

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



FARKLI BİLEŞİMLERDE HAZIRLANAN OLEOJEL  
KARAKTERİZASYONU VE EMÜLSİYON TİPİ ET  
ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI

Doktora Tezi

**Tuğba ELBİR**

Danışman

**Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP**

Bu tez PYO.MUH.1904.18.015 proje kodu ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

SAMSUN  
2021

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI**

Hazırladığım doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. Bölüm 9. Maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

12/01/2021

Tuğba ELBİR

## **TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI**

**Tez Başlığı :** Farklı Bileşimlerde Hazırlanan Oleojel Karakterizasyonu ve Emülsiyon Tipi Et Ürünlerinde Kullanımı

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 14/11/2020 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 3

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

12/01/2021

Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP

## ÖZET

### FARKLI BİLEŞİMLERDE HAZIRLANAN OLEOJEL KARAKTERİZASYONU VE EMÜLSİYON TİPİ ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI

Tuğba ELBİR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Doktora, Ocak/2021

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP

Bu çalışmada,  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol karışımı oleojelatör olarak kullanılarak mısır yağı oleojeli elde edilmiş, mısır yağı oleojeli ve oleojel emülsiyonunun Frankfurter tipi sosis üretiminde hayvansal yağ yerine kullanımını araştırılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, farklı konsantrasyonlarda (%6, %7, %8, %10, %12 ve %15, w/w) oleojelatör kullanılarak 6 farklı oleojel oluşturulmuş ve elde edilen oleojeller karakterize edilmiştir. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi analizi, oleojel bileşenleri arasında hiçbir kimyasal etkileşim olmadığını ve jel ağı yapısının, moleküllerin kendiliğinden organize olması ile ortaya çıktığını göstermiştir. Yapılan tekstür profil analizi, oleojellerin toplam sterol konsantrasyonu arttıkça sertlik değerlerinin de arttığını ortaya koymuştur. Elde edilen oleojel örneklerinde yapılan oksidasyon analizlerinde, örneklerin 60 gün süresince oksidatif olarak stabil oldukları belirlenmiştir.

İkinci aşamada %10 (w/w) oleojelatör konsantrasyonu ile hazırlanan oleojel ve bu oleojel kullanılarak oluşturulan oleojel emülsiyonu, sosis formülasyonunda %50 ve %100 hayvansal yağ yerine kullanılmıştır. Sosislerde yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre, %50 oleojel+%50 hayvansal yağ içeren sosis örneği beğeni görüp, hayvansal yağ içeren kontrol grubuyla benzer kabul edilebilirlik puanı alırken, tamamen mısır yağı içeren kontrol grubu, en az tercih edilen örnek olmuştur. Oleojel veya oleojel emülsiyonu ile kısmen veya tamamen ikame edilen tüm sosis örneklerinin toplam doymuş yağ asidi içeriğinin, hayvansal yağlı kontrol örneğine göre önemli düzeyde azaldığı, çoklu doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranının ise yine önemli derecede arttığı belirlenmiştir. Tekstür profil analiz sonuçları, sadece oleojel ile oluşturulmuş sosis örneğinin, tüm tekstürel parametreler açısından hayvansal yağlı kontrol grubuna benzer olduğunu göstermiştir. Sosislerin oksidatif stabilitesi değerlendirildiğinde, hemen hemen tüm örneklerin depolanmanın ilk günü ve son gününde benzer serbest yağ asidi, konjuge dien ve tiyobarbitürik asit reaktif madde değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Oleojel,  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol, sosis, yağ ikamesi.

## ABSTRACT

### CHARACTERIZATION OF OLEOGELS PREPARED IN DIFFERENT COMPOSITION AND USAGE OF OLEOGEL IN EMULSION TYPE MEAT PRODUCTS

Tuğba ELBİR

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Food Engineering

Ph.D., January/2021

Supervisor: Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP

In this study, corn oil oleogel was prepared with  $\gamma$ -oryzanol and  $\beta$ -sitosterol mixtures as oleogelator. The usage of corn oil oleogel and oleogel emulsion as a substitute for animal fat in Frankfurter sausage production has been investigated.

In the first part of the study, 6 oleogels with different concentrations (6%, 7%, 8%, 10%, 12% and 15%, w/w) were prepared and these oleogels were characterized. Fourier transform infrared spectroscopy analysis showed that there was no chemical interaction between the oleogel components and the gel network structure was formed by the self-organization of molecules. As a result of the texture profile analysis, it was revealed that the hardness values of the oleogels increased as the total sterol concentration increased. It was determined that the oleogel samples were oxidatively stable for 60 days.

In the second part, the oleogel (10% concentration, w/w) and the oleogel emulsion were used instead of 50% and 100% animal fat in the sausage formulation. According to the sensory analysis results of the sausages, the sausage sample containing 50% oleogel+50% animal fat received a similar acceptance score with the control group containing animal fat, while the control group containing all corn oil was the least preferred sample. It was determined that the total saturated fatty acid content of all sausage samples containing the oleogel or oleogel emulsion partially or completely decreased significantly compared to the animal fat control sample, and the ratio of polyunsaturated fatty acids to saturated fatty acids increased significantly. The texture results showed that the sausage sample formed with only oleogel was similar to the animal fat control group in terms of all textural parameters. When the oxidative stability of sausages was evaluated, it was seen that almost all samples had similar free fatty acid, conjugated diene and thiobarbituric acid reactive substances values on the first and last day of storage.

**Keywords:** Oleogel,  $\gamma$ -oryzanol+ $\beta$ -sitosterol, sausage, fat substitute.

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam süresince sonsuz anlayışı ve samimiyetiyle bana her aşamada destek olan, değerli bilgileriyle bana yeni ufuklar açan ve yol gösteren, öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum sayın hocam Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin bilimsel açıdan gelişmesi yönünde destekleri olan değerli tez izleme komitesi üyesi hocalarım Prof. Dr. Adem ASAN ve Dr. Öğr. Üyesi Belkis TEKGÜLER'e teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında tüm imkanlarını benimle paylaşan, bilgileri, samimiyetleri ve yardımlarıyla yanımda olan, Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünün her biri çok kıymetli tüm öğretim üyeleri ve öğretim elemanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

İhtiyacım olduğunda çekinmeden yardımına başvurduğum, her konudaki desteğini derinden hissettiğim sevgili arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Naciye KUTLU KANTAR'a teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her anında ve her durumda sevgiyle yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, bu süreçte benimle birlikte yorulan babam İsmail ELBİR, annem Hülya ELBİR ve canım kardeşim Gizem ELBİR'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması PYO.MUH.1904.18.015 proje kodu ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Tuğba ELBİR

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>4</b>
2.1. Yapılandırılmış Lipidler.....	4
2.2. Lipid Yapılandırma Yöntemleri .....	5
2.2.1. Hidrojenasyon .....	5
2.2.2. İnteresterifikasyon.....	6
2.2.3. Fraksiyonlama ve Yağ Karışımları .....	7
2.3. Yapılandırılmış Yağların Dezavantajları .....	7
2.4. Oleojel (Organojel) .....	9
2.5. Oleojel Oluşum Sistemleri .....	11
2.5.1. Kristal partiküller .....	11
2.5.2. Düşük Molekül Ağırlıklı Bileşiklerin Kendiliğinden Oluşmuş Yapıları .	12
2.5.3. Polimer veya Polimerik İpliklerin Kendiliğinden Oluşmuş Yapıları.....	12
2.5.4. Kolloidal Partiküller ve Emülsiyon Damlacıkları Gibi Karışık Sistemler	12
2.6. Oleojelatörler (Yapılandırma Ajanları).....	13
2.7. $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol Oleojelleri .....	14
2.7.1. $\gamma$ -orizanol.....	16
2.7.2. $\beta$ -sitosterol.....	16
2.8. Oleojellerin Gıdalarda Kullanımı.....	17
2.9. Kaynak Özetleri .....	20
2.9.1. $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol Oleojelleri .....	20
2.9.2. Et Ürünlerinde Oleojel Kullanımı .....	22
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>29</b>
3.1. Materyal .....	29
3.2. Yöntem .....	29
3.2.1. Oleojel Hazırlama .....	29
3.2.2. Oleojel Analizleri .....	30

3.2.2.1. Yağ Bağlama Kapasitesi .....	30
3.2.2.2. Renk Analizi.....	30
3.2.2.3. Oksidasyon Analizleri.....	31
3.2.2.3.1. Peroksit Sayısı .....	31
3.2.2.3.2. Konjuge Dien Miktarı .....	31
3.2.2.4. Termal Analiz.....	32
3.2.2.5. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi Analizi.....	32
3.2.2.6. X Işınları Kırınım Difraktometresi (XRD) Analizi.....	32
3.2.2.7. Tekstür Analizi.....	32
3.2.3. Oleojel Emülsiyonu Hazırlama .....	33
3.2.4. Oleojel Emülsiyonu Analizleri.....	33
3.2.4.1. pH Analizi .....	33
3.2.4.2. Emülsiyon Stabilitesi .....	33
3.2.4.3. Konjuge Dien ve Trien Miktarı.....	34
3.2.5. Sosis Üretimi.....	34
3.2.6. Sosis Hamur Analizleri .....	36
3.2.6.1. pH analizi .....	36
3.2.6.2. Su Aktivitesi Ölçümü.....	36
3.2.6.3. Ayrılan Yağ ve Su miktarı .....	36
3.2.6.4. Renk Analizi.....	36
3.2.7. Sosis Son Ürün Analizleri.....	36
3.2.7.1. Nem Miktarı Analizi .....	36
3.2.7.2. Ham Protein Analizi.....	37
3.2.7.3. Ham Yağ Analizi .....	37
3.2.7.4. Yağ Asitleri Bileşimi Analizi.....	37
3.2.7.5. Tekstür Analizi.....	38
3.2.7.6. Duyusal Analiz.....	38
3.2.8. Sosis Depolama Analizleri .....	39
3.2.8.1. pH ve Su Aktivitesi Ölçümü .....	39
3.2.8.2. Renk Analizi.....	39
3.2.8.3. Ambalaja Sızıntı Miktarı.....	39
3.2.8.4. Pişirme Kaybı.....	40
3.2.8.5. Serbest Yağ Asitliği Analizi .....	40
3.2.8.6. Konjuge Dien Analizi .....	40
3.2.8.7. Tiyobarbitürikasit Reaktif Maddeler (TBARS) Analizi .....	41

3.2.9. İstatistiksel Analiz .....	41
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>42</b>
4.1. Oleojel Analiz Sonuçları .....	42
4.1.1. Hazırlanan Oleojeller .....	42
4.1.2. Yağ Bağlama Kapasitesi – Renk Özellikleri.....	42
4.1.3. Oksidasyon Özellikleri.....	44
4.1.3.1. Peroksit Sayısı.....	44
4.1.3.2. Konjuge Dien Miktarı .....	47
4.1.4. Termal Özellikler .....	49
4.1.5. XRD Analizi .....	52
4.1.6. Tekstürel Özellikler.....	53
4.1.7. FTIR Analizi .....	56
4.2. Oleojel Emülsiyonu Analiz Sonuçları.....	59
4.3. Sosis Hamur Analiz Sonuçları .....	62
4.4. Sosis Ürün Analiz Sonuçları .....	64
4.4.1. Üretilen Sosisler .....	64
4.4.2. Genel Bileşim.....	64
4.4.3. Yağ Asitleri Bileşimi .....	65
4.4.4. Tekstürel Özellikler.....	70
4.4.5. Duyusal Özellikler .....	73
4.5. Sosis Depolama Analiz Sonuçları .....	76
4.5.1. Su Aktivitesi.....	76
4.5.2. pH Değeri .....	79
4.5.3. Ambalaja Sızıntı Değeri.....	82
4.5.4. Tüketici Pişirme Kaybı .....	85
4.5.5. Oksidasyon Özellikleri.....	89
4.5.5.1. Serbest Yağ Asitliği .....	89
4.5.5.2. Konjuge Dien Değeri .....	91
4.5.5.3. TBARS Değeri .....	95
4.5.6. Renk Özellikleri .....	99
4.5.6.1. L* Değeri .....	99
4.5.6.2. a* Değeri .....	105
4.5.6.3. b* Değeri.....	109
4.5.6.4. Hue Açısı (h°) Değeri .....	112
4.5.6.5. Kroma (C*) Değeri .....	115



4.5.6.6. $\Delta E^*$ Değeri .....	118
4.5.7. Pearson Korelasyon Analizi .....	120
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>123</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>126</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### SİMGELER

$\gamma$	Gama
$\beta$	Beta
$\theta$	Teta
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
K	Kelvin
$a_w$	Su aktivitesi
pH	Hidrojen kuvveti
$\Delta E$	Toplam renk değişimi
$L^*$	Parlaklık
$a^*$	Kırmızılık
$b^*$	Sarılık
$h^{\circ}$	Renk tonu açısı
$C^*$	Doygunluk

### KISALTMALAR

DAG	Diaçilgliserol
MAG	Monoaçilgliserol
nm	Nanometre
mm	Milimetre
PUFA	Çoklu doymamış yağ asidi
SFA	Doymuş yağ asidi
MUFA	Tekli doymamış yağ asidi
UFA	Doymamış yağ asidi
n-3	Omega 3
n-6	Omega 6
AI	Aterojenik indeks
TI	Trombojenik indeks
rpm	Dakikada devir
dk	Dakika
s	Saniye
mL	Mililitre
$\mu\text{L}$	Mikrolitre
mmol	Milimol

M	Molar
g	Gram
mg	Miligram
DTK	Diferansiyel taramalı kalorimetre
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi
XRD	X ışınları kırınım difraktometresi
KHY	Hayvansal yağ ile formüle edilmiş sosis örneği
KMY	Mısır yağı ile formüle edilmiş sosis örneği
OHY	Oleojel ve hayvansal yağ ile formüle edilmiş sosis örneği
EHY	Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile formüle edilmiş sosis örneği
OLE	Oleojel ile formüle edilmiş sosis örneği
EMU	Oleojel emülsiyonu ile formüle edilmiş sosis örneği
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler
TBA	Tiyobarbitürik asit
TCA	Trikloroasetik asit
MDA	Malondialdehit
meq	Miliekivalent
SYA	Serbest yağ asitliği
KD	Konjuge dien
PK	Pişirme kaybı
ASM	Ambalaja sızıntı miktarı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışmanın akış şeması .....	3
Şekil 2.1. Oleojel oluşumunun şematik gösterimi .....	10
Şekil 2.2. Oleojel oluşumu için kullanılan farklı jelasyon stratejilerinin şematik gösterimi. (a) kristal partiküller, (b) düşük molekül ağırlıklı bileşik yapıları, (c) polimerik yapılar, (d) karışık sistemler (Davidovich-Pinhas vd, 2016).....	11
Şekil 2.3. 7.2 nm çapında ve 0.8 nm duvar kalınlığı olan sitosterol+orizanol tübüllerin sarmal şerit yapısının şematik gösterimi (Bot ve Flöter, 2011) .....	15
Şekil 3.1. Oleojel hazırlanışı .....	29
Şekil 4.1. Farklı oranlarda $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol (ağırlıkça 60:40) ile hazırlanan oleojeller.....	42
Şekil 4.2. Yağ örneklerinin peroksit sayısı değerlerinin depolama süresince değişimi .....	46
Şekil 4.3. Yağ örneklerinin konjuge dien değerlerinin depolama süresince değişimi.....	48
Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ve hayvansal yağa ait diferansiyel taramalı kalorimetre termogramı (erime).....	50
Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ve hayvansal yağa ait diferansiyel taramalı kalorimetre termogramı (soğuma).....	51
Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ait XRD desenleri.....	53
Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ait FTIR spektrumları.....	57
Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel bileşenlerine ait FTIR spektrumları .....	58
Şekil 4.9. Sodyum kazeinat ve keten tohumu gamı ile oluşturulan oleojel emülsiyonu .....	59
Şekil 4.10. +4 (b) ve +25°C (a) sıcaklıklarda depolanan oleojel emülsiyonlarına ait görüntüler (A: depolamanın 15. günü, B: depolamanın 30. günü) .....	59
Şekil 4.11. Farklı formülasyonlarda üretilmiş sosislerin kesit görünüşleri.....	64
Şekil 4.12. Duyusal analiz sonuçlarının örümcek ağı diyagramı.....	76
Şekil 4.13. Sosis örneklerinin su aktivitesi değerlerinin depolama süresince değişimi .....	78
Şekil 4.14. Sosis örneklerinin pH değerlerinin depolama süresince değişimi .....	81
Şekil 4.15. Sosis örneklerinin ambalaja sızıntı miktarı değerlerinin depolama süresince değişimi .....	83
Şekil 4.16. Sosis örneklerinin tüketici pişirme kaybı değerlerinin depolama süresince değişimi .....	88

Şekil 4.17. Sosis örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerinin depolama süresince değişimi .....	90
Şekil 4.18. Sosis örneklerinin konjuge dien değerlerinin depolama süresince değişimi .....	94
Şekil 4.19. Sosis örneklerinin TBARS değerlerinin depolama süresince değişimi ...	98
Şekil 4.20. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait $L^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	103
Şekil 4.21. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait $L^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	104
Şekil 4.22. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait $a^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	107
Şekil 4.23. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait $a^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	108
Şekil 4.24. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait $b^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	111
Şekil 4.25. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait $b^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	112
Şekil 4.26. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait $h^\circ$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	114
Şekil 4.27. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait $h^\circ$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	115
Şekil 4.28. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait $C^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	117
Şekil 4.29. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait $C^*$ değerlerinin depolama süresince değişimi .....	118

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Oleojellerin çeşitli gıdalarda kullanıldığı çalışmalar .....	18
Tablo 2.1. (devam) .....	19
Tablo 3. 1. Sosis üretiminde kullanılan formülasyonlar .....	35
Tablo 4.1. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ait renk ve yağ bağlama kapasitesi değerleri .....	42
Tablo 4.2. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ve mısır yağına ait depolama süresince belirlenen peroksit sayısı değerleri.....	45
Tablo 4.3. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örnekleri ve mısır yağına ait depolama süresince belirlenen konjuge dien değerleri.....	47
Tablo 4.4. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örnekleri ve hayvansal yağa ait termal özellikler .....	49
Tablo 4.5. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerinin tekstürel özellikleri .....	54
Tablo 4.6. +4 °C’de depolanan oleojel emülsiyonunun depolama süresince belirlenen pH değerleri.....	60
Tablo 4.7. +4 °C’de depolanan oleojel emülsiyonunun depolama süresince belirlenen konjuge dien ve trien değerleri.....	60
Tablo 4.8. Sosis hamurlarına ait pH, su aktivitesi, ayrılan jel-yag miktarı ve renk değerleri.....	62
Tablo 4.9. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait genel bileşim sonuçları .....	65
Tablo 4.10. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait yağ asidi bileşimi sonuçları .....	66
Tablo 4.11. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerinin yağ asidi bileşimlerine ait bazı oranlar .....	67
Tablo 4.12. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait tekstürel özellikler ..	71
Tablo 4.13. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait duyu analizi sonuçları .....	74
Tablo 4.14. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen $a_w$ değerleri.....	76
Tablo 4.15. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen pH değerleri.....	79
Tablo 4.16. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen ambalaja sızıntı değerleri (%) .....	82
Tablo 4.17. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen tüketici pişirme kaybı değerleri (%).....	85
Tablo 4.18. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen serbest yağ asitliği değerleri.....	89

Tablo 4.19. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen konjuge dien değerleri.....	92
Tablo 4.20. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen TBARS değerleri.....	96
Tablo 4.21. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit L* değerleri.....	100
Tablo 4.22. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit a* değerleri .....	105
Tablo 4.23. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit b* değerleri .....	109
Tablo 4.24. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit h° açısı değerleri .....	113
Tablo 4.25. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit C* değerleri .....	116
Tablo 4.26. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit ΔE* değerleri .....	119
Tablo 4.27. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerinin depolama süresince belirlenen bazı özelliklerine ait pearson korelasyon analizi .....	122
Tablo 4.28. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerinin depolama süresince belirlenen renk özelliklerine ait pearson korelasyon analizi .....	122

# 1.GİRİŞ

Lipidler, vitamin ve vitamin öncü maddeler, biyoaktif maddeler ve lezzet maddelerinin taşıyıcısı olarak görev yaptığı için, insan beslenmesinde zorunlu alınması gereken bileşimlerinden biridir. Katı ve sıvı yağların gıdalarda; tat ve tekstürün geliştirilmesi ve modifikasyonu, hamurun kabarması, yumuşak ve katmanlı yapının sağlanması, emülsifikasyon, kızartma gibi işlemlerde ısı iletimi, yapışmayı önleyici, tokluk sağlayıcı gibi fonksiyonları bulunmaktadır (Vaclavik ve Christian, 2014). Dolayısıyla ilgili gıda maddesinin albenisini artırmak ve istenilen kalitede ürün eldesinde, yağlar önemli bir rol oynamaktadır. Katı yağlar, gıdalarda lezzet, ağız hissi, tekstür ve aromadan sorumlu olan gıda bileşenleridir. Gıda endüstrisindeki teknolojik öneminin anlaşılmasından sonra, bitkisel katı yağların eldesinde, ekonomik yöntemler ilgi görmektedir. Hidrojenasyon, interesterifikasyon ve fraksinasyon katı yağ eldesinde kullanılan yöntemlerdir.

Beslenme ve sağlık arasındaki ilişkinin son yıllarda daha fazla tartışılmaya başlanması, doymuş ve trans yağ asitlerince zengin katı yağ kullanımının tüketicilerde endişe yaratmasına sebep olmaktadır. Yüksek miktarlarda doymuş ve trans yağ asidi tüketiminin kardiyovasküler hastalıklar, obezite, diyabet, kanser gibi hastalıklara sebep olması bilimsel olarak da kanıtlanmıştır. Bu nedenle, insan sağlığının korunması için yapılan beslenme önerilerinden bir tanesi, diyetle alınan toplam doymuş yağ oranı ve trans yağ asidi miktarının düşürülmesidir. Bu amaç doğrultusunda, gıda teknolojisinde farklı yöntemlerin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Henüz çok yeni ve gelişim aşamasında olan alternatif bir yöntem ise 'organojelasyon veya oleojelasyondur'.

Oleojel veya organojel, organik bir sıvının termodönüşümlü (sistemi ısıtıp soğutarak çözelti-jel geçişini sağlamak) üç boyutlu bir jel ağı içerisinde tutulduğu, kompleks, mikro yapıli sistemler olarak tanımlanmaktadır. Sıvı yağların oleojelasyonu, fitosterol, fosfolipid, bitkisel mum veya mono- ve di-gliserit gibi oleojelatörlerin (yapılandırma ajanı), blok olarak, yağları üç boyutlu bir ağ yapısı içinde tutmasıyla gerçekleşmektedir (Matheson vd, 2018).

Et ve et ürünleri, yüksek protein içeriği ve besin değeri ile beslenmede çok önemli bir yere sahiptir. Tüketiciler sağlık endişeleri nedeniyle, et ürünlerinin besin özelliklerinin iyileştirilmesini talep etmektedir (Kayaardı ve Gök, 2004).

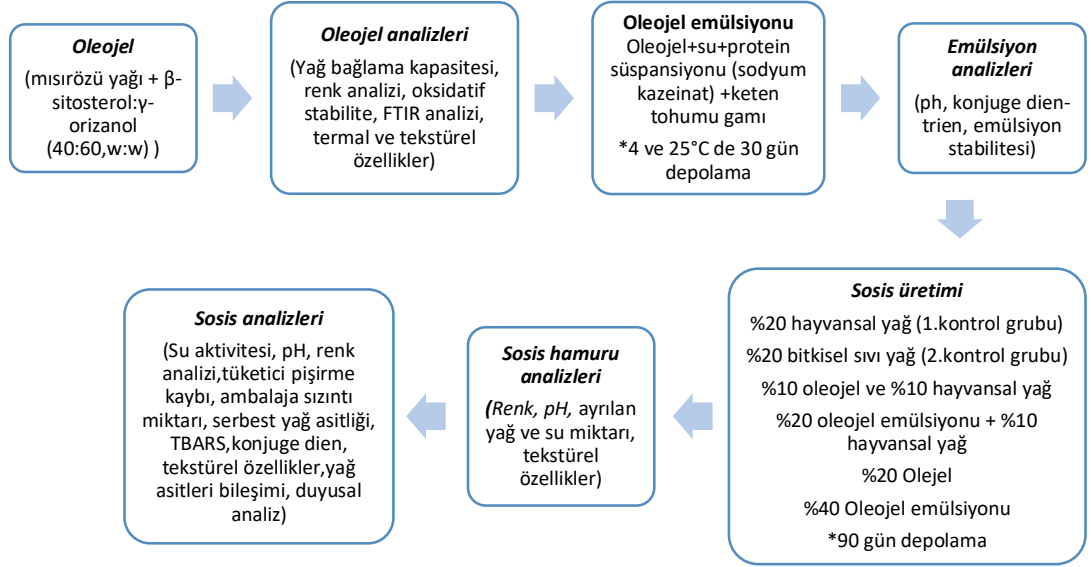


Kardiyovasküler hastalıklar çoğunlukla yüksek miktarda doymuş yağ asidi ve kolesterol tüketimiyle ilişkilidir (Enser vd, 1996). Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve araştırmacılar, diyetle yüksek miktarda doymuş yağ asidi içeren gıdalardan kaçınılmasını önermektedir (De Vogli vd, 2014; McGuire, 2016; Pappa vd, 2000). Bu nedenle, et endüstrisi, daha az hayvansal yağ içeren et ürünlerinin uygulanabilirliğine odaklanmaktadır. Çeşitli et ürünlerinde (salam, sucuk, sosis, köfte) kullanılan hayvansal yağ (kuyruk veya iç yağ), yüksek miktarda doymuş yağ asitleri ve kolesterol içermektedir (Gök vd, 2011). Bu endişeleri azaltmak için, et ürünlerinde hayvansal yağlar yerine bitkisel yağ kullanılması ise, dokusal kaliteyi, görünüşü ve oksidasyon stabilitesini olumsuz etkilemektedir (Bloukas vd, 1997; Bolumar vd, 2016; Ospina-E vd, 2012; Youssef ve Barbut, 2011). Bu nedenle son dönemlerde et ürünlerinde hayvansal yağ yerine kullanılabilecek alternatif ürünler üzerine çalışmalar önem kazanmıştır.

Bu çalışma,  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol karışımı ve mısır yağı kullanılarak oluşturulan oleojelin, frankfurter tipi sosiste hayvansal yağ yerine kullanılmasını hedeflemektedir. Bu temel esasında çalışmanın amaçları;

- 1) Oleojel örneğinin hazırlanması ve örneklerin bazı yapısal, tekstürel ve termal özelliklerinin belirlenmesi
- 2) Elde edilen oleojel ile oleojel emülsiyonu hazırlanması, 4 ve 25 °C de 30 gün boyunca depolanması ve depo süresince belirli aralıklarla emülsiyon için kritik olan standart değerlerin takip edilmesi
- 3) Hazırlanan oleojel ve oleojel emülsiyonu kullanılarak,
  - a. %20 hayvansal yağ (1.kontrol grubu)
  - b. %20 bitkisel yağ (2.kontrol grubu)
  - c. %10 oleojel + %10 hayvansal yağ
  - d. %20 oleojel emülsiyonu + %10 hayvansal yağ
  - e. %20 oleojel
  - f. %40 oleojel emülsiyonuiçeren 6 farklı emülsiyon tipi et ürünü (frankfurter) üretimi yapılması
- 4) Son ürünün tekstürel, duyuