. and Fulgoni, V.L.,** 2021, Nutritional impact of adding a serving of mushrooms to USDA Food Patterns—a dietary modeling analysis, *Food and Nutrition Research*, 65.
- Agrahar Murugkar, D. and Subbulakshmi, G.,** 2005, Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya, *Food Chemistry*, 89(4): 599- 603.
- Ahmad, M.F.,** 2018, *Ganoderma lucidum*: Persuasive biologically active constituents and their health endorsement, *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 107, 507-519.
- Ajmal, M., Akram, A., Ara, A., Akhund, S. and Nayyar, B.G.,** 2015, *Morchella esculenta*: An edible and health beneficial mushroom, *Pakistan Journal of Food Sciences*, 25(2), 71-78.
- Akesowan, A.,** 2016, Production and storage stability of formulated chicken nuggets using konjac flour and shiitake mushrooms, *Journal of Food Science and Technology*, 53(10): 3661–3674 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Akkari, E., Chevallier, S. and Boillereaux, L.,** 2005, A 2D non-linear “grey-box” model dedicated to microwave thawing: Theoretical and experimental investigation, *Computers and Chemical Engineering* 30: 321–328.
- Aksel Efe, A.,** 2019, Kurutulmuş kültür mantarının (*Agaricus bisporus*) sosis üretiminde kullanımının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 72s.
- Alaejos, M.S. and Afonso, A.M.,** 2011, Factors that affect the content of heterocyclic aromatic amines in foods, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(2), 52-108pp.
- Alaejos, M.S., Pino, V. and Afonso, A.M.,** 2008, Metabolism and toxicology of heterocyclic aromatic amines when consumed in diet: Influence of the genetic susceptibility to develop human cancer A review, *Food Research International*, 41(4), 327-340.
- Albertó, E.,** 2017, Naturally occurring strains of edible mushrooms: a source to improve the mushroom industry, *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, 415-425.
- Alday, J.G., Bonet, J.A., Oria-de-Rueda, J.A., Martínez-de-Aragón, J., Aldea, J., Martín-Pinto, P., de-Miguel, S., Hernández-Rodríguez, M. and Martínez-Peña, F.,** 2017, Record breaking mushroom yields in Spain, *Fungal Ecology*, 26, 144-146.
- Alkm, M.,** 2017, Türkiye’de kültürü yapılan ve doğal yenilebilir mantarların antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 108s.
- Allı, H., Şen İ. and Altuntaş, D.,** 2016, Macrofungi of İznik province, *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 25(1), 7-24.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ali, M.M., Hashim, N., Abd Aziz, S. and Lasekan, O.,** 2020, Emerging non-destructive thermal imaging technique coupled with chemometrics on quality and safety inspection in food and Agriculture, *Trends in Food Science and Technology*, 105, 176-185.
- Alnoumani, H., Ataman, Z. A., and Were, L.,** 2017, Lipid and protein antioxidant capacity of dried *Agaricus bisporus* in salted cooked ground beef, *Meat Science*, 129:9–19 pp.
- Altuntaş, D., Allı, H., Kaplaner, E., ve Öztürk, M.,** 2016, Bazı *Lactarius* türlerinin yağ asidi bileşenlerinin ve makrobesinsel özelliklerinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 4(3): 216-220.
- Alves, M. J., Ferreira, I. C., Dias, J., Teixeira, V., Martins, A. and Pintado, M.,** 2012, A review on antimicrobial activity of mushroom (*Basidiomycetes*) extracts and isolated compounds, *Planta Medica*, 78(16), 1707-1718.
- Anke, T.,** 1978, Antibiotika aus Basidiomyceten, *Zeitschrift für Mykologie*.
- Anonim,** 2018, <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/2664-fungal-life-cycles-sporesand-more%20URL%202018> Fungal life cycles – Spores and more.
- Anonim,** 2023a, Kanlıca mantarı, <https://www.dogalmantarlar.com/kanlica-mantari-ve-ozellikleri/>. Erişim Tarihi: 14.04.2023.
- Anonim,** 2023b, Kuzu göbeği mantarı, <https://www.yasemin.com/saglik/haber/2973868-kuzu-gobegi-mantarinin-faydalari-nelerdir-kuzu-gobegi-mantari-nasil-tuketilir>. Erişim Tarihi: 14.04.2023.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Anonim, 2023c, Mikrodalga fırını oluşturan bölümler, https://www.google.com/search?q=mikrodalga+f%C4%B1r%C4%B1n%C4%B1+olu%C5%9Fturun+b%C3%B6l%C3%BCmler&sca_esv=556106327&rlz=1C1CHZN_trTR968TR968&tbm=isch&sxsrf=AB5stBjyA3HT8DZozrzeGXDuUAuJp0Qc_A:1691797260433&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEwj4t_X149WAAxVAavEDHWqxBXIQ_AUoAnoECAIQBA&biw=1366&bih=619&dpr=1#imgsrc=CH5rIjEi54m09M . Erişim Tarihi: 11.0.2023.

Anonymous, 1979, Tekator Manual Kjeltec System, 1002, Sweden.

Anoopkumar, A. N., Reshmy, R., Aneesh, E. M., Madhavan, A., Kuriakose, L. L., Awasthi, M. K., Pandey, A., Binod, P. and Sindhu, R., 2022, Progress and challenges of Microwave-assisted pretreatment of lignocellulosic biomass from circular bioeconomy perspectives, *Bioresource Technology*, 128459.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis, 15th Edn. Ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

AOAC, 2000, Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 17th edition, AOAC International, Maryland, USA.

AOAC, 2006, Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 18th edition, AOAC International, Washington, USA.

Arguelo, N.N., García, E.R.M., Ferreira de Lara, J.A. and Ferraz, A.L.J., 2016, Physicochemical characteristics and lipid oxidation of chicken inner fillets subjected to different thermal processing types, *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(3): 443-450.

Atalay, D., 2015, Konveksiyonel ve mikrodalga metotlar ile kurutulan mantarın (*Agaricus bisporus*) optimizasyon koşullarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 144s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Augustsson, K., Lindblad, J., Overvik, E. and Steineck, G.,** 1999, A population-based dietary inventory of cooked meat and assessment of the daily intake of food mutagens, *Food Additives and Contaminants*, 16(5), 215-225.
- Aursuwanna, T., Noitang, S., Sangtanoo, P., Srimongkol, P., Saisavoey, T., Puthong, S., Reamtong, A. and Karnchanatat, A.,** 2022, Investigating the cellular antioxidant and anti-inflammatory effects of the novel peptides in lingzhi mushrooms, *Heliyon*, 8(10), e11067.
- Awney, H.,** 2011, The effect of green tea and olive oil on the mutagenic activity of heterocyclic amines extracted from common food consumed in Saudi Arabia, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(3), 295-302.
- Ba, H.V., Seo, H., Cho, S., Kim, Y., Kim, J., Ham, J., Park, B. and PilNam, S.,** 2017, Effects of extraction methods of shiitake by-products on their antioxidant and antimicrobial activities in fermented sausages during storage, *Food Control*, 79, 109-118pp.
- Ba, D.M., Ssentongo, P., Beelman, R.B., Muscat, J., Gao, X. and Richie, J.P.,** 2021, Higher mushroom consumption is associated with lower risk of cancer: A systematic review and meta-analysis of observational studies, *Advances in Nutrition*, 12(5), 1691-1704.
- Bahar, O., Özdemir, Ö. and Akyürek, S.,** 2020, Yeşilüzümlü kuzugöbeği mantar ve dastar festivali'nin kırsal kalkınma ve kültürel değerler üzerindeki rolü, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 21(46), 131-159.
- Balogh, Z., Gray, J.I., Gomaa, E.A. and Booren, A.M.,** 2000, Formation and inhibition of heterocyclic aromatic amines in fried ground beef patties, *Food and Chemical Toxicology*, 38(5), 395-401.
- Ban, G.H., Kim, B.K., Kim, S.R., Rhee, M.S. and Kim, S.A.,** 2022, Bacterial microbiota profiling of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) based on cultivation methods and distribution channels using high-throughput sequencing, *International Journal of Food Microbiology*, 382, 109917.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Banerjee, D.K., Das, A.K, Banerjee, R., Pateiro, M., Nanda, P.K., Gadekar, Y.P., Biswas, S., McClements, D.J. and Lorenzo, J.M.,** 2020, Application of enoki mushroom (*Flammulina Velutipes*) stem wastes as functional ingredients in goat meat nuggets, *Foods*, 9(4), 432.
- Bano. Z., Rajaratham S. and Shashi Rekha M.N.,** 1992, Mushroom as the unconventional single cell protein for a conventional consumption, *Indian Food Parker*, 46(5), 20-31.
- Bao, H.N.D., Ushio, H., Ohshima, T.,** 2008, Antioxidative activity and antidiscoloration efficacy of ergothioneine in mushroom (*Flammulina velutipes*) extract added to beef and fish meats, *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 56 (21): 10032-40.
- Barros, L., Cruz, T., Baptista, P., Estevinho, L.M., Ferreira, I.C.F.R.,** 2008, Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals, *Food and Chemical Toxicology*, 46(8): 2742-2747.
- Barros, L., Ferreira, M.J., Queiros, B., Ferreira, I.C.F.R., Baptista, P.,** 2007, Total phenols, ascorbic acid, β - carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities, *Food Chemistry*, 103(2): 413-419.
- Barrón García, O.Y., Nava-Álvarez, B., Gaytán-Martínez, M., Gonzalez-Jasso, E. and Morales-Sánchez, E.,** 2022, Ohmic heating blanching of *Agaricus bisporus* mushroom: Effects on polyphenoloxidase inactivation kinetics, color, and texture, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 80, 103105.
- Barzegar, F., Kamankesh, M. and Mohammadi, A.,** 2019, Heterocyclic aromatic amines in cooked food: A review on formation, health risk-toxicology and their analytical techniques, *Food Chemistry*, 280, 240-254.
- Basso, V., Schiavenin, C., Mendonça, S., de Siqueira, F. G., Salvador, M. and Camassola, M.,** 2020, Chemical features and antioxidant profile by *Schizophyllum commune* produced on different agroindustrial wastes and byproducts of biodiesel production, *Food Chemistry*, 329, 127089.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Başkaya Sezer, D. ve Demirdöven, A.,** 2015, Meyve sebze işlemede mikrodalga haşlama uygulamaları, *Gıda*, 40(3): 171-177.
- Bauer Petrovska, B.,** 2001, Protein fraction in edible Macedonian Mushrooms, *European Food Research and Technology*, 212, 469-472.
- Bekar, A., Kocatürk, E. and Sürücü, Ç.,** 2017, Gastronomi festivallerinin algılanan destinasyon imajına ve tekrar ziyaret etme niyetine etkisi: Fethiye Yeşilüzümlü ve yöresi kuzugöbeği mantar festivali örneği.
- Bengtsson, N.,** 2001, Microwave technology and foods, *Advances in Food and Nutrition Research*, 43: 65-140.
- Bessette, E.E., Yasa, I., Dunbar, D., Wilkens, L.R., Marchand, L. L. and Turesky, R.J.,** 2009, Biomonitoring of carcinogenic heterocyclic aromatic amines in hair: A validation study, *Chemical Research in Toxicology*, 22(8), 1454-1463.
- Beşikçi, N.,** 2015, Farklı besin ortamlarında *Lentinus edodes* (shiitake) mantarının kültürasyonu ve karakterizasyonu, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 113s.
- Blumfield, M., Abbott, K., Duve, E., Cassettari, T., Marshall, S. and Fayet-Moore, F.,** 2020, Examining the health effects and bioactive components in *Agaricus bisporus* mushrooms: A scoping review, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 84, 108453.
- Boa, E.R.,** 2004, Wild edible fungi: A global overview of their use and importance to people.
- Borgen, E., Solyakov, A. and Skog, K.,** 2001, Effects of precursor composition and water on the formation of heterocyclic amines in meat model systems, *Food Chemistry*, 74(1), 11-19.
- Boufaris, M.M., Alzand, K.I., Ünal, S. and Karadeniz, M.,** 2018, An experimental study on citric acid production by *Aspergillus niger* using date extract by-product as a substrate, *Human Journals*, 6: 1-13.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Boyce, C.K., Hotton, C.L., Fogel, M.L., Cody, G.D., Hazen, R.M., Knoll, A.H. and Hueber, F.M.**, 2007, Devonian landscape heterogeneity recorded by a giant fungus, *Geology*, 35(5), 399-402.
- Boylu, M.**, 2018, Tuzu azaltılmış sosis üretiminde potasyum klorür ve mantar (*Pleurotus ostreatus*) kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 164s.
- Bozkır, H., Baysal, T. ve Ergün, A.R.**, 2014, Gıda endüstrisinde uygulanan yeni çözümdürme teknikleri, *Akademik Gıda*, 12(3), 38-44.
- Boztok, K.**, 1990, Mantar Üretim Tekniği, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları no: 489, *Ege Üni. Basımevi, Bornova/İZMİR*.
- Bragato, G., Mosetti, D., Turpaud, P., Benucci, G.M.N. and Donnini, D.**, 2022, Presence and production of *Tuber aestivum* in relation with the soil environment of a semi-natural experimental truffle orchard in Spoleto, Central Italy, *Applied Soil Ecology*, 178, 104565.
- Brennan, M., Le Port, G., Gormley, R.**, 2000, Post-harvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh sliced mushrooms, *LWT - Food Science and Technology*, 33, 285-289.
- Britt, C., Gomaa, E. A., Gray, J. I. and Booren, A.M.**, 1998, Influence of cherry tissue on lipid oxidation and heterocyclic aromatic amine formation in ground beef patties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 4891-4897.
- Brittebo, E.B., Karlsson, A.Å., Skog, K.I. and Jägerstad, I.M.**, 1994, Transfer of the food mutagen PhIP to foetuses and newborn mice following maternal exposure, *Food and Chemical Toxicology*, 32(8), 717-726pp.
- Broncano, J. M., Petrón, M. J., Parra, V. and Timón, M.L.**, 2009, Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pigs, *Meat science*, 83(3), 431-437.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bula, M., Przybylski, W., Jaworska, D. and Kajak-Siemaszko, K.,** 2019, Formation of heterocyclic aromatic amines in relation to pork quality and heat treatment parameters, *Food Chemistry*, 276, 511-519pp.
- Burdurlu, H.S., Karadeniz, F.,** 2002, Gıdalarda Maillard Reaksiyonu, *GIDA*, 27(2), 77-83.
- Cai, Z.N., Li, W., Mehmood, S., Pan, W.J., Wang, Y., Meng, F.J., Wang, X.F., Lu, Y.M. and Chen, Y.,** 2018, Structural characterization, in vitro and in vivo antioxidant activities of a heteropolysaccharide from the fruiting bodies of *Morchella esculenta*, *Carbohydrate Polymers*, 195, 29-38.
- Canales, R., Guíñez, M., Bazán, C., Reta, M. and Cerutti, S.,** 2017, Determining heterocyclic aromatic amines in aqueous samples: A novel dispersive liquid–liquid micro-extraction method based on solidification of floating organic drop and ultrasound assisted back extraction followed by UPLC-MS/MS, *Talanta*, 174:548–555 pp.
- Cardwell, G., Bornman, J.F., James, A.P. and Black, L.J.,** 2018, A review of mushrooms as a potential source of dietary vitamin D, *Nutrients*, 10(10), 1498.
- Carvalho, A.M., Miranda, A.M., Santos, F.A., Loureiro, A.P.D.M., Fisberg, R.M. and Marchioni, D.M.,** 2015, High intake of heterocyclic amines from meat is associated with oxidative stress, *British Journal of Nutrition*, 113(8), 1301-1307.
- Casal, S., Mendes, E., Fernandes, J.O., Oliveira, M.B.P.P. and Ferreira, M.A.,** 2004, Analysis of heterocyclic aromatic amines in foods by gas chromatography–mass spectrometry as their tert.-butyldimethylsilyl derivatives, *Journal of Chromatography A*, 1040(1), 105-114.
- Cateni, F., Gargano, M. L., Procida, G., Venturella, G., Cirilincione, F. and Ferraro, V.,** 2022, Mycochemicals in wild and cultivated mushrooms: nutrition and health, *Phytochemistry Reviews*, 21(2), 339-383.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Celikyurt, I.K., Utkan, T., Gocmez, S.S., Hudson, A. and Aricioglu, F.,** 2013, Effect of harmane, an endogenous β -carboline, on learning and memory in rats, *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 103(3), 666-671.
- Cedano Giraldo, D.,** 2022, Refahiye ve tekçam planlama birimlerinde kanlıca mantarı (*Lactarius deliciosus* l. gray)'nın konumsal dağılımının modellenmesi ve haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 122s.
- Cerón-Guevara, M.I., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J.M., Bermúdez, R., Pateiro, M., Rodriguez, J.A., Sanchez-Ortega, I., Santos, E.M.,** 2019, Effect of the addition of edible mushroom flours (*Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*) on physicochemical and sensory properties of coldstored beef patties, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, 14351pp.
- Cha, M., Heo, J., Lee, C., Lo, Y.M. and Moon, B.,** 2013, Quality and Sensory Characterization of White Jelly Mushroom (*Tremella fuciformis*) as a Meat Substitute in Pork Patty Formulation, *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 ; 1018–1023.
- Chang, S.T. and Buswell, J.A.,** 1996, Mushroom nutraceuticals, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 12(5), 473-476.
- Chang, C.C., Kao, T. H., Zhang, D., Wang, Z., Inbaraj, B. S., Hsu, K. Y. and Chen, B. H.,** 2018, Application of QuEChERS coupled with HPLC-DAD-ESI-MS/MS for determination of heterocyclic amines in commercial meat products, *Food Analytical Methods*, 11(11), 3243-3256.
- Chang, S.T. and Miles, P.G.,** 2004, The nutritional attributes of edible mushrooms. Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact (Second Edition), CRC Press, Boca Raton (2004), pp. 27-36 ISBN 0-8493-1043-1.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chang HJ, Wang QA, Xu XL, Li, CB, Huang M, Zhou G.H. and Dai Y,** 2011, Effect of heat-induced changes of connective tissue and collagen on meat texture properties of beef semitendinosus muscle, *International Journal of Food Properties*, 14: 381-396.
- Chaturvedi, V.K., Agarwal, S., Gupta, K.K., Ramteke, P.W. and Singh, M.P.,** 2018, Medicinal mushroom: boon for therapeutic applications, *3 Biotech*, 8(8), 1-20.
- Chen, J., He, Z., Qin, F., Chen, J. and Zeng, M.,** 2017, Formation of free and protein-bound heterocyclic amines in roast beef patties assessed by UPLC-MS/MS, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(22), 4493-4499.
- Cheng, K. W., Wu, Q., Zheng, Z. P., Peng, X., Simon, J. E., Chen, F. and Wang, M. ,** 2007, Inhibitory effect of fruit extracts on the formation of heterocyclic amines, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10359-10365.
- Cheng, K.W., Zeng, X., Tang, Y.S., Wu, J.J., Liu, Z., Sze, K.H., Chu, I.K., Chen, F. and Wang, M.,** 2009, Inhibitory mechanism of naringenin against carcinogenic acrylamide formation and nonenzymatic browning in Maillard model reactions, *Chemical Research in Toxicology*, 22(8), 1483-1489.
- Cheng, X.D., Wu, Q.X., Zhao, J., Su, T., Lu, Y.M., Zhang, W.N., Zhang, W.N. and Chen, Y.,** 2019, Immunomodulatory effect of a polysaccharide fraction on RAW 264.7 macrophages extracted from the wild *Lactarius deliciosus*, *International Journal of Biological Macromolecules*, 128, 732-739.
- Cheng, X.R., Ma, J.H., Amadou, I., Zhao, W., Chen, Y.Y., Zhang, C.X. and Guan, B.,** 2023, Electrophilic components from Xiaoheiyao (rhizomes of *Inula nervosa* Wall.) alleviate the production of heterocyclic aromatic amines via creatinine inhibition, *Food Chemistry*, 404, 134561.
- Cheung, P.C.,** 2013, Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits, *Food Science and Human Wellness*, 2(3-4), 162-166.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chevolleau, S., Bouville, A. and Debrauwer, L.,** 2020, Development and validation of a modified protocol coupled to UHPLC-APCI-MS/MS for the simple and rapid quantification of 16 heterocyclic aromatic amines in cooked beef, *Food Chemistry*, 316, 126327.
- Chiu, C.P., Yang, D.Y. and Chen, B.H.,** 1998, Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs, *Journal of food protection*, 61(6), 712-719.
- Chockchaisawasdee, S., Namjaidee, S., Pochana, S., and Stathopoulos, C.E.,** 2010, Development of fermented oyster-mushroom sausage, *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(01):35–43 pp.
- Choe, J., Lee, J., Jo, K., Jo, C., Song, M. and Jung, S.,** 2018, Application of winter mushroom powder as an alternative to phosphates in emulsion-type sausages, *Meat Science*, 143, 114-118.
- Chun, S., Chambers IV, E., and Chambers, D.,** 2005, Perception of pork patties with shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom powder and sodium tripolyphosphate as measured by Korean and United States consumers, *Journal of Sensory Studies*, 20(2): 156–166 pp.
- Cross, A.J. and Sinha, R.,** 2004, Meat-related mutagens/carcinogens in the etiology of colorectal cancer, *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 44(1), 44-55.
- Cruz Hernandez, A., Agim, Z.S., Montenegro, P.C., McCabe, G.P., Rochet, J.C. and Cannon, J.R.,** 2018, Selective dopaminergic neurotoxicity of three heterocyclic amine subclasses in primary rat midbrain neurons, *Neurotoxicology*, 65, 68-84.
- Çakmaklı, T.,** 2019, Bartın ilinde odun dışı orman ürünlerinin sosyoekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 79s.
- Çelen, S.,** 2004, Sabit hava akış hızında mantarın kurutulmasına hava sıcaklığı ve malzeme kalınlığının etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 59s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çiçek, Ü. ve Bulgan, A.,** 2013, Et ve et ürünlerinde heterosiklik aminler, *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2013(1), 25-32.
- Çoksaygılı, N.,** 2008. Mikrodalga enerjisinin kasap köfteye inokule edilen *Listeria monocytogenes* üzerine etkisinin incelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 79s.
- Çolak, A.,** 2019, Kastamonu yöresinde tespit edilen bazı kuzugöbeği türlerinin moleküler ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi.
- Dababneh, B.F.,** 2013. An innovative microwave process for microbial decontamination of spices and herbs, *African Journal of Microbiology Research*, 7(8), 636-645.
- Dadalı, G., Apar, D.K. and Özbek, B.,** 2007, Microwave drying kinetics of okra, *Drying Technol.*, 25 (5), 917-924.
- Damašius, J., Venskutonis, P.R., Ferracane, R. and Fogliano, V.,** 2011, Assessment of the influence of some spice extracts on the formation of heterocyclic amines in meat, *Food Chemistry*, 126(1), 149-156.
- Darvishi, H., Hadi Khoshtaghaza, M., Najafi, G. and Zarein, M.,** 2013, Characteristics of sunflower seed drying and microwave energy consumption, *International Agrophysics*, 27(2).
- Das, S. and Prakash, B.,** 2022, Edible mushrooms: Nutritional composition and medicinal benefits for improvement in quality life, *In Research and Technological Advances in Food Science*, (pp. 269-300).
- Davila, M., Muniz, A. and Du, X.,** 2022, The impact of roasting and steaming on savory flavors contributed by amino acids, 5'-nucleotides, and volatiles in *Agaricus bisporus* mushrooms, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100590.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- De Andrés, F., Zougagh, M., Castaneda, G. and Ríos, A.,** 2010, Simultaneous determination of six non-polar heterocyclic amines in meat samples by supercritical fluid extraction–capillary electrophoresis under fluorimetric detection, *Electrophoresis*, 31(13), 2165-2173.
- Demir, A.,** 2003, Mantar. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü- Bakış. Haziran, Sayı:3 Nüsha:14.
- Demir, A.,** 2017, Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen köftelerde heterosiklik aromatik amin oluşumunun belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s.
- Demirok Soncu, E.,** 2014, Kaplamalı tavuk ürünlerinde kızartma sırasında akrilamid oluşumunun incelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 152s.
- Dinani, S. T., Kubbutat, P. and Kulozik, U.,** 2020a, Assessment of heating profiles in model food systems heated by different microwave generators: Solid-state (semiconductor) versus traditional magnetron Technology, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 63, 102376.
- Dinani, S. T., Hasić, M., Auer, M. and Kulozik, U.,** 2020b, Assessment of uniformity of microwave-based heating profiles generated by solid-state and magnetron systems using various shapes of test samples, *Food and Bioproducts Processing*, 124, 121-130.
- Ding, X., Hou, Y. and Hou, W.,** 2012, Structure feature and antitumor activity of a novel polysaccharide isolated from *Lactarius deliciosus* Gray, *Carbohydrate Polymers*, 89(2), 397-402.
- Do Carmo, C.O., da Silva, R.M., de Souza Rodrigues, M. and Soares, A.C.F.,** 2021, Bioconversion of sisal agro-industrial waste into high protein oyster mushrooms, *Bioresource Technology Reports*, 14, 100657.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Doğan, H.H. and Aydın, S.,** 2013, Some biological activities of *Lactarius vellereus* (Fr.) Fr. in Turkey, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16(21), 1279-1286.
- Doğan, N.,** 2016, İstiridye mantarından (*Pleurotus ostreatus*) mantar tozu ve cips üretiminin optimizasyonu, Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 314s.
- Dong, H., Xian, Y., Li, H., Wu, Y., Bai, W. and Zeng, X.,** 2020a, Analysis of heterocyclic aromatic amine profiles in Chinese traditional bacon and sausage based on ultrahigh-performance liquid chromatography–quadrupole-Orbitrap high-resolution mass spectrometry (UHPLC–Q-Orbitrap-HRMS), *Food Chemistry*, 310-125937.
- Dong, H., Xian, Y., Li, H., Bai, W. and Zeng, X.,** 2020b, Potential carcinogenic heterocyclic aromatic amines (HAAs) in foodstuffs: Formation, extraction, analytical methods, and mitigation strategies, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 365-404.
- Dong, X., Liu, D. and Gao, S.,** 2013, Seasonal variations of atmospheric heterocyclic aromatic amines in Beijing, China, *Atmospheric Research*, 120, 287-297.
- Dooley, K.L., Stavenuiter, J.F.C., Westra, J.G. and Kadlubar, F F.,** 1988, Comparative carcinogenicity of the food pyrolysis product, 2-amino-5-phenylpyridine, and the known human carcinogen, 4-aminobiphenyl, in the neonatal B6C3F1 mouse, *Cancer Letters*, 41(1), 99-103pp.
- Dos Reis, E.E., Schenkel, P.C. and Camassola, M.,** 2022, Effects of bioactive compounds from *Pleurotus* mushrooms on COVID-19 risk factors associated with the cardiovascular system, *Journal of Integrative Medicine*.
- Dundar, A., Sariçoban, C. and Yılmaz, M.T.,** 2012, Response surface optimization of effects of some processing variables on carcinogenic/mutagenic heterocyclic aromatic amine (HAA) content in cooked patties, *Meat Science*, 91(3), 325-333.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Durkan, N.**, 2006, Yukarı büyük menderes havzasında makrofunguslarda ağır metal içeriklerinin araştırılması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 174s.
- Durmuş, F.**, 2021, Döner üretiminde sodyum klorür alternatifi olarak kalsiyum klorür, potasyum klorür ve mantar (*Agaricus bisporus*) kullanımının etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 141s.
- El-Refai, A., El-Zeiny, A. and Abd Rabo, E.A.E.A.**, 2014, Quality attributes of mushroom-beef patties as a functional meat product, *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 6:49–62 pp.
- Ekici, L., Sağdıç, O. ve Yetim, H.**, 2012, Et tüketimi ve kanser, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 136-145.
- Erdem, Ö., Bayram, F., Çiftçi, B. ve Kemer, A.K.**, 2018, Mutfak şeflerinin yöresel mantarları tanıma ve kullanım durumlarına ilişkin keşifsel bir araştırma, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*.
- Erdoğan, S., Soylu, M.K. ve Başer, K.H.C.**, 2017, Bazı yabani mantarların antioksidan özellikleri, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 254-260.
- Eren, R., Süren, T. ve Kızılelli, M.**, 2017, Gastronomik açıdan Türkiye’de yenilebilir yabani mantarlar üzerine kavramsal bir değerlendirme, *Turizm Akademik Dergisi*, 4(2). 77– 89.
- Ergün, M.E., SOYLU, M.K. ve UÇAR, M.**, 2008, Mantar İşletmelerinin Sosyo Ekonomik Yapısı. Türkiye 8. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirisi. Kocaeli, 15-17 Ekim 2008, sayfa 9-14.
- Esen, M.K., Sarı, B. ve Özer, E.D.**, 2022, Farklı pişirme teknikleri ile üretilen piliç bonfile etinin depolama boyunca renk, tekstür ve duyu özelliklerinin incelenmesi, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(2), 254-267.
- Falandysz, J.**, 2008, Selenium in edible mushrooms, *Journal of Environmental Science and Health Part C*, 26(3), 256-299.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Falandysz, J. and Borovička, J.**, 2013, Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms: health benefits and risks, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(2), 477-501.
- FAO**, 2019, Türkiye Beslenme Rehberi, https://Hsgm.Saglik.Gov.Tr/Depo/Birimler/Sagliklibeslenme-hareketli-hayat-db/Turkiye_beslenme_rehberi_tuber_18_04_2019.Pdf, (Erişim Tarihi: 23.10.2021).
- FAS/USDA**, 2022, Livestock and Poultry. Available from: <http://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>.
- Feeney, M.J., Miller, A.M. and Roupas, P.**, 2014, Mushrooms—Biologically distinct and nutritionally unique: Exploring a “third food kingdom”, *Nutrition Today*, 49(6), 301.
- Felton, J.S., Fultz, E., Dolbeare, F.A. and Knize, M.G.**, 1994, Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties, *Food and Chemical Toxicology*, 32(10), 897-903.
- Felton, J.S. and Knize, M.G.**, 1991, Occurrence, identification and bacterial mutagenicity of heterocyclic amines in cooked food, *Mutation Research/Genetic Toxicology* 1991; 259(3-4): 205-17.
- Feng W, Nagai J. and Ikekawa T.**, 2001, A clinical pilot study of EEM for advanced cancer treatment with EEM for improvement of cachexia and immune function compared with MPA, *Biotherapy*, 15: 691-696.
- Feng, Y., Xu, Y., Li, W., Chen, S., Su, Z., Xi, L. and Li, G.**, 2022a, Improved enrichment and analysis of heterocyclic aromatic amines in thermally processed foods by magnetic solid phase extraction combined with HPLC-MS/MS, *Food Control*, 137, 108929.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Feng, Y., Chen, S., Zhao, Y., Wu, D. and Li, G.,** 2022b, Heterocyclic aromatic amines induce Neuro-2a cells cytotoxicity through oxidative stress-mediated mitochondria-dependent apoptotic signals, *Food and Chemical Toxicology*, 168, 113376.
- Ferguson, L.R.,** 2002a, Meat consumption, cancer risk and population groups within New Zeland, *Mutation Research*, 506-407: 215-224.
- Ferguson, L.R.,** 2002b, Natural and human-made mutagens and carcinogens in the human diet, *Toxicology*, 181, 79-82.
- Fernandes, T., Garrine, C., Ferrão, J., Bell, V. and Varzakas, T.,** 2021, Mushroom nutrition as preventative healthcare in Sub-Saharan Africa, *Applied Sciences*, 11(9), 4221.
- Ferreira, I.C., Barros, L. and Abreu, R.,** 2009, Antioxidants in wild mushrooms, *Current Medicinal Chemistry*, 16(12), 1543-1560.
- Feussi Tala, M., Qin, J., Ndong, J.T. and Laatsch, H.,** 2017, New azulene-type sesquiterpenoids from the fruiting bodies of *Lactarius deliciosus*, *Natural Products and Bioprospecting*, 7(3), 269-273.
- Flores, M., Mora, L., Reig, M. and Toldrá, F.,** 2019, Risk assessment of chemical substances of safety concern generated in processed meats, *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 244-251.
- FDA,** 2020, Food Additives Permitted for Direct Addition to Food for Human Consumption; Vitamin D2. Retrieved from <https://www.federalregister.gov/documents/2020/07/13/2020-13822/food-additives-permitted-for-direct-addition-to-food-for-human-consumption-vitamin-d2/>. Accessed March 30, 2022.
- Fu, L., Wang, Y., Wang, J., Yang, Y. and Hao, L.,** 2013, Evaluation of the antioxidant activity of extracellular polysaccharides from *Morchella esculenta*, *Food and Function*, 4(6), 871-879.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fu, Y., Zhao, G., Wang, S., Yu, J., Xie, F., Wang, H. and Xie, J.,** 2014, Simultaneous determination of fifteen heterocyclic aromatic amines in the urine of smokers and nonsmokers using ultra-high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 1333, 45-53.
- Fu, Q., Shi, H., Hu, D., Cheng, J., Chen, S. and Ben, A.,** 2022, Pork longissimus dorsi marinated with edible mushroom powders: Evaluation of quality traits, microstructure, and protein degradation, *Food Research International*, 158, 111503.
- García Pascual, P., Sanjuán, N., Melis, R. and Mulet, A.,** 2006, *Morchella esculenta* (Morel) rehydration process modelling, *Journal of Food Engineering*, 72(4), 346-353.
- Gençcelep, H.,** 2012, The effect of using dried mushroom (*Agaricus bisporus*) on lipid oxidation and color properties of sucuk, *Journal of Food Biochemistry*, 36(5):587–594 pp.
- Gibis, M.,** 2009, Optimized HPLC method for analysis of polar and nonpolar heterocyclic amines in cooked meat products, *Journal of AOAC International*, 92(3):715-724 pp.
- Gibis, M.,** 2016, Heterocyclic aromatic amines in cooked meat products: causes, formation, occurrence, and risk assessment, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(2), 269-302.
- Gibis, M. and Weiss, J.,** 2010, Inhibitory effect of marinades with hibiscus extract on formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of fried beef patties, *Meat Science*, 85(4), 735-742.
- Gibis, M. and Weiss, J.,** 2015, Impact of precursors creatine, creatinine, and glucose on the formation of heterocyclic aromatic amines in grilled patties of various animal species, *Journal of Food Science*, 80(11), C2430-C2439.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loredó, A., Rodríguez, R., Contreras, J. and Belmares, R.,** 2020, Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods, *Food and Function*, 11(9), 7400-7414.
- Grabowski, S., Marcotte, M., Ramaswamy, H.S.,** 2003, Drying of fruits, vegetables, and spices. In: Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices., Chakraverty A, Mujumdar AS, Raghavan GSV, Rawaswamy HS (ed), Marcel Dekker, New York, 23, 653–695.
- Grosshauser, S. and Schieberle, P.,** 2013, Characterization of the key odorants in pan-fried white mushrooms (*Agaricus bisporus* L.) by means of molecular sensory science: comparison with the raw mushroom tissue, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(16), 3804-3813.
- Gu, Y.S., Kim, I.S., Ahn, J.K., Park, D.C., Yeum, D.M., Ji, C.I. and Kim, S.B.,** 2002, Mutagenic and carcinogenic heterocyclic amines as affected by muscle types/skin and cooking in pan-roasted mackerel, *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 515(1-2), 189-195.
- Guerin Laguette, A., Cummings, N., Butler, R. C., Willows, A., Hesom-Williams, N., Li, S. and Wang, Y.,** 2014, *Lactarius deliciosus* and *Pinus radiata* in New Zealand: towards the development of innovative gourmet mushroom orchards, *Mycorrhiza*, 24(7), 511-523.
- Guillamón, E., García-Lafuente, A., Lozano, M., D'Arrigo, M., Rostagno, M.A., Villares, A. and Martínez, J.A.,** 2010, Edible mushrooms: Role in the prevention of cardiovascular diseases, *Fitoterapia*, 81: 715–723.
- Guiñez, M., Canales, R., Talio, C., Gómez, D. and Smichowski, P.,** 2020, Determination of heterocyclic aromatic amines in ashes from biomass burning by UHPLC-MS/MS after ultrasound-assisted dispersive solid-liquid microextraction, *Talanta*, 206, 120182.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gumus, D. and Kizil, M.,** 2022, Comparison of the reducing effects of blueberry and propolis extracts on heterocyclic aromatic amines formation in pan fried beef, *Meat Science*, 186, 108746.
- Guo, H., Wang, Z., Pan, H., Li, X., Chen, L., Rao, W., Gao, Y. And Zhang, D.,** 2014, Effects of traditional Chinese cooking methods on formation of heterocyclic aromatic amines in lamb patties, *Food Science and Biotechnology*, 23(3):747-753 pp.
- Guo, J., Villalta, P.W., Weight, C.J., Bonala, R., Johnson, F., Rosenquist, T.A. and Turesky, R.J.,** 2018, Targeted and untargeted detection of DNA adducts of aromatic amine carcinogens in human bladder by ultra-performance liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry, *Chemical Research in Toxicology*, 31(12), 1382-1397.
- Gücin, F.,** 1993, Kozak yaylasında (Bergama-İzmir) yetişen ve ihraç potansiyeli olan kuzugöbeği (*Morchella*) mantarları, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 6, 22-27.
- Gül, B.,** 2021, Fermentasyonun mantar turşusunun biyoaktivitesine ve çeşitli özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 75s.
- Gümüş, A.B. ve Yardımcı, H.,** 2019, Pişirme sonucu meydana gelen mutajenik-karsinojenik bileşikler, *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 22(2), 136-141.
- Gümüş, D.,** 2020, Doğal antioksidan içeren propolis ve yaban mersini ekstraktlerinin heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine etkileri, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 192s.
- Gürer, B.,** 2021, Türkiye’de nüfusun yeterli ve dengeli beslenmesi açısından hayvansal gıda arz ve talebinin değerlendirilmesi, *Gıda*, 46(6), 1450-1466.
- Güzel, B.,** 2019, Reishi mantarı ekstraktinin köftede heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, 83s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Haro, A., Trescastro, A., Lara, L., Fernández-Fígares, I., Nieto, R. and Seiquer, I.**, 2020, Mineral elements content of wild growing edible mushrooms from the southeast of Spain, *Journal of Food Composition and Analysis*, 91, 103504.
- Hasna, A.M.**, 2011, Microwave processing applications in chemical engineering: cost analysis, *Journal of Applied Sciences*, 11(21), 3613-3618.
- Hasnol, N.D.S., Jinap, S. and Sanny, M.**, 2014, Effect of different types of sugars in a marinating formulation on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken, *Food Chemistry*, 145, 514-521.
- Hawksworth, D.L. and Lücking, R.**, 2017, Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species, *Microbiology Spectrum*, 5(4), 5-4.
- He, M.Q., Wang, M.Q., Chen, Z.H., Deng, W.Q., Li, T.H., Vizzini, A., Jeewon, R., Hyde, K.D. and Zhao, RL.**, 2022, Potential benefits and harms: a review of poisonous mushrooms in the world, *Fungal Biology Reviews*. 42, 56-68.
- He, P., Wang, K., Cai, Y., Hu, X., Zheng, Y., Zhang, J. and Liu, W.**, 2018, Involvement of autophagy and apoptosis and lipid accumulation in sclerotial morphogenesis of *Morchella importuna*, *Micron*, 109, 34-40.
- Heleno, S.A., Stojković, D., Barros, L., Glamočlija, J., Soković, M., Martins, A. and Ferreira, I.C.**, 2013, A comparative study of chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Morchella esculenta* (L.) Pers. from Portugal and Serbia. *Food Research International*, 51(1), 236-243.
- Hobbs, C.**, 1995, Medicinal mushrooms: an exploration of tradition, healing and culture, vol. 81, Botanica Press, Santa Cruz, Calif, *Journal of Nutrition*, pp. S1-S27.
- Hou, C., Wang, Z., Wu, L., Chai, J., Song, X., Wang, W. and Zhang, D.**, 2017, Effects of breeds on the formation of heterocyclic aromatic amines in smoked lamb, *International Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 2661-2669.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hou, H., Liu, C., Lu, X., Fang, D., Hu, Q., Zhang, Y. and Zhao, L.,** 2021, Characterization of flavor frame in shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) detected by HS-GC-IMS coupled with electronic tongue and sensory analysis: Influence of drying techniques, *LWT - Food Science and Technology*, 146, 111402.
- Hsiao, H.Y., Chen, B.H. and Kao, T.H.,** 2017, Analysis of heterocyclic amines in meat by the quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe method coupled with LC-DAD-MS-MS, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(42), 9360-9368.
- Hsu, K.Y. and Chen, B.H.,** 2020a, Analysis and reduction of heterocyclic amines and cholesterol oxidation products in chicken by controlling flavorings and roasting condition, *Food Research International*, 131, 109004.
- Hsu, K.Y. and Chen, B.H.,** 2020b, A comparative study on the formation of heterocyclic amines and cholesterol oxidation products in fried chicken fiber processed under different traditional conditions, *LWT - Food Science and Technology*, 126, 109300.
- Hui, T., Li, Y., Chen, R., Yang, X., Liu, H., Wang, Z. and Zhang, D.,** 2021, Formation and prediction of PhIP, harman, and norharman in chemical model systems containing epicatechin under various reaction conditions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(49), 14975-14984.
- Hwang, D. and Ngadi, M.,** 2002, Kinetics of heterocyclic amines formation in meat emulsion at different fat contents. *Lebensm. – wiss. U-Technol.*, 35: 600-606.
- IARC, World Health Organization and International Agency for Research on Cancer,** 1993, Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins, *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*, 56.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- ISO**, 2007, Sensory analysis: General guidance for the design of test rooms, International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 8589 p.
- Işık, H.**, 2008, Tokat yöresinde bulunan bazı makromantar türlerinin antimikrobiyal aktivitesinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 82s.
- Işın, G.T.**, 2002, Zeytinde *Penicillium citrinum*'un mikrodalga ile inhibisyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi 92s.
- İbrahimov, P.**, 2022, İstiridye mantarının (*Pleurotus osteratus*) turşu yapımında kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İçier, F. ve Yıldız, H.**, 2005, Elektriksel yöntemlerin gıdaların kalite özellikleri üzerine etkileri, *Gıda Dergisi* 30(4): 255-260.
- İçöz, A. ve Eker, B.**, 2023, Antimikrobiyal film ve kaplamaların kırmızı et ve köftelerin mikrobiyal kalitesine etkisi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (46), 9-16.
- Jackson, L.S. and Hargraves, W.A.**, 1995, Effects of time and temperature on the formation of MeIQx and DiMeIQx in a model system containing threonine, glucose, and creatine, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(6), 1678-1684pp.
- Jägerstad, M., Skog, K., Arvidsson, P. and Solyakov, A.**, 1998, Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model systems and cooked foods, *Z Lebens Unters Forsch A*, 207, 419-427.
- Jägerstad, M. and Skog, K.**, 2005, Genotoxicity of heat-processed foods, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 574(1-2), 156-172.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jinap, S., Hasnol, N.D.S., Sanny, M. and Jahurul, M.H.A.,** 2018, Effect of organic acid ingredients in marinades containing different types of sugar on the formation of heterocyclic amines in grilled chicken, *Food Control*, 84, 478-484.
- Jinap, S., Iqbal, S.Z., Selvam, R.M.,** 2015, Effect of selected local spices marinades on the reduction of heterocyclic amines in grilled beef (satay), *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 919-926.
- Jinap, S., Mohd-Mokhtar, M.S., Farhadian, A., Hasnol, N.D.S., Jaafar, S.N. and Hajeb, P.,** 2013, Effects of varying degrees of doneness on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and beef satay, *Meat Science*, 94(2):202-207 pp.
- Jing, J., He, Y., Wang, Y. and Zeng, M.,** 2021, Inhibitory effects of *Portulaca oleracea* L. and selected flavonoid ingredients on heterocyclic amines in roast beef patties and density function theory calculation of binding between heterocyclic amines intermediates and flavonoids, *Food Chemistry*, 336, 127551.
- Jiskani M.M.,** 2001, Energy potential of mushrooms, *Dawn Econ. Bus. Rev.*, 4.
- Jo, K., Lee, J. and Jung, S.,** 2018, Quality characteristics of low-salt chicken sausage supplemented with a winter mushroom powder, *Korean Food Science of Animal Resources*, 38 (4): 768-779.
- Joshi, V.K. and Kumar, S.,** 2015, Meat analogues: Plant based alternatives to meat products-A review, *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 5(2), 107-119.
- Jung, K., Lee, K., Park, J., Dong, A. and Shin, H.S.,** 2010, Influence of fructooligosaccharides and garlic on formation of heterocyclic amines in fried ground beef patties, *Food Science and Biotechnology*, 19(5), 1159-1164.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jung, D. Y., Lee, H. J., Shin, D. J., Kim, C. H. and Jo, C.,** 2022, Mechanism of improving emulsion stability of emulsion-type sausage with oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder as a phosphate replacement, *Meat Science*, 194, 108993.
- Kalac, P.,** 2009, Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review, *Food Chemistry*, 113, 9–16.
- Kalac, P.,** 2013, A review of chemical composition and nutritional value of wildgrowing and cultivated mushrooms, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 209–218.
- Kalaras, M.D., Beelman, R.B. and Elias, R.J.,** 2012, Effects of postharvest pulsed UV light treatment of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) on vitamin D2 content and quality attributes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1), 220-225.
- Kaliyaperumal, M., Kezo, K. and Gunaseelan, S.,** 2018, A global overview of edible mushrooms, *Biology of Macrofungi*, 15-56.
- Kalyoncu, F., Oskay, M., Sağlam, H., Erdoğan, T.F. and Tamer, A.U.,** 2010, Antimicrobial and antioxidant activities of mycelia of 10 wild mushroom species, *Med Food*, 13(2), 415-9.
- Kanzler, C., Haase, P.T., Schestkova, H. and Kroh, L.W.,** 2016, Antioxidant properties of heterocyclic intermediates of the Maillard reaction and structurally related compounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(41), 7829-7837.
- Karabacak, A. Ö., Sinir, G. Ö. ve Senem, S.,** 2015, Mikrodalga ve mikrodalga destekli kurutmanın çeşitli meyve ve sebzelerin kalite parametreleri üzerine etkisi, *Uludağ Üniversitesi ziraat fakültesi dergisi*, 29(2).
- Karadağ, M. K., Uyar, B. B., Şanher, N. and Günyel, S.,** 2012, Toplumumuzda sıklıkla kullanılan bazı bitkilerin toplam fenolik madde miktarlarının saptanması, *Gıda*, 38 (1), 23-29.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Karataş, N.**, 2022, Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon ön işleminin kaplanmış tavuk ürünün kalite parametreleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi.
- Karavani, A., De Cáceres, M., de Aragón, J.M., Bonet, J.A. and de-Miguel, S.**, 2018, Effect of climatic and soil moisture conditions on mushroom productivity and related ecosystem services in Mediterranean pine stands facing climate change, *Agricultural and Forest Meteorology*, 248, 432-440.
- Katiyo, W., de Kock, H.L., Coorey, R. and Buys, E.M.**, 2020, Sensory implications of chicken meat spoilage in relation to microbial and physicochemical characteristics during refrigerated storage, *LWT - Food Science and Technology*, 128, 109468.
- Kayataş Ongun, G.**, 2022, Kanlıca mantarının sıcak havalı kurutma ve dondurarak kurutulmasının deneysel karşılaştırılması, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 184s.
- Keating, G.A. and Bogen, K.T.**, 2001, Methods for estimating heterocyclic amine concentrations in cooked meats in the US diet, *Food and Chemical Toxicology*, 39(1), 29-43.
- Keçeci, S.**, 2018, Sığır eti köftelerinin bazı fizikokimyasal, tekstürel ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine farklı düzeylerde dondurarak kurutulmuş çeşitli sebze turşusu tozlarının etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 107s.
- Keskekoglu, H. and 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.
- Khan, M.R. and Azam, M.**, 2021, Shrimp as a substantial source of carcinogenic heterocyclic amines, *Food Research International*, 140, 109977.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Khan, M.R., Busquets, R. and Azam, M.,** 2021, Blueberry, raspberry, and strawberry extracts reduce the formation of carcinogenic heterocyclic amines in fried camel, beef and chicken meats, *Food Control*, 123, 107852.
- Khan, M.R., Busquets, R., Saurina, J., Hernandez, S. and Puignou, L.,** 2013, Identification of seafood as an important dietary source of heterocyclic amines by chemometry and chromatography–mass spectrometry, *Chemical Research in Toxicology*, 26(6), 1014-1022.
- Khan, I.A., Liu, D., Yao, M., Memon, A., Huang, J. and Huang, 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.
- Khan, I. A., Luo, J., Shi, H., Zou, Y., Khan, A., Zhu, Z. and Huang, M.,** 2022, Mitigation of heterocyclic amines by phenolic compounds in allspice and perilla frutescens seed extract: The correlation between antioxidant capacities and mitigating activities, *Food Chemistry*, 368, 130845.
- Kılınç, S.,** 2019, Yenilebilir *Pleurotus eryngii* mantarlarının antioksidan aktiviteleri, fenolik bileşenleri ve mineral madde içeriklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 88s.
- Kır, F.,** 2018, Ordu ilinden toplanan yabani ve yenilebilir mantar türlerinin biyolojik olarak aktif madde profilinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu Üniversitesi.
- Kısa, M.,** 2019, mürekkeplerin yapısal özelliklerinden dolayı baskıda oluşan renk ve ton hataları, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 18(3), 179-198.
- Kıyak, B.D.,** 2018, Yenilebilir mantarın (*Cordyceps Militaris*) potansiyel prebiyotik aktivitesinin ve süt fermantasyonu üzerine etkisinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, 286s.
- Kızıl, M. ve Besler, H.T.,** 2012, Heterosiklik aromatik amin oluşumunun önlenmesi veya azaltılması, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 40(2), 191-196.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kidd, P.M.**, 2009, Bioavailability and activity of phytosome complexes from botanical polyphenols: the silymarin, curcumin, green tea, and grape seed extracts, *Altern Med Rev*, 14(3), 226-246.
- Kido, S., Chosa, E. and Tanaka, R.**, 2023, The effect of six dried and UV-C-irradiated mushrooms powder on lipid oxidation and vitamin D contents of fish meat, *Food Chemistry*, 398, 133917.
- Kilic, S., Oz, E. and Oz, F.**, 2021, Effect of turmeric on the reduction of heterocyclic aromatic amines and quality of chicken meatballs, *Food Control*, 128, 108189.
- Kim, S. and Lee, K.G.**, 2010, Effects of cooking variables on formation of heterocyclic amines (HCA) in roasted pork and mackerel, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 73(21-22), 1599-1609.
- Kizil, M., Oz, F. and Besler, H.T.**, 2011, A review on the formation of carcinogenic/mutagenic heterocyclic aromatic amines, *Journal of Food Process. Technol*, 2(5), 120.
- Knize, M.G. and Felton, J.S.**, 2005, Formation and human risk of carcinogenic heterocyclic amines formed from natural precursors in meat, *Nutrition Reviews*, 63(5), 158-165.
- Knize, M.G., Salmon, C.P., Mehta, S.S. and Felton, J.S.**, 1997, Analysis of cooked muscle meats for heterocyclic aromatic amine carcinogens, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1-2), 129-134.
- Koçer, G.**, 2017, Atımlı UV ışık ve gümüş nanopartiküllerinin beyaz şapkalı kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) yüzeyinde *Listeria monocytogenes*'in inaktivasyonu üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 105s.
- Konak, Ü.İ., Certel, M. ve Helhel, S.**, 2009, Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20-31.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Korkmaz, A. and Oz, F.**, 2020, Effect of the use of dry breadcrumb in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines, *British Food Journal*, 122 (7), 2105-2119.
- Kosanić, M., Ranković, B., Rančić, A. and Stanojković, T.**, 2016, Evaluation of metal concentration and antioxidant, antimicrobial, and anticancer potentials of two edible mushrooms *Lactarius deliciosus* and *Macrolepiota procera*, *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(3), 477-484.
- Kour, H., Kour, D., Kour, S., Singh, S., Hashmi, S.A.J., Yadav, A.N., Kumar, K., Sharma, Y.P. and Ahluwalia, A.S.**, 2022, Bioactive compounds from mushrooms: An emerging bioresources of food and nutraceuticals, *Food Bioscience*, 102124.
- Kozarski, M., Klaus, A., Jakovljevic, D., Todorovic, N., Vunduk, J., Petrović, P., Niksic, M., Vrvic, M.M. and Van Griensven, L.**, 2015, Antioxidants of edible mushrooms, *Molecules*, 20(10), 19489-19525.
- Kozarski, M., Klaus, A., Van Griensven, L., Jakovljevic, D., Todorovic, N., Wan, W.A. A.Q.I. and Vunduk, J.**, 2023, Mushroom β -glucan and polyphenol formulations as natural immunity boosters and balancers: nature of the application, *Food Science and Human Wellness*, 12(2), 378-396.
- Kramer, A. and Twigg, B.A.**, 1984, Quality control for the food industry, Vol. I, 3th edition, The AVI Publishing.
- Kuhn, W., Müller, T.H., Große, H. and Rommelspacher, H.**, 1996, Elevated levels of harman and norharman in cerebrospinal fluid of parkinsonian patients, *Journal of Neural Transmission*, 103(12), 1435-1440.
- Kulp, S., Fortson, L., Knize, M. and Felton, J.**, 2003, An in vitro model system to predict the bioaccessibility of heterocyclic amines from a cooked meat matrix, *Food and Chemical Toxicology*, 41: 1701–1710.
- Kumar, K.**, 2020, Nutraceutical potential and processing aspects of oyster mushrooms (*Pleurotus* species), *Current Nutrition and Food Science*, 16(1), 3-14.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kumar, H., Bhardwaj, K., Kuča, K., Sharifi-Rad, J., Verma, R., Machado, M., Kumar, D. and Cruz-Martins, N.,** 2022, Edible mushrooms' enrichment in food and feed: A mini review, *International Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 1386-1398.
- Kundakçı, A. and Ergönül, B.,** 2009, Ege bölgesi geleneksel köfte çeşitleri. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29.
- Kurt, Ş.,** 2008, Değişik tarımsal atıkların kayın mantarı (*Pleurotus ostreotus*, *Pleurotus sajor-saju*) yetiştiriciliğinde kullanım olanakları, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 212s.
- Kurup, A. H., Deotale, S., Rawson, A. and Patras, A.,** 2020, Thermal processing of herbs and spices, *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Processing, Health Benefits and Safety*, 1-21.
- Kuzugüdenli, E. and Kaya, C.,** 2011, Using and ecology of non-wood forest products in yenişarbademli (Isparta) District. In 2nd International Non-Wood Products Symposium (p. 135).
- Külcü, D.B., Günaydın, I.N.P. ve Aydın, H.K.,** 2018, Ohmik ve mikrodalga pişirme uygulanmış tavuk göğüs etinin buzdolabı şartlarında depolanması ve bazı mikrobiyal kalite değişimleri, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(1), 7-14.
- Kwon, J., Kim, I., Moon, B., Lee, K. W., Jung, M. and Lee, J.,** 2023, The effects of different cooking methods and spices on the formation of 11 HCAs in chicken wing and pork belly, *Food Control*, 147, 109572.
- Lai, Y.W., Lee, Y.T., Cao, H., Zhang, H.L. and Chen, B.H.,** 2023, Extraction of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons from pork jerky and the effect of flavoring on formation and inhibition, *Food Chemistry*, 402, 134291.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Leal, A.R., Barros, L., Barreira, J.C., Sousa, M.J., Martins, A., Santos-Buelga, C. and Ferreira, I.C.,** 2013, Portuguese wild mushrooms at the “pharma–nutrition” interface: Nutritional characterization and antioxidant properties, *Food Research International*, 50(1), 1-9.
- Lee, K.H., Kim, H.K., Kim, S.H., Kim, K.H., Choi, Y.M., Jin, H.H., Lee, S.S. and Ryu, Y.Y.,** 2017, Effects of mushroom extract on textural properties and muscle protein degradation of bovine longissimus dorsi muscle, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 81 (3) :558-564pp.
- Lee, H., Lin, M.Y. and Hao, N.J.,** 1995, Effects of Maillard reaction products on mutagen formation in boiled pork juice, *Mutagenesis*, 10(3), 179-183.
- Lee, S.R., Roh, H.S., Lee, S., Park, H.B., Jang, T.S., Ko, Y.J., Baek, K.H. and Kim, K.H,** 2018, Bioactivity-guided isolation and chemical characterization of antiproliferative constituents from morel mushroom (*Morchella esculenta*) in human lung adenocarcinoma cells, *Journal of Functional Foods*, 40, 249-260.
- Lee, S.Y., Yim, D.G., Lee, D.Y., Kim, O.Y., Kang, H.J., Kim, H.S., Jang, A., Park, T.S., Jin, S.K. and Hur, S.J.,** 2020, Overview of the effect of natural products on reduction of potential carcinogenic substances in meat products, *Trends in Food Science and Technology*, 99, 568-579.
- Li, W., Cai, Z.N., Mehmood, S., Liang, L.L., Liu, Y., Zhang, H.Y., Chen, Y. and Lu, Y.M.,** 2019b, Anti-inflammatory effects of *Morchella esculenta* polysaccharide and its derivatives in fine particulate matter-treated NR8383 cells, *International Journal of Biological Macromolecules*, 129, 904-915.
- Li, Z., Cao, P., Meng, H., Li, D., Zhang, Y., Li, Y. and Wang, S.,** 2021, Long-term exposure to 2-amino-3-methylimidazo [4, 5-f] quinoline can trigger a potential risk of Parkinson's disease, *Journal of Hazardous Materials*, 412, 125230.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Li, Y., Yuan, Y., Lei, L., Li, F., Zhang, Y., Chen, J., Zhao, G., Wu, S., Yin, R. and Ming, J.,** 2017, Carboxymethylation of polysaccharide from *Morchella angusticeps* Peck enhances its cholesterol-lowering activity in rats, *Carbohydrate polymers*, 172, 85-92.
- Li, Q., Wang, Q., Jin, X., Chen, Z., Xiong, C., Li, P., Liu, Q. and Huang, W.,** 2019a, Characterization and comparative analysis of six complete mitochondrial genomes from ectomycorrhizal fungi of the *Lactarius* genus and phylogenetic analysis of the Agaricomycetes, *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 249-260.
- Liao, G., Xu, X. and Zhou, G.,** 2009, Effects of cooked temperatures and addition of antioxidants on formation of heterocyclic aromatic amines in pork floss, *Journal of Food Processing and Preservation*, 32, 2, 159–175.
- Liao, G.Z., Wang, G.Y., Xu, X.L. and Zhou, G.H.,** 2010, Effect of cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and duck breast, *Meat Sci*, 85, 149-54.
- Lim, W.Y., Chuah, K.L., Eng, P., Leong, S.S., Lim, E., Lim, T.K., Ng, A., Poh, W.T., Tee, A., The, M., Salim, A. and Seow, A.,** 2011, Meat consumption and risk of lung cancer among never-smoking women, *Nutrition and Cancer*, 63(6), 850-859.
- Lin, S., Ching, L.T., Chen, J. and Cheung, P.C.K.,** 2015, Antioxidant and antiangiogenic effects of mushroom phenolics-rich fractions, *Journal of Functional Food*, 803–815.
- Liu, Q., Bau, T., Jin, R., Cui, X., Zhang, Y. and Kong, W.,** 2022b, Comparison of different drying techniques for shiitake mushroom (*Lentinus edodes*): Changes in volatile compounds, taste properties, and texture qualities, *LWT - Food Science and Technology*, 113651.
- Liu, W., Cai, Y., He, P., He, X., Shi, X. and Yu, F.,** 2022c, Genetic polymorphism of Mel-21 *Morchella* tissue isolates, *Journal of Agriculture and Food Research*, 9, 100324.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Liu W., Chen L., Cai Y., Zhang Q. and Bian Y.,** 2018a, Opposite polarity monospore genome de novo sequencing and comparative analysis reveal the possible heterothallic life cycle of *Morchella importuna*, *International Journal of Molecular Sciences*, 19(9), 2525.
- Liu, Q., Cui, X., Song, Z., Kong, W., Kang, Y., Kong, W. and Ng, T.B.,** 2021, Coating shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*) with a polysaccharide from *Oudemansiella radicata* improves product quality and flavor during postharvest storage, *Food Chemistry*, 352, 129357.
- Liu, C., Li, P., Mao, Q. and Jing, H.,** 2016b, Antihyperlipidemic effect of endopolysaccharide of *Morchella esculenta* and chemical structure analysis, *Oxidation Communications*, 39(1 A), 968-976.
- Liu, Q., Ma, H., Zhang, Y. and Dong, C.,** 2018b, Artificial cultivation of true morels: current state, issues and perspectives, *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(2), 259-271.
- Liu, C., Sun, Y., Mao, Q., Guo, X., Li, P., Liu, Y. and Xu, N.,** 2016a, Characteristics and antitumor activity of *Morchella esculenta* polysaccharide extracted by pulsed electric field, *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 986.
- Liu, Y., Zhang, H., Brennan, M., Brennan, C., Qin, Y., Cheng, G. and Liu, Y.,** 2022a, Physical, chemical, sensorial properties and in vitro digestibility of wheat bread enriched with yunnan commercial and wild edible mushrooms, *LWT - Food Science and Technology*, 169, 113923.
- Liu, W., Zhang, Y. and He, P.X.,** 2017, Morel biology and cultivation, *Jilin Science and Technology Press, Changchun*, 1-340.
- Lo, J.J., Park, Y.M.M., Sinha, R. and Sandler, D.P.,** 2020, Association between meat consumption and risk of breast cancer: Findings from the sister study, *International Journal of Cancer*, 146(8), 2156-2165.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lu, F., Kuhnle, G.K. and Cheng, Q.,** 2017, Heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in commercial ready-to-eat meat products on UK market, *Food Control*, 73, 306-315.
- 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.
- Lumbreras, B., Garte, S., Overvad, K., Tjonneland, A., Clavel-Chapelon, F., Linseisen, J. P., Boeing, H., Trichopoulou, A., Palli, D., Peluso, M., Krogh, V., Tumino, R., Panico, S., Bueno-De-Mesquita, H.B., Peeters, P.H., Lund, E., Martinez, C., Dorronsoro, M., Barricarte, A., Chirlaque, M.D., Quiros, J.R., Berglund, G., Hallmans, G., Day, N.E., Key, T.J., Saracci, R., Kaaks, R., Malaveille, C., Ferrari, P., Boffetta, P., Norat, T., Riboli, E., Gonzalez, C.A. and Vineis, P.,** 2008, Meat intake and bladder cancer in a prospective study: a role for heterocyclic aromatic amines, *Cancer Causes and Control*, 19(6), 649-656.
- Lynch, A.M., Murray, S., Gooderham, N.J. and Boobis, A.R.,** 1995, Exposure to and activation of dietary heterocyclic amines in humans, *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 21(1-3), 19-31.
- Ma, M., Zhao, J., Yan, X., Zeng, Z., Wan, D., Yu, P., Xia, J., Zhang, G. and Gong, D.,** 2022, Synergistic effects of monacolin and carvacrol against *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella typhimurium* in chicken meat preservation, *Food Control*, 132, 108480.
- Macit, A.,** 2018, Zeytin yaprağı ekstraktının somon balığında heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Mallikarjuna, S.E., Ranjini, A., Haware, D.J., Vijayalakshmi, M.R., Shashirekha, M.N. and Rajarathnam, S.,** 2013, Mineral composition of four edible mushrooms, *Journal of Chemistry*, 2013.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Manful, C.F., Vidal, N.P., Pham, T.H., Nadeem, M., Wheeler, E., Hamilton, M. C., Doody, K.M. and Thomas, R.H.,** 2020, Unfiltered beer based marinades reduced exposure to carcinogens and suppressed conjugated fatty acid oxidation in grilled meat, *Food Control*, 111, 107040.
- Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S., Vivanti, V. and Pizzoferrato, L.,** 1999, Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study, *Food Chemistry*, 65(4), 477-482.
- Marçal, S., Sousa, A.S., Taofiq, O., Antunes, F., Morais, A.M., Freitas, A.C., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R. and Pintado, M.,** 2021, Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms, *Trends in Food Science and Technology*, 110, 418-431.
- Martínez Peña, F., De-Miguel, S., Pukkala, T., Bonet, J.A., Ortega-Martínez, P., Aldea, J. and de Aragón, J.M.,** 2012, Yield models for ectomycorrhizal mushrooms in *Pinus sylvestris* forests with special focus on *Boletus edulis* and *Lactarius deliciosus*, *Forest Ecology and Management*, 282, 63-69.
- Mattar, V.T., Gonçalves, S.C., Pereira, C.R., Faria, A.M., de Souza, R.V. and Carneiro, S.J.,** 2018, A shiitake mushroom extract as a viable alternative to NaCl for a reduction in sodium in beef burgers, *British Food Journal*, 120 (6): 1136-1380 pp.
- Mau, J.,** 2005, The umami taste of edible and medicinal Mushrooms, *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 7(1/2), 119.
- Mau, J.L., Chang, C. N., Huang, S. J. and Chen, C.C.,** 2004, Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia, *Food Chemistry*, 87(1), 111-118.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Melo, A., Viegas, O., Petisca, C., Pinho, O. and Ferreira, I.M.,** 2008, Effect of beer/red wine marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines in pan-fried beef, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10625-10632.
- Meng, F., Zhou, B., Lin, R., Jia, L., Liu, X., Deng, P., Fan, K., Wang, G., Wang, L. and Zhang, J.,** 2010, Extraction optimization and in vivo antioxidant activities of exopolysaccharide by *Morchella esculenta* SO-01, *Bioresource Technology*, 101(12), 4564-4569.
- Mesa, L.B.A., Padró, J.M. and Reta, M.,** 2013, Analysis of non-polar heterocyclic aromatic amines in beefburguers by using microwave-assisted extraction and dispersive liquid-ionic liquid microextraction, *Food Chemistry*, 141(3), 1694-1701.
- Messner, C. and Murkovic, M.,** 2004, Evaluation of a new model system for studying the formation of heterocyclic amines, *Journal of Chromatography B*, 802(1):19-26.
- Meurillon, M., Angenieux, M., Mercier, F., Blinet, P., Chaloin, L., Chevolleau, S., Debrauwer, L. and Engel, E.,** 2020, Mitigation of heterocyclic aromatic amines in cooked meat. Part I: Informed selection of antioxidants based on molecular modeling, *Food Chemistry*, 331, 127264.
- Meurillon, M. and Engel, E.,** 2016, Mitigation strategies to reduce the impact of heterocyclic aromatic amines in proteinaceous foods, *Trends in Food Science and Technology*, 50, 70-84.
- Mittermeier, V.K., Dunkel, A. and Hofmann, T.,** 2018, Discovery of taste modulating octadecadien-12-ynoic acids in golden chanterelles (*Cantharellus cibarius*), *Food Chemistry*, 269, 53-62.
- Mohiuddin, A.K.,** 2021, Can medicinal mushrooms fight against sars-cov-2/covid-19, *Journal of Internal Medicine: Science and Art*, 2, 23-24.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Morales, D., Gil-Ramirez, A., Smiderle, F. R., Piris, A. J., Ruiz-Rodriguez, A. and Soler-Rivas, C.,** 2017, Vitamin D-enriched extracts obtained from shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) by supercritical fluid extraction and UV-irradiation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 330-336.
- Moro, C., Palacios, I., Lozano, M., D'Arrigo, M., Guillamón, E., Villares, A., Martinez, J.A. and García-Lafuente, A.,** 2012, Anti-inflammatory activity of methanolic extracts from edible mushrooms in LPS activated RAW 264.7 macrophages, *Food Chemistry*, 130(2), 350-355.
- Mujumdar, A. S. and Zhonghua, W.,** 2007, Thermal drying technologies—Cost-effective innovation aided by mathematical modeling approach, *Drying technology*, 26(1), 145-153.
- 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.
- Murphy, E.W., Criner, P.E., Grey, B.C.,** 1975, Comparison of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23: 1153–1157 pp.
- Muszyńska, B., Grzywacz-Kisiełewska, A., Kała, K. and Gdula-Argasińska, J.,** 2018, Anti-inflammatory properties of edible mushrooms: A review, *Food Chemistry*, 243, 373-381.
- Nasiri, F.D., Mohebbi, M., Yazdi, F.T. and Khodaparast, M.H.H.,** 2011, Kinetic modeling of mass transfer during deep fat frying of shrimp nugget prepared without a pre-frying step, *Food and Bioprocess Processing*, 89(3), 241-247.
- Nerin, C., Aznar, M. and Carrizo, D.,** 2016, Food contamination during food process, *Trends in Food Science and Technology*, 48, 63-68.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nieminen, P. and Mustonen, A. M.,** 2020, Toxic potential of traditionally consumed mushroom species—a controversial continuum with many unanswered questions, *Toxins*, 12(10), 639.
- Ni, W., McNaughton, L., LeMaster, D.M., Sinha, R. and Turesky, R.J.,** 2008, Quantitation of 13 heterocyclic aromatic amines in cooked beef, pork, and chicken by liquid chromatography-electrospray ionization/tandem mass spectrometry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1):68-78 pp.
- Nijhuis, H.H., Torringa, H.M., Muresan, S., Yuksel, D., Leguijt, C. and Klok, W.,** 1998, Approaches to improving the quality of dried fruit and Vegetable, *Trends in Food Science and Technology* 9: 13-20.
- Nitha, B., De, S., Adhikari, S.K., Devasagayam, T.P.A. and Janardhanan, K.K.,** 2010, Evaluation of free radical scavenging activity of morel mushroom, *Morchella esculenta* mycelia: a potential source of therapeutically useful antioxidants, *Pharmaceutical Biology*, 48(4), 453-460.
- Nitha, B., Fijesh, P.V. and Janardhanan, K.K.,** 2013, Hepatoprotective activity of cultured mycelium of Morel mushroom, *Morchella esculenta*, *Experimental and Toxicologic Pathology*, 65: 105–112.
- Nitha, B. and Janardhanan, K.K.,** 2008, Aqueous-ethanolic extract of Morel mushroom mycelium *Morchella esculenta*, protects cisplatin and gentamicin induced nephrotoxicity in mice, *Food and Chemical Toxicology*, 46(9), 3193-3199.
- Nitha, B., Meera, C. R. and Janardhanan, K.K.,** 2007, Anti-inflammatory and antitumour activities of cultured mycelium of Morel mushroom, *Morchella esculenta*, *Current Science*, 235-239.
- Novakovic, S., Djekic, I., Klaus, A., Vunduk, J., Đorđević, V., Tomovic, V., Kočić-Tanackov, S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J. and Tomasevic, I.,** 2020, Application of porcini mushroom (*Boletus edulis*) to improve the quality of frankfurters, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14556.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nowakowski, P., Markiewicz-Żukowska, R., Gromkowska-Kępka, K., Naliwajko, S.K., Moskwa, J., Bielecka, J., Grabia, M., Borawska, M. and Socha, K.,** 2021, Mushrooms as potential therapeutic agents in the treatment of cancer: Evaluation of anti-glioma effects of *Coprinus comatus*, *Cantharellus cibarius*, *Lycoperdon perlatum* and *Lactarius deliciosus* extracts, *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 133, 111090.
- Nuray, M. and Oz, 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*, 99(7), 3538-3547.
- Omak Keskin, G.,** 2020, Yenilebilir mantarın bazı *Lactobacillus* türlerinin gelişmesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 129s.
- Otieno, O.D., Jakim, M.F., George, O. and Jacob, M.,** 2022, Strategies for improving hydrolytic efficiency of crude multienzyme extracts in mushroom processing, *Heliyon*, e11312.
- Otieno, O.D., Onyango, C., Onguso, J.M., Matasyoh, L.G., Wanjala, B.W., Wamalwa, M. and Harvey, J.J.,** 2015, Genetic diversity of Kenyan native oyster mushroom (*Pleurotus*), *Mycologia*, 107(1), 32-38.
- Oz, E.,** 2019, Inhibitory effects of black cumin on the formation of heterocyclic aromatic amines in meatball, *Plos One*, 14(8), e0221680.
- Oz, E.,** 2021, The impact of fat content and charcoal types on quality and the development of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic aromatic amines formation of barbecued fish, *International Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 954-964.
- Oz, F.,** 2011, Quantitation of heterocyclic aromatic amines in ready to eat meatballs by ultra fast liquid chromatography, *Food Chemistry*, 126(4), 2010-2016.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Oz, 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.
- Oz, F. and Celik, T.**, 2015, Proximate composition, color and nutritional profile of raw and cooked goose meat with different methods, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2442-2454.
- Oz, F., Kaban, G. and Kaya, M.**, 2010, Effects of cooking methods and levels on formation of heterocyclic aromatic amines in chicken and fish with Oasis extraction method, *LWT-Food Science and Technology*, 43(9), 1345-1350.
- Oz, F. and Kaya, M.**, 2011a, Heterocyclic aromatic amines in meat, *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 739-753.
- Oz, 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.
- Oz, F. and Kaya, M.**, 2011c, The inhibitory effect of black pepper on formation of heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball, *Food Control*, 22(3-4), 596-600.
- Oz, F. and Kaya, M.**, 2006, June, Mutagenic and carcinogenic heterocyclic aromatic amines. In *FEBS JOURNAL* (Vol. 273, pp. 301-302), 9600 Garsington Rd, Oxford OX4 2DQ, Oxon, England: Blackwell Publishing.
- Oz, 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.
- Oz, F. and Kotan, G.**, 2016, Effects of different cooking methods and fat levels on the formation of heterocyclic aromatic amines in various fishes, *Food Control*, 67, 216-224.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Oz, F. and Yuzer, M.O.**, 2016, The effects of cooking on wire and stone barbecue at different cooking levels on the formation of heterocyclic aromatic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in beef steak, *Food Chemistry*, 203:59- 66 pp.
- Oz, F. and Zikirov, E.**, 2015, The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops, *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 120-125pp.
- Ozdestan, O., Kacar, E., Keskekoglu, H. and Uren, A.**, 2014, Development of a new extraction method for heterocyclic aromatic amines determination in cooked meatballs, *Food Analytical Methods*, 7(1):116-126 pp.
- Öz, F.**, 2006, Farklı sıcaklıklarda pişirilen taze et ürünlerinde baharat kullanımının heterosiklik aromatik aminlerin oluşumu üzerine etkisi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 113s.
- Özcan, Ö., Ertan, F. ve Tunçakın, B.**, 2019, *Agaricus campestris*, *Pleurotus eryngu* ve *Lactarius deliciosus* mantarlarının antioksidan özelliklerinin belirlenmesi, *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 58-67.
- Özçelik, E., G., Şahin, A. and Pekşen,** 2004, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinin Bazı Yenen ve Tıbbi Mantar Türleri. Türkiye VII. Yemeklik Mantar Kongresi. Antalya. 128-139.
- Özçetin, B.**, 2021, Yaprak döner üretiminde odun ateşinde pişirme yöntemi parametrelerinin heterosiklik amin (HCA) oluşumu ve bazı özellikler üzerine etkileri., Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 198s.
- Özderin, S. ve Ulusoy, H.**, 2022, Ekonomik perspektiften Covid-19 sürecinde Köyceğiz'deki odun dışı orman ürünlerinin değerlendirilmesi, *5 th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies*, ISSN: 2687-5527.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özsaraç**, 2015, Dönerlerde heterosiklik aromatik amin oluşumu üzerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 199s.
- Özsaraç, N., Kolsarici, N., Demirok, E. and Haskaraca, G.**, 2019, Formation of heterocyclic aromatic amines in doner kebab cooked with different methods at varying degrees of doneness, *Food Additives and Contaminants: Part A*, 36(2), 225-235.
- Öztürk, A.**, 2010, Bazı Yenilebilir mantar türlerinde farklı önışlem ve kurutma yöntemlerinin kalite özellikleri ve besin öğeleri üzerine etkileri, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 89s.
- Öztürk, C., Alkan, S. and Kaşık, G.**, 2018, Anadolu'da mantar kültür, *International Congress on Cultural Heritage and Tourism*, 340 (Vol. 347).
- Öztürk, N. ve Kaya, E.E.**, 2022, Popüler mantarların besin değerleri ve sağlık üzerine etkileri, *Gıda*, 47(4), 539-563.
- Özünlü, O. and Ergezer, H.**, 2020, Possibilities of using dried oyster mushroom in the production of beef salami, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (2), 15117.
- Pais, P., Salmon, C.P., Knize, M.G. and Felton, J.S.**, 1999, Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems, meats, and meat drippings, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1098-1108.
- Pandey, A.T., Pandey, I., Hachenberger, Y., Krause, B.C., Haidar, R., Laux, P., Luch, A., Singh, M.P. and Singh, A.V.**, 2020, Emerging paradigm against global antimicrobial resistance via bioprospecting of mushroom into novel nanotherapeutics development, *Trends in Food Science and Technology*, 106, 333-344.
- Pankavec, S., Falandysz, J., Hanć, A. and Fernandes, A.R.**, 2022, The effects of culinary processing on lithium from lithiated and reference button mushrooms (*Agaricus bisporus*), *Food Chemistry Advances*, 1, 100106.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Patel, S. and Goyal, A.,** 2012, Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics: A review, *3 Biotech*, 2(1), 1-15.
- Patinho, I., Selani, M.M., Saldaña, E., Bortoluzzi, A.C.T., Rios- Mera, J.D., da Silva, C.M., Kushida, M.M. and Contreras-Castillo, C.J.,** 2021, *Agaricus bisporus* mushroom as partial fat replacer improves the sensory quality maintaining the instrumental characteristics of beef burger, *Meat Science*, 172, Article number: 108307.
- Patra, A. and Mukherjee, A.K.,** 2022, Mushroom mycetism—A neglected and challenging medical emergency in the Indian subcontinent, A road map for its prevention and treatment, *Toxicon*, 56-77.
- Pearson, A.M., Chen, C., Gray, J.I. and Aust, S.D.,** 1992, Mechanism (s) involved in meat mutagen formation and inhibition, *Free Radical Biology and Medicine*, 13(2), 161-167.
- Pekşen, A. ve Akdeniz, H.,** 2012, Organik ürün olarak doğa mantarları, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 8(1): 34-40.
- Pekşen, A. ve Kaplan, M.,** 2017, Ordu ilinin ekonomik öneme sahip yenilebilen doğa mantarları, *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 335-342.
- Pekşen, A., Kibar, B. ve Yakupoğlu, G.,** 2007, Yenilebilir bazı *Lactirus* türlerinin morfolojik özelliklerinin, protein ve mineral içeriklerinin belirlenmesi, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(3): 301-305.
- Persson, E., Graziani, G., Ferracane, R., Fogliano, V. and Skog, K.,** 2003, Influence of antioxidants in virgin olive oil on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers, *Food and Chemical Toxicology*, 41(11), 1587-1597.
- Persson, E., Sjöholm, I. and Skog, K.,** 2002, Heat and mass transfer in chicken breasts—effect on PhIP formation, *European Food Research and Technology*, 214(6), 455-459.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pérez Bassart, Z., Fabra, M.J., Martínez-Abad, A. and López-Rubio, A.,** 2023, Compositional differences of β -glucan-rich extracts from three relevant mushrooms obtained through a sequential extraction protocol, *Food Chemistry*, 402, 134207.
- Pérez Chávez, A.M., Alberti, M.M. and Albertó, E.,** 2022, Evaluation of ligninolytic activity in spent mushroom substrate from four cultivated mushrooms, *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 7(4), 288-294.
- Pettenella, D. and Kloehn, S.,** 2007, Mediterranean mushrooms: how to market them. In: Berrahmouni, N., Escuté, X., Regato, P., Stein, C., Beyond cork-a wealth of resources for people and nature, *WWF Mediterranean and IPADE*, pp. 52-68.
- Phan, C.W., David, P., Naidu, M., Wong, K.H. and Sabaratnam, V.,** 2015, Therapeutic potential of culinary-medicinal mushrooms for the management of neurodegenerative diseases: diversity, metabolite, and mechanism, *Critical Reviews in Biotechnology*, 35(3), 355-368.
- Pildain, M.B., Visnovsky, S.B. and Barroetaveña, C.,** 2014, Phylogenetic diversity of true morels (*Morchella*), the main edible non-timber product from native patagonian forests of argentina, *Fungal Biology*, 118(9-10), 755-763.
- Pil-Nam, S., Park, K.M., Kang, G.H., Cho, S.H., Park, B.Y., and Van-Ba, H.,** 2015, The impact of addition of shiitake on quality characteristics of frankfurter during refrigerated storage, *LWT- Food Science and Technology*, 62(1):62–68 pp.
- Pilz, D.,** 2007, Ecology and management of morels harvested from the forests of western North America.
- Pilz, D., McLain, R., Alexander, S., Villarreal-Ruiz, S.B., Wurtz Parks, C.G., McFarlane, E., Baker, B., Molina, R. and Smith, J.E.,** 2007, Ecology and management of morels harvested from the forests of western north america. united states department of agriculture forest service pacific northwest research station, *General Technical Report, PNWGTR-710*, March.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Platts, J.**, 1991, Microwave Ovens. Peter Pergrinus Ltd, *London UK*.
- Polak, T., Dosler, D., Zlender, B. and Gasperlin, L.**, 2009, Heterocyclic amines in aged and thermally treated pork longissimus dorsi muscle of normal and PSE quality, *LWT Food Science and Technology*, 42, 504-513.
- Prudhvi, P. V. V. P., Deepika, S. and Sutar, P. P.**, 2022, Modeling moisture and solids transfer kinetics during a novel microwave assisted water absorption-desorption process of dry red gram (*Cajanus cajan*) splits, *Journal of Food Engineering*, 318, 110891.
- Puangsombat, K., Gadgil, P., Houser, T.A., Hunt, M.C. and Smith, J.S.**, 2012, Occurrence of heterocyclic amines in cooked meat products, *Meat Science*, 90(3):739-746 pp.
- Puangsombat, K. and Smith, J.S.**, 2010, Inhibition of heterocyclic amine formation in beef patties by ethanolic extracts of rosemary, *Journal of Food Science*, 75(2), T40-T47.
- Pueschel, V.A. and Schieberle, P.**, 2021, Changes in the key aroma compounds of matsutake mushroom (*Tricholoma matsutake Sing.*) from Canada during pan-frying elucidated by application of the sensomics approach, *European Food Research and Technology*, 247(1), 51-65.
- Qing, Z., Cheng, J., Wang, X., Tang, D., Liu, X. and Zhu, M.**, 2021, The effects of four edible mushrooms (*Volvariella volvacea*, *Hypsizygus marmoreus*, *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus*) on physicochemical properties of beef paste, *LWT - Food Science and Technology*, 135, 110063.
- Quelhas, I., Petisca, C., Viegas, O., Melo, A., Pinho, O. and Ferreira, I.M.P.L.V.O.**, 2010, Effect of green tea marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of pan-fried beef, *Food Chemistry*, 122(1), 98-104.
- Rahi, D.K. and Malik, D.**, 2016, Diversity of mushrooms and their metabolites of nutraceutical and therapeutic significance, *Journal of Mycology*, 1: 19.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rai, R., Bhattacharyya, D., Dalai, N., Shekhar, S., Praveen, P.K. and Ganguly, S.,** 2016, Preparation of Chevon meat balls by different cooking methods, *Indian Journal of Small Ruminants*, 22(21): 129-130.
- Rama, V. and John, P.J.,** 2000, Effects of methods of drying and pretreatments on quality of dehydrated mushroom, *Indian Food Packer*, 54(5), 59-64.
- Raman, V.K., Saini, M., Sharma, A. and Parashar, B.,** 2018, *Morchella esculenta*: a herbal boon to pharmacology, *International Journal of Development Research*, 8(3), 19660-19665.
- Ramazan, E., Süren, T. and Kızıleli, M.,** 2017, Gastronomik açıdan Türkiye’de yenilebilir yabani mantarlar üzerine kavramsal bir değerlendirme, *Turizm Akademik Dergisi*, 4(2), 77-89.
- Ramírez Anguiano, A.C., Santoyo, S., Reglero, G. and Soler-Rivas, C.,** 2007, Radical scavenging activities, endogenous oxidative enzymes and total phenols in edible mushrooms commonly consumed in Europe, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(12), 2272-2278.
- Ramos, M., Burgos, N., Barnard, A., Evans, G., Preece, J., Graz, M., Ruthes, A.C., Jiménez-Quero, A., Martínez-Abad, A., Vilaplana, F., Ngoc, L.P., Brouwer, A., Burg, B.V.D., Garrigós, M.D.C. and Jiménez, A.,** 2019, *Agaricus bisporus* and its by-products as a source of valuable extracts and bioactive compounds, *Food Chemistry*, 292, 176-187.
- Rangel Vargas, E., Rodriguez, J.A., Domínguez, R., Lorenzo, J.M., Sosa, M.E., Andrés, S.C., Rosmini, M., Pérez-Alvarez, J.A., Teixeira, A. and Santos, E.M.,** 2021, Edible mushrooms as a natural source of food ingredient/additive replacer, *Foods*, 10(11), 2687.
- Rasalanavho, M., Moodley, R. and Jonnalagadda, S. B.,** 2020, Elemental bioaccumulation and nutritional value of five species of wild growing mushrooms from south africa, *Food Chemistry*, 319, 126596.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rathore, H., Prasad, S. and Sharma, S.,** 2017, Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review, *PharmaNutrition*, 5(2), 35-46.
- Raza, A., Shabbir, M.A., Khan, M.I., Suleria, H.A.R. and Sultan, S.,** 2015, Effect of thermal treatments on the formation of heterocyclic aromatic amines in various meats, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(4):376- 383 pp.
- Reis, F.S., Martins, A., Vasconcelos, M.H., Morales, P. and Ferreira, I.C.,** 2017, Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms, *Trends in Food Science and Technology*, 66, 48-62.
- Reis, F.S., Stojković, D., Soković, M., Glamočlija, J., Ćirić, A., Barros, L. and Ferreira, I. C.,** 2012, Chemical characterization of *Agaricus bohusii*, antioxidant potential and antifungal preserving properties when incorporated in cream cheese, *Food Research International*, 48(2), 620-626.
- Ren, L., Hemar, Y., Perera, C. O., Lewis, G., Krissansen, G. W. and Buchanan, P.K.,** 2014, Antibacterial and antioxidant activities of aqueous extracts of eight mushrooms, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 3, 41–51.
- Robbana Barnat, S., Rabache, M., Rialland, E. and Fradin, J.,** 1996, Heterocyclic amines: occurrence and prevention in cooked food, *Environ Health Perspect*, 104(3), 280-288.
- Robinson, B., Winans, K., Kendall, A., Dlott, J. and Dlott, F.,** 2019, A life cycle assessment of agaricus bisporus mushroom production in the USA, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(3), 456-467.
- Roncero Ramos, I. and Delgado Andrade, C.,** 2017, The beneficial role of edible mushrooms in human health, *Current Opinion in Food Science*, 14, 122-128.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rosbach, M., Kümmerle, E., Schmidt, S., Gohmert, M., Stieghorst, C., Revay, Z. and Wiehl, N.**, 2017, Elemental analysis of *Morchella esculenta* from Germany, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 313(1), 273-278.
- Sağlam, B., Aybar, M. and Yılmaz, F.N.**, 2021, Orman yangınlarının kuzugöbeği mantarının (*Morchella* spp.) çoğalması üzerine etkilerinin araştırılması: Giresun, Alucra örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2): 204-212.
- Sahin, E., Keskin, E. and Akata, I.**, 2021, The unique genome organization of two novel fusariviruses hosted by the true morel mushroom *Morchella esculenta*, *Virus Research*, 302, 198486.
- Sanchez, C.**, 2017, Reactive oxygen species and antioxidant properties from mushrooms, *Synthetic and Systems Biotechnology*, 2(1), 13-22.
- Sande, D., de Oliveira, G.P., Moura, M.A.F., de Almeida Martins, B., Lima, M.T.N.S. and Takahashi, J.A.**, 2019, Edible mushrooms as a ubiquitous source of essential fatty acids, *Food Research International*, 125, 108524.
- Sanodiya, B.S., Thakur, G.S., Baghel, R.K., Prasad, G.B.K.S. and Bisen, P.S.**, 2009, *Ganoderma lucidum*: a potent pharmacological macrofungus, *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 10(8), 717-742.
- Sarıkürkçü, C., Karşı, S.D., Solak, M.H. and Harmandar, M.**, 2004, Muğla yöresi yenilebilir mantar ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi, *Türkiye 8. Gıda Kongresi*, 26- 28 Mayıs 2004, Bursa, 57.
- Saxena, A., Khanna, A. and Gupta, D.**, 2020, Emotion recognition and detection methods: A comprehensive survey, *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, 2(1), 53-79.
- Savoie, J. M. and Mata, G.**, 2016, Growing *Agaricus bisporus* as a contribution to sustainable agricultural development, *In Mushroom Biotechnology* (pp. 69-91).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Schmidberger, P.C. and Schieberle, P.,** 2020, Changes in the key aroma compounds of raw shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) induced by pan-frying as well as by rehydration of dry mushrooms, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(15), 4493-4506.
- Sepahpour, S., Selamat, J., Khatib, A., Manap, M.Y.A., Abdull Razis, A. F. and Hajeb, P.,** 2018, Inhibitory effect of mixture herbs/spices on formation of heterocyclic amines and mutagenic activity of grilled beef, *Food Additives and Contaminants: Part A*, 35(10), 1911-1927.
- Serin, M.,** 2023, Ratlarda akut miyokart enfarktüsü modelinde miyokardiyal perfüzyonun termal görüntülenmesi, Doktora Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, 87s.
- Sevim, E. ve Sevim, A.,** 2021, Kırşehir ilinden toplanan *Morchella esculenta* (l.) pers (kuzugöbeği) mantarlarının moleküler karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi, *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7(1), 48-59.
- Shameem, N., Kamili, A.N., Ahmad, M., Masoodi, F.A. and Parray, J.A.,** 2017, Antimicrobial activity of crude fractions and morel compounds from wild edible mushrooms of North western Himalaya, *Microbial Pathogenesis*, 105, 356-360.
- Shan, S., Ma, Y., Sun, C., Guo, X., Zheng, H., Xu, X., Qin, L. and Hu, J.,** 2021, A novel magnetic solid-phase extraction method for detection of 14 heterocyclic aromatic amines by UPLC-MS/MS in meat products, *Food Chemistry*, 337, 127630.
- Sharma, R.K., Chan, W.G., Seeman, J.I. and Hajaligol, M.R.,** 2003, Formation of low molecular weight heterocycles and polycyclic aromatic compounds (PACs) in the pyrolysis of α -amino acids, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 66(1-2), 97-121.
- Sharma, A.,** 2018, *Understanding color management*. John Wiley and Sons.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shao, L., Tian, Y., Chen, S., Xu, X. and Wang, H.,** 2022, Characterization of the spoilage heterogeneity of aeromonas isolated from chilled chicken meat: in vitro and in situ, *LWT - Food Science and Technology*, 162, 113470.
- Skog, K. and Jägerstad, M.,** 1990, Effects of monosaccharides and disaccharides on the formation of food mutagens in model systems, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 230(2), 263-272pp.
- Singh, S.K., Kamal, S., Tiwari, M., Yadav, M. and Upadhyay, R.C.,** 2004, Arbitrary primer based RAPD—a useful genetic marker for species identification in Morels, *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 13(1), 7-12.
- Singla, A.K. and Kaur, I.P.,** 2003, Inhibitory effect of dibenzoylmethane on mutagenicity of food-derived heterocyclic amine mutagens, *Phytomedicine*, 10(6-7), 575-582.
- Singh, M.P., Rai, S.N., Dubey, S.K., Pandey, A.T., Tabassum, N., Chaturvedi, V.K., and Singh, N.B.,** 2022, Biomolecules of mushroom: A recipe of human wellness. *Critical Reviews in Biotechnology*, 42(6), 913-930.
- Sinha, R., Rothman, N., Salmon, C.P., Knize, M.G., Brown, E.D., Swanson, C.A., Rhodes, D., Rossi, S., Felton, J.S. and Levander, O.A.,** 1998, Heterocyclic amine content in beef cooked by different methods to varying degrees of doneness and gravy made from meat drippings, *Food and Chemical Toxicology*, 36, 279-287.
- Skog, K.I., Johansson, M.A.E. and Jägerstad, M.I.,** 1998, Carcinogenic heterocyclic amines in model systems and cooked foods: a review on formation, occurrence and intake, *Food and Chemical Toxicology*, 36(9-10), 879-896.
- Skog, K., Solyakov, A. and Jägerstad, M.,** 2000, Effect of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to aminocarbols in a meat juice model system, *Food Chemistry*, 68, 299-308.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Smolskaitė, L., Venskutonis, P. R. and Talou, T.,** 2015, Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species, *LWT - Food Science and Technology*, 60, 462–471.
- Solyakov, A. and Skog, K.,** 2002, Screening for heterocyclic amines in chicken cooked in various ways, *Food and Chemical Toxicology*, 40(8), 1205-1211.
- Souza, M.N.S., Dos Santos, M.X.S., De Andrade, E.A., Ferrer, M.D., Barbosa, A.M., Silva, T.M., Pereira, E.S., Junior, J.M.S., Bezerra, L.R. and Oliveira, R.L.,** 2022, Effect of Replacement of Tifton-85 Hay with *Pleurotus* Spp. Mushroom Residue on Physicochemical Composition, Fatty Acid Profile and Sensorial Attributes of Lamb Meat, *Livestock Science*, 260, 104951.
- SPSS,** 2011, Statistical Package, SPSS for Windows, ver. 20.0. Chicago: SPSS, Inc.
- Stefanello, F.S., Cavaleiro, C.P., Ludtke, F.L., Lucy, L., Fries, M., and Kubota, E.H.,** 2015, Oxidative and microbiological stability of fresh pork sausage with added sun mushroom powder, *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, 39(4):381–389 pp.
- Stern, K.R., Bidlack, J.E. and Jansky, S.H,** 2008, Kingdom fungi: Introductory plant biology, Ed.: Stern, K.R., Inc., McGraw-Hill Companies, Newyork, pp. 346-370.
- Stojek, K., Gillerot, L. and Jaroszewicz, B.,** 2022, Predictors of mushroom production in the European temperate mixed deciduous forest, *Forest Ecology and Management*, 522, 120451.
- Sugimura, T.,** 1997, Overview of carcinogenic heterocyclic amines, *Mutation Research*, 376(1-2), 211-219.
- Sugimura, T.,** 2002, Food and cancer, *Toxicology*, 181, 17-21.
- Sugimura, T., Wakabayashi, K., Nakagama, H. and Nagao, M.,** 2004, Heterocyclic amines: Mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish, *Cancer Science*, 95(4), 290-299pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Suhag, R., Dhiman, A., Deswal, G., Thakur, D., Sharanagat, V. S., Kumar, K. and Kumar, V.**, 2021, Microwave processing: A way to reduce the anti-nutritional factors (ANFs) in food grains, *LWT - Food Science and Technology*, 150, 111960.
- Sun, L., Zhang, F., Yong, W., Chen, S., Yang, M.L., Ling, Y., Chu, X. and Lin, J.M.**, 2010, Potential sources of carcinogenic heterocyclic amines in Chinese mutton shashlik, *Food Chemistry*, 123(3), 647-652.
- Sun, L.B., Zhang, Z.Y., Xin, G., Sun, B.X., Bao, X.J., Wei, Y.Y., Zhao, X.M. and Xu, H.R.**, 2020, Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms, *Trends in Food Science and Technology*, 96, 176-187.
- Sun, J., Wang, Y., Pang, X., Tian, S., Hu, Q., Li, X. and Lu, Y.**, 2021, The effect of processing and cooking on glucoraphanin and sulforaphane in brassica vegetables, *Food Chemistry*, 360, 130007.
- Sunil, C. and Xu, B.**, 2022, Mycochemical profile and health-promoting effects of morel mushroom *Morchella esculenta* (L.)-A review, *Food Research International*, 111571.
- Suortti, T.**, 1984, Stability of necatorin, a highly mutagenic compound from *Lactarius necator* mushroom, *Food and Chemical Toxicology*, 22(7), 579-581.
- Summers, A.C., Smith, P., Ezike, A., Frutche, R., Fahle, J., De Vries, E., Taylor, J. and Cheskin, L.J.**, 2015, A pilot study to compare a mushroom-soy-beef burger to an all-beef burger in school meals, *J Child Nutr Manag*, 39(2), N2.
- Süfer, O., Bozok, F. and Demir, H.**, 2016, Usage of edible mushrooms in various food products, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3):144–149 pp.
- Sümer, S.**, 2006, Genel Mikoloji. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Stavric, B.**, 1994, Biological significance of trace levels of mutagenic heterocyclic aromatic amines in human diet: a critical review, *Food and Chemical Toxicology*, 32(10), 977-994.
- Stephen, J.H.**, 1997, Microwave Enhanced Chemistry (Fundamentals, sample preparation and Application), *American Chemical Society, Washington DC., USA*.
- Syeda, T. and Cannon, J.R.**, 2022, Potential role of heterocyclic aromatic amines in neurodegeneration, *Chemical Research in Toxicology*, 35(1), 59-72.
- Şimşek, A.**, 2020, The effect of different cooking techniques and internal cooking temperature applications on the oxidative stability of hamburger patties, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(4), 807-817.
- Tajdar-oranj, B., Kamankesh, M. and Mohammadi, A.**, 2021, Application of novel and efficient hollow fiber electro-membrane extraction assisted by microwave extraction and high-performance liquid chromatography for the determination of polar heterocyclic aromatic amines in hamburger, *Microchemical Journal*, 170, 106651.
- Tai, C.Y., Lee, K.H. and Chen, B.H.**, 2001, Effects of various additives on the formation of heterocyclic amines in fried fish fibre, *Food Chemistry*, 75(3), 309-316.
- Tang, Y., Chen, J., Li, F., Yang, Y., Wu, S. and Ming, J.**, 2019, Antioxidant and antiproliferative activities of modified polysaccharides originally isolated from *Morchella angusticeps* Pec, *Journal of Food Science*, 84(3), 448-456.
- Taşkın, H.**, 2011, Türkiye florasında yetişen kuzugöbeği mantarlarının moleküler karakterizasyonu, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 167s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Taşkın, H., Büyükalaca, S., Doğan, H.H., Rehner, S.A. and O'Donnell, K.,** 2010, A multigene molecular phylogenetic assessment of true Morels (*Morchella*) in Turkey, *Fungal Genetics and Biology*, 47(8), 672-682.
- Taşkın, H. and Büyükalaca, S.,** 2012, Kuzugöbeği (*Morchella*) Mantarı, *Bahçe*, 41(1), 25-36.
- Taye, Z.M., Martínez-Peña, F., Bonet, J.A., de Aragón, J.M. and de-Miguel, S.,** 2016, Meteorological conditions and site characteristics driving edible mushroom production in Pinus pinaster forests of Central Spain, *Fungal Ecology*, 23, 30-41.
- Teng, H., Deng, H., Zhang, C., Cao, H., Huang, Q. and Chen, L.,** 2023, The role of flavonoids in mitigating food originated heterocyclic aromatic amines that concerns human wellness, *Food Science and Human Wellness*, 12(4), 975-985.
- Teng, H., Mi, Y., Deng, H., He, Y., Wang, S., Ai, C., Cao, H., Zheng, B and Chen, L.,** 2022b, Inhibitory effect of acylated anthocyanins on heterocyclic amines in grilled chicken breast patty and its mechanism, *Current Research in Food Science*, 5, 1732-1739.
- Teng, S., Zhang, Y., Jin, X., Zhu, Y., Li, L., Huang, X., Wang, D. and Lin, Z.,** 2022a, Structure and hepatoprotective activity of Usp10/NF- κ B/Nrf2 pathway-related *Morchella esculenta* polysaccharide, *Carbohydrate Polymers*, 120453.
- Tengilimoglu Metin, M.M., Hamzalioglu, A., Gokmen, V. and Kizil, M.,** 2017a, Inhibitory effect of hawthorn extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat, *Food Research International*, 99, 586-595.
- Tengilimoglu Metin, M.M., Kizil, M.,** 2017b, Reducing effect of artichoke extract on heterocyclic aromatic amine formation in beef and chicken breast meat, *Meat Science*, 134, 68-75.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- TGK**, 2019, Et ve Et Ürünleri Tebliği (2018/52) Resmi Gazete Tarihi: 29.01.2019 Resmi Gazete Sayısı: 30670. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara. Erişim adresi: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm>. [Erişim: 09.05.2023].
- Tietel, Z. and Masaphy, S.**, 2018, True morels (*Morchella*)—nutritional and phytochemical composition, health benefits and flavor: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1888-1901.
- Tietel, Z. and Masaphy, S.**, 2022, Chemotyping of three *Morchella* species reveals species-and age-related aroma volatile biomarkers, *LWT - Food Science and Technology*, 154, 112587.
- TİGEM**, 2020, Hayvancılık Sektör Raporu. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tiwari, A., Singh, G., Singh, U., Sapra, L., Rana, V., Sharma, V., Srivastava, R.K. and Sharma, S.**, 2022, Edible mushrooms: The potential game changer in alleviating vitamin D deficiency and improving human health, *International Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 1367-1377.
- 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. and 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.
- Tran, N.L., Salmon, C.P., Knize, M.G. and Colvin, M.E.**, 2002, Experimental and simulation studies of heat flow and heterocyclic amin mutagen/carcinogen formation in pan-fried meat patties, *Food and Chemical Toxicology*, 40: 673-684.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tsai, S.Y., Wu, T.P., Huang, S. J. and Mau, J.L.,** 2007, Nonvolatile taste components of *Agaricus bisporus* harvested at different stages of maturity, *Food Chemistry*, 103(4), 1457-1464.
- Tsen, S. Y., Ameri, F. and Smith, J.S.,** 2006, Effects of rosemary extracts on the reduction of heterocyclic amines in beef patties, *Journal of Food Science*, 71(8), C469-C473.
- Tunçakın, B.,** 2015, Bazı endüstriyel hidrolitik enzimlerin şapkalı mantarlardaki aktivitelerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 87s.
- Turesky, R.J., Goodenough, A.K., Ni, W., McNaughton, L., LeMaster, D.M., Holland, R.D., Wu, R.W. and Felton, J.S.,** 2007, Identification of 2-amino-1, 7-dimethylimidazo [4, 5-g] quinoxaline: an abundant mutagenic heterocyclic aromatic amine formed in cooked beef, *Chemical Research in Toxicology*, 20(3), 520-530.
- Turkekul, I., Elmastas, M., Tuzen, M.,** 2004, Determination of iron copper, manganese, zinc, lead, and cadmium in mushroom samples from Tokat, Turkey, *Food Chemistry*, 84(3): 389-392.
- TURKOMP (Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı),** 2021, <https://turkomp.gov.tr/food-65>, Erişim Tarihi (26.08.2023).
- Turp, G.Y. ve Boylu, M.,** 2018, Tıbbi ve yenilebilir mantarlar & Et ürünlerinde kullanımı, *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(1), 144-153.
- Türkmen, Ö., M. Paksoy, M. Seymen,** 2008, Değişen humik asit dozlarının kültür mantarında (*Agaricus bisporus* (large) sing.) verim ve bazı karpapor özelliklerine etkisi, *Türkiye 8. Yemeklik Mantar Kongresi Bildirisi*. Kocaeli, 15-17 Ekim 2008, sayfa 28-39.
- Uçar, T.,** 2019, Farkı kurutma yöntemlerinin istiridye mantarının biyoaktivitesi ve biyoerişilebilirliği üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 53s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Unal, K., Karakaya, M. and Oz, F.,** 2018, The effects of different spices and fat types on the formation of heterocyclic aromatic amines in barbecued sucuk, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(2), 719-725.
- Ur Rahman, U., Sahar, A., Khan, M.I. and Nadeem, M.,** 2014, Production of heterocyclic aromatic amines in meat: Chemistry, health risks and inhibition. A review, *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 229-233.
- U.S. Department of Health and Human Services,** 2016, U.S. Department of Health and Human Services released the 14th Report on Carcinogens on November 3, 2016, Erişim adresi: <https://ntp.niehs.nih.gov/whatwestudy/assessments/cancer/roc/index.html> [Erişim Tarihi: 01.07.2023].
- Utama, D.T., Baek, K.H., Jeong, H.S., Yoon, S.K., Joo, S.T., Lee, S.K.,** 2018, Effects of cooking method and final core-temperature on cooking loss, blipid oxidation, nucleotide-related compounds and aroma volatiles of Hanwoo brisket. *Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences*, 31(2): 293.
- Uylaşer, V., Başoğlu, F. ve Göçmen, D.,** 2005, Konserve gıdalarda mikroorganizma yükü üzerine mikrodalga uygulamalarının etkisi, *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 33(7):24-32.
- Ünüsan, N.,** 1994, Mikrodalga fırında pişirmenin kıymanın mikrobiyel florasına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 33s.
- Vadivambal, R. and Jayas, D.S.,** 2010, Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials—A review, *Food and bioprocess technology*, 3, 161-171.
- Vadivambal, R. and Jayas, D.S.,** 2011, Applications of thermal imaging in agriculture and food industry—a review, *Food and bioprocess technology*, 4, 186-199.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Valverde, M.E., Hernández-Pérez, T. and Paredes-López, O.,** 2015, Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life, *International Journal of Microbiology*, 2015.
- Vani, S., Binod, P., Kuttiraja, M., Sindhu, R., Sandhya, S. V., Preeti, V. E., Sukumaran, R.K. and Pandey, A.,** 2012, Energy requirement for alkali assisted microwave and high pressure reactor pretreatments of cotton plant residue and its hydrolysis for fermentable sugar production for biofuel application, *Bioresource technology*, 112, 300-307.
- Vidal, N.P., Manful, C., Pham, T.H., Wheeler, E., Stewart, P., Keough, D. and Thomas, R.,** 2020, Novel unfiltered beer-based marinades to improve the nutritional quality, safety, and sensory perception of grilled ruminant meats, *Food Chemistry*, 302, 125326.
- Vieira, V., Fernandes, Â., Barros, L., Glamočlija, J., Ćirić, A., Stojković, D., Martins, A., Skovic, M. and Ferreira, I.C.,** 2016, Wild *Morchella conica* Pers. from different origins: a comparative study of nutritional and bioactive properties, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 90-98.
- Vitaglione, P. and 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.
- Vitaglione, P., Monti, S., Ambrosino, P., Skog, K. and Fogliano, V.,** 2002, Carotenoids from tomatoes inhibit heterocyclic amine formation, *European Food Research and Technology*, 215(2), 108-113.
- Von Loesecke, H.W.,** 2001, Drying and Dehydration of Foods, *Agrobios (India)*, p.113.
- Wahid, M., Sattar, A. and Khan, S.,** 1988, Composition of wild and cultivated mushrooms of Pakistan, *Mushroom Journal for the Tropics*, 8(2), 47-51.
- Wakabayashi, K., Nagao, M., Esumi, H. and Sugimura, T.,** 1992, Food-derived mutagens and carcinogens, *Cancer Research*, 52(7 Supplement), 2092-2098 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wan Rosli, W.I., Solihah, M.A., Aishah, M., Nik Fakurudin, N.A. and Mohsin, S.S.J.,** 2011, Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*), *International Food Research Journal*, 18(2):621–627 pp.
- Wan Rosli, W.I., Nor Maihiza, M.S. and Raushan, M.,** 2015, The ability of oyster mushroom in improving nutritional composition, B-glucan and textural properties of chicken frankfurters, *International Food Research Journal*, 22(1):311–317 pp.
- Wang, X., Xu, M., Cheng, J., Zhang, W., Liu, X. and Zhou, P.,** 2019a, Effect of *Flammulina velutipes* on the physicochemical and sensory characteristics of Cantonese sausages, *Meat Science*, 154, 22-28pp.
- Wang, W., Dong, L., Zhang, Y., Yu, H. and Wang, S.,** 2021c, Reduction of the heterocyclic amines in grilled beef patties through the combination of thermal food processing techniques without destroying the grilling quality characteristics, *Foods*, 10(7), 1490.
- Wang, P., Hong, Y., Ke, W., Hu, X. and Chen, F.,** 2017, Formation of heterocyclic amines in Chinese marinated meat: effects of animal species and ingredients (rock candy, soy sauce and rice wine), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 3967-3978.
- Wang, B., Li, H., Huang, Z., Kong, B., Liu, Q., Wang, H., Xu, M. and Xia, X.,** 2021d, Dynamic changes in the qualities and heterocyclic aromatic amines of roasted pork induced by frying temperature and time, *Meat Science*, 176, 108457.
- Wang, Q., Li, J., Li, K. and Li, C.,** 2021e, Effects of turmeric on reducing heterocyclic aromatic amines in Chinese tradition braised meat products and the underlying mechanism, *Food Science and Nutrition*, 9(10), 5575-5582.
- Wang, Q., Meng, L., Wang, X., Zhao, W., Shi, X., Wang, W., Li, Z. and Wang, L.,** 2022, The yield, nutritional value, umami components and mineral contents of the first-flush and second-flush *Pleurotus pulmonarius* mushrooms grown on three forestry wastes, *Food Chemistry*, 397, 133714.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wang, Z., Tu, J., Zhou, H., Lu, A. and Xu, B.,** 2021a, A comprehensive insight into the effects of microbial spoilage, myoglobin autoxidation, lipid oxidation, and protein oxidation on the discoloration of rabbit meat during retail display, *Meat Science*, 172, 108359.
- Wang, C., Xie, Y., Wang, H., Bai, Y., Dai, C., Li, C., Xu, X. and Zhou, G.,** 2019b, Phenolic compounds in beer inhibit formation of polycyclic aromatic hydrocarbons from charcoal-grilled chicken wings, *Food Chemistry*, 294, 578-586.
- Wang, D., Yin, Z., Ma, L., Han, L., Chen, Y., Pan, W., Gong, K., Gao, Y., Yang, X., Chen, Y., Han, J. and Duan, Y.,** 2021b, Polysaccharide MCP extracted from *Morchella esculenta* reduces atherosclerosis in LDLR-deficient mice, *Food and Function*, 12(11), 4842-4854.
- Wasser, S.P.,** 2002, Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 60(3), 258-274.
- Waszkiewicz Robak, B., Szterk, A. and Kaczmarszuk, P.,** 2014, Bezpieczeństwo zdrowotne mięsa wołowego poddanego obróbce termicznej, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*.
- WCRF/AICR,** 2018, Recommendations and public health policy implications, World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research, AIRC, Washington DC.
- Wisitrassameewong, K., Looney, B.P., Le, H.T., De Crop, E., Das, K., Van de Putte, K. and Verbeken, A.,** 2016, *Lactarius* subgenus Russularia (Basidiomycota, Russulales): Novel Asian species, worldwide phylogeny and evolutionary relationships, *Fungal biology*, 120(12): 1554-1581.
- Witte, V.C., Krause, G.F. and Bailey, M.E.,** 1970, A new extraction methods for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage, *Journal of Food Science*, 35, 582-585 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wolk, A.**, 2017, Potential health hazards of eating red meat, *Journal of Internal Medicine*, 281(2), 106-122.
- Wong, K.M., Corradini, M.G., Autio, W. and Kinchla, A.J.**, 2019, Sodium reduction strategies through use of meat extenders (white button mushrooms vs. textured soy) in beef patties, *Food Science and Nutrition*, 7(2), 506-518.
- Xian, Y., Wu, Y., Dong, H., Chen, L., Zhang, C., Hou, X., Zeng, X., Bai, W. and Guo, X.**, 2019, Modified QuEChERS purification and Fe₃O₄ nanoparticle decoloration for robust analysis of 14 heterocyclic aromatic amines and acrylamide in coffee products using UHPLC-MS/MS, *Food Chemistry*, 285, 77-85.
- Xiao, X., Hou, C., Zhang, D., Li, X., Ren, C., Ijaz, M., Hussain, Z. and Liu, D.**, 2020, Effect of pre-and post-rigor on texture, flavor, heterocyclic aromatic amines and sensory evaluation of roasted lamb, *Meat Science*, 169:108220 pp.
- Xiong, C., Li, Q., Chen, C., Chen, Z. and Huang, W.**, 2016, Neuroprotective effect of crude polysaccharide isolated from the fruiting bodies of *Morchella importuna* against H₂O₂-induced PC12 cell cytotoxicity by reducing oxidative stress, *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 83, 569-576.
- Xiong, C., Li, P., Luo, Q., Yan, J., Zhang, J., Jin, X. and Huang, W.**, 2020, Effect of γ -irradiation on the structure and antioxidant activity of polysaccharide isolated from the fruiting bodies of *Morchella sextelata*, *Bioscience Reports*, 40(9).
- Xu, Z., Fu, L., Feng, S., Yuan, M., Huang, Y., Liao, J., Zhou, L., Yang, H. and Ding, C.**, 2019, Chemical composition, antioxidant and antihyperglycemic activities of the wild *Lactarius deliciosus* from China, *Molecules*, 24(7), 1357.
- Xu, X., Yan, H., Chen, J. and Zhang, X.**, 2011, Bioactive proteins from mushrooms, *Biotechnology Advances*, 29(6), 667-674.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yadav, D. and Negi, P.S.**, 2021, Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits, *Food Research International*, 148, 110599.
- Yağmur, C. and Güneş, E.**, 2010, Dengeli Beslenme Açısından Türkiye’de Gıda Üretimi ve Tüketiminin İrdelenmesi, *VII. Zirrat Mühendisliği Teknik Kongresi*, Ankara, Türkiye.
- Yakupoglu G., and Deveci, M.**, 2010, Saray’da toplanan bazı makro mantarlar, *Tekirdağ İli Değerleri Sempozyumu*, Saray, Tekirdağ. 215-220.
- Yakupoglu, G. and Karadağ, Y.**, 2017, Yozgat’ın yenilebilir mantar potansiyeli ve doğa turizminde mantar toplama turları. *04-06 MAYIS 2017*, 34.
- Yan, Y., You, F.H., Zeng, M.M., Chen, J., Huang, J.J. and Jiang, J.**, 2021, Evaluating the effects of temperature and time on heterocyclic aromatic amine profiles in roasted pork using combined UHPLC-MS/MS and multivariate analysis, *Food Research International*, 141, 110134.
- Yan, Y., Zeng, M.M., Zheng, Z.P., He, Z.Y., Tao, G.J., Zhang, S., Gao, H. and Chen, J.**, 2014, A novel one-step extraction method for simultaneously determining eleven polar heterocyclic aromatic amines in meat products by UHPLC-MS/MS, *Analytical Methods*, 6(16), 6437-6444.
- Yan, Y., Zhang, S., Tao, G.J., You, F.H., Chen, J. and Zeng, M.M.**, 2017, Acetonitrile extraction coupled with UHPLC–MS/MS for the accurate quantification of 17 heterocyclic aromatic amines in meat products, *Journal of Chromatography B*, 1068, 173-179.
- Yan, Y., Zhou, Y.Q., Huang, J.J., Wan, X., Zeng, M.M., Chen, J., Li, W.W. and Jiang, J.**, 2022, Influence of soybean isolate on the formation of heterocyclic aromatic amines in roasted pork and its possible mechanism, *Food Chemistry*, 369, 130978.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yang, Y., Chen, J., Lei, L., Li, F., Tang, Y., Yuan, Y., Zhang, Y., Wu, S., Yin, R. and Ming, J.,** 2019, Acetylation of polysaccharide from *Morchella angusticeps* peck enhances its immune activation and anti-inflammatory activities in macrophage RAW264. 7 cells, *Food and Chemical Toxicology*, 125, 38-45.
- Yao, M., Khan, I.A., Cheng, Y., Ang, Y., Zhou, X. and Huang, M.,** 2020, Effects of cooking methods and tea marinades on the formation of heterocyclic amines and Benzo [a] pyrene in grilled drumsticks, *Journal of Food Protection*, 83(2), 365-376.
- Yao, Y., Peng, Z. Q., Shao, B., Wan, K. H., Wang, F. L., Zhang, Y. W., Li, J.K. and Hui, T.,** 2013, Effects of frying and boiling on the formation of heterocyclic amines in braised chicken, *Poultry Science*, 92(11), 3017-3025.
- Yao, G., Zhou, Y., Li, Z. and Ma, Q.,** 2022, Heterocyclic aromatic amines in roasted chicken: formation and prediction based on heating temperature and time, *Food Chemistry*, 134822.
- Yarmand, M.S., Homayouni, A., Nikmaram, P. and Djomeh, Z.E.,** 2013, Microstructural and mechanical properties of camel Longissimus dorsi muscle during roasting, braising and microwave heating, *Meat Science*, 95:419–424.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. and Kolaylı, S.,** 2010, Maillard reaksiyoları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi, *Akademik Gıda*, 8(6), 44-51.
- Yıldız-Turp, G.,** 2016, Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour. *Meat science*, 121, 40-46.
- Yin, H., Yi, W. and Hu, D.,** 2022a, Computer vision and machine learning applied in the mushroom industry: A critical review, *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107015.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yin, X., Du, H., Xu, M., Chen, Q. and Kong, B.,** 2021, Heterocyclic aromatic amine level and quality characteristics of selected Harbin red sausages in the northern Chinese market, *Meat Science*, 172, 108360.
- Yin, W.T., Shi, R., Li, K., Wang, A.N., Zhao, Y.H. and Zhai, Z.Q.,** 2022b, Effect of microwave pretreatment of sunflower kernels on the aroma-active composition, sensory quality, lipid oxidation, tocopherols, heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons of sunflower oil, *LWT - Food Science and Technology*, 170, 114077.
- Ying, J.Z., Mao, X.L., Ma, Q.M., Zong, Y.C., Wen, H.A.,** 1987, Icons of Medicinal Fungi from China (Transl. Xu, Y. H.), *Science Press, Beijing*, 575s.
- Yu, X.Z., Lu, Z.Q., Hong, G.L., Sun, C.Y., Chen, X.R. and Li, H.J.,** 2019, Consensus of clinical experts on the diagnosis and treatment of mushroom poisoning in China, *Journal of Clinical Emergency*, 20 (8) (2019), pp. 583-598.
- Yüksel B., Akbulut, S., Baysal, İ. ve Gültekin, Y.S.,** 2006, Düzce Yöresinin Yenilebilir Mantarları, I. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu, Trabzon.
- Yüzer, M.O.,** 2015, Farklı pişirme yöntemlerinin hindi etinde heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 82s.
- Zamora, R. and Hidalgo, F.J.,** 2020, Formation of heterocyclic aromatic amines with the structure of aminoimidazoarenes in food products, *Food Chemistry*, 313, 126128.
- Zamora, R., Lavado-Tena, C.M. and Hidalgo, F.J.,** 2020, Identification of precursors and formation pathway for the heterocyclic aromatic amine 2-amino-3-methylimidazo (4, 5-f) quinoline (IQ), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(28), 7474-7481.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zeng, M., Wang, J., Zhang, M., Chen, J., He, Z., Qin, F., Xu, Z., Cao, D. and Chen, J.,** 2018, Inhibitory effects of Sichuan pepper (*Zanthoxylum bungeanum*) and sanshoamide extract on heterocyclic amine formation in grilled ground beef patties, *Food Chemistry*, 239, 111-118.
- 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, N., Chen, H., Zhang, Y., Ma, L., and Xu, X.,** 2013, Comparative studies on chemical parameters and antioxidant properties of stipes and caps of shiitake mushroom as affected by different drying methods, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 3107-3113.
- Zhang, Y., Hu, H., Huo, B., Li, G., Hu, Y. and Xia, L.,** 2022b, Fabrication of silver nanoparticles modified poss polymer composite for sers analysis of trace heterocyclic aromatic amines in roast meat samples, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 133038.
- Zhang, L., Hu, Y., Liu, Q., Chen, Q., Xia, X. and Kong, B.,** 2023b, Cyanidin and rutin inhibit the formation of heterocyclic aromatic amines in chemical modeling systems and smoked chicken drumsticks, *Food Chemistry*, 398, 133869.
- Zhang, B., Li, C., Jia, W., Zhang, W., Huang, N., Sheng, W. and Wang, S.,** 2021b, A broad-spectrum antibody-based bio-barcode fluorescence immunosensor for simultaneous detection of eight heterocyclic aromatic amines (HAAs) in heat processed meat, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 337, 129759.
- Zhang, Q., Li, G. and Xiao, X.,** 2015, Acrylamide-modified graphene for online micro-solid-phase extraction coupled to high-performance liquid chromatography for sensitive analysis of heterocyclic amines in food samples, *Talanta*, 131, 127-135.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zhang, N.N., Ma, H., Zhang, Z. F., Zhang, W. N., Chen, L., Pan, W. J., Lu, Y.M. and Chen, Y.,** 2022a, Characterization and immunomodulatory effect of an alkali-extracted galactomannan from morchella esculenta, *Carbohydrate Polymers*, 278, 118960.
- Zhang, W., Naveena, B.M., Jo, C., Sakata, R., Zhou, G., Banerjee, R. and Nishiumi, T.,** 2017, Technological demands of meat processing—an asian perspective, *Meat Science*, 132, 35-44.
- Zhang, J., Rayamajhi, S., Thapa, A., Meng, G., Zhang, Q., Liu, L., Wu, H., Gu, Y., Zhang, S., Zhang, T., Wang, X., Cao, Z., Dong, J., Zheng, X., Zhang, X., Dong, X., Wang, X., Sun, S., Zhou, M., Jia, Q., Song, K. and Niu, K.,** 2023a, Edible mushrooms as a potent therapeutics of subclinical thyroid dysfunction among adults, especially in obese individuals: a prospective cohort study, *Food Science and Human Wellness*, 12(1), 295-302.
- Zhang, L. and Wang, S.,** 2012, Effects of cooking on thermalinduced changes of Qingyuan partridge chicken breast, *Food Science and Biotechnology*, 21(6), 1525- 1531.
- Zhang, Y., Wang, D., Chen, Y., Liu, T., Zhang, S., Fan, H., Liu, H. and Li, Y.,** 2021a, Healthy function and high valued utilization of edible fungi, *Food Science and Human Wellness*, 10(4), 408-420.
- Zhang, L., Wang, H., Xia, X., Xu, M., Kong, B. and Liu, Q.,** 2021c, Comparative study on the formation of heterocyclic aromatic amines in different sugar smoking time, *Food Control*, 124, 107905.
- Zhang, L., Wang, Q., Wang, Z., Chen, Q., Sun, F., Xu, M., Kong, B.,** 2022c, Influence of different ratios of sucrose and green tea leaves on heterocyclic aromatic amine formation and quality characteristics of smoked chicken drumsticks, *Food Control*, 133, 108613.
- Zhang, Y. and Zhou, Y.,** 2022, Formation of heterocyclic aromatic amines in spiced pork shoulder: Effects of heat treatment parameters and number of soup cycles, *Journal of Food Composition and Analysis*, 107, 104382.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zhao, T., Xi, J., Zhang, C., Ma, Y., Wang, X.,** 2021, Using *Adinandra nitida* leaf extract to prevent heterocyclic amine formation in fried chicken patties, *RSC advances*, 11(12), 6831-6841 p.
- Zhao, G., Wang, S., Fu, Y., Yu, J., Wang, B., Xie, F. and Xie, J.,** 2014, Analysis of the heterocyclic aromatic amines in cigarette smoke by liquid chromatography–tandem mass spectrometry, *Chromatographia*, 77(11), 813-820.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi birikimi ve tecrübeleri ile akademik hayatımda bana yol gösteren, desteğini her zaman hissettiğim çok değerli danışmanım Doç. Dr. Gülen YILDIZ TURP'a, lisansüstü hayatım ve tez çalışmam boyunca yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen arkadaşlarım Berna ÇAPAN ATAKAN, Tuğçe AVCI, Cansu ÇELEBİOĞLU ve Yağmur ELİKÜÇÜK'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan babam Oktay SEL'e, annem Kezban SEL'e ve ablam Yasemin SEL'e sonsuz teşekkürü borç bilirim.

15 / 09 / 2023

Gamze SEL

ÖZGEÇMİŞ

Gamze SEL 2020 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisans eğitimi süresince 3 projede (KAP, BAP, TÜBİTAK 1001) görev almıştır. 3 kongre bildirisi, bir SCI yayını ve bir faydalı model başvurusu bulunmaktadır.



EKLER

Ek 1. Kuzu göbeği mantarının kurutulmasına ait fotoğraflar

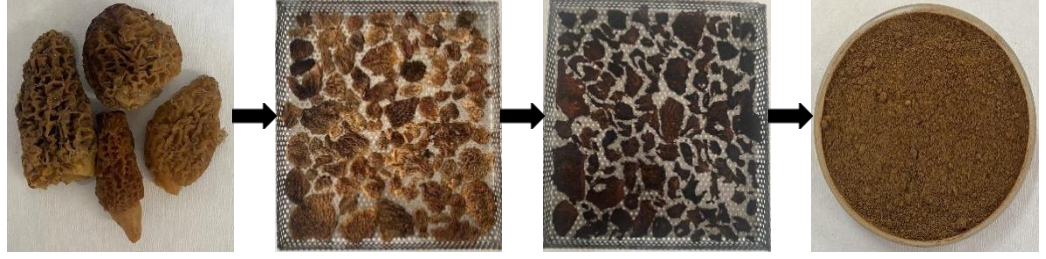
Ek 2. Kanlıca mantarının kurutulmasına ait fotoğraflar

Ek 3. Kontrol, kuzu göbeği mantarı tozu ilaveli ve kanlıca mantarı tozu ilaveli örnek gruplarına ait fotoğraflar

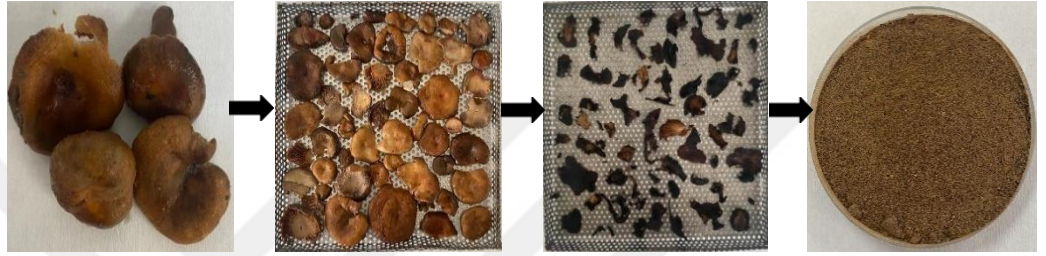
Ek 4. Pişirme işlemi sonrası köfte örneklerine ait fotoğraflar



Ek 1. Kuzu göbeği mantarının kurutulmasına ait fotoğraflar



Ek 2. Kanlıca mantarının kurutulmasına ait fotoğraflar



Ek 3. Kontrol, kuzu göbeği mantarı tozu ilaveli ve kanlıca mantarı tozu ilaveli örnek gruplarına ait fotoğraflar



Kontrol	Kuzu göbeği mantarı tozu ilaveli	Kanlıca mantarı tozu ilaveli
---------	----------------------------------	------------------------------

Ek 4. Pişirme işlemi sonrası köfte örneklerine ait fotoğraflar



KM

KT

KGM

KGT

KMM

KMT