



**YULAF UNUYLA YAPILAN KÖFTELERDE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ VE AKRİLAMİD OLUŞUMUNA
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya ARAÇ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2023

Bu tez çalışması 22.FEN.BİL.37 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YULAF UNUYLA YAPILAN KÖFTELERDE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ VE AKRİLAMİD
OLUŞUMUNA ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Derya ARAÇ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Derya ARAÇ tarafından hazırlanan ‘‘Yulaf Unuyla Yapılan Köftelerde Fizikokimyasal Özelliklerin Belirlenmesi ve Akrilamid Oluşumuna Etkilerinin Araştırılması’’ adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 17 / 07 / 2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER

Başkan : Doç. Dr. Recep PALAMUTOĞLU
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi..... İmza

Üye : Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK
AKÜ, Mühendislik Fakültesi İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER
AKÜ, Mühendislik Fakültesi İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... / //tarih ve
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Bekir Yalçın
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17 / 07 2023

İmza

Derya ARAÇ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**YULAF UNUYLA YAPILAN KÖFTELERDE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİN
BELİRLENMESİ VE AKRİLAMİD OLUŞUMUNA ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Derya ARAÇ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER

Bu çalışma köftenin fonksiyonelliğini arttırmak için formülasyona ilave edilen yulaf ununun akrilamid oluşumuna etkisini tespit edebilmek ve köfte üretiminde yulaf unu kullanımının bazı fizikokimyasal (pişirme kaybı, nem, pH, renk, TBARS,) ve tekstürel özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür. Farklı oranlarda (%2, %4 ve %6) yulaf unu ve (%6) oranında ekmek içi kullanılarak üretilen köfte örnekleri farklı sıcaklıklarda (180°C, 200°C, 220°C) sabit bir sürede (10dk) pişirilmiştir. Köfte üretiminin ardından örneklerin, fiziko-kimyasal, tekstürel analizleri ve akrilamid analizi gerçekleştirilmiştir. Yulaf unu oranı ile pişirme kaybı arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Pişirme sıcaklığı yükseldikçe örneklerin pişirme kaybı değerleri de artış göstermiştir. Köftelere farklı oranlarda yulaf unu ilave edilmesi örneklerin pH değerlerinin yükselmesine neden olmuştur ($p<0,05$). Yulaf unu ilave edilen köftelerde kontrol grubuna göre nem değerleri artış göstermiştir. Köftelerin yulaf unu oranının artmasıyla birlikte L^* (parlaklık) değerleri azalmıştır ($p<0,05$). En yüksek a^* (kırmızılık) değeri %4 oranında yulaf unu içeren grupta, en düşük a^* (kırmızılık) değeri ise %6 oranında yulaf içeren grupta bulunmuştur. %4 oranında yulaf unu içeren ve 220°C’de pişirilen köfteler ile %6 oranında yulaf unu içeren gruplarda b^* değerinde azalma tespit edilmiştir. Yulaf unu kullanımı örneklerin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini etkilerken yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet ve esneklik parametrelerini

etkilememiştir. Köftelere yulaf unu ilave edilmesi örneklerin TBARS değerinde kademeli bir azalmaya neden olmuştur ($p<0,05$). Köftelere farklı oranlarda yulaf unu ilave edilmesi ve pişirme sıcaklığının farklılaşması oluşan akrilamid miktarını istatistiki olarak etkilememiştir ($p>0,05$).

2023, xiii + 65 sayfa

Anahtar Kelimeler: Köfte, Yulaf unu, Akrilamid, TBARS, TPA



ABSTRACT
M.Sc Thesis

**DETERMINATION OF PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES IN MEATBALLS
MADE WITH OAT FLOUR AND INVESTIGATION OF THEIR EFFECTS ON THE
FORMATION OF ACRYLAMIDE**

Derya ARAÇ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Senem GÜNER

This research was established and carried out detect the effects of oat flour added to the formulation on acrylamide formation to increase the functionality of the meatballs and to determine the effects of oat flour use on some physicochemical (cooking loss, moisture, ph, color and TBARS) and textural properties in meatball products. The meatball samples were prepared by using oat flour at different rates (%2, %4, %6) and (6%) in-bread ratio were cooked at different temperatures (180°C, 200°C, 220°C) in a fixed time (10 min). After the meatball production, the physico-chemical, textural analysis and acrylamide analysis of the samples were performed. A significant difference was found between oat flour ratio and cooking loss ($p<0.05$). As the cooking temperature increased, the cooking loss values of the samples also increased. The addition of oat flour at different rates to the meatballs caused the pH values of the samples to increase ($p<0.05$). Moisture values increased in meatballs to which oat flour was added compared to the control group. The L^* (brightness) values of the meatballs decreased with the increase in the oat flour ratio ($p<0.05$). The highest a^* (redness) value was found in the group containing 4% oat flour, and the lowest a^* (redness) value was found in the group containing 6% oat. A decrease in b^* value was determined in the groups containing 4% oat flour and cooked at 220°C and in the groups containing 6% oat flour. While the use of oat flour affected the hardness, gumminess and chewiness values of the samples, it did not affect the stickiness, cohesiveness, elasticity and flexibility parameters. The addition of oat flour to the

meatballs caused a gradual decrease in the TBARS value of the samples ($p < 0.05$). The addition of oat flour at different rates to the meatballs and the variation in cooking temperature did not statistically affect the amount of acrylamide formed ($p > 0.05$).

2023, xiii + 65 pages

Keywords: Meatball, Oat flour, Acrylamide, TBARS, TPA



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazım aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Senem Güner'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Akrilamid analizlerini gerçekleştirdiğim Afyon Kocatepe Üniversitesi Merkezi Araştırma ve Gıda Kontrol Laboratuvarı'nda gerekli çalışma ortamını sağlayan ve araştırma boyunca desteklerinden dolayı Sayın Prof. Dr. Ramazan Şevik'e teşekkürlerimi sunarım. Çalışma süresince değerli görüş ve önerileri için Sayın Doç. Dr. Recep Palamutoğlu'na teşekkürlerimi sunarım. Analizlerim boyunca bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Dedebaş'a, teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Bu çalışma (AKÜ BAP-K, No 22.FEN.BİL.37) Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (AKÜ-BAPK) tarafından desteklenmiş olup sağlamış oldukları maddi destekleri için AKÜ-BAPK'ye teşekkür ederim.

Derya ARAÇ
Afyonkarahisar 2023

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1.GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1 Yulaf (<i>Avena Sativa L.</i>)	4
2.2 Yulafın Kimyasal Kompozisyonu	5
2.3 Yulaf Ezmesi	6
2.4 Et ve Et Ürünlerinde Yulaf Kullanımı.....	9
2.5 Akrilamid.....	10
2.5.1 Akrilamid Maruziyeti	11
2.5.2 Akrilamid Oluşum Mekanizması	13
2.5.3 Farklı Yollardan Akrilamid Oluşumu	14
2.5.4 Akrilamid Analiz Yöntemleri.....	15
3.MATERYAL METOT	18
3.1 Materyal.....	18
3.2 Metot.....	18
3.3 Analizler	19
3.3.1 Pişirme Kaybının Belirlenmesi.....	19
3.3.2 pH Tayini	19
3.3.3 Nem Tayini	19
3.3.4 Renk Tayini	19

3.3.5	Tekstür Profil Analizi	19
3.3.6	TBARS Tayini	20
3.3.7	Akrilamid Tayini	20
3.3.7.1	Akrilamid Standartlarının Hazırlanması.....	20
3.3.7.2	Kromatografik Koşullar.....	21
3.3.8	İstatiksel Analiz	21
4.	BULGULAR	22
4.1	Piştirme Kaybı	22
4.2	pH Değerleri	24
4.3	Nem Değerleri	25
4.4	Renk Değerleri.....	27
4.4.1	L* (parlaklık) Değerleri.....	27
4.4.2	a* (kırmızılık) Değerleri.....	29
4.4.3	b* (sarılık) Değerleri	31
4.5	TPA.....	33
4.5.1	Sertlik	34
4.5.2	Yapışkanlık.....	35
4.5.3	Kohesivlik.....	37
4.5.4	Elastikiyet	39
4.5.5	Esneklik	40
4.5.6	Sakızımsılık	42
4.5.7	Çiğnenebilirlik.....	44
4.6	TBARS	45
4.7	AKRİLAMİD	47
5.	SONUÇ VE TARTIŞMA.....	50
6.	KAYNAKLAR.....	53
	ÖZGEÇMİŞ.....	65

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a*	Kırmızılık
b*	Sarılık
°C	Derece santigrat
Hbr	Hidrojen Bromür
g	Gram
Kbr	Potasyum Bromür
L*	Parlaklık
N	Newton
N	Normal
M	Molarite
mg	Miligram
mj	Milijoule
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
µg/kg	Mikro gram/kilogram
µmol/MDA	Mikromol/Malondialdehit
ppm	Milyonda bir
rpm	Dakikadaki devir sayısı
%	Yüzde

Kısaltmalar

AA	Akrilamid
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BAC	Biyoaktif Bileşenler
CE-MS	Kapiler Elektroforez Kütle Spektroskopisi
DAD	Diyot Dizisi Dedektörü
ELİSA	Enzim Bağlantılı İmmünosorbent Testi
FAO	Gıda Tarım Örgütü
FAOSTAT	Gıda Tarım Örgütü İstatistik Veritabanı
GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
HPLC-MS	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
LC-MS	Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
LC-MS/MS	Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi/Kütle Spektroskopisi
MECK	Mikroemülsiyon Sıvı Kromatografisi
MÖ	Milattan Önce
MSPD	Matris Katı Faz Dispersiyonu
NACE	Susuz Kapiler Elektroforez

Kısaltmalar (Devam)

NFC	Neo Oluşturan Kirleticiler
PFE	Basınçlı Sıvı Ekstraksiyonu
TBA	Tiyobarbütirik Asit
TCA	Trikloroasetik Asit
TPA	Tekstür Profil Analizi
SPE/GC	Katı Fazlı Mikroekstraksiyon/Gaz Kromatografisi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Yulaf ezmesi üretim şeması.....	8
Şekil 2.2 Akrilamid oluşum mekanizması.....	13
Şekil 2.3 Farklı yollardan akrilamid oluşum mekanizması.....	14
Şekil 4.1 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının pişirme kaybı üzerine etkisi.....	23
Şekil 4.2 Köfte örneklerinin pişirme kaybı değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi.....	23
Şekil 4.3 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının pH değeri üzerine etkisi.....	25
Şekil 4.4 Köfte örneklerinin pH değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi.....	25
Şekil 4.5 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının nem değeri üzerine etkisi.....	26
Şekil 4.6 Köfte örneklerinin nem değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi.....	27
Şekil 4.7 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının L^* değerine etkisi.....	28
Şekil 4.8 Köfte örneklerinin L^* değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi.....	29
Şekil 4.9 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının a^* değerine etkisi.....	30
Şekil 4.10 Köfte örneklerinin a^* değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi.....	30
Şekil 4.11 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının b^* değerine etkisi.....	32
Şekil 4.12 Köfte örneklerinin b^* değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi.....	32
Şekil 4.13 Tekstür profil analizi kuvvet-zaman deformasyon eğrisi.....	33
Şekil 4.14 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının sertlik değeri üzerine etkisi.....	35
Şekil 4.15 Köfte örneklerinin sertlik değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi.....	35

Şekil 4.16 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının yapışkanlık değeri üzerine etkisi.....	36
Şekil 4.17 Köfte örneklerinin yapışkanlık değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	37
Şekil 4.18 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının kohesivlik değeri üzerine etkisi.....	38
Şekil 4.19 Köfte örneklerinin kohesivlik değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	38
Şekil 4.20 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının elastikiyet değeri üzerine etkisi.....	40
Şekil 4.21 Köfte örneklerinin elastikiyet değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	40
Şekil 4.22 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının esneklik değeri üzerine etkisi.....	41
Şekil 4.23 Köfte örneklerinin esneklik değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	42
Şekil 4.24 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının sakızimsılık değeri üzerine etkisi.....	43
Şekil 4.25 Köfte örneklerinin sakızimsılık değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	43
Şekil 4.26 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisi.....	45
Şekil 4.27 Köfte örneklerinin çiğnenebilirlik değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	45
Şekil 4.28 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının TBARS değerine etkisi.....	47
Şekil 4.29 Köfte örneklerinin TBARS değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	47
Şekil 4.30 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının akrilamid miktarına etkisi.....	49
Şekil 4.31 Köfte örneklerinin akrilamid değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Et ve et ürünlerinde akrilamid analizi çalışmaları.....	17
Çizelge 3.1 Kontrol grubu ve farklı oranlarda yulaf unu içeren köfte formülasyonları..	18
Çizelge 4.1 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri (%).....	22
Çizelge 4.2 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerleri.....	24
Çizelge 4.3 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin nem değerleri (%).....	26
Çizelge 4.4 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin L* değerleri.....	28
Çizelge 4.5 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklık derecelerinde pişirilen köftelerin a* değerleri.....	29
Çizelge 4.6 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin b* değerleri.....	31
Çizelge 4.7 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin sertlik değerleri (N).....	34
Çizelge 4.8 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin yapışkanlık değerleri (mj).....	36
Çizelge 4.9 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin kohesivlik değerleri.....	37
Çizelge 4.10 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin elastikiyet değerleri (mm).....	39
Çizelge 4.11 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin esneklik değerleri (mj).....	41
Çizelge 4.12 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin sakızimsılık değerleri (N).....	42
Çizelge 4.13 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin çiğnenebilirlik değerleri (mj).....	44
Çizelge 4.14 Farklı seviyelerde yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerleri (μmol MDA/kg).....	46

Çizelge 4.15 Farklı seviyelerde yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin akrilamid miktarları (µg/kg).....	48
--	----



1.GİRİŞ

Gıdalara renk, tekstür, arzu edilen aroma özelliklerinin oluşturulması ve gıda güvenliğinin sağlanması gibi amaçlarla hem endüstriyel üretim aşamasında hem de evsel tüketim sırasında ısı kaynaklı farklı pişirme yöntemleri uygulanmaktadır. Et ve et ürünleri haşlama, kızartma, fırında pişirme, ızgara, buharda pişirme gibi ısı işlemlere tabi tutulmaktadır (Candan ve Bağdatlı 2018).

Kırmızı ete uygulanan ısı işlemler etin karakteristik lezzetinin gelişmesi ve aroma oluşumuyla sonuçlanan bir dizi kompleks değişiklikleri meydana getirir. Bu değişiklikler sırasında kas proteinleri denatürasyona uğrar, miyoglobin proteini oksidasyona uğrayarak metmiyoglobin formunu alır ve nihai ürün rengi kırmızıdan kahverengiye dönüşür, lipid oksidasyonu ve mailard reaksiyonu ürünlerinden açığa çıkan bileşikler sayesinde de et ürünlerinde lezzet ve aromanın oluşumu gerçekleşmektedir (Tornberg 2005, Boles ve Pegg 2010, Kosowska vd. 2017, Dominguez vd. 2019).

Gıda ürünlerine termal proses işlemleri uygulanırken yüksek sıcaklıklara çıkıldığında aroma ve lezzet oluşumunu sağlayan bileşiklerin yanı sıra insan sağlığına olumsuz etki edebilecek muhtemel karsinogenik bileşiklerinde olduğu bilinmektedir (Fiolet vd. 2018). Termal proses uygulamaları sırasında oluşan bu bileşikler 'Neo Formed Contaminant' (Neo oluşturan kirleticiler) olarak adlandırılmaktadır. Bu bileşikler; heterosiklik aromatik aminler, nitrozaminler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlardır (PAH). Yapılan araştırmalar sonucunda yüksek toksikolojik potansiyeli nedeniyle akrilamid (AA) ve hidroksimetilfurfural (HMF) da NFC bileşikler grubuna eklenmiştir (Birlouez-Aragon vd. 2010, Capuano ve Fogliano 2011, Mogol ve Gökmen 2016, Koszucka ve Nowak 2019, Hamzalıoğlu ve Gökmen 2020).

Akrilamid, İsveç'te bir tünel yapımında kullanılan dolgu maddesinin sızıntı oluşturması sonucu çevreye yayılmasıyla gözlemlenen kimyasal bir bileşiktir. Bölgede yapılan araştırmalarda akrilamidin balık ölümlerine neden olduğu, sığırlarda felç durumunun görüldüğü ve aynı zamanda tünelde çalışan işçilerin sinir sistemlerinde hasara sebep olması nedeniyle akrilamid maruziyetiyle ilgili çalışmalar hız kazanmıştır (Eriksson

2005, Akgün ve Arıcı 2018). Akrilamid insan vücuduna alındığında, kanda bulunan hemoglobin proteini ile reaksiyona girerek DNA'ya karşı reaktif olan ve kanser oluşumunu başlattığı varsayılan bir epoksit glisinamide metabolize edilmektedir (Tareke vd. 2000).

Akrilamid, gıdalarda doğal olarak bulunmamakla birlikte patates ve patates bazlı ürünler, kahvaltılık gevrekler, bisküviler, fırıncılık ürünleri, kahve, bebek mamaları, kavrulmuş kuru yemişler gibi çok çeşitli gıda ürünlerinde ısıtma işlemi sırasında gerçekleşen Mailard reaksiyonunun ara basamağında oluşmaktadır. Asparajin aminoasidi ile karbon kaynağı olan indirgen şekerlerin (glukoz, fruktoz gibi) dehidrasyona uğramasıyla shiff bazı oluşmakta, oluşan shiff bazının dekarboksilasyonu sonucunda ise akrilamid meydana gelmektedir. Mailard reaksiyonuna ek olarak bazı minör yollardan dolayı akrilamid oluşumu gerçekleşebilmektedir. Örneğin; akrolein akrilik aside dönüşerek akrilamid oluşumuna neden olmaktadır. Akrolein, üç karbonlu bir aldehittir. Lipitlerin oksidasyonu, karbonhidratların, aminoasitlerin, proteinlerin bozulması ve Mailard reaksiyonu aşamalarında akrolein oluşabilmektedir. Akroleinin akrilik aside oksidasyonu sonucu oluşan akrilik asit amonyak ile reaksiyona girerek gıda ürünlerinde dolaylı olarak akrilamid oluşumuna neden olabilmektedir (Gökmen 2015).

Karbonhidrat bakımından zengin gıdalarda ısıtma işlemi uygulanırken 120°C ve üzeri sıcaklıklarda indirgen şekerler ve aminoasitler (özellikle asparajin) arasında gerçekleşen reaksiyonlar sonucu akrilamid oluştuğu bilinmektedir. Çoğunlukla karbonhidrat bazlı gıdalarda oluşmasına rağmen karmaşık yapıya sahip olan protein bazlı et ürünlerinden köftede ekmek içi, galeta unu vb. bağlayıcı gıdaların ilave edilmesi sonucu pişirme sıcaklığına ve pişirme yöntemine de bağlı olarak akrilamidin oluştuğu bildirilmiştir (Tareke vd. 2009, Kavuşan ve Serdaroğlu 2019).

Et ve et ürünlerinde akrilamid oluşumunda etkili olan bir diğer faktör ise karnosindir. Karnosin, etin bileşiminde bulunan protein tabiatında olmayıp azot içeren (nitröz) bileşiklerden dipeptit yapıya sahip, β -alanin ve L-histidinden oluşmaktadır. Karnosin, et ve et ürünlerinde biyoaktif peptitler içerisinde yer alır ve sığır etinde düşük miktarlarda bulunmaktadır. Karnosin, et ve et ürünlerinin pişirilmesi sırasında tıpkı

patates ve tahıl bazlı gıda ürünlerinde olduğu gibi asparajine benzer bir aktivite göstererek akrilamid oluşumuna neden olmaktadır (Chan vd. 1993, Lee vd. 1997, Sanches-Escalante vd. 2003, Yaylayan ve Stadler 2005, Özkan ve Şanlıer 2020, Bachir vd. 2022).

Köfte formülasyonuna besin içeriğinin zenginleştirilmesi, yağ oranlarının azaltılması, fonksiyonel özelliklerinin artırılması gibi amaçlarla diyet lifleri eklenerek ürünlerin fizikokimyasal veya mikrobiyolojik özelliklerine etkileri araştırılmaktadır. Örneğin; şeker kamışı lifi, kinoa unu, kabak çekirdeği unu, kurutulmuş üzüm unu gibi çeşitli diyet liflerinin etkileri incelenmiştir (Bağdatlı 2018, Mena vd. 2020, Öztürk ve Turhan 2020, Tuffi vd. 2021).

Köfte üretiminde daha önceki çalışmalarda çeşitli öğütülmüş tahıl unlarının kalite özellikleri belirlenmiş (Kurt ve Kılınççeker 2012, Erdoğan 2019). Ancak formülasyona ilave edilen tahıl bazlı unların akrilamid oluşturma potansiyelleri hususunda sınırlı sayıda araştırmalar bulunmaktadır. Chia tohumu unu (Katmer 2019) ve Kinoa ununun (Kuru 2021) köfte formülasyonuna ilave edilmesiyle akrilamid oluşturma potansiyelleri ve bazı fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Daha önceki çalışmalarda yulaf unu içeren köftelerde bazı fizikokimyasal özellikler belirlenmiş (Serdaroğlu 2006, Kurt ve Kılınççeker 2012) ancak akrilamid içeriğinin belirlenmesi hususunda literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma farklı oranlarda yulaf unu (%2, %4, %6) içeren köftelerin pişirme süresi sabit tutularak farklı pişirme sıcaklıklarında (180°C, 200°, 220°C) ısıtılma tabi tutulduktan sonra köftelerin fizikokimyasal özelliklerini ve sıcaklık derecesinin değişimiyle birlikte akrilamid oluşum miktarı arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür.

2.LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Yulaf (*Avena Sativa L.*)

Yulafın ilk kalıntılarının MÖ 2000'li yıllara veya Tunç Çağı'na dayandığı varsayılmaktadır. Yüzyıllar önce yapılan arkeolojik keşiflerde buğday ve arpa gibi tahılların arasına karışmış bir şekilde bulunduğu için yabancı ot olarak nitelendirilmiştir. Slavlar ve İskitler tarafından Avrupa'ya yapılan seferlerde atlar vasıtasıyla yulaf kültürlerinin taşındığı ve böylelikle yulafın Avrupa'da yayılmaya başladığı varsayılmaktadır. Genellikle at yemi olarak kullanılan yulafın Latince isminin (*Avena*) 'hayvanların arzu ettiği yem (*Aveo*)' anlamına geldiği düşünülmektedir. Yulaf biri Yakın Doğu'da (İran, Irak, Suriye ve Türkiye), biri Kuzey Afrika'da ve güney İspanya'nın İber yarımadası boyunca olmak üzere iki bölgede kültüre alındığı düşünülmektedir (Sampson 1954, Coffman 1961, Fulcher 1986, Menon vd.2016).

Yulaf (*Avena sativa L.*) buğdaygiller familyasından *Avena* cinsine ait olup heksaploid, tetraploid ve diploid olmak üzere üç türe ayrılır. Bu türler arasından en çok araştırma yapılan grubu heksaploidler oluşturmaktadır. Heksaploid grubunun üyeleri; *Avena sativa L.* (beyaz veya sarı yulaf), *Avena byzantine*, (kırmızı yulaf) *Avena sterilis L.* (kırmızı yabancı yulaf) *Avena fatua L.* (yabancı beyaz yulaf), *Avena nuda L.* (çıplak yulaf)'tır (Coffman 1961).

Yulaf, değişken toprak türlerine daha iyi uyum sağlar ve diğer küçük taneli tahıllara göre asit topraklarda verimi daha yüksektir, çoğunlukla serin nemli iklimlerde yetiştirilmektedir. Dünya yulaf üretimi genellikle Finlandiya ve Norveç dahil 35 ila 65 ° Kuzey enlemleri ile 20 ila 46 ° Güney enlemleri arasında yoğunlaşmaktadır. Dünya üretiminin çoğu ilkbaharda ekilen çeşitlerden gelir, ancak sonbahar ekimi daha yüksek rakımlı bölgelerde uygulanır. İskandinavya, ABD'nin kuzey eyaletleri, Kanada ve tropik bölgelerdeki daha yüksek rakımlı bölgeler gibi kışların şiddetli olduğu yerlerde, genellikle kısa mevsimden orta olgunlaşan yulaf çeşitleri yetiştirilmektedir. Ilıman iklime sahip bölgelerde yulaf, bölgesel iklim koşullarına ve diğer tarım uygulamalarına bağlı olarak ilkbahar, kış veya sonbaharda ekilmektedir (Mushtaq vd. 2014)

Yulaf dünya çapında yetiştirilen bir üründür ve sağlık açısından pek çok faydasının keşfedilmesi ve bitki bazlı diyetlere olan ilginin artması nedeniyle daha fazla ilgi görmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde yulaf artık hayvan yemi kullanımından çıkarak insan diyetine eklenmeye başlanmıştır. Beslenme üzerindeki öneminin anlaşılmasıyla birlikte yulaf üretim miktarlarında da artış gözlenmektedir. Gıda Tarım Örgütü istatistik verilerine göre küresel yulaf üretimi 2022 yılında yirmi beş milyon tona ulaşmıştır (FAOSTAT 2021). Yulaf üretiminde AB ülkeleri (%30,3), Rusya (%18,3), Kanada (%17,5), Avusturalya (%5,3) ve İngiltere (%4,9) başta gelmektedir. Dünya genelinde yulaf 10 milyon hektar alanı kapsayan 25 milyon ton üretim kapasitesine sahiptir (TEPGE 2021). Ülkemizde yulaf üretimi ise 276 bin tondur (TÜİK 2021).

2.2 Yulafın Kimyasal Kompozisyonu

Yulaf kepek, tohum ve endosperm olmak üzere üç ana yapıya sahiptir (Fulcher 1986). Endosperm basit ve bileşik yapıli nişasta granülleri içerir. Yulaf nişastasının spesifik özelliğı amiloz ve amilopektin özelliklerine sahip nişasta formlarını içerisinde bulundurmasıdır. Bunun yanı sıra yulaf tanesi diyet lifinin ana bileşenleri olan nişasta yapısında olmayan polisakkaritleri (β -glukan, arabinoksilan ve selüloz) yüksek miktarda içerir. Yulaf tanelerinin protein içeriğı %11 ile %15 arasında değışiklik göstermektedir. Kabuğı çıkarılmış yulaf tanelerinin protein içerikleri daha yüksek oranlardadır. Yulaf endosperm proteinleri çözünürlük oranlarına göre sınıflandırılır. Diğer tahıl tanelerine kıyasla protein fraksiyonlarının dağılımı oldukça farklıdır. Buğdayda çözünmeyen endosperm proteinlerinin yulaf tanesinin depo proteinlerine eşit miktarda olduğu kabul edilmektedir. Çözünür proteinler sitoplazmik (metabolik olarak aktif) proteinlerin çoğunu içerir. Yulaf endosperminin nispeten düşük miktarda prolamin ve yüksek miktarda globülin içerdiği bilinmektedir. Yulaf tahıl proteinlerinin büyük kısmının tuzda çözünürlüğü yüksek olması sebebiyle globülinler olarak sınıflandırılan tek tahıldır. Yulaf proteinleri; albümin %1-12, globulin %50-80, prolamin %4-15 ve glutelin %10'dan daha az oranlarda bulunmaktadır. Yulaf proteinlerinin izoelektrik noktaları albümin pH 4.0-7.0, globulin pH 5.5 ve pH 8.0-10.0, prolamin pH 5.0-9.0 aralığındadır. Yulafın amino asit bileşimi, lizin ve treonin gibi sınırlayıcı amino asitlerin miktarının daha yüksek olması nedeniyle diğer tahıllardan farklılık göstermektedir (Klose ve Arendt 2012). Yulaf

tanesi esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasitleri bünyesinde barındırmaktadır (Lasztity 1998, Klose ve Arendt 2012, Saccomanno vd. 2017).

Yulaf diğer tahıllara kıyasla daha yüksek lipid içeriğine sahiptir. Yulaf tanesinin lipid fraksiyonu büyük oranda enerji içeriğini belirler ve içerdiği yağ asitleri sebebiyle beslenme kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Zhou vd.1999). Yulaf tanelerinin lipid içeriği %3,1 ile %10,9 arasında değişiklik göstermektedir. Bazı yüksek yağlı tanelerde bu oran %15'e kadar çıkabilmektedir. Diğer tahıllarda olduğu gibi yulaf embriyosu da zengin lipid içeriğine sahiptir. Yulafta trigliseritler ana lipid bileşenleridir. Fosfolipitler, glikolipitler ve steroller önemli miktarlarda bulunur. Trigliseritler %51,1, mono ve digliseritler %6,0, serbest yağ asitleri %7,3, sterol ve steril esterleri ve gliserid %5,5, glikolipitler %8,3, fosfolipitler %19,7, oranlarında bulunmaktadır. Yulaf tanesi serbest yağ asitlerinden miristik, palmitik, stearik, oleik, linoleik ve linolenik yağ asitlerini içermektedir (Lasztity 1998). Yulafın besin içeriği kabuklu ve kabuksuz yulafalarda farklılık göstermektedir. Yapılan bir çalışmada kabuklu yulaf tanesinde protein %10,58, yağ içeriği %5,15, nişasta içeriği %48,08 çıplak yulaf tanelerinde ise protein %15,71, yağ %9,66, nişasta %31,55 olarak belirlenmiştir (Sterna vd. 2015). Yulaf besleyici özelliklerinin yansıra β -glukan (Andersson ve Börjesdotter,2011), avenantramitler (Hitayezu vd. 2015), saponinler (Önning vd. 1993, Osbourn 2003) ve fitokimyasallar (Mattila vd. 2005) gibi biyoaktif bileşikleri de bünyesinde barındırması sebebiyle çoğu araştırmacı tarafından 'unique cereal' (eşsiz tahıl) olarak nitelendirilmektedir.

2.3 Yulaf Ezmesi

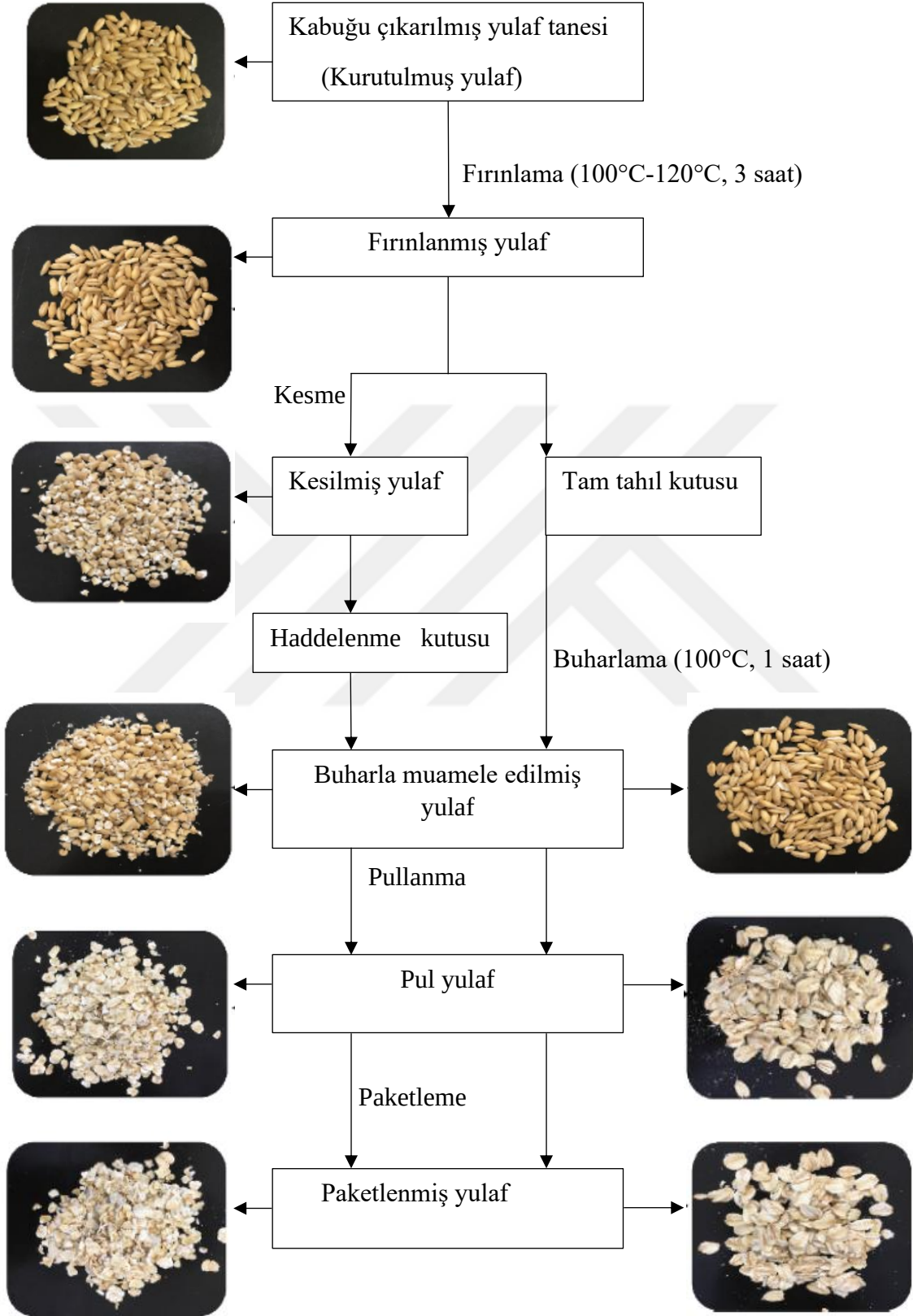
Yulaf ürün haline getirilmeden önce, kabukları alınır ve kabuğu çıkarılmış taneler temizlenerek öğütülür ardından fırın kurutma, kesme, buharlama, pullama işlemlerine tabi tutulduktan sonra paketlenerek tüketime hazır hale getirilmektedir (Decker vd. 2014, Rasane vd. 2015). Yulaf ezmesi üretim şeması Şekil 2.1'de verilmiştir. Kabuğu çıkarılmış yulaf tanesinden işlenen ve piyasada hazır bulunan ürünler; yulaf ezmesi (haddelenmiş yulaf veya pul yulaf), yulaf unu, yulaf gevreği ve saflaştırılmış β -glukandır (Mao vd. 2022).

100 gram yulaf ezmesinin besin değerleri; karbonhidrat 72.8 g, protein 12.4 g, yağ 8.7 g, diyet lifi 6.8 g, içerdiği minearaller ve vitaminler Fosfor (P) 380 mg, Potasyum (K) 370 mg, Magnezyum (Mg) 110 mg, Kalsiyum (Ca) 55 mg, Selenyum (Se) 8.6 µg, Demir (Fe) 4.1 mg, inko (Zn) 3,3 mg, Niyasin 3,8 mg, E vitamini 1,7 mg, Tiyamin 0,50 mg, Bakır (Cu) 0.23 mg, B6 vitamini 0.12 mg, Ribofilavin 0.10 mg, Folik asit 60 µg olarak belirtilmiştir (Halima vd. 2015).

Yulaf birçok sağlık yararıyla bilinen eşsiz bir tahıldır. Yulaf vucuda alındığında gastrointestinal sistemdeki etkilerini belirleyebilmek için insanlar ve hayvanlar üzerinde gerçekleştirilen klinik çalışmalarda yulafın içerdiği biyoaktif bileşenler (BAC) sayesinde bağırsak mikrobiyotası açısından faydalı bakterilerin (laktobasiller, bifidobakteriler vb.) büyümesini olumlu yönde arttırdığı bildirilmiştir (Korczak vd. 2020). Yulafa özgü prolamınler ve aveninler diğer tahıllara göre genellikle daha düşük gluten içeriğine sahip olup immunoreaktivite gösterdiğinden dolayı gluten intoleransı ve lyak rahatsızlığından muzdarip kişiler için iyi bir beslenme alternatifini olarak görülmektedir (Kosova vd. 2020). Tip iki diyabet hastalarında uygulanan iki günlük yulaf ezmesi diyetinin insülin direncini önemli ölçüde azalttığı kanıtlanmıştır (Delgado vd. 2020). Bunların yanı sıra yulaf kolesterolü düşürür (Grundy vd. 2018), kan basıncını düzenleyerek hipertansiyon hastalarında iyileştirici rol oynar (Bouchard vd. 2022), aynı zamanda kardiyovasküler hastalıklarda yulaf diyetinin etkileri araştırılmaktadır (Llanaj vd. 2022).

Tahıl rnlerinde akrilamid oluşumu serbest asparajin ve bunun yanı sıra glukoz, fruktoz ve maltoz gibi şekerlerin aktivitesiyle ilişkilendirilmektedir. Buna ek olarak tahıllarda akrilamid oluşumu işleme koşullarına göre değişiklik göstermektedir (Nbo 2019, Mesias vd. 2022). Bir çalışmaya göre; kabuğu çıkarılmış yulaf tanelerinde asparajin miktarı 100±3 mg/g olarak tespit edilmiştir (Mustafa vd. 2007). Bařka bir çalışmada ise; beyaz yulaf türlerinden *Avena sativa var. Nudum* zerinde ölçülen serbest asparajin miktarı 1196,6-510,7 mg/kg olarak belirlenmiştir (Žilić vd. 2017). Ülkemizde yapılan bir araştırmaya göre yulaf gevreklerinde ortalama akrilamid miktarı 34µg/kg olarak belirlenmiştir (lmez vd. 2008).

2.3.1 Yulaf Ezmesi Üretim Şeması



Şekil 2.1 Yulaf ezmesi üretim şeması (Li vd. 2022).

2.4 Et ve Et Ürünlerinde Yulaf Kullanımı

Son yıllarda tüketici beslenme alışkanlıklarının yağı azaltılmış ve aynı zamanda besleyici değeri yüksek gıda tüketme talebi giderek artış göstermektedir. Tüketici tercihlerinin bu yönde artış göstermesi daha fazla fonksiyonel gıda ürünlerinin oluşturulması sonucunu doğurmuştur. Bu sebeplerden dolayı gıda ürünlerinin üretim safhasında meyve, sebze ve tahıl kaynaklı diyet lifleri ürün bileşimlerine ilave edilmektedir. Et ve et ürünlerine de fonksiyonellik kazandırmak ve lif oranını arttırmak amacıyla genellikle buğday, yulaf ve arpa gibi tahıllar toz veya un haline getirilerek ürün formülasyonlarına eklenmektedir (Das vd. 2020).

Yulafın özellikle et ürünlerinin formülasyonlarına ilave edilmesinin birden fazla olumlu etkisi bulunmaktadır. Emülsifiye et ürünlerinde, köfte ve hamburger yapımında kullanılan kıyma harcında yüksek lif içeriği nedeniyle iyi su emme kapasitesine sahiptir. Yulaf ilave edildiği et ürününde yağ azaltma, nem tutma, tekstürel özelliklerini iyileştirme ve aynı zamanda ürün aromasına katkıda bulunması sebebiyle duyuşal özellikleri artırmakta ve bunların yanı sıra et ürünlerinin ürün bileşen maliyetini de düşürmektedir (Zinina vd. 2019).

Farklı oranlarda (%5, %12, %30) yağ içeren frakfurter tipi sosis formülasyonuna kırmızı yosun ve yulaf lifi eklenerek sosislerin doku ve tat profiline etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; %5 yağlı sosislere yulaf lifi eklenmesi, TPA ile ölçülen doku parametrelerinin hiçbirini etkilemediği, %2 yulaf lifi ilavesinin %12 yağlı sosislerin sertliğini ve yapışkanlığını iyileştirdiği, ancak ürünlerin tam yağlı kontrollerden daha yumuşak kaldığı ve yulaf lifli ve yulaf lifsiz ürünlerin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde hiçbir fark bulunmadığı, yulaf lifinin nesnel ve duyuşal dokuyu geliştirmede daha etkili olduğu bildirilmiştir (Cofrades vd. 2000).

Az yağlı (>%10) sığır etinden üretilen köftelere %13,45 oranında yulaf lifi ilavesinin %20 yağlı kontrol grubuna karşı fizikokimyasal ve bazı mikrobiyolojik etkilerinin incelendiği bir çalışmaya göre; pişirme verimi kontrol grubu köftelerinde %70,86 oranında bulunurken yulaf lifi ilave edilen köftelerde %74,19 oranında bulunduğu bildirilmiş ve

nem değerlerinde ise %5 oranında değişiklik gözlenirken diğer özellikler arasında dikkat çekici bir fark olmadığı belirtilmiştir (Pinero vd. 2008).

Tavuk sosisi formülasyonuna (%3, %6 %9) farklı oranlarda yulaf unu eklenerek fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşsal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada; yulaf unu oranlarının artmasıyla birlikte pişirme verimi, emülsiyon stabilitesi, su tutma kapasitesi, ham lif içeriğı, pH, renk, sululuk ve genel kabul edilebilirlik değerleri kademeli olarak artırırken, ürünlerin protein içeriğinde bir değişiklik olmadığı, lezzet testlerinde kontrol grubunun daha yüksek puanlara sahip olduğu ve yulaf unlu sosislerde yağ içeriğinin azalmasıyla birlikte lezzet puanlarının düştüğü belirtilmiştir (Reddy vd. 2012).

Son zamanlarda yapılan bir çalışmaya göre somon balığından hazırlanan köfte örneklerine %6, %8, %10 oranlarında yulaf ezmesi ilave edilen ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinde belirgin bir değişiklik gözlenmezken, duyuşsal analizlerde en yüksek konsantrasyona sahip (%10 yulaf) köfte örneklerinin diğer gruplara kıyasla panelistler tarafından en yüksek puanı aldığı ve pişirme verimi üzerinde kayda değer bir artış gösterdiği sonucuna ulaşılmış ayrıca balık köftelerine ikame edilen yulaf ezmesinin ürün bileşen maliyetini %7,5 oranında düşürdüğü rapor edilmiştir (Presenza vd. 2022).

2.5 Akrilamid

Akrilamid (C_3H_5NO), 71,08g/mol molekül ağırlığına sahip, erime noktası 84,5°C, kaynama noktası 192,6°C olan renksiz ve kokusuz kristalimsi bir katıdır ve akrilonitrilin hidrasyonundan oluşur. Suda, metanol ve etanol gibi polar çözücülerde çözünür. Literatürde akrilik asit amid, akrilik amid, propenamid, propenoik asit amit, vinil amid isimleriyle de bilinmektedir. Akrilamid, poliakrilamid veya kopolimerlerinin üretimi için kullanılan endüstriyel bir kimyasaldır. Poliakrilamid içme suyu, atık su ve kanalizasyon sularının arıtılmasında, kâğıt endüstrisinde yırtılmalara karşı direnç sağlanması amacıyla ve araştırma laboratuvarlarında elektroforez için poliakrilamid jellerin hazırlanmasında kullanılır. Akrilamid kimyasal olarak monomer ve polimer yapıları ayrılmaktadır, polimer yapısı toksik özellik göstermezken monomer yapıda bulunan akrilamidin nörotoksik olduğu bildirilmiştir. 1994 yılında fareler ve insanlar üzerinde gerçekleştirilen

testler sonucunda Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından muhtemel karsinogenik bileşikler (Grup 2A) listesine alınmıştır (IARC 1994, Girma vd. 2005, Matoso vd. 2019, Nematollahi vd. 2019).

Eden Tareke ve arkadaşları (2000) deney hayvanlarını bir veya iki ay süreyle kızartılmış yem ile besleyerek akrilamidin gıdaların pişirilmesi sırasında oluşabileceği hipotezini doğruladı. Bu gelişmenin ardından 2002 yılına gelindiğinde Stokholm Üniversitesi ve İsveç Ulusal Gıda Dairesi'nin ortak çalışmaları sonucu farklı sıcaklıklarda farklı pişirme yöntemleriyle pişirilen karbonhidratça zengin; patates, ekmek, proteince zengin; sığır köftesi, balık filetosu ve tavuk örneklerinde akrilamid oluştuğunu bildirmişlerdir (Tareke vd. 2002).

2.5.1 Akrilamid Maruziyeti

İnsanlar ağız, cilt ve solunum yollarıyla akrilamide maruz kalabilmektedir. Akrilamid maruziyeti, yüksek sıcaklıklarda pişirilerek tüketilen gıdalarda oluşan muhtemel akrilamid miktarının dışında, çalışma ortamı, sigara içme alışkanlığı, sigara kullanılsa bile tütün dumanını soluma, bazı kozmetik malzemelerinden kaynaklanan dermal yollarla maruz kalma ve içme sularının arıtılma işlemlerinden kaynaklanan maruziyetlerin toplamı akrilamid maruziyeti olarak ifade edilmektedir. Yaş, cinsiyet ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak gerçekleştirilen bilimsel çalışmalarla akrilamidin olası zararlı doz düzeyi tahmin edilmeye çalışılmakla birlikte genel bir yasal limit düzeyi bulunmamaktadır. Ancak bazı gıda otoriteleri akrilamid maruziyeti hususunda limit belirlemeye yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedir (Tepe ve Çebi 2019, Bušová vd. 2020, Rifai ve Saleh 2020).

Dünya Sağlık Örgütü (2011) patates cipslerinde 956 µg/kg, patates kızartmasında 410 µg/kg, kahvelerde (öğütülmüş, hazır veya kavrulmuş,) 314 µg/kg, hamur işleri ve bisküvilerde 288 µg/kg, bebek mamalarında 237 µg/kg, ekmeklerde 207 µg/kg, kahvaltılık gevreklerde 149 µg/kg, fırında pişirilmiş patateslerde 147 µg/kg, yağlı tohumlarda 131 µg/kg, işlenmiş tahıllar ve makarnalarda (kızartılmış) 127 µg/kg, et ve

sakatat ürünlerinde (kaplanmış, pişirilmiş, kızartılmış dahil) 671 µg/kg olarak en yüksek akrilamid miktarlarını yayınlamıştır.

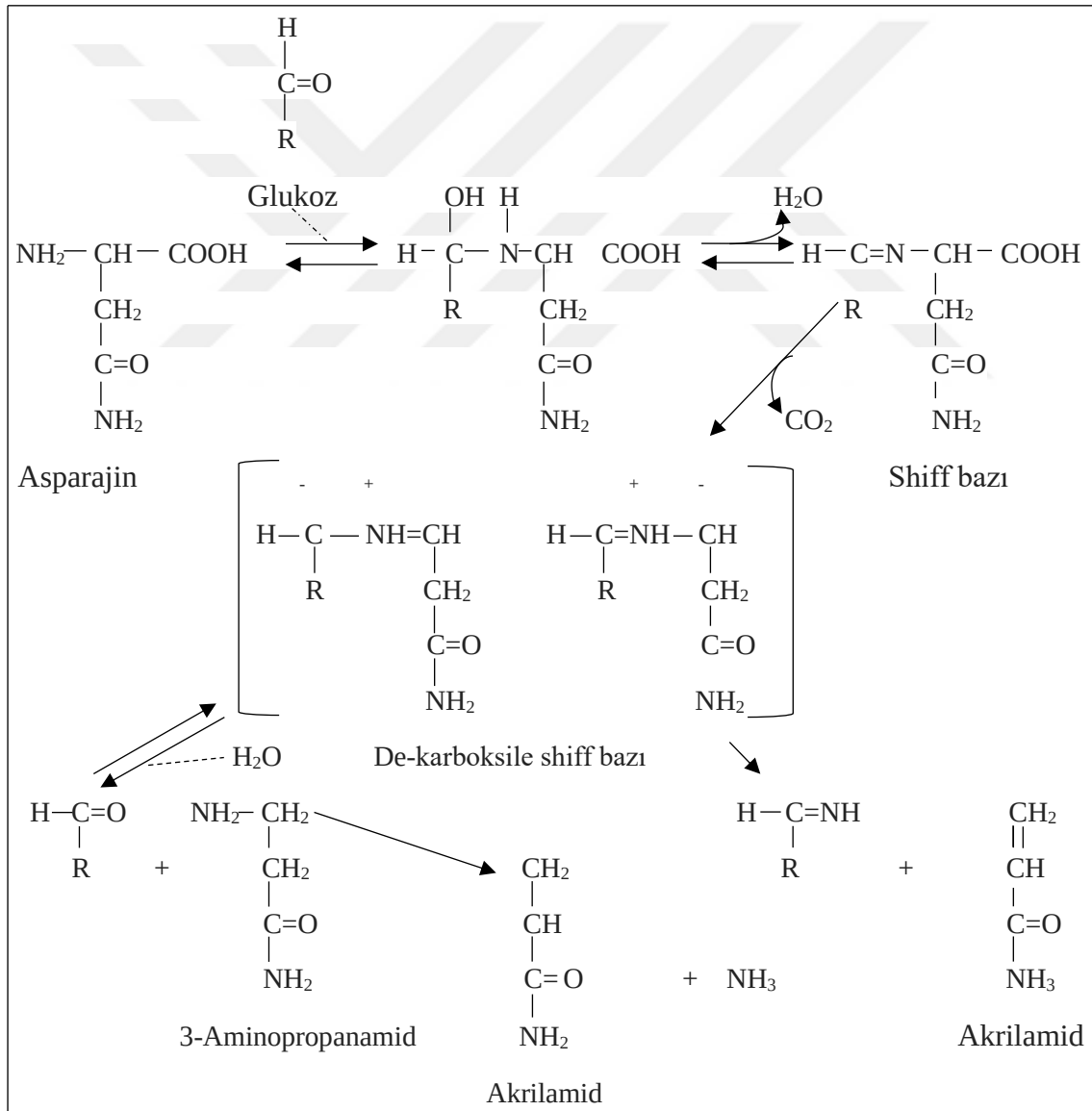
EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) diyetle alınan ortalama akrilamid maruziyetini günlük 0,4-1,9 µg/kg⁻¹ kb.w. olarak tahmini bir değer bildirmiştir (EFSA 2015).

Ülkeden ülkeye beslenme alışkanlıklarının farklılaşması sebebiyle günlük alınan akrilamid miktarı değişiklik göstermektedir. Örneğin; ülkemizde en yaygın tüketilen temel gıda ürünlerinin başında gelen bazı ekmek türlerinin akrilamid miktarını belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmaya göre; ekmeklerin ortalama akrilamid seviyesi 225 µg/kg olarak belirlenmiştir (Boyacı Gündüz ve Cengiz 2015). Geleneksel Türk kahvelerinde akrilamid düzeylerini ölçmek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmaya göre kahve çeşitleri arasında 31.1-323.4 µg/kg aralığında değişen akrilamid miktarları tespit edilmiştir (Akgün ve Arıcı 2019).

Akrilamidin toksikolojik özelliklere sahip olduğu dikkate alındığında, gıda tüketiminden oluşabilecek muhtemel akrilamid maruziyetlerinin belirlenmesine yönelik daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmakta ve elde edilen sonuçların tahmini akrilamid maruziyetinden yüksek olması halinde gıda ürünlerinin üretim süreçlerini yeniden gözden geçirme gerekliliğini doğurmaktadır.

2.5.2 Akrilamid Oluşum Mekanizması

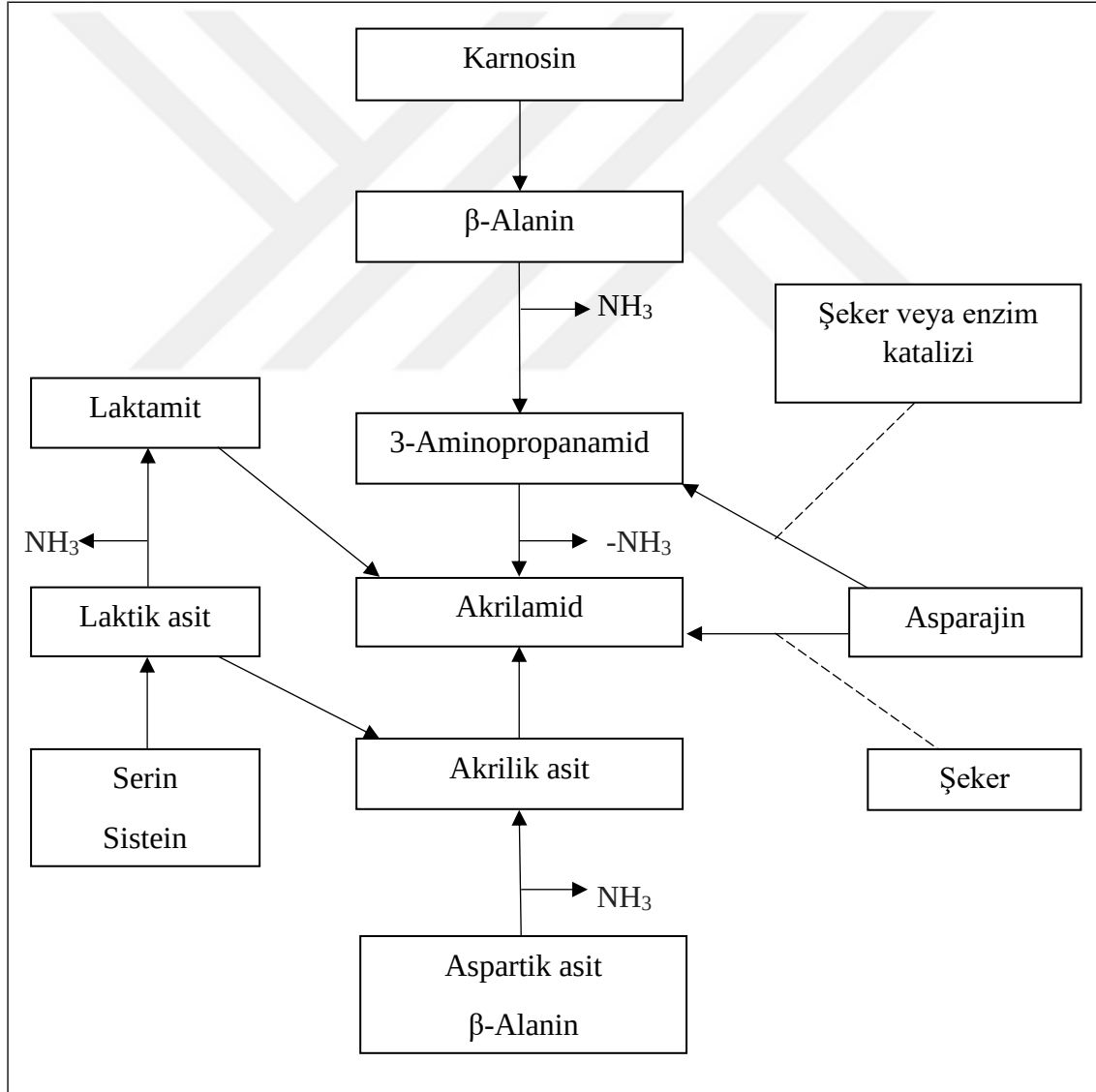
Gıdalarda akrilamid oluşumu gıdaların ısıtılması sırasında Mailard reaksiyonu boyunca indirgeyici şekerler ve asparajin aminoasidi arasında gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda oluştuğu belirtilmektedir (Mottram 2002, Stadler 2002). Zyzak ve arkadaşları (2003) tarafından geliştirilen bir hipotezde ise; asparajinin bir karbon kaynağı olan glukoz varlığında reaksiyona girerek shiff bazı oluşturduğu ve bunun ardından dekarboksile shiff bazının 3-aminopropanamid oluşturmak suretiyle son üründe akrilamid meydana getirdiği rapor edilmiştir. (Şekil 2.2’de gösterilmiştir.)



Şekil 2.2 Akrilamid oluşum mekanizması (Zyzak vd. 2003).

2.5.3 Farklı Yollardan Akrilamid Oluşumu

Akrilamid oluşum mekanizması öncüllerinden biri olan asparajin aminoasidi dışında alanin, arjinin, aspartik asit, sistein, glutamin ve metiyonin aminoasitleri de düşük miktarlarda akrilamid oluşumuna neden olmaktadır (Zhang vd. 2007). Serin ve sistein pürivik asit yoluyla amonyak varlığında akrilik asite dönüşerek akrilamid oluşturabilmektedir. Bunlara ek olarak et ürünlerinde karnosinin akrilik asit yoluyla akrilamid oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Yaylayan ve Stadler 2005, Bachir vd. 2022). Farklı yollardan akrilamid oluşum mekanizması Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3 Farklı yollardan akrilamid oluşum mekanizması (Yaylayan ve Stadler 2005, Bachir vd. 2022).

2.5.4 Akrilamid Analiz Yöntemleri

Isıl işleme tabi tutulan gıda örneklerinde akrilamid tespit etme yöntemleri; kılcal elektroforez-kütle spektrometresi (CE-MS), sıvı kromatografi-kütle spektrometresi (LC-MS), susuz kapiler elektroforez (NACE), yüksek performanslı sıvı kromatografisi-kütle spektrometresi (HPLC/MS), basınçlı sıvı ekstraksiyonu (PFE), Matris katı faz dispersiyonu (MSPD), gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/MS), katı fazlı mikro ekstraksiyon-gaz kromatografisi (SPE/GC), enzim bağlantılı immünosorbent testi (ELİSA) ve mikroemülsiyon elektrokinetik kromatografi (MECK) yöntemleridir. Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılanlar gaz kromatografi ve sıvı kromatografi tabanlı yöntemlerdir (Kepekçi Tekkeli vd. 2012, Arvanitoyannis ve Dionisopoulou 2014, Pan vd. 2020).

Gıda numunelerinde akrilamid analizlerinin başlangıç aşaması ekstraksiyon aşamasıdır. Numunelerin ekstraksiyonuna başlanmadan önce su veya polar çözücülerde homojenize edilerek akrilamidin çift bağının açılması sağlanmaktadır. Ekstraksiyon aşamasında ise kullanılan yönteme bağlı kimyasal reaktifler seçilmektedir. Akrilamid analizleri için gaz kromatografisinde ölçüm gerçekleştirilen yöntemlerin temelini oluşturan domates ve mantarlar üzerinde uygulanan brominasyon yöntemi başta gelmektedir (Castle vd. 1991, Castle 1993, Tareke vd. 2002, Robarge vd. 2003). Bu yöntemle göre gıda örnekleri homojenize edildikten sonra bromlama çözeltisi (KBr, HBr ve bromlu su) eklenir. Hazırlanan çözelti bir gece boyunca bekletilir ardından fazla bromu gidermek amacıyla tiyosülfat çözeltisiyle muamele edildikten sonra elde edilen çözelti etil asetat ile ekstrakte edilir.

Ancak brominasyon yöntemiyle türevlendirme zaman aldığı için ilerleyen süreçlerde yeni yöntemler geliştirilmiştir. Gıda örneklerinin türevlendirme aşaması olmadan daha hızlı ekstraksiyon yapılabilmesi için bazı yöntemler önerilmiştir. Örneğin bu yöntemlerden biri; gıda örneklerinin suyla karıştırarak 70°C’de şişmesi sağlanır ve ardından 1-propanol ile ekstrakte edilen homojenizattan su/propanolün azeotropik buharlaşması yapılır, asetonitril içinde çözündürülerek en son aşamada hekzan ile yağ ayrıştırılmasına

dayanmaktadır. Bir diğerk yöntemde ise aynı işlem 2-bütanon kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Biedermann vd. 2002).

Sıvı kromatografik yöntemlerde ise; akrilamid analizi gerçekleştirilmeden önce ekstraksiyon aşamalarında örneklerin türetilmesine (örneğin brominasyon gibi) gerek duyulmamaktadır. Bu yönüyle sıvı kromatografik yöntemler gaz kromatografisine göre daha pratik uygulanabilme avantajı sağlamaktadır (Wenzl vd. 2003, Oracz vd. 2011).

Isıtılarak tüketilen gıdalarda sıvı kromatografi kullanılarak akrilamid miktarının tespit edilmesine dayanan yöntemler geliştirilmiş. Örneğin; 2002 yılında patates cipslerinde LC-MS/MS'ne bağlı bir akrilamid yöntemi geliştirilmiştir (Rosen ve Hellenas 2002). LC-ESI-MS/MS (elektrosprey iyonizasyon-kütle spektrometresi) kullanılarak kahvaltılık tahıllar, şeker ve bal gibi gıdaların akrilamid miktarı belirlenmiştir (Riediker ve Stadler 2003). Patates bazlı gıdalarda akrilamid analizi için diyot dizisi tespitine (DAD) bağlı bir sıvı kromatografi yöntemi bildirilmiştir (Gökmen vd. 2005).

Yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC)'ye bağlı analiz yöntemleri ise; ekstraksiyon aşamasından sonra örneklerin içerisinde kalan suyun buharlaştırılmasına ihtiyaç duyulmaması sebebiyle LC yöntemlerine göre daha avantajlıdır (Hoenicke vd. 2004).

Çizelge 2.1 Et ve et ürünlerinde akrilamid analizi çalışmaları.

Yöntem	Örnek	Akrilamid miktarı	Kaynak
GC-MS	Farklı sıcaklıklarda		
	(160°C-180°C)	22,7-75,0	
Brominasyon yöntemi	Farklı kızartma yağları	µg/kg	Chuang vd. (2006)
	Kullanılarak		
	Piştirilen tavuk butları		
LC-MS	Kuzu kebab	22µg/kg	
	Kurutulmuş et	256µg/kg	Chen vd. (2008)
HPLC-MS	Adana kebab	74±6 µg/kg	
	Et döner	69±7 µg/kg	
	Kuşbaşı et	56±7 µg/kg	Kaplan (2009)
	Köfte	89±9 µg/kg	
LC-MS/MS	Tavuk baget	2.60-314.28µg/kg	
	Tavuk kanat	11.20-31.35µg/kg	Soncu vd. (2018)
	Tavuk burger	13.43-118.97µg/kg	
	Tavuk nuggets	32.92-134.90µg/kg	
HPLC	Izgara köfte	98.13±12.09µg/kg	
	Hamburger köfte	150.60±11.61µg/kg	
	Et döner	71.29±7.32µg/kg	
	Tavuk döner	32.57±4.72µg/kg	
	Izgara tavuk göğsü	30.83±6.27µg/kg	Demir ve Ağaoğlu
	Tavuk külçe	172.83±13.32µg/kg	(2021)
	Şnitzel	149.60±6.07µg/kg	
	Tantuni	96.00±8.72µg/kg	
	Kokoreç	26.40±5.03µg/kg	
	Izgara balık	37.00±3.81µg/kg	

3.MATERYAL METOT

3.1 Materyal

Köfte üretiminde kullanılan kırmızı et ve hayvansal yağ yerel bir kasaptan temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan yulaf unu ise yerel bir marketten temin edilen yulaf ezmesinin kullanılmadan hemen önce mutfak tipi robot ile öğütülerek un haline getirilmesiyle elde edilmiştir.

3.2 Metot

Köfte hamurunun hazırlanmasında kullanılan sığır eti (1200 g) ve hayvansal yağ (180 g) 12 numara 4.5 mm delikli aynaya sahip kıyma makinesinden geçirilerek kıyma haline getirilmiştir. Hazırlanan kıyma her grup 300 gram olacak şekilde toplam dört gruba ayrılarak %1,5 oranında tuz eklenmiştir. Hemen ardından 1. gruba (%0 kontrol) %6 oranında ekmek içi, 2. gruba %2 oranında yulaf unu, 3.gruba %4 oranında yulaf unu ve son olarak 4.gruba %6 oranında yulaf unu eklenerek köfte hamurları yoğurulduktan sonra +4°C’de bir saat dinlendirilmiştir. Köfte formülasyonları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Her bir gruptan üç adet köfte ve birer adet paralel olacak şekilde çalışılmıştır. Dinlendirilen köfte hamurları 50 gram olacak şekilde 10 cm çapında 4cm kalınlığında hazır pres kalıbı yardımıyla şekil verildikten sonra ısıtıcı tabla üzerinde 180°C, 200°C ve 220°C derecelerde 1 dk çevirme aralığıyla toplam 10 dk süreyle pişirilmiştir. Pişirilen köfteler oda sıcaklığında bekletildikten sonra ilk olarak pişirme kaybı hesaplanmıştır. Daha sonra köftelerden nem, pH, renk, TPA ve TBARS analizlerinde kullanılmak üzere yeterli miktarlarda örnekler alınmıştır. Kalan köfte örnekleri ise akrilamid analizleri için -18°C’de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.1 Kontrol grubu ve farklı oranlarda yulaf unu içeren köfte formülasyonları.

	Kontrol	%2	%4	%6
Kıyma (g)	300g	300g	300g	300g
Tuz (g)	4,5g	4,5g	4,5g	4,5g
Ekmek içi(g)	18g	—	—	—
Yulaf Unu(g)	—	6g	12g	18g

3.3 Analizler

3.3.1 Pişirme Kaybının Belirlenmesi

Pişirme kaybı köftelerin pişirilmeden önce ve pişirildikten sonraki ağırlıkları dikkate alınarak hesaplanmıştır (Murphy vd. 1975).

$$\text{Pişirme Kaybı (\%)} = \frac{\text{Çiğ ağırlık} - \text{Pişmiş ağırlık}}{\text{Çiğ ağırlık}} \times 100$$

3.3.2 pH Tayini

Köftelerin pH değerlerini belirlemek amacıyla 10 gram örnek tartıldıktan sonra 100 ml saf su içerisinde homojenizatör (Wisetis homogenizer hg-15d) cihazı kullanılarak örnekler 1dk süreyle homojenize edilmiştir. Ardından (Cyberscan 300) pH metre ölçüm gerçekleştirilmiştir (Gökalp vd. 2004).

3.3.3 Nem Tayini

Köfte örneklerinin nem değerlerinin belirlenmesi için alüminyum kurutma kaplarına 10'ar gram örnek tartılarak (Sartorius MA 45) nem cihazında 105°C'de ölçüm gerçekleştirilmiştir (Gökalp vd. 2004).

3.3.4 Renk Tayini

Örneklerin renk değerlerinin belirlenmesi için (Chroma Meter Cr-400) cihazında L*(parlaklık) değerleri, a*(kırmızılık) değerleri ve b*(sarılık) değerleri her bir köfte örneğinde üç ön yüz üç arka yüz olmak üzere toplam altı kez ölçüm gerçekleştirilerek belirlenmiştir. Renk değerlerinin ortalama değerleri verilmiştir.

3.3.5 Tekstür Profil Analizi

Araştırmada kullanılan örneklerin tekstür profil analizleri oda sıcaklığında TA.HD. Plus (Stable Micro System) doku analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve köfte

örneklerinin, hardness (sertlik), adhesiveness (yapışkanlık), kohesiveness (Kohesivlik), springiness (elastikiyet), resilience (esneklik), guminess (sakızımsılık), chewiness (çiğnenebilirlik) değerleri ölçülmüştür (Peleg 2019).

3.3.6 TBARS Tayini

TBARS analizi için Lemon (1975) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem gere; öncelikle 2 g örnek tartıp üzerine 12 ml TCA çözeltisi ilave edilerek homojenizatör (Ultra-Turrax, Wisetis homogenizer hg-15d) cihazında örnekler parçalandıktan sonra homojenizat Whatman filtre kağıdıyla süzölmüştür. Hemen ardından cam tüplere süzöntüden 3 ml alınarak 3 ml 0,02 M TBA çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan deney tüpleri önceden sıcaklığı 95°C'ye ayarlanan su banyosunda yaklaşık 30 dakika bekletildikten sonra soğuk su banyosuna alınarak oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Daha sonra 500 rpm'de 5 dakika santrifüj edilerek elde edilen süpernetant spektrofotometrede (UV-1800 Shimadzu UV Spectrophotometer) 532 nm'de köre karşı absorbans değeri belirlenmiştir. Belirlenen absorbans değeriinden ve 1,1,3,3-tetraetoksipropan kullanılarak elde edilen kurveden TBARS değeri hesaplanmıştır.

3.3.7 Akrilamid Tayini

3.3.7.1 Akrilamid Standartlarının Hazırlanması

0,0001 gram akrilamid standartı (Sigma-A9099-25g) 100 ml %80 metanol içerisinde çözöndürölerek stok çözelti hazırlanmıştır. Hazırlanan stok çözeltiden 1, 2, 4 ve 6 ppm konsantrasyonlarında standart çözeltiiler elde edilmiştir. Elde edilen standart çözelti konsantrasyonlarından oluşturulan grafikten $R^2=0,99$ bulunmuştur.

Köfte örneklerinin ekstraksiyonu için Michalak (2013) tarafından önerilen yöntem uygulanmıştır. Bu yöntem gere; Her grup köfte örneğinden 2-10 gram tartılarak 20 ml (%80) metanol ile homojenize edilen örnekler 60°C'de 60 dakika sıcak su banyosunda bekletildikten sonra Whatman filtre kağıdıyla süzölmüştür. Hemen ardından yağ arındırma aşamasına geçilmiştir. 20-30 ml hekzan ile 10 dakika süreyle vortex

kullanılarak çalkalanmıştır. Üst kısımdaki yağlı hekzan tabakası pastör pipeti yardımıyla alındıktan sonra 5 ml sulu çözelti santrifüj tüplerine aktararak 24 saat -18°C’de bekletilmiştir. Daha sonra 500 rpm’de 10 dakika santrifüj edilen örnekler 0.45µ naylon şırınga filtresinden geçirilerek Agilent Technologies HPLC cihazında ölçüm gerçekleştirilmiştir.

3.3.7.2 Kromatografik Koşullar

Kolon: Synergi 4µm Hydro-RP 80 A, LC Column 250 × 4.6 mm (phenomenex), Enjeksiyon hacmi: 5µl, Akış hızı: 0.4 ml/min, Kolon sıcaklığı: 25°C, DAD: 190-400 nm Mobil faz A; formik asit (%0,1) Mobil faz B; metanol (%0,1) (Crawford vd. 2019).

3.3.8 İstatiksel Analiz

En az iki paralel ve iki tekrardan elde edilen veriler JMP Pro11 istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıkların tespiti için tek yönlü ve çift yönlü ANOVA çoklu karşılaştırılma testi yapılmış, $p < 0,05$ güven aralığı olarak belirlenmiştir.

4.BULGULAR

4.1 Pişirme Kaybı

Et ve et ürünlerinin pişirilmesi sırasında ısının etkisiyle su kaybı ve et proteinlerinde yapısal değişiklikler meydana gelmektedir. Bu yapısal değişiklikler sonucunda etin hacmi ve ağırlığında ortaya çıkan azalma pişirme kaybı olarak adlandırılmaktadır. Et pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi, protein çözünürlüğü, kas uzunluğu, pH ve tuz miktarı pişirme kayıplarını etkileyen faktörler arasındadır. Et ürünlerinin pişirilmesi sırasında sıcaklığın artmasıyla birlikte pişirme kaybı da artış göstermektedir (Tonberg 2005; Pathare ve Roskilly 2016; Purslow 2016; Jezek vd. 2020). Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

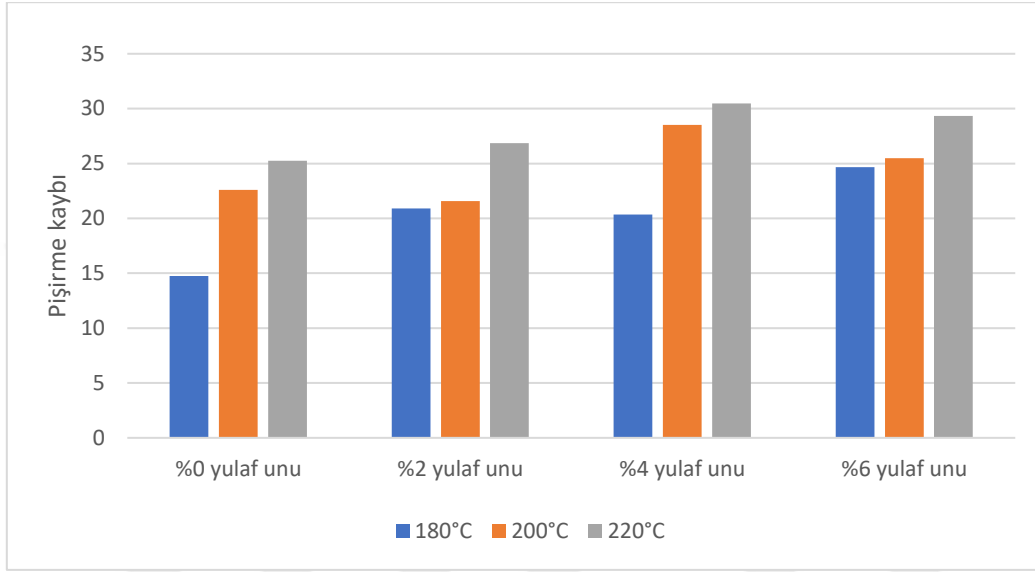
Çizelge 4.1 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pişirme kaybı değerleri (%).

Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	14,75 ± 6,41 ^{Aa}	22,59 ± 1,61 ^{Aa}	25,25 ± 0,92 ^{Aa}
%2	20,90 ± 3,23 ^{Aa}	21,58 ± 1,60 ^{Aa}	26,86 ± 7,44 ^{Aa}
%4	20,35 ± 0,14 ^{Ab}	28,51 ± 2,38 ^{Aa}	30,48 ± 0,13 ^{Aa}
%6	24,66 ± 2,42 ^{Aa}	25,49 ± 1,94 ^{Aa}	29,33 ± 1,18 ^{Aa}

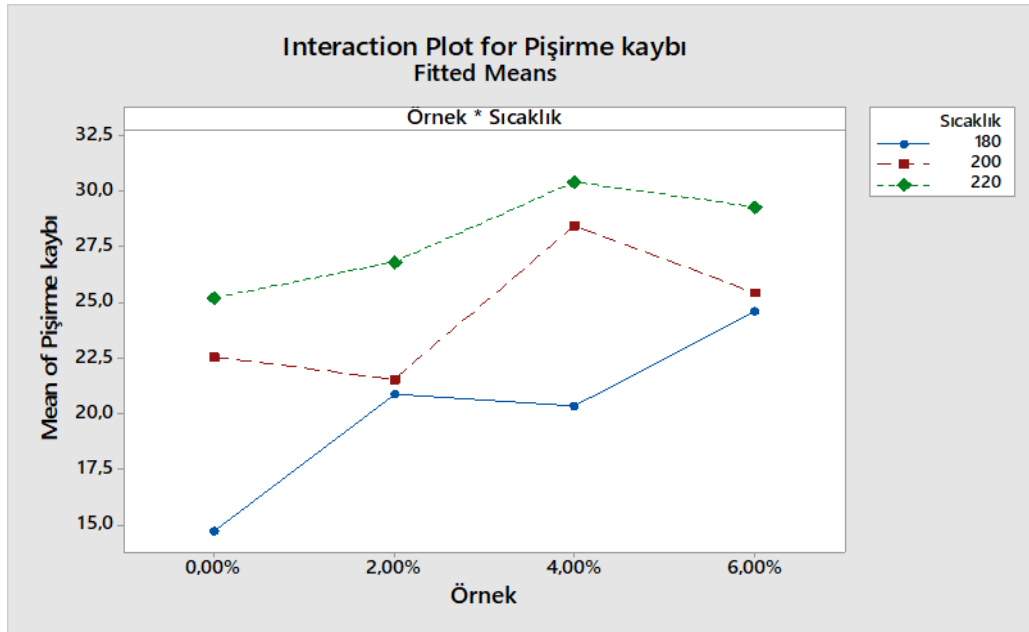
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin yulaf unu oranı ile pişirme kaybı değeri arasında istatistiksel farklılık bulunamazken (p>0,05), sıcaklık dereceleriyle pişirme kaybı arasında 180°C’de pişirilen ve %4 oranında yulaf unu içeren örneklerdeki farklılık anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Pişirme sıcaklığının yükselmesiyle

birlikte pişirme kaybı değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının pişirme kaybı üzerine etkisi Şekil 4.1’de, köfte örneklerinin pişirme kaybı değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının pişirme kaybı üzerine etkisi.



Şekil 4.2 Köfte örneklerinin pişirme kaybı değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi

4.2 pH Değerleri

Farklı oranlarda yulaf unu (%0, %2, %4, %6) ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda (180°C, 200°C, 220°C) pişirilen köftelerin pH değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

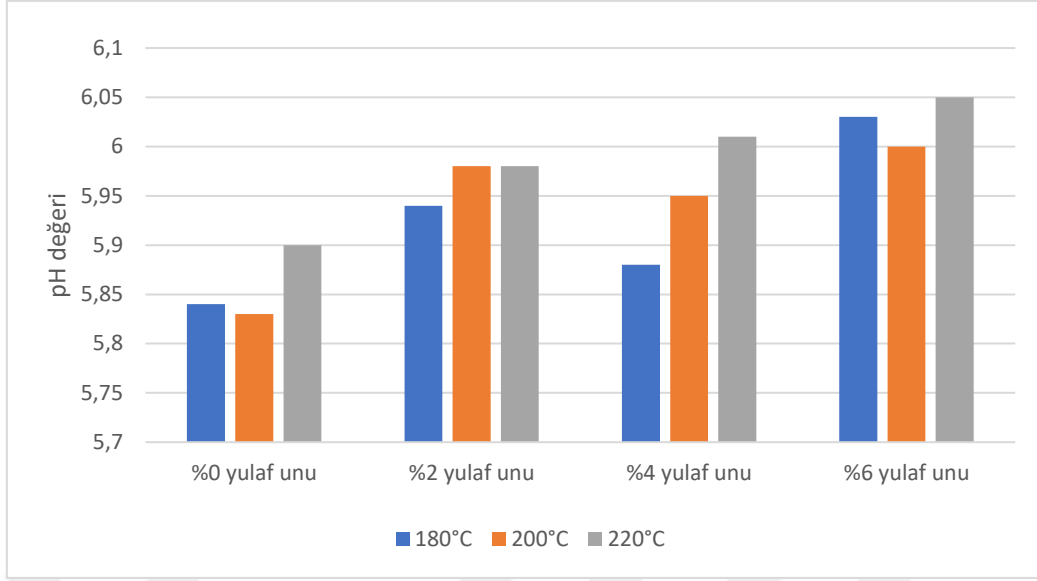
Çizelge 4.2 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin pH değerleri.

Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	5,84 ± 0,01 ^{Cb}	5,83 ± 0,01 ^{Cb}	5,90 ± 0,01 ^{Ca}
%2	5,94 ± 0,01 ^{Bb}	5,98 ± 0,01 ^{ABa}	5,98 ± 0,00 ^{Ba}
%4	5,88 ± 0,01 ^{Cc}	5,95 ± 0,01 ^{Bb}	6,01 ± 0,01 ^{ABa}
%6	6,03 ± 0,01 ^{Aa}	6,00 ± 0,00 ^{Ab}	6,05 ± 0,01 ^{Aa}

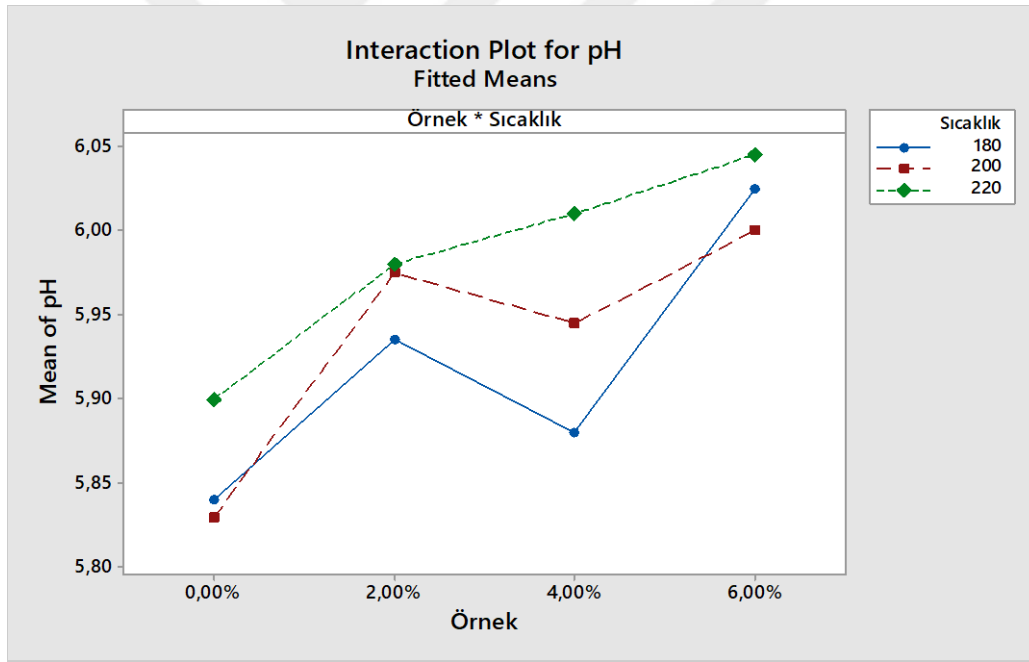
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin yulaf unu oranı ile pH değeri arasında farklılık anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Örneklere ilave edilen yulaf unu oranı arttıkça pH değeri de artış göstermiştir. En düşük pH değeri kontrol grubu köftelerinde tespit edilirken, en yüksek pH değeri ise %6 oranında yulaf unu içeren ve 220°C’de pişirilen köftelerde tespit edilmiştir.

Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının pH değeri üzerine etkisi Şekil 4.3’te, köfte örneklerinin pH değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.3 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının pH değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.4 Köfte örneklerinin pH değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

4.3 Nem Değerleri

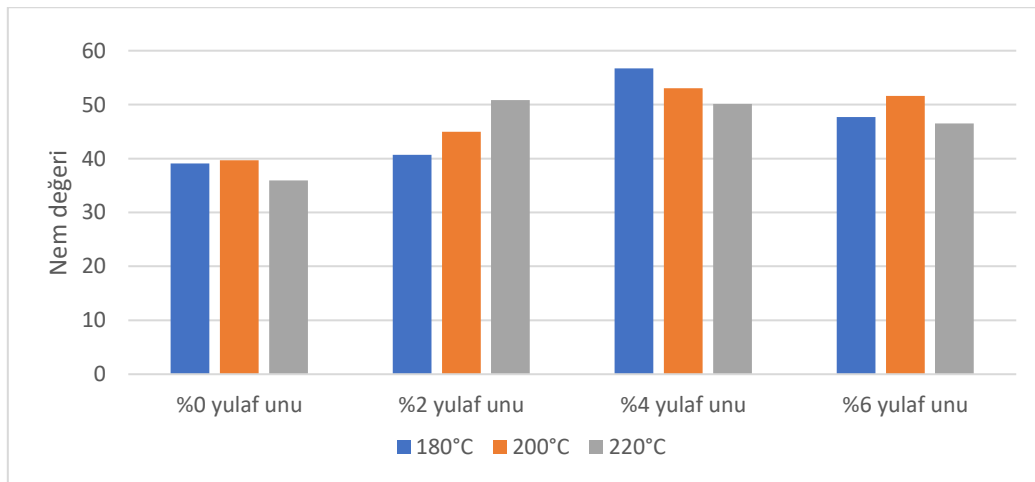
Farklı oranlarda (%2, %4, %6) yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda (180°C, 200°C, 220°C) pişirilen köftelerin nem değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin nem değerleri (%).

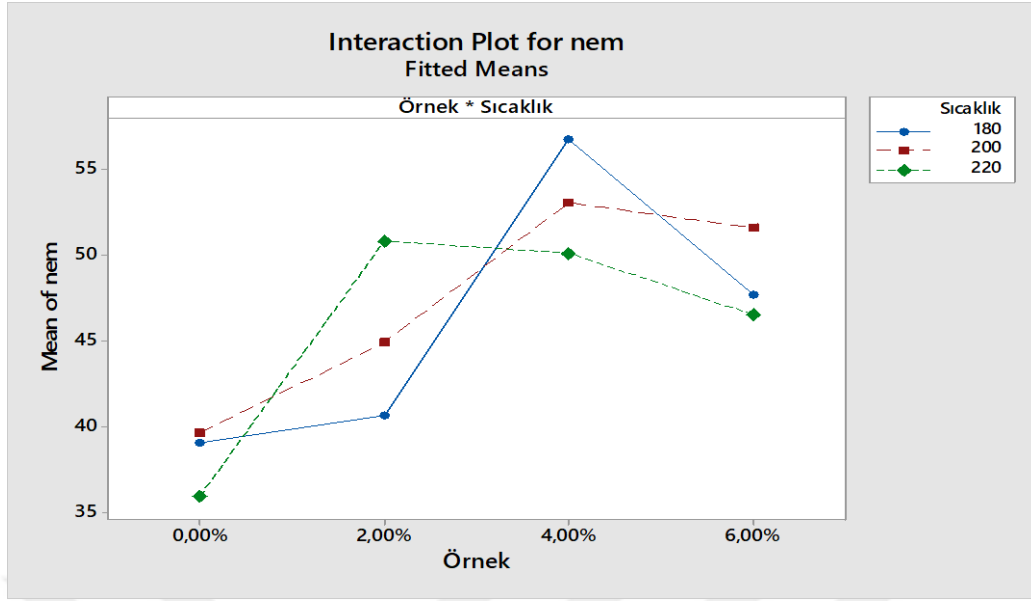
Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	39,08 ± 1,75 ^{Ca}	39,66 ± 4,26 ^{Ba}	35,97 ± 0,84 ^{Ca}
%2	40,67 ± 3,14 ^{BCb}	44,95 ± 1,02 ^{ABab}	50,85 ± 0,65 ^{Aa}
%4	56,75 ± 0,81 ^{Aa}	53,07 ± 0,39 ^{Ab}	50,13 ± 0,21 ^{Ac}
%6	47,72 ± 1,06 ^{Bb}	51,60 ± 0,47 ^{Aa}	46,54 ± 1,10 ^{Bb}

Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Köftelere ilave edilen yulaf unu oranı ile nem değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (p<0,05). Örnekler arasında en düşük nem değeri ekmek içi içeren kontrol grubu köftelerinde gözlemlenirken en yüksek nem değeri ise %4 oranında yulaf unu içeren ve 180°C’de pişirilen köftelerde gözlemlenmiştir. Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının nem değeri üzerine etkisi Şekil 4.5’te, köfte örneklerinin nem değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının nem değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.6 Köfte örneklerinin nem değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

4.4 Renk Değerleri

Etin biyokimyasal yapısında bulunan sarkoplazmik proteinler içerisinde miyogloblin, etin karakteristik kırmızı renkte görünmesini sağlamaktadır. Ete uygulanan ısı işlemlerle birlikte miyoglobin proteininin oksidasyona uğraması sonucunda etin rengi kırmızıdan kahverengiye dönüşmektedir (Toldrá ve Reig 2012, Tonberg 2005).

4.4.1 L* (parlaklık) Değerleri

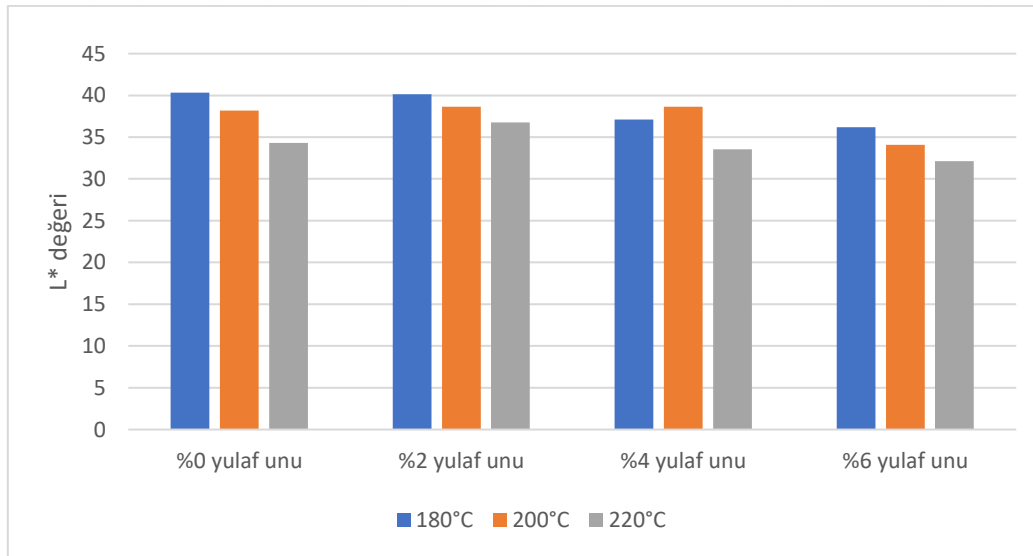
Farklı oranlarda yulaf unu ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin yulaf unu oranı arttıkça L* (parlaklık) değerinde kademeli bir azalma meydana gelmiştir. En yüksek L* değeri kontrol grubu köftelerinden 180°C’de pişirilen grupta bulunurken en düşük L* değeri ise %6 oranında yulaf unu içeren ve 220°C’de pişirilen köfte gruplarında bulunmuştur. Çizelge 4.4’te farklı oranlarda (%0, %2, %4, %6) yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda (180°C, 200°C, 220°C) pişirilen köftelerin L* değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin L* değerleri.

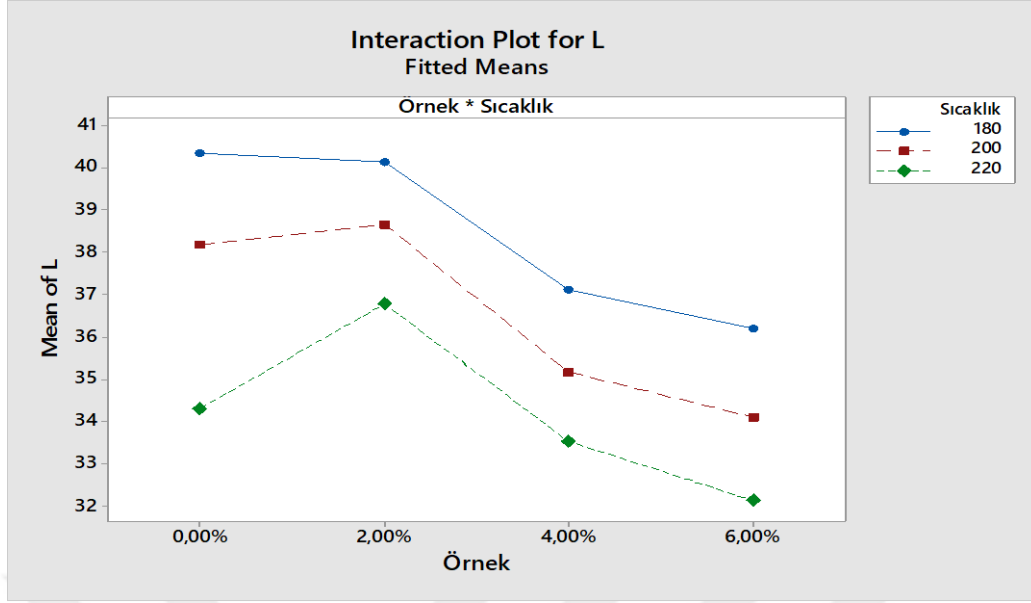
Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	40,34±3,33 ^{Aa}	38,17±4,67 ^{Aa}	34,32±3,37 ^{ABb}
%2	40,12±2,11 ^{Aa}	38,67±3,89 ^{Aab}	36,78±2,93 ^{Ab}
%4	37,12±4,19 ^{ABa}	35,17±4,53 ^{Aa}	33,53±4,90 ^{ABa}
%6	36,20±3,82 ^{Ba}	34,11±4,45 ^{Aa}	32,14±4,18 ^{Ba}

Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının L* değerine etkisi Şekil 4.7’de, köfte örneklerinin L* değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının L* değerine etkisi.



Şekil 4.8 Köfte örneklerinin L* değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi

4.4.2 a* (kırmızılık) Değerleri

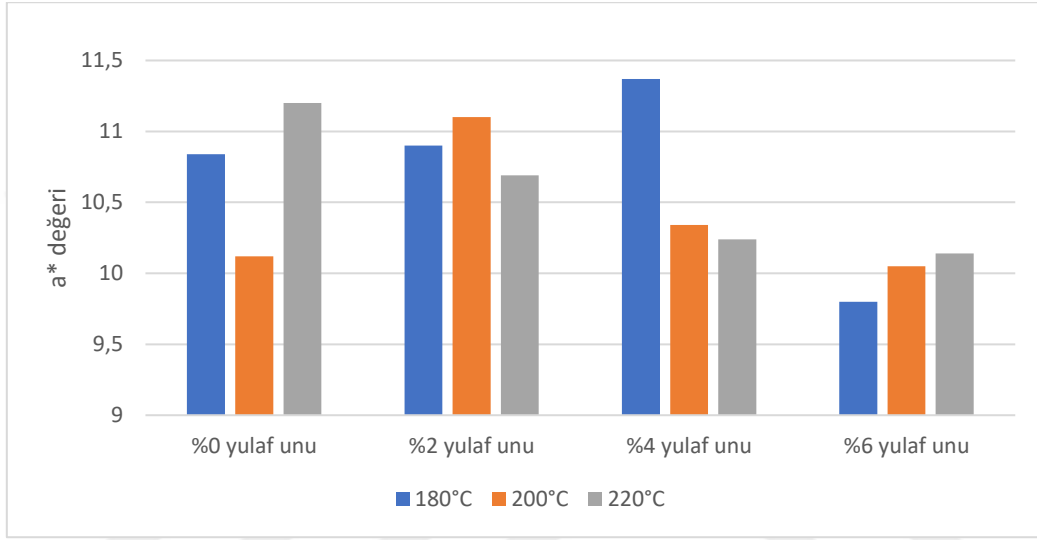
Çizelge 4.5'te, farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerinin a* değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklık derecelerinde pişirilen köftelerin a* değerleri.

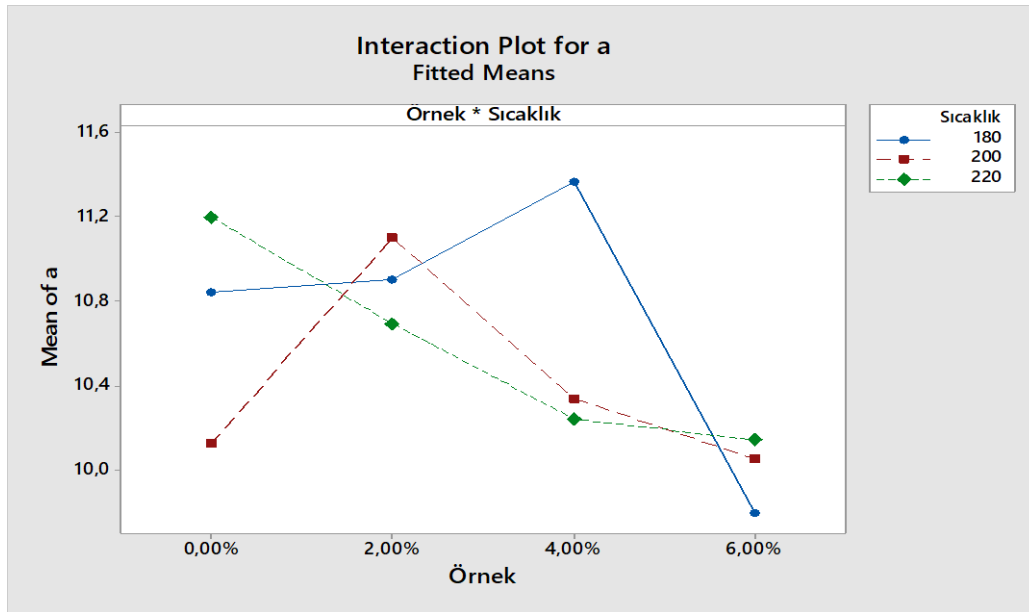
Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	10,85 ± 0,54 ^{Aab}	10,13 ± 1,10 ^{Bb}	11,20 ± 0,97 ^{Aa}
%2	10,91 ± 0,52 ^{Aa}	11,10 ± 0,70 ^{Aa}	10,70 ± 0,89 ^{ABa}
%4	11,37 ± 0,56 ^{Aa}	10,34 ± 0,93 ^{ABb}	10,24 ± 0,82 ^{Bb}
%6	9,80 ± 1,15 ^{Ba}	10,05 ± 0,59 ^{Bb}	10,14 ± 0,76 ^{Ba}

Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Köftelere farklı oranlarda yulaf unu ilave edilmesi a^* kırmızılık değerlerini etkilemiştir. En düşük a^* değeri %6 oranında yulaf unu içeren örneklerde tespit edilmiştir ($p<0,05$). En yüksek a^* değeri ise %4 oranında yulaf unu içeren örneklerde tespit edilmiştir. Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının a^* değerine etkisi Şekil 4.9’da köfte örneklerinin a^* değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının a^* değerine etkisi.



Şekil 4.10 Köfte örneklerinin a^* değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

4.4.3 b* (sarılık) Değerleri

Çizelge 4.6’da farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerinin b* değerleri verilmiştir.

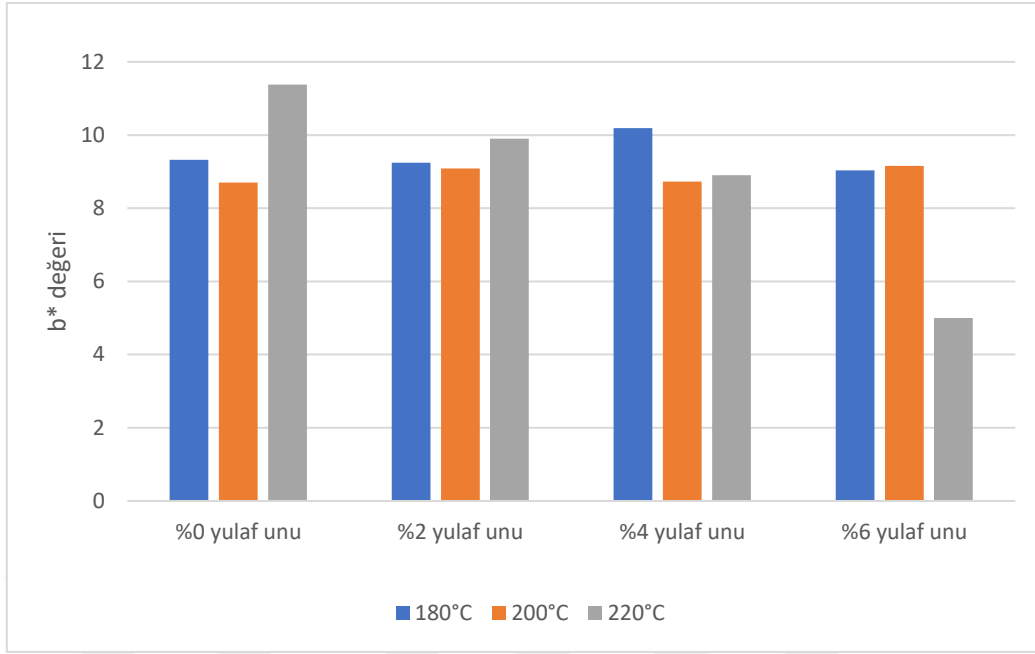
Çizelge 4.6 Farklı oranlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin b* değerleri.

Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	9,33 ± 2,38 ^{Aab}	8,71 ± 1,26 ^{Ab}	11,39 ± 2,99 ^{Aa}
%2	9,24 ± 1,45 ^{Aa}	9,09 ± 0,95 ^{Aa}	9,90 ± 1,25 ^{ABa}
%4	10,19 ± 1,88 ^{Aa}	8,73 ± 1,48 ^{Aa}	8,91 ± 2,20 ^{Ba}
%6	9,04 ± 2,60 ^{Aa}	9,16 ± 2,41 ^{Aa}	8,20 ± 1,80 ^{Ba}

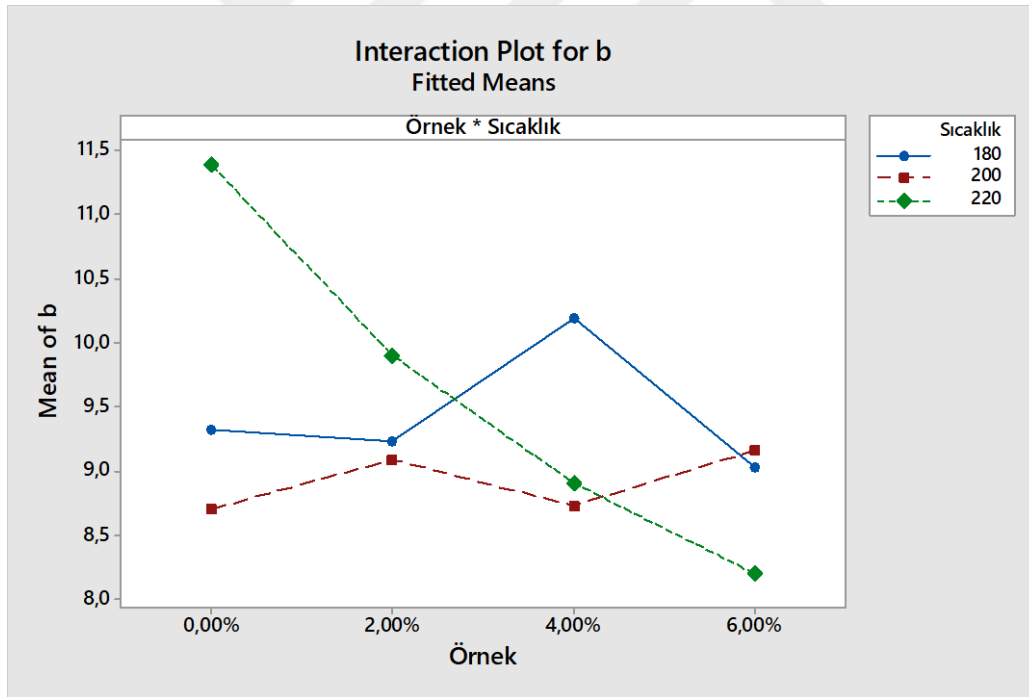
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Köftelere farklı oranlarda ilave edilen yulaf unu b* sarılık değerlerinde özellikle %4 oranında yulaf unu içeren ve 220°C’de pişirilen köfteler ile %6 oranında yulaf unu içeren köfte gruplarının b* (sarılık) değerlerinde azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. %4 ve %6 oranında yulaf unu içeren köfteler ile diğer gruplar arasındaki istatistiksel farklılık anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının b* değerine etkisi Şekil 4.11’de, köfte örneklerinin b* değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.12’de verilmiştir.



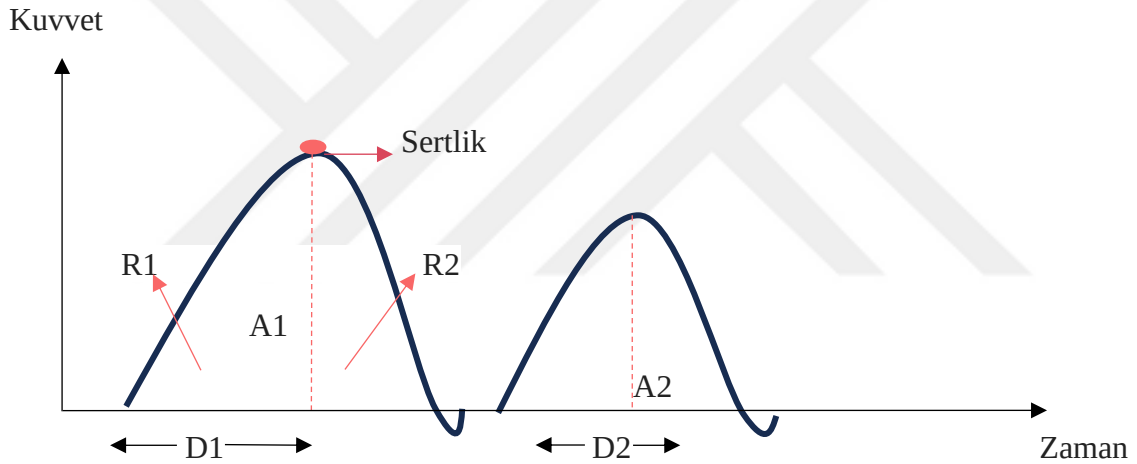
Şekil 4.11 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının b* değerine etkisi.



Şekil 4.12 Köfte örneklerinin b* değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı etkisi

4.5 TPA

Tekstür profil analizi, ısırma hareketini taklit eden çift sıkıştırma testi olarak tanımlanmaktadır. Sabit ve hareketli iki plaka arasına yerleştirilen gıda örneğine hareketli plaka tarafından çiğneme hareketine benzer bir sıkıştırma uygulanarak gerçekleştirilmektedir (Erdemir ve Karaoğlu 2021). Tekstür profil analizi kuvvet-zaman deformasyon eğrisi Şekil 4.13'te verilmiştir. Farklı miktarlarda yulaf unu ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerine ait TPA değerleri; sertlik değerleri Çizelge 4.7'de, yapışkanlık değerleri Çizelge 4.8'de, kohesivlik değerleri Çizelge 4.9'da, elastikiyet değerleri Çizelge 4.10'da, esneklik değerleri Çizelge 4.11'de, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri ise Çizelge 4.12'de ve Çizelge 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13 Tekstür profil analizi kuvvet-zaman deformasyon eğrisi (Bernardo vd.2022).

A1: İlk sıkıştırma için eğrinin altında kalan alan.

A2: İkinci sıkıştırma için eğrinin altında kalan alan

D1: İlk sıkıştırmanın başlangıcı ile ilk tepe kuvvet arasındaki süre veya mesafe

D2: Kuvvet veya ikinci sıkıştırmanın başlangıcı ile ikinci tepe kuvvet arasındaki mesafe

R1: İlk sıkıştırma aşağı vuruşu için eğrinin altındaki alan.

R2: İlk sıkıştırma yukarı vuruşu için eğrinin altındaki alan.

Elastikiyet (Springiness) = $D2/D1$

Kohesivlik = $A2/A1$

Anlık esneklik (resilience) = $R2/R1$

4.5.1 Sertlik

Sertlik, ilk sıkıştırma döngüsü sırasında ulaşılan maksimum kuvvet veya örneği belirli bir deformasyona ulaştırmak için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Huidobro vd.2005).

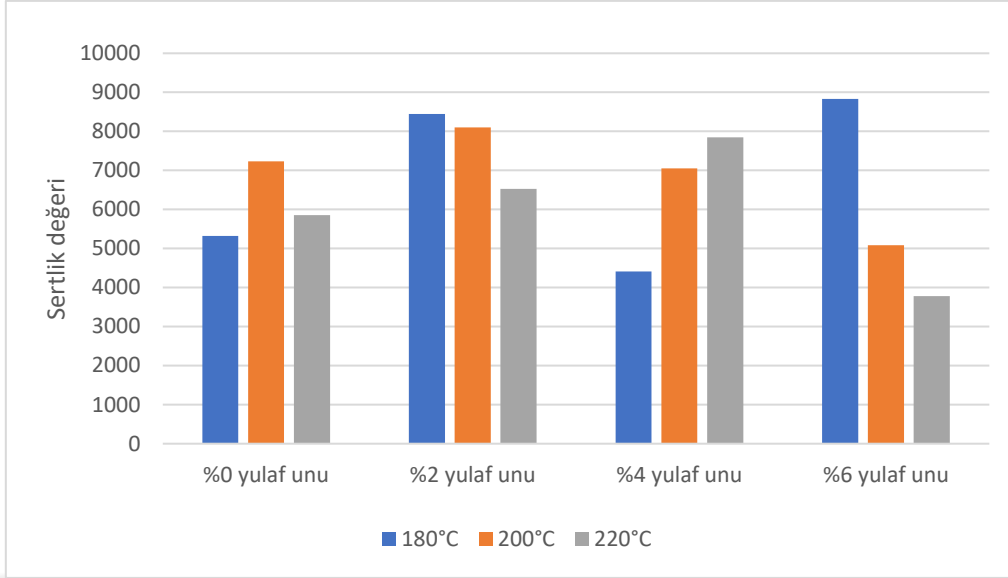
Çizelge 4.7 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin sertlik değerleri (N).

Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	5321,00 ± 1402,48 ^{Ba}	7235,83 ± 958,27 ^{Aa}	5852,14±1812,98 ^{ABa}
%2	8444,54 ± 2512,34 ^{Aa}	8104,01± 2860,96 ^{Aa}	6225,08±1890,58 ^{Aa}
%4	4408,08 ± 2427,08 ^{Bb}	7054,58±3127,14 ^{Aab}	7850,23±1490,69 ^{Aa}
%6	8832,78 ± 1685,67 ^{Aa}	5086,31 ± 2165,73 ^{Ab}	3777,78±1224,46 ^{Bb}

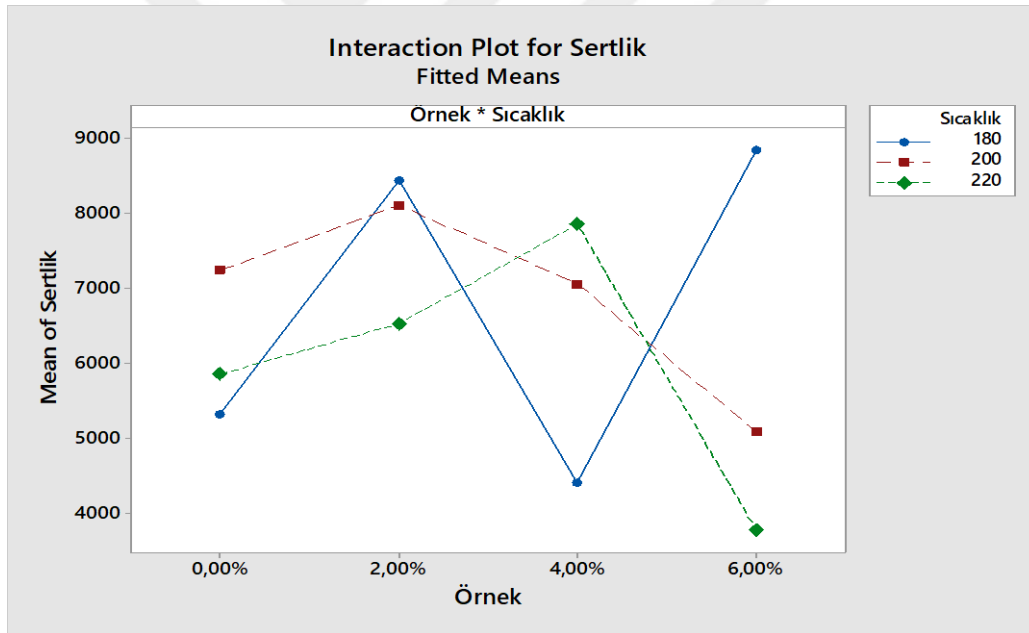
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Köftelere eklenen yulaf unu oranının sertlik değerine etkisi her grupta doğrusal değildir. Örneklere %2 oranında yulaf unu ilave edilmesinin sertlik değerinde anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05). %4 oranında yulaf unu ilave edilmesi pişirme sıcaklığının yükselmesiyle birlikte örneklerin sertlik değerinin de artmasına neden olmuştur (p<0,05). %6 oranında yulaf unu eklenen grupta ise pişirme sıcaklığının yükselmesiyle birlikte sertlik değerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının sertlik değerine etkisi Şekil 4.14'te, köfte örneklerinin sertlik değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.14 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının sertlik değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.15 Köfte örneklerinin sertlik değeri üzerine yulafa unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

4.5.2 Yapışkanlık

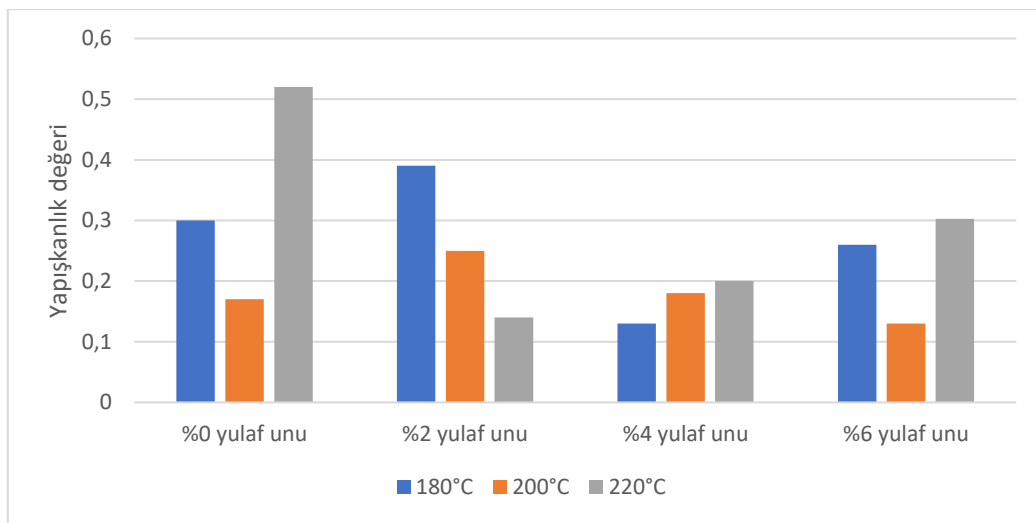
Yapışkanlık değeri, örnek yüzeyinin onunla temas eden sıkıştırma plakası yüzeyinden ayırmak için gerekli olan kuvvet olarak ifade edilmektedir (Saláková 2012).

Çizelge 4.8 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin yapışkanlık değerleri (mj).

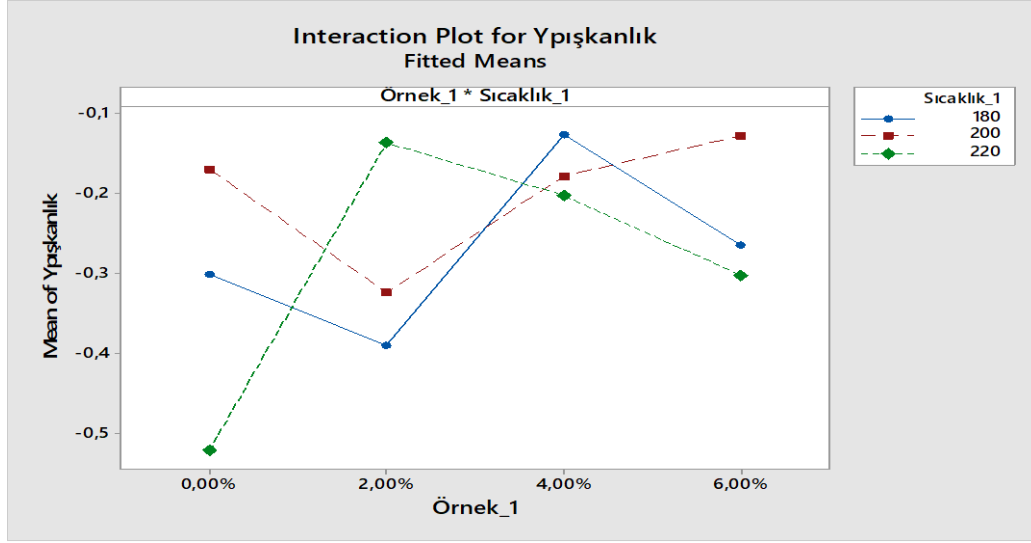
Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	$-0,30 \pm 0,12^{Aab}$	$-0,17 \pm 0,07^{Aa}$	$-0,52 \pm 0,27^{Ab}$
%2	$-0,39 \pm 0,24^{Aa}$	$-0,32 \pm 0,25^{Aa}$	$-0,14 \pm 0,12^{Aa}$
%4	$-0,13 \pm 0,15^{Aa}$	$-0,18 \pm 0,16^{Aa}$	$-0,20 \pm 0,19^{Aa}$
%6	$-0,27 \pm 0,21^{Aa}$	$-0,13 \pm 0,16^{Aa}$	$-0,30 \pm 0,34^{Aa}$

Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir ($p < 0,05$).

Farklı oranlarda yulaf unu içeren köftelerin yapışkanlık değerlerinde yulaf unu oranının istatistiki olarak farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının yapışkanlık değeri üzerine etkisi Şekil 4.16’da köfte örneklerinin yapışkanlık değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.16 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının yapışkanlık değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.17 Köfte örneklerinin yapışkanlık değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

4.5.3 Kohesivlik

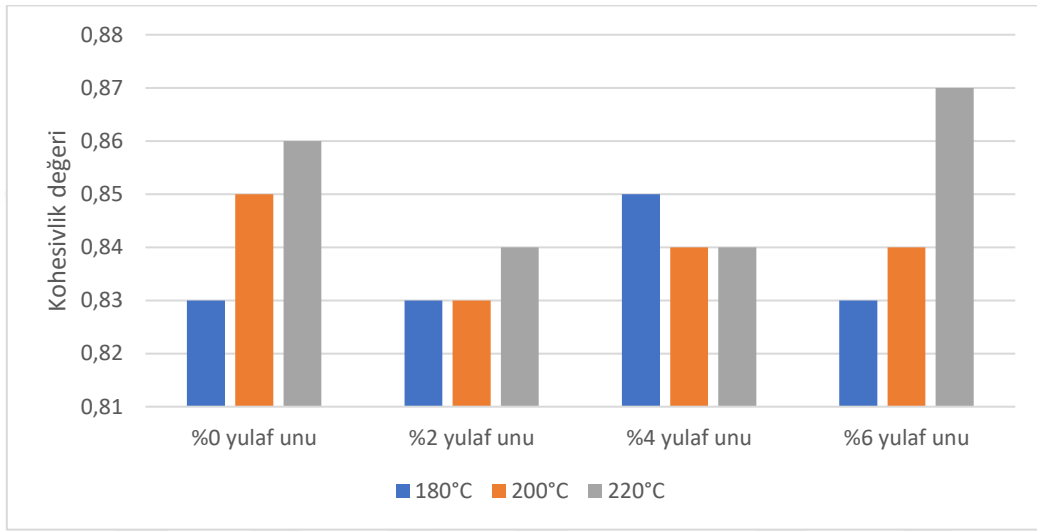
Kohesivlik, örneğin yapısını oluşturan iç bağların gücü olarak ifade edilmektedir (Rosenthal ve Thompson 2021).

Çizelge 4.9 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin kohesivlik değerleri.

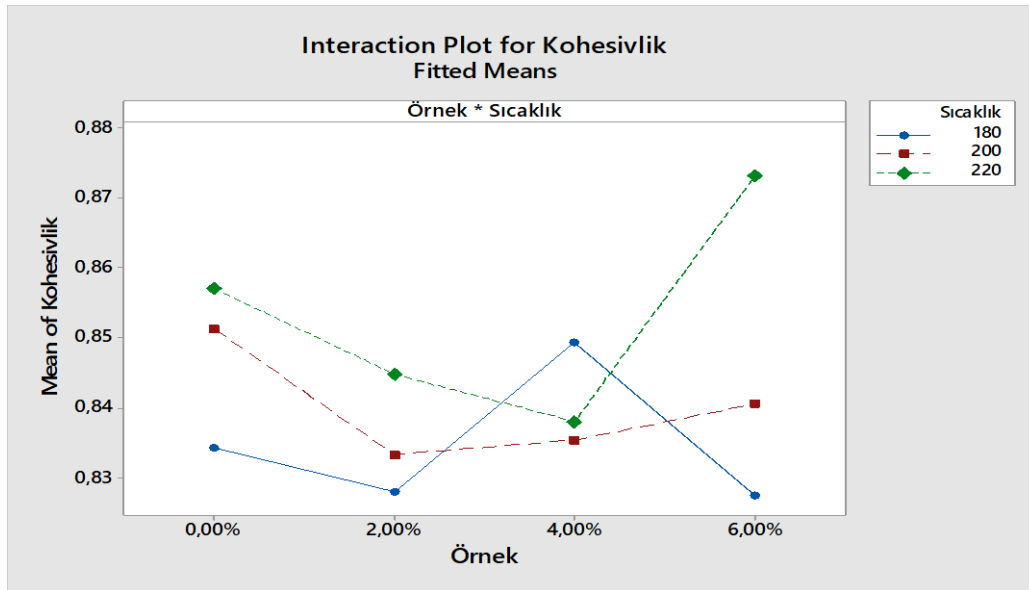
Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	0,84 ± 0,05 ^{Aa}	0,85 ± 0,04 ^{Aa}	0,85 ± 0,03 ^{Aa}
%2	0,83 ± 0,04 ^{Aa}	0,83 ± 0,03 ^{Aa}	0,85 ± 0,02 ^{Aa}
%4	0,85 ± 0,04 ^{Aa}	0,84 ± 0,04 ^{Aa}	0,84 ± 0,04 ^{Aa}
%6	0,83 ± 0,03 ^{Aa}	0,84 ± 0,04 ^{Aa}	0,88 ± 0,06 ^{Aa}

Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05)

Farklı oranlarda yulaf unu ilave edilerek hazırlanan ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerde yulaf unu oranı örneklerin kohesivlik değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının kohesivlik değeri üzerine etkisi Şekil 4.18’de, köfte örneklerinin kohesivlik değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.18 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının kohesivlik değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.19 Köfte örneklerinin kohesivlik değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

4.5.4 Elastikiyet

Elastikiyet, örneğin deforme edici kuvvet çıkartıldıktan sonra orijinal şeklini geri kazanabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Herrero vd. 2008).

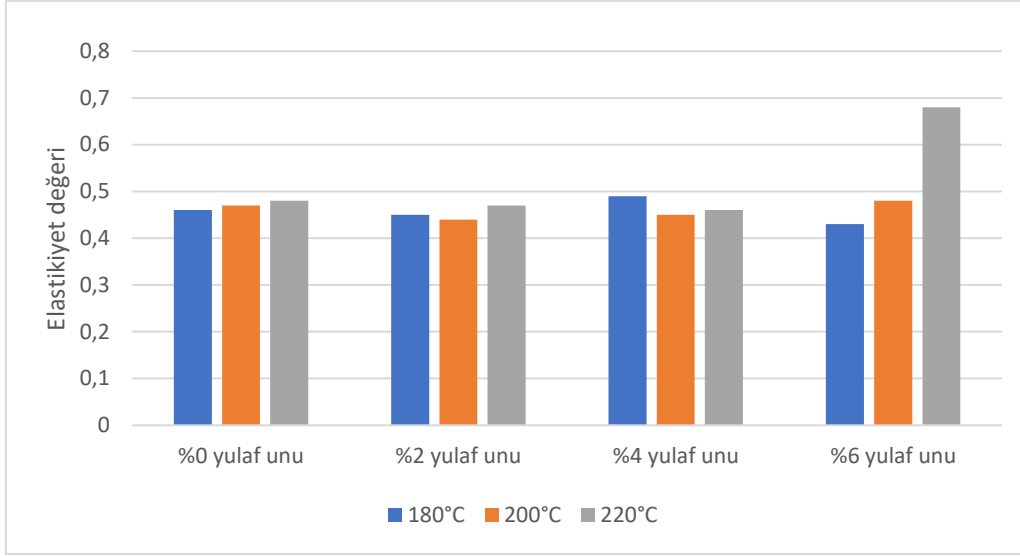
Çizelge 4.10 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin elastikiyet değerleri (mm).

Yulaf unu	180°C	200°C	220°C
%0	0,46 ± 0,04 ^{ABa}	0,47 ± 0,03 ^{Aa}	0,49 ± 0,03 ^{Aa}
%2	0,45 ± 0,03 ^{ABa}	0,44 ± 0,04 ^{Aa}	0,47 ± 0,02 ^{Aa}
%4	0,49 ± 0,04 ^{Aa}	0,45 ± 0,04 ^{Aa}	0,46 ± 0,03 ^{Aa}
%6	0,43 ± 0,02 ^{Ba}	0,48 ± 0,04 ^{Aa}	0,68 ± 0,52 ^{Aa}

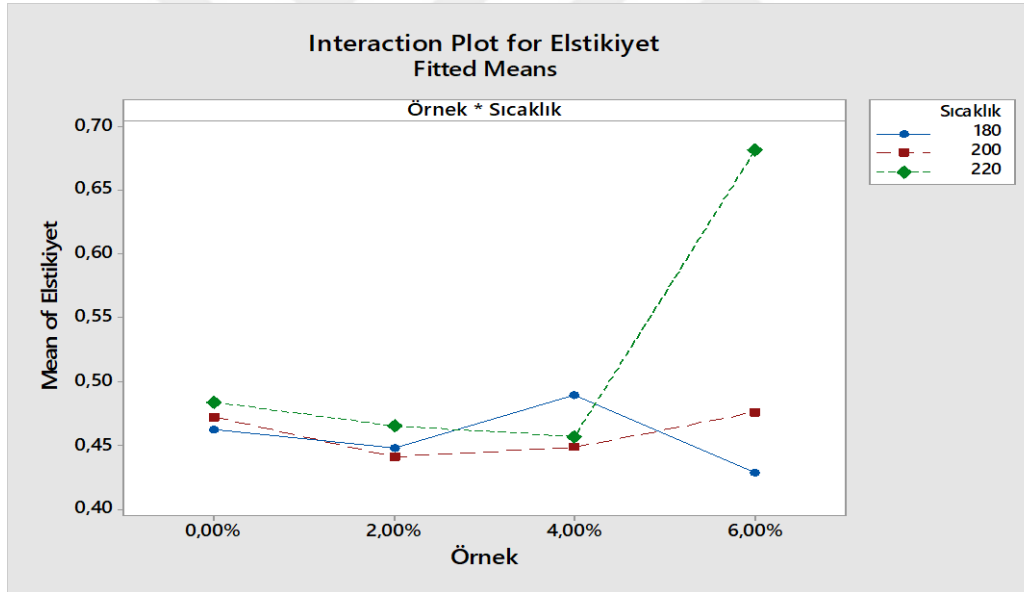
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Farklı oranlarda yulaf unu ilave edilerek farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin elastikiyet değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamazken (p>0,05), özellikle %6 oranında yulaf içeren ve 220°C’de pişirilen örneklerde elastikiyet değerinde diğer gruplara göre az miktarda bir artış gözlemlenmiştir.

Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının elastikiyet değeri üzerine etkisi Şekil 4.20’de, köfte örneklerinin elastikiyet değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.20 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının elastikiyet değeri üzerine etkisi



Şekil 4.21 Köfte örneklerinin elastikiyet değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi

4.5.5 Esneklik

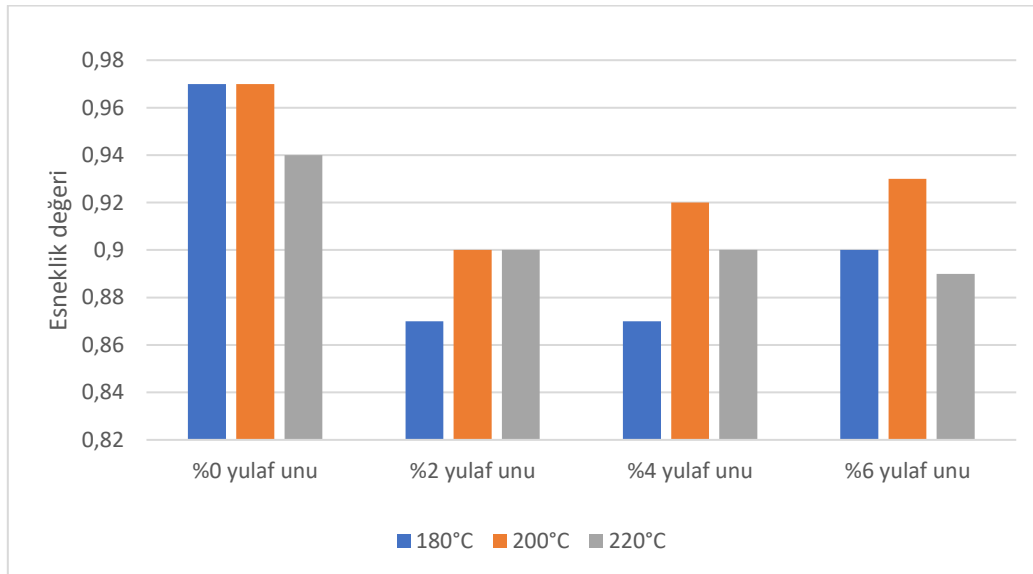
Esneklik değeri, ilk sıkıştırma yukarı vuruşu için eğrinin altında kalan alanın ilk sıkıştırma döngüsünde aşağı vuruşu için eğrinin altındaki alana bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Erdemir ve Karaoğlu 2021).

Çizelge 4.11 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin esneklik değerleri (mj).

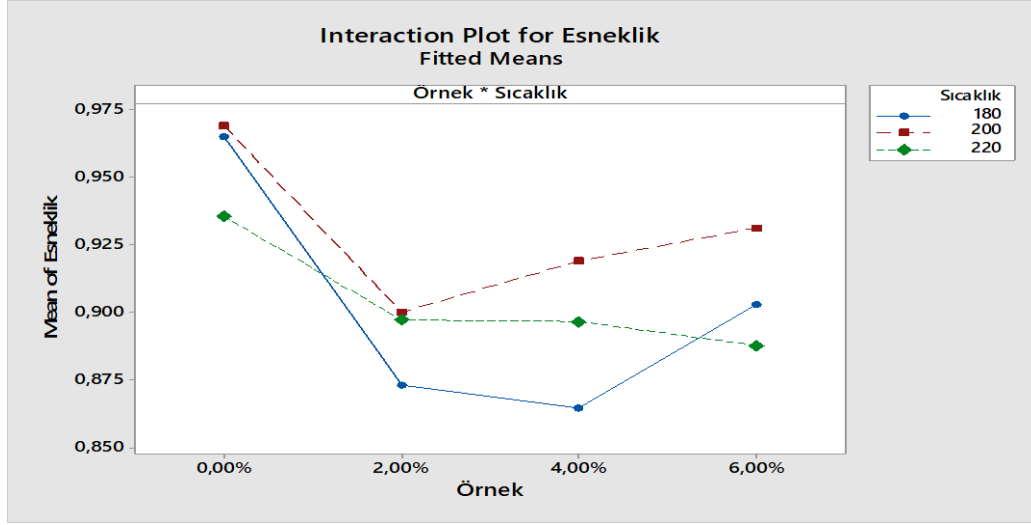
Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	0,97 ± 0,13 ^{Aa}	0,97 ± 0,13 ^{Aa}	0,94 ± 0,06 ^{Aa}
%2	0,88 ± 0,11 ^{Aa}	0,90 ± 0,01 ^{Aa}	0,90 ± 0,08 ^{Aa}
%4	0,87 ± 0,18 ^{Aa}	0,92 ± 0,03 ^{Aa}	0,90 ± 0,05 ^{Aa}
%6	0,90 ± 0,02 ^{Aa}	0,93 ± 0,05 ^{Aa}	0,89 ± 0,10 ^{Aa}

Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin esneklik değerlerinde anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (p>0,05). Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının esneklik değeri üzerine etkisi Şekil 4.22’de, köfte örneklerinin esneklik değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.23’te verilmiştir.



Şekil 4.22 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının esneklik değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.23 Köfte örneklerinin esneklik değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi

4.5.6 Sakızımsılık

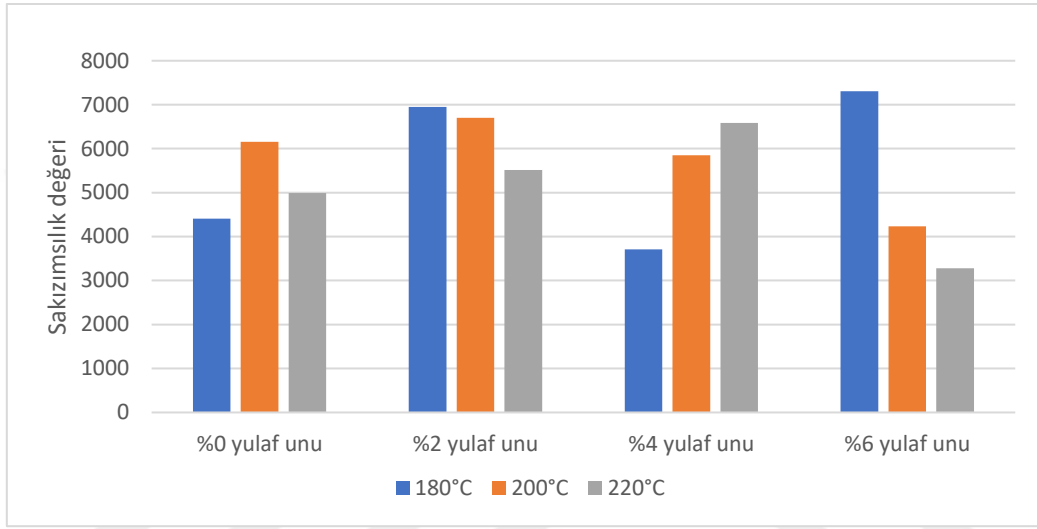
Sakızımsılık değeri, düşük sertlik ve yüksek oranda iç yapışkanlığa sahip yarı katı yiyeceklerin özelliklerini belirtmek için kullanılmaktadır. Sertlik ve Kohesivlik çarpımından hesaplanmaktadır (Navakovic ve Tomasevic 2017).

Çizelge 4.12 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin sakızımsılık değerleri (N).

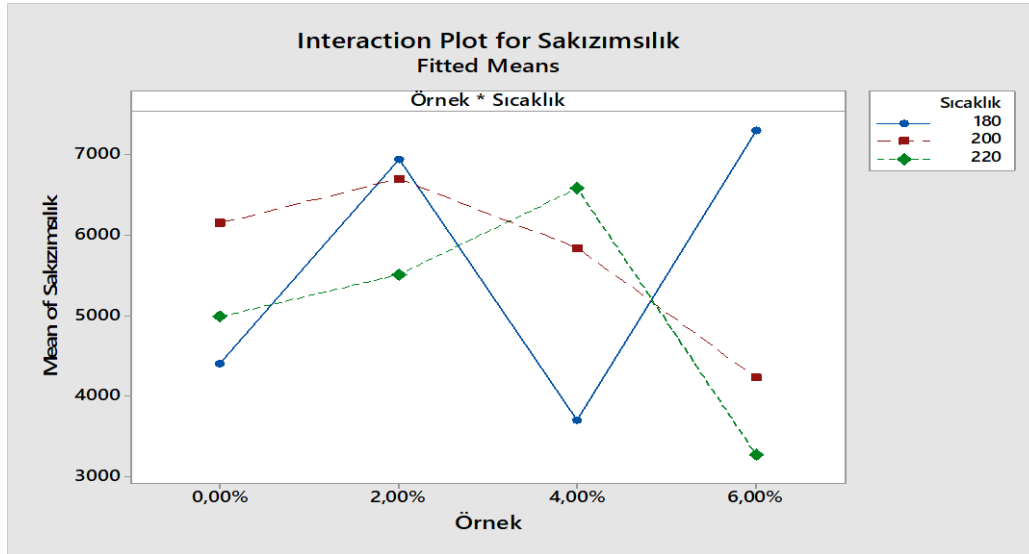
Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	4407,48±1044,72 ^{Bb}	6154,69±815,45 ^{Aa}	4993,59±1507,92 ^{ABab}
%2	6951,04±2015,34 ^{Aa}	6701,80±2256,88 ^{Aa}	5515,16±1601,87 ^{Aa}
%4	3711,31±2034,31 ^{Bb}	5847,19±2502,77 ^{Aab}	6585,82±1320,98 ^{Aa}
%6	7305,24±1387,98 ^{Aa}	4236,81±1701,93 ^{Ab}	3277,88±1000,36 ^{Bb}

Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin sakızimsılık değerleri her grupta doğrusal bir etkiye neden olmamakla birlikte %6 oranında yulaf içeren köfte grubunda pişirme sıcaklığının artmasıyla sakızimsılık değerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının sakızimsılık değeri üzerine etkisi Şekil 4.24'te, köfte örneklerinin sakızimsılık değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.24 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının sakızimsılık değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.25 Köfte örneklerinin sakızimsılık değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi

4.5.7 Çiğnenebilirlik

Çiğnenebilirlik katı bir gıdayı yutmaya hazır hale getirmek için gerekli çiğneme enerjisi olarak tanımlanmaktadır (Ertaş ve Doğruer 2010).

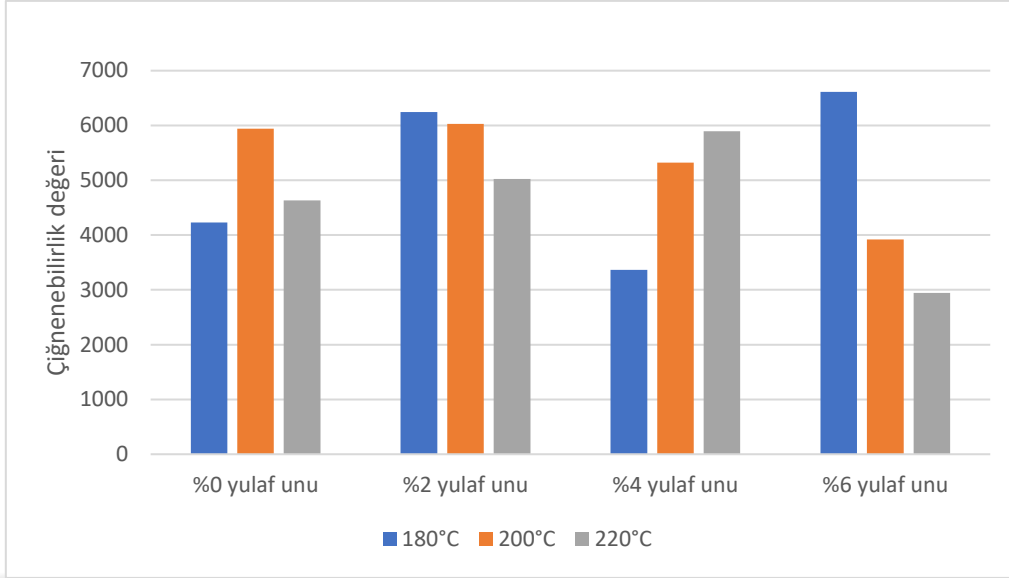
Çizelge 4.13 Farklı miktarlarda yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin çiğnenebilirlik değerleri (mj).

Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	4232,18±1012,52 ^{ABb}	5943,10±890,06 ^{Aa}	4634,87±1305,16 ^{ABb}
%2	6247,58±2175,40 ^{Aa}	6026,44±2006,47 ^{Aa}	5023,48±1629,20 ^{Aa}
%4	3363,58±1924,84 ^{Ba}	5324,69±2200,75 ^{Aa}	5896,45±1190,78 ^{Aa}
%6	6610,44±1332,80 ^{Aa}	3917,57±1534,47 ^{Ab}	2941,85±1010,42 ^{Bb}

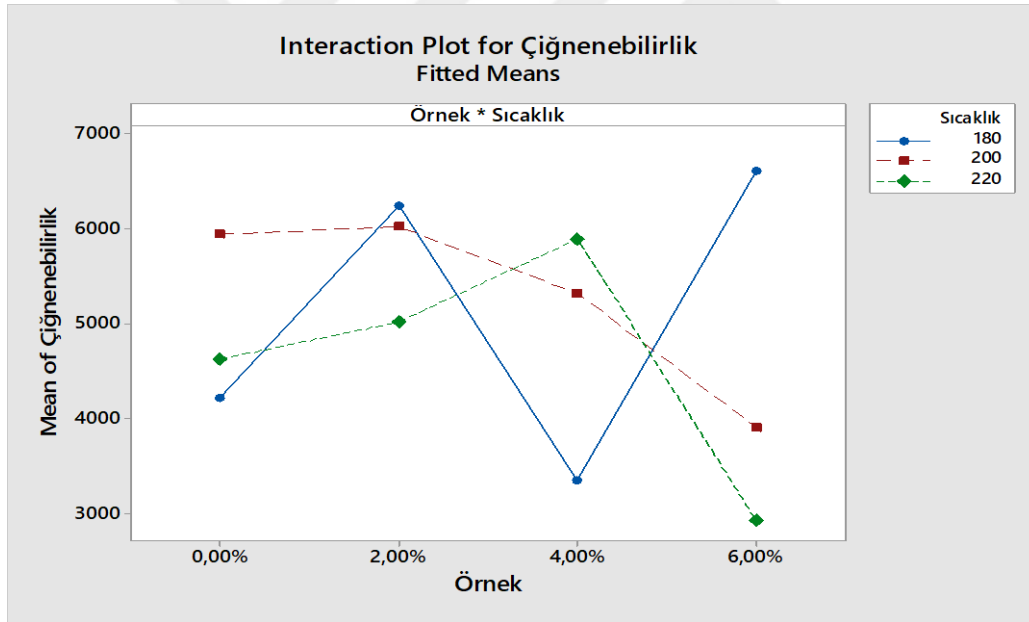
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).

Farklı oranlarda yulaf unu ilave edilerek hazırlanan köftelerde %2 oranında yulaf unu içeren grupta çiğnenebilirlik değerinde istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (p>0,05). %6 oranında yulaf unu içeren grupta ise sıcaklığın yükselmesiyle birlikte çiğnenebilirlik değerinde azalma gözlemlenmiştir.

Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisi Şekil 4.26'da köfte örneklerinin çiğnenebilirlik değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.27'de verilmiştir.



Şekil 4.26 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.27 Köfte örneklerinin çiğnenebilirlik değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi

4.6 TBARS

Lipitler et ve et ürünlerinde arzu edilen karakteristik özelliklerin (lezzet, sululuk gibi) gelişmesinde etkili olmaktadır. Ancak lipitlerin oksidasyonu et ürünlerinin kalitesini

olumsuz etkilemektedir. Tiyobarbütirik asit analizi, malondialdehit tayini yoluyla etlerde lipit oksidasyonu ürünlerini ölçmek amacıyla kullanılmaktadır (Grotta vd. 2017, Dominguez vd. 2019). Farklı seviyelerde yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerleri Çizelge 4.14’te verilmiştir.

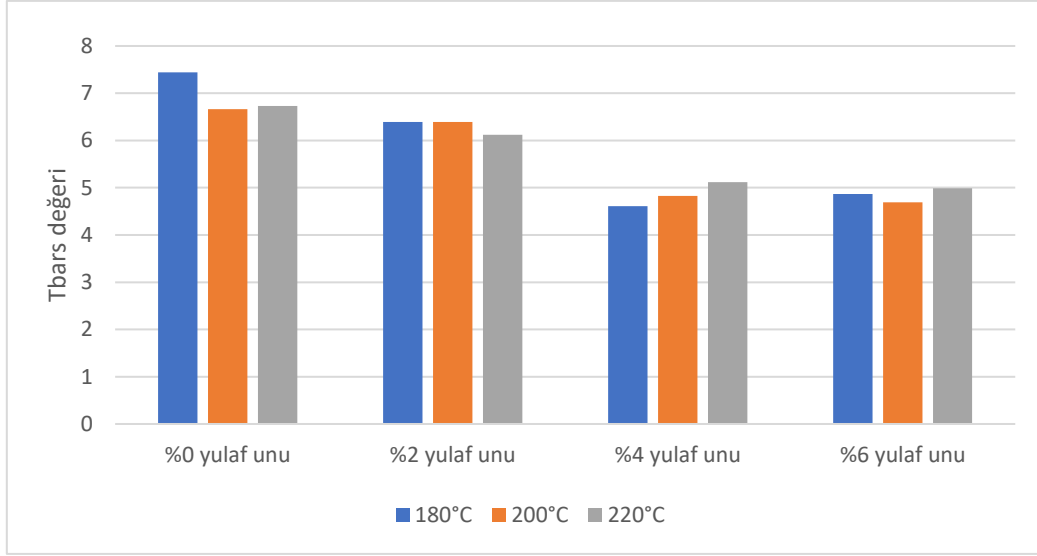
Çizelge 4.14 Farklı seviyelerde yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin TBARS değerleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$).

Yulaf Unu	180°C	200°C	220°C
%0	7,44 $\pm$ 0,05 ^{Aa}	6,67 $\pm$ 0,09 ^{Ab}	6,73 $\pm$ 0,18 ^{Ab}
%2	6,40 $\pm$ 0,09 ^{Ba}	6,40 $\pm$ 0,29 ^{Aa}	6,13 $\pm$ 0,29 ^{ABa}
%4	4,61 $\pm$ 0,13 ^{Ca}	4,83 $\pm$ 0,30 ^{Ba}	5,13 $\pm$ 0,11 ^{BCa}
%6	4,88 $\pm$ 0,08 ^{Ca}	4,69 $\pm$ 0,13 ^{Ba}	4,99 $\pm$ 0,41 ^{Ca}

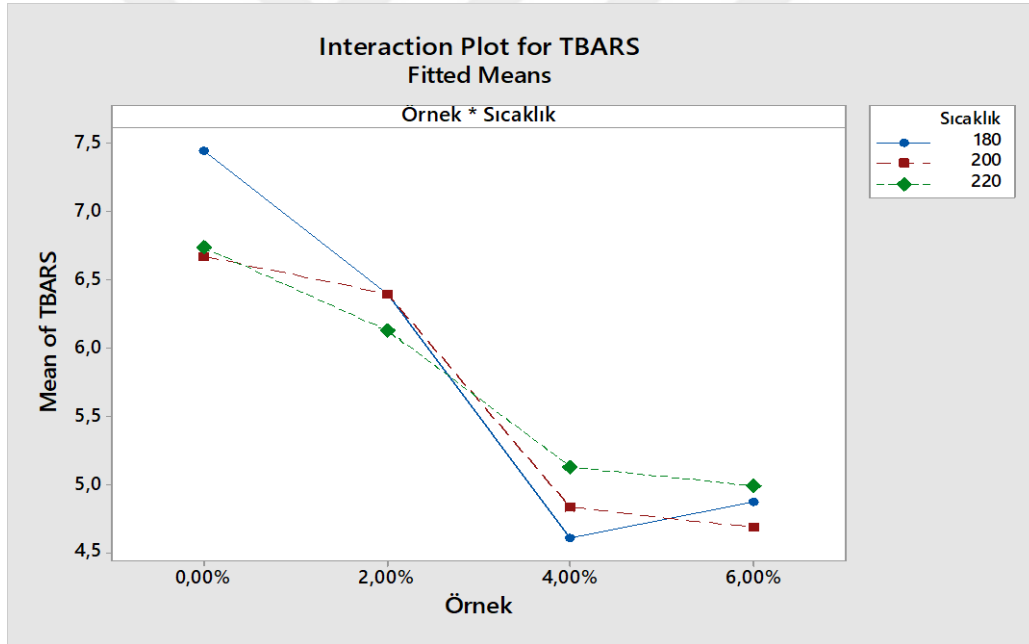
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir ($p < 0,05$).

Köftelere ilave edilen yulaf unu miktarı arttıkça örneklerin TBARS değerinde kademeli bir azalma meydana gelmiştir ($p < 0,05$). En yüksek TBARS değeri ekmek içi içeren ve 180°C’de pişirilen köfte gruplarında, en düşük TBARS değeri ise %6 oranında yulaf içeren ve 180°C’de pişirilen köfte gruplarında bulunmuştur.

Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı $\times$ yulaf unu oranının TBARS değerine etkisi Şekil 4.28’de, köfte örneklerinin TBARS değeri üzerine yulaf unu oranı $\times$ pişirme sıcaklığı interaksiyonunun etkisi Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.28 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının TBARS değerine etkisi.



Şekil 4.29 Köfte örneklerinin TBARS değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi

4.7 AKRİLAMİD

Akrilamid doğal bir gıda bileşeni değildir ve çiğ gıdalarda bulunmaz. Gıdalara ısı işlem uygulanırken gelişen Mailard reaksiyonunun ara basamağında indirgen şekerler (glukoz, fruktoz) varlığında aminoasitlerin bozulması yoluyla akrilamid oluşmaktadır.

Ayrıca akrolein ve akrilik asidin oksidasyonu ile de akrilamid oluşabilmektedir. Gıdanın bileşimi, ısıtılma işleminin türü (özellikle zaman ve sıcaklık), pH ve nem içeriği akrilamid oluşumunu etkileyen faktörler arasındadır. Bunlara ek olarak gıdada bulunan indirgeyici şekerlerin ve asparajın konsantrasyonları ve oranı önemli rol oynamaktadır. Asparajın bitkilerde azot depolanmasından sorumlu olan ve en yaygın bulunan serbest bir aminoasittir. Patates ve patates bazlı gıdalarda akrilamid oluşumu serbest asparajın konsantrasyonlarıyla ilişkilendirilmektedir. Tahıl ve tahıl ürünlerinde de benzer şekilde bulunan serbest asparajın ve glukoz, fruktoz, maltoz gibi şekerlerin aktivitesine bağlı olarak akrilamid oluşumu gerçekleşmektedir (Timmermann vd. 2021, Valverde vd. 2022). Et ve et ürünlerinde ise; karnosinin asparajine benzer bir aktivite göstererek akrilamid oluşturabildiği ve bunun yanı sıra alanin ve aspartik asitin akrilik asit yoluyla akrilamid oluşumuna neden olduğu bilinmektedir (Yaylayan vd.2004). Farklı seviyelerde yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin akrilamid analizi sonuçları Çizelge 4.15’te verilmiştir.

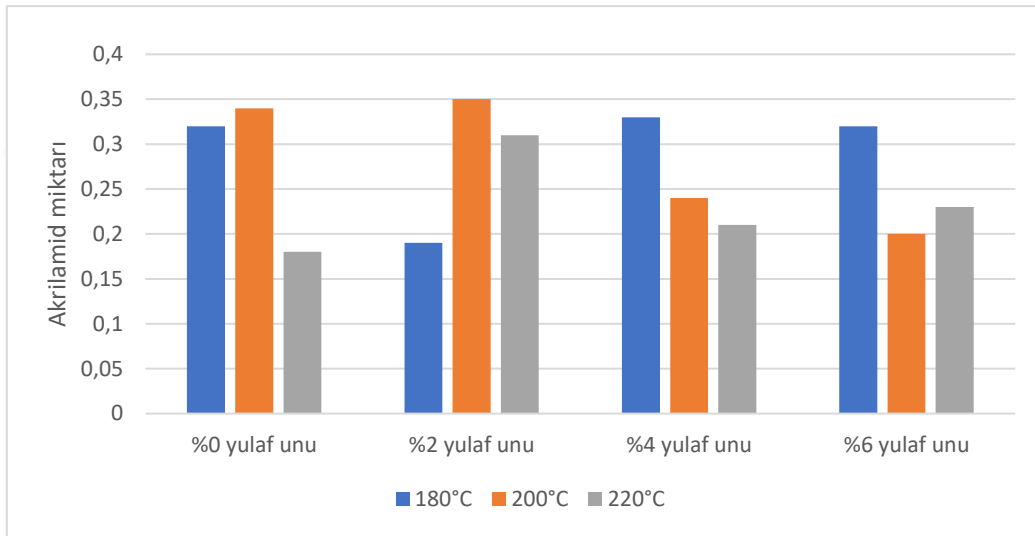
Çizelge 4.15 Farklı seviyelerde yulaf unu içeren ve farklı sıcaklıklarda pişirilen köftelerin akrilamid miktarları ($\mu\text{g/kg}$).

Yulaf unu	180°C	200°C	220°C
%0	$0,32 \pm 0,05^{Aa}$	$0,35 \pm 0,01^{Aa}$	$0,18 \pm 0,13^{Aa}$
%2	$0,20 \pm 0,28^{Aa}$	$0,36 \pm 0,02^{Aa}$	$0,32 \pm 0,01^{Aa}$
%4	$0,34 \pm 0,02^{Aa}$	$0,24 \pm 0,16^{Aa}$	$0,22 \pm 0,18^{Aa}$
%6	$0,33 \pm 0,01^{Aa}$	$0,20 \pm 0,14^{Aa}$	$0,23 \pm 0,00^{Aa}$

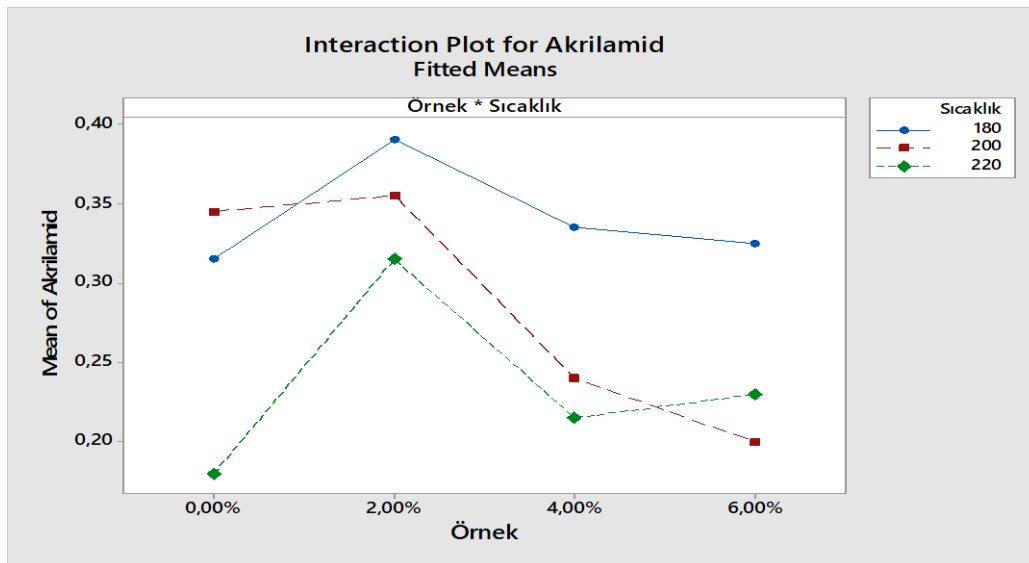
Büyük harf sütun içindeki istatistiksel farkı, küçük harfler satır içindeki istatistiksel farkı göstermektedir ($p < 0,05$).

Köfte grupları arasında yulaf unu oranı ve pişirme sıcaklığının istatistiki olarak akrilamid miktarında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p > 0,05$). Ancak köftelerin akrilamid

içerikleri kontrol grubuna kıyasla %2 oranında yulaf içeren ve 180°C’de pişirilen köfteler, %4 ve %6 oranlarında yulaf içeren köfte gruplarının özellikle 200°C ‘de pişirilen köftelerde akrilamid içerikleri ekmek içiyle üretilen köftelere kıyasla daha düşük miktarda bulunmuştur. Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının akrilamid miktarına etkisi Şekil 4.30’da köfte örneklerinin akrilamid değeri üzerine yulaf unu oranı × pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.30 Köfte örneklerinin pişirme sıcaklığı × yulaf unu oranının akrilamid miktarına etkisi.



Şekil 4.31 Köfte örneklerinin akrilamid değeri üzerine yulaf unu × pişirme sıcaklığı interaksyonunun etkisi

5.SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu araştırma sığır etinden üretilen köfte formülasyonlarına farklı oranlarda yulaf unu (%0-kontrol,%2, %4, %6) ilave edilmesinin ve farklı pişirme sıcaklıklarında (180°C, 200°, 220°C) ısıtılma işlemi tabi tutulduktan sonra aynı pişirme sürelerinde köftelerdeki oluşabilecek olan muhtemel akrilamid miktarının yulaf unu × pişirme sıcaklıkları arasındaki etkileşimini belirleyebilmek ve bunun yanı sıra yulaf unu kullanımının ve pişirme sıcaklıklarının köftelerin fizikokimyasal özelliklerine etkilerini gözlemlemek amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür.

Tüm gruplarda (%0, %2, %4, %6) pişirme sıcaklığının artmasıyla birlikte pişirme kaybı da artış göstermiştir. Ancak tespit edilen pişirme kaybı değerleri literatürdeki çalışmalara yakın sonuçlar vermiştir. Serdaroğlu (2005) köfte formülasyonlarına yağ ikamesi yerine yulaf lifi kullanımının köftede pişirme verimini arttırdığını bildirdi. Çeşitli hububat ve bakliyat unlarının kırmızı etten üretilen köftelerde kalite özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada elektrikli ızgara üzerinde 4 dk süreyle pişirilen köfte örneklerinden yulaf unu içeren köftelerin diğer tahıl unlarından yapılan örneklerle göre en yüksek pişirme verimi değerini verdiği ve bu durumun yulaf ununun nem ve yağ tutma özelliğinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Kurt ve Kılınççeker 2012). Bunlara ek olarak fonksiyonel et ürünlerinin oluşturulmasına dayalı başka bir çalışmada ise; sığır etinden üretilen burger formülasyonlarına prebiyotik lif ve yulaf kepeği ilave edilerek fırınlama yöntemiyle pişirilen burger örneklerinden yulaf kepeği içeren burgerlerin pişirme kaybı diğer örneklerle göre en düşük oranda bulunduğu rapor edilmiştir (Angiolillo vd. 2015).

Sığır etinden üretilen köftelere farklı miktarlarda (%2, %4, %6) yulaf unu ilave edilmesi, ekmek içi kullanılarak üretilen kontrol grubu köftelerine kıyasla örneklerin pH değerlerinde artışa neden olmuştur. Köfte örnekleri arasında en düşük pH değeri kontrol grubu köftelerinde tespit edilirken, en yüksek pH değeri ise %6 oranında yulaf unu içeren ve 220°C’de pişirilen köftelerde tespit edilmiştir. Tavuk köftelerinde farklı miktarlarda yulaf unu ilave edilerek etkilerinin incelendiği bir çalışmada sonuçlarımıza benzer şekilde formülasyona ilave edilen yulaf unu miktarı arttıkça pH değerlerinin de kademeli bir artış gösterdiğini gözlemlemiştirler (Mounika ve Sahityarani 2021).Köfte üretiminde yağ

ikamesi olarak farklı oranlarda (%5, %10, %15, %20) yulaf kepeği kullanılan bir çalışmada köfte örneklerinin pH değerleri 5.80-5.87 arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir (Yılmaz ve Dağlıoğlu 2003). Nitekim Serdaroğlu (2005) sığır eti köftelerine farklı oranlarda yulaf unu (%0, %2, %4) ilave ederek gerçekleştirdiği bir çalışmada köfte örneklerinin pH seviyelerinde önemli bir farklılık gözlemlememiştir. Kurt ve Kılınççeker (2013) sığır etinden üretilen köftelere yulaf unu ilavesinin pişmiş köfte örneklerinde pH değerlerini 5.65 ile 5.69 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Köftelere ilave edilen yulaf unu oranı ile nem değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Örnekler arasında en düşük nem değeri ekmek içi içeren kontrol grubu köftelerinde tespit edilirken en yüksek nem değeri ise %4 oranında yulaf unu içeren ve 180°C’de pişirilen köftelerde tespit edilmiştir. Köftede yulaf unu kullanımı ve nem değerleri üzerindeki etkisi her grupta aynı değişikliklere sebep olmamıştır.

Köftelerin L* (parlaklık) değerleri tüm gruplarda pişirme sıcaklığının yükselmesiyle birlikte azalmıştır. Köftelere farklı oranlarda yulaf unu ilave edilmesi a* (kırmızılık) değeri üzerinde her grupta doğrusal bir etkiye neden olmamıştır. En yüksek a* değeri %4 oranında yulaf unu içeren köfte gruplarında en düşük a* değeri ise %6 oranında yulaf unu içeren grupta tespit edilmiştir. Özellikle %4 oranında yulaf unu içeren ve 220°C’de pişirilen köfteler ile %6 oranında yulaf unu içeren köfte gruplarının b* (sarılık) değerlerinde azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir.

Köftelere farklı oranlarda yulaf unu ilave edilmesi %2 oranında yulaf unu içeren grupta sertlik değerine etki etmezken %4 oranında yulaf unu içeren köfte grubunda pişirme sıcaklığının yükselmesiyle birlikte sertlik değerinin de artmasına neden olmuştur. %6 oranında yulaf unu eklenen grupta ise pişirme sıcaklığının yükselmesiyle birlikte sertlik değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Sakızımsılık değerleri her grupta doğrusal bir etkiye neden olmamakla birlikte %6 oranında yulaf içeren köfte grubunda pişirme sıcaklığının artmasıyla sakızımsılık değerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Köftelere %2 oranında yulaf unu ilavesi çiğnenebilirlik değerlerini etkilemezken, %6 oranında yulaf unu içeren köfte grubunda sıcaklığın yükselmesiyle birlikte çiğnenebilirlik değerinde azalma meydana gelmiştir. Farklı oranlarda yulaf unu ilave edilmesi ve pişirme sıcaklığının

farklılaşması köftelerin yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet ve esneklik parametrelerini etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır.

Köftelere farklı oranlarda yulaf unu ilave edilmesi örneklerin TBARS değerinde kademeli bir azalmaya neden olmuştur. En yüksek TBARS değeri kontrol grubu köftelerinden 180°C’de pişirilen köfte gruplarında, en düşük TBARS değeri ise %6 oranında yulaf içeren ve 180°C’de pişirilen köfte gruplarında bulunmuştur.

Köftelere farklı oranlarda (%0, %2, %4, %6) yulaf unu ilave edilmesi ve farklı sıcaklıklarda (180°C, 200°C, 220°C) pişirilmesi oluşan akrilamid miktarını istatistiki olarak etkilemezken ($p>0,05$), özellikle %4 ve %6 oranında eklenen yulaf unu 200°C’de pişirilen köftelerde akrilamid miktarının azalmasına neden olmuştur. Sonuçlarımıza benzer bir şekilde kinoa ilave edilerek üretilen köftelerde akrilamid içeriğinin belirlenmesine yönelik yürütülen bir çalışmada %6 oranında kinoa ilavesinin oluşan akrilamid miktarını azalttığı bildirilmiştir (Kuru 2021).

6. KAYNAKLAR

- Akgün B, Arıcı M, 2018, Akrilamid; toksisitesi, azaltma teknikleri ve analiz yöntemleri, Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, 20, 12-21.
- Akgün B, Arıcı M, 2019, Evaluation of acrylamide and selected parameters in some Turkish coffee brands from the Turkish market. Food Additives & Contaminants: Part A, 36, 548-560.
- Andersson A, Börjesdotter D, 2011, Effects of environment and variety on content and molecular weight of β -glucan in oats, Journal of Cereal Science, 54, 122-128.
- Angiolillo L, Conte A, Del Nobile M A, 2015, Technological strategies to produce functional meat burgers, LWT-Food Science and Technology, 62, 697-703.
- Arvanitoyannis I S, Dionisopoulou N, 2014, Acrylamide: formation, occurrence in food products, detection methods, and legislation, Critical reviews in food science and nutrition, 54, 708-733.
- Bachir N, Haddarah A, Sepulcre F, Pujola M, 2022, Formation, Mitigation, and Detection of Acrylamide in Foods, Food Analytical Methods, 15, 1736-1747.
- Bağdatlı A, 2018, The influence of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Flour on the pshycochmical, textural and sensorial properties of beef meatball, Italian Journal of Food Science, 30, 280-288.
- Bernardo Y A D A, Rosario D K A, Monteiro M L G, Mano S B, Delgado I F, Conte-Junior C A, 2022, Texture Profile Analysis: How Parameter Settings Affect the Instrumental Texture Characteristics of Fish Fillets Stored Under Refrigeration, Food Analytical Methods, 15, 144-156.
- Biedermann M, Biedermann-Brem S, Noti A, Grob K, Egli P, Mandli H, 2002, Two GC-MS methods for the analysis of acrylamide in foods, Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, 93, 638-652.
- Birlouez-Aragon I, Morales F, Fogliano V, Pain J P, 2010, The health and technological implications of a better control of neoformed contaminants by the food industry. Pathologie Biologie, 58, 232-238.

- Boles A, Pegg R, 2010, Meat color, Montana State University and Saskatchewan Food Product Innovation, Program University of Saskatchewan.
- Bouchard J, Valookaran A F, Aloud B M, Raj P, Malunga L N, Thandapilly S J, ‘‘vd.’’, 2022, Impact of oats in the prevention/management of hypertension, Food Chemistry, 381, 132198.
- Bušová M, Bencko V, Laktičová K V, Holcátová I, Vargová M, 2020, Risk of exposure to acrylamide. Central European journal of public health, 28, 43-46.
- Candan T, Bağdatlı A, 2018, Et Teknolojisinde Alternatif Isıtma Yöntemleri, El-Cezeri, 5, 656-670.
- Capuano E, Fogliano V, 2011, Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies, LWT-food science and technology, 44, 793-810.
- Castle L, Campos M J, Gilbert J, 1991, Determination of acrylamide monomer in hydroponically grown tomato fruits by capillary gas chromatography—mass spectrometry, Journal of the Science of Food and Agriculture, 54, 549-555.
- Castle L, 1993, Determination of acrylamide monomer in mushrooms grown on polyacrylamide gel, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41, 1261-1263.
- Chan K M, Decker E A, Means W J, 1993, Extraction and activity of carnosine, a naturally occurring antioxidant in beef muscle, Journal of Food Science, 58, 1-4.
- Chen F, Yuan Y, Liu J, Zhao G, Hu X, 2008, Survey of acrylamide levels in Chinese foods, Food Additives and Contaminants, 1, 85-92.
- Chuang W H, Chiu C P, Chen B H, 2006, Analysis and formation of acrylamide in French fries and chicken legs during frying, Journal of food biochemistry, 30, 497-507.
- Coffman, F A, 1961, Origin and history, Oats and oat improvement, 8, 15-40.
- Cofrades S, Hughes E, Troy D J, 2000, Effects of oat fibre and carrageenan on the texture of frankfurters formulated with low and high fat, European Food Research and Technology, 211, 19-26.
- Crawford L M, Kahlon T S, Wang S C, Friedman M, 2019, Acrylamide content of experimental and commercial flatbreads, Journal of food science, 84, 659-666.

- Das A K, Nanda P K, Madane P, Biswas S, Das A, Zhang W, ‘‘vd.’’, 2020, A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods, *Trends in Food Science & Technology*, 99, 323-336.
- Decker E A, Rose D J, Stewart D, 2014, Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits, *British Journal of Nutrition*, 112, 58-64.
- De Huidobro F R, Miguel E, Blázquez B, Onega E, 2005, A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat, *Meat science*, 69, 527-536.
- Delgado G E, Krämer B K, Scharnagl H, Fauler G, Stojakovic T, März W, ‘‘vd.’’, 2020, Bile Acids in Patients with Uncontrolled Type 2 Diabetes Mellitus–The Effect of Two Days of Oatmeal Treatment, *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 128, 624-630.
- Demir T, Ağaoğlu S, 2021, Acrylamide Levels of Fast-Food Products. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30, 4450-4456.
- Demirok Soncu E, Haskaraca G, Kolsarıcı N, 2018, Presence of acrylamide and heterocyclic aromatic amines in breaded chicken meat products and dietary exposure of Turkish population from Ankara based on the food frequency questionnaire study, *European Food Research and Technology*, 244, 501-511.
- Domínguez R, Pateiro M, Gagaoua M, Barba F J, Zhang, W, Lorenzo J M, 2019, A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products, *Antioxidants*, 8, 429.
- Erdemir E, Karaoğlu M, 2021, Et ve et ürünlerinin tekstürel özelliklerini enstrümantal olarak tespit etme yöntemleri ve tekstür profil analizi üzerine bir derleme, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11, 2836-2848.
- Eriksson S, 2005, Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodology, *Stockholms universitet, Institutionen för miljö kemi*, Doctoral dissertation, 91, Sweden.
- Ertaş N, Doğruer Y, 2010, Besinlerde tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7, 35-42.

- FAOSTAT, 2021, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Food and Agriculture Organization/World Health Organization, 2009, Code of Practice for the Reduction of Acrylamide in Foods.
- Fiolet T, Srouf B, Sellem L, Kesse-Guyot E, Allès B, Méjean C, “vd.”, 2018, Consumption of ultra-processed foods and cancer risk: results from NutriNet-Santé prospective cohort. *bmj*, 360.
- Fulcher R G, 1986, Oats: Chemistry and Technology (Ed. F H, Webster) Morphological and chemical organization of the oat kernel, American Association of Cereal Chemists, 47-74, St. Paul, Minnesota.
- Girma K B, Lorenz V, Blaurock S, Edelmann F T, 2005, Coordination chemistry of acrylamide. *Coordination Chemistry Reviews*, 249, 1283-1293.
- Gökalp, H Y, Kaya, M, Tülek Y ve Zorba Ö, 2004, Et Ürünleri İşleme Mühendisliği (5.Baskı). Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yay. No:70, 468, Erzurum.
- Gökmen V, Şenyuva H Z, Acar J, Sarıoğlu K, 2005, Determination of acrylamide in potato chips and crisps by high-performance liquid chromatography. *Journal of chromatography A*, 1088, 193-199.
- Gökmen V (Ed.), 2015, Acrylamide in food: analysis, content and potential health effects. Academic Press, Elsevier, 523, Amsterdam.
- Grotta L, Castellani F, Palazzo F, Haouet M N, Martino G, 2017, Treatment optimisation and sample preparation for the evaluation of lipid oxidation in various meats through TBARS assays before analysis. *Food analytical methods*, 10, 1870-1880.
- Grundy M M L, Fardet A, Tosh S M, Rich G T, Wilde P J, 2018, Processing of oat: the impact on oat's cholesterol lowering effect. *Food & function*, 9, 1328-1343.
- Hamzalıoğlu A, Gökmen V, 2020, Potential reactions of thermal process contaminants during digestion. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 198-208.
- Halima N B, Saad R B, Khemakhem B, Fendri I, Abdelkafi S, 2015, Oat (*Avena sativa* L.): oil and nutriment compounds valorization for potential use in industrial applications. *Journal of oleo science*, 64, 915-932

- Herrero A M, De la Hoz L, Ordóñez J A, Herranz B, De Ávila M D R, Cambero M I, 2008, Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. *Meat science*, 80, 690-696.
- Hitayezu R, Baakdah M M, Kinnin J, Henderson K, Tsopmo A, 2015, Antioxidant activity, avenanthramide and phenolic acid contents of oat milling fractions. *Journal of Cereal Science*, 63, 35-40.
- Hoenicke K, Gattermann R, Harder W, Hartig L, 2004, Analysis of acrylamide in different foodstuffs using liquid chromatography–tandem mass spectrometry and gas chromatography–tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 520, 207-215.
- IARC, 1994, Acrylamide. International agency for research on cancer–IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: some industrial chemicals, 60, 389-433.
- Ježek F, Kameník J, Macharáčková B, Bogdanovičová K, Bednář J, 2020, Cooking of meat: effect on texture, cooking loss and microbiological quality—a review. *Acta Veterinaria Brno*, 88, 487-496.
- Kaplan O, Kaya G, Ozcan C, Ince M, Yaman M, 2009, Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography–mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 93, 173-179.
- Katmer B, 2019, Sığır Eti Köftelerinde Chia Unu ve Pişirme Süresinin Kalitatif Özellikleri ve Akrilamid Oluşumuna Etkileri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86, Erzurum.
- Kavuşan H S, Serdaroglu M, 2019, As a thermal process contaminant acrylamide: formation mechanisms and strategies of reducing acrylamide content in meat products. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 173-185.
- Kepekci Tekkeli S E, Önal C, Önal A, 2012, A review of current methods for the determination of acrylamide in food products. *Food Analytical Methods*, 5, 29-39.

- Kilincceker O, 2013, Utilization of oat flour as edible coating material on fried chicken meatballs. *Focusing on Modern Food Industry*, 2, 36-42.
- Klose C, Arendt E K, 2012, Proteins in oats; their synthesis and changes during germination: a review. *Critical Reviews in food science and nutrition*, 52, 629-639.
- Korczak R, Kocher M, Swanson K S, 2020, Effects of oats on gastrointestinal health as assessed by in vitro, animal, and human studies. *Nutrition reviews*, 78, 343-363.
- Kosová K, Leišová-Svobodová, L, Dvořáček V, 2020, Oats as a safe alternative to Triticeae cereals for people suffering from celiac disease? A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75, 131-141.
- Kosowska M, Majcher M A, Fortuna T, 2017, Volatile compounds in meat and meat products. *Food Science and Technology*, 37, 1-7.
- Koszucka A, Nowak A, 2019, Thermal processing food-related toxicants: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59, 3579-3596.
- Kuru B, 2021, Köftede Kinoa Kullanımının Akrilamid Oluşumu ve Diğer Bazı Fizikokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66, Erzurum.
- Kurt Ş, Kilincceker O, 2012, The effects of cereal and legume flours on the quality characteristics of beef patties. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18, 725-730.
- Lásztity R, 1998, Oat grain a wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances. *Food Reviews International*, 14, 99-119.
- Lee B J, Hendricks D G, 1997, Antioxidant effects of L-carnosine on liposomes and beef homogenates. *Journal of Food Science*, 62, 931-1000.
- Lemon D W, 1975, An improved TBA test for rancidity new series circular No: 51 Halifax-Laboratory. Halifax, Nova Scotia.
- Li X, Oey I, Kebede B, 2022, Effect of industrial processing on the volatiles, enzymes and lipids of wholegrain and rolled oats. *Food Research International*, 157, 111243.

- Llanaj E, Dejanovic G M, Valido E, Bano A, Gamba M, Kastrati L, ‘‘vd.’’, 2022, Effect of oat supplementation interventions on cardiovascular disease risk markers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European journal of nutrition*, 61, 1749-1778
- Mao H, Xu M, Ji J, Zhou M, Li, H, Wen Y, ‘‘vd.’’, 2022, The utilization of oat for the production of wholegrain foods: Processing technology and products. *Food Frontiers*, 3, 28-45.
- Mattila P, Pihlava J M, Hellström J, 2005, Contents of phenolic acids, alkyl-and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8290-8295.
- Matoso V, Souza B P, Ivanski F, Romano M A, Romano R M, 2019, Acrylamide: A review about its toxic effects in the light of Developmental Origin of Health and Disease (DOHaD) concept. *Food chemistry*, 283, 422-430.
- Mena B, Fang Z, Ashman H, Hutchings S, Shand P J, Warner R D, 2020, Influence of cooking method, fat content and food additives on physicochemical and nutritional properties of beef meatballs fortified with sugarcane fibre. *International Journal of Food Science & Technology*, 55, 2381-2390.
- Menon R, Gonzalez T, Ferruzzi M, Jackson E, Winderl D, Watson J, 2016, Oats—from farm to fork. *Advances in food and nutrition research*, 77, 1-55.
- Mesias M, Andrade D C, Morales F J, 2022, An updated view of acrylamide in cereal products. *Current Opinion in Food Science*, 46, 100847.
- Michalak J, Gujska E, Kunciewicz A, 2013, RP-HPLC-DAD studies on acrylamide in cereal-based baby foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 32, 68-73.
- Mogol B A, Gökmen V, 2016, Thermal process contaminants: Acrylamide, chloropropanols and furan. *Current Opinion in Food Science*, 7, 86-92.
- Mottram D S, Wedzicha B L, Dodson A T, 2002, Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448-449.
- Mounika T, Sahityarani M, 2021, Development and quality evaluation of oat flour incorporated spent hen meat balls, 10, 289-291.

- Murphy E W, Criner P E, Gray B C, 1975, Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 23, 1153-1157.
- Mustafa A, Åman P, Andersson R, Kamal-Eldin A, 2007, Analysis of free amino acids in cereal products. *Food chemistry*, 105, 317-324.
- Nåbo E, 2019, Acrylamide in oat products, Swedish University of Agricultural Sciences, A Literature Survey, 27, Uppsala.
- Nematollahi A, Kamankesh M, Hosseini H, Ghasemi J, Hosseini-Esfahani F, Mohammadi A, 2019, Investigation and determination of acrylamide in the main group of cereal products using advanced microextraction method coupled with gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Cereal Science*, 87, 157-164.
- Novaković S, Tomašević I, 2017, A comparison between Warner-Bratzler shear force measurement and texture profile analysis of meat and meat products: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 85, 1-6.
- Oracz J, Nebesny E, Żelewicz D, 2011, New trends in quantification of acrylamide in food products. *Talanta*, 86, 23-34.
- Osborn A. E, 2003, Saponins in cereals. *Phytochemistry*, 62, 1-4.
- Ölmez H, Tuncay F, Özcan N, & Demirel S, 2008, A survey of acrylamide levels in foods from the Turkish market. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 564-568.
- Önning G, Asp N G, Sivik B, 1993, Saponin content in different oat varieties and in different fractions of oat grain. *Food chemistry*, 48, 251-254.
- Özkan N, Şanlıer, N, 2020, Karnosinin Sağlık Üzerine Etkileri. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 29, 228-234.
- Öztürk T, Turhan S, 2020, Physicochemical properties of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed kernel flour and its utilization in beef meatballs as a fat replacer and functional ingredient. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, 1-9.
- Pan M, Liu K, Yang J, Hong L, Xie X, Wang S, 2020, A Review of Research on the Determination of Acrylamide in Foods, 9, 524.

- Pathare P B, Roskilly A P, 2016, Evaluation of quality and energy in meat cooking. Food Engineering Reviews, 8, 435-447.
- Peleg M, 2019, The instrumental texture profile analysis revisited. Journal of Texture Studies, 50, 362-368.
- Presenza L, Nogueira W V, Menegardo S B, Sant'ana, D A, Spago F R, Minozzo M, 2022, Influence of Different Oatmeal Concentrations on Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fish Burger: Effects on Physicochemical, Technological, and Sensory Properties. Journal of Aquatic Food Product Technology, 31, 842-852.
- Pinero M, Parra K, Leidenz H N, De Moreno L A, Ferrer M, Araujo, 'vd.', 2008, Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. Meat science, 80, 675-680.
- Quesada-Valverde M, Artavia G, Granados-Chinchilla F, Cortés-Herrera C, 2022, Acrylamide in foods: from regulation and registered levels to chromatographic analysis, nutritional relevance, exposure, mitigation approaches, and health effects. Toxin Reviews, 41, 1343-1373.
- Rasane P, Jha A, Sabikhi L, Kumar A, Unnikrishnan V S, 2015, Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods-a review. Journal of food science and technology, 52, 662-675.
- Reddy G V, Kumar M S, Gupta R S D, Kiran M, Reddy K K, 2012, Effect of Oat flour on Quality Characteristics of Low-Fat Chicken Sausages. Journal of Meat Science, 8, 8-15.
- Reddy D M, Reddy V B, Gupta R, Vani S, 2017, Effect of oat flour on physico-chemical characteristics of mutton nuggets. International Journal of Science, Environment and Technology, 6, 248-253.
- Riediker S, Stadler, R H, 2003, Analysis of acrylamide in food by isotope-dilution liquid chromatography coupled with electrospray ionization tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 1020, 121-130.
- Rifai L, Saleh F A, 2020, A review on acrylamide in food: Occurrence, toxicity, and mitigation strategies. International Journal of Toxicology, 39, 93-102.

- Robarge T, Phillips E, Conoley M, 2003, Analysis of acrylamide in food by GC/MS. LC GC NORTH AMERICA, 21, 45-45.
- Rosén J, Hellenäs K E, 2002, Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. Analyst, 127, 880-882.
- Rosenthal A J, Thompson P, 2021, What is cohesiveness? A linguistic exploration of the food texture testing literature. Journal of Texture Studies, 52, 294-302.
- Saccomanno B, Chambers A H, Hayes A, Mackay I, McWilliam S C, Trafford K, 2017, Starch granule morphology in oat endosperm. Journal of Cereal Science, 73, 46-54.
- Saláková A, 2012, Instrumental measurement of texture and color of meat and meat products. Maso Int, 2, 107-114.
- Sampson D R, 1954, On the origin of oats. Botanical Museum Leaflets, Harvard University, 16, 265-303
- Sánchez-Escalante A, Djenane D, Torrescano G, Giménez B, Beltrán J A, Roncalés P, 2003, Evaluation of the antioxidant ability of hydrazine-purified and untreated commercial carnosine in beef patties. Meat science, 64, 59-67.
- Serdaroglu M, 2006, The characteristics of beef patties containing different levels of fat and oat flour. International journal of food science & technology, 41, 147-153.
- Stadler R H, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy P A, 'vd.', 2002, Acrylamide from Maillard reaction products. Nature, 419, 449-450.
- Sterna V, Zute S, Brunava L, 2016, Oat grain composition and its nutrition benefice. Agriculture and agricultural science procedia, 8, 252-256.
- Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Törnqvist M, 2000, Acrylamide: a cooking carcinogen? Chemical research in toxicology, 13, 517-522.
- Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Törnqvist M, 2002, Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. Journal of agricultural and food chemistry, 50, 4998-5006.

- Tareke E, Heinze T M, Costa G G, Ali S, 2009, Acrylamide formed at physiological temperature as a result of asparagine oxidation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57, 9730-9733.
- Tepe Y, Çebi A, 2019, Acrylamide in environmental water: a review on sources, exposure, and public health risks. *Exposure and Health*, 11, 3-12.
- Timmermann C A G, Mølck S S, Kadawathagedara M, Bjerregaard A A, Törnqvist M, Brantsæter A L, Pedersen M, 2021, A review of dietary intake of acrylamide in humans. *Toxics*, 9, 155.
- Toldrá F, Reig M, 2012, Biochemistry of raw meat and poultry, Hui YH, (Ed.), *Food biochemistry and food processing*, (293-314), Blackwell, 761, Australia.
- Tornberg E, 2005, Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products. *Meat science*, 70, 493-508.
- Tuffi L C, Longhi D A, Hernandes J C, Gregório, P C, Garcia C E R, 2021, Grape residue flour as an antioxidant and fiber source in beef meatballs. *British Food Journal*, 123, 2831-2843.
- TÜİK, 2021, Tarım istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara, Türkiye. Erişim tarihi: 07 Şubat 2021. <https://www.tuik.gov.tr/>
- WHO Expert Committee on Food Additives, & World Health Organization. (2011). Safety evaluation of certain contaminants in food: prepared by the Seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization.
- Yaylayan V A, Locas C P, Wnorowski A, O'Brien, J, 2004, The role of creatine in the generation of N-methylacrylamide: a new toxicant in cooked meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5559-5565.
- Yaylayan V A, Stadler R H, 2005, Acrylamide formation in food: a mechanistic perspective. *Journal of AOAC International*, 88, 262-267.
- Yılmaz İ, Dağlıoğlu O, 2003, The effect of replacing fat with oat bran on fatty acid composition and physicochemical properties of meatballs. *Meat Science*, 65, 819-823.

Yulaf, Haziran-2021, Tarım Ürünleri Piyasa Raporu, TEPGE.

Zhang Y, Zhang Y, 2007, Formation and reduction of acrylamide in Maillard reaction: a review based on the current state of knowledge. *Critical reviews in food science and nutrition*, 47, 521-542.

Zhou M, Robards K, Glennie-Holmes M, Helliwell S, 1999, Oat lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 159-169.

Žilić S, Dodig D, Basić Z, Vančetović J, Titan P, Đurić N, ‘vd.’, 2017, Free asparagine and sugars profile of cereal species: the potential of cereals for acrylamide formation in foods. *Food additives & contaminants: part A*, 34, 705-713.

Zinina O, Merenkova S, Tazeddinova D, Rebezov M, Stuart M, Okuskhanova E, ‘vd.’, 2019, Enrichment of meat products with dietary fibers: a review 17, 1808-1822

Zyzak D V, Sanders R A, Stojanovic M, Tallmadge D H, Eberhart B L, Ewald D K, ‘vd.’, 2003, Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51, 4782-4787.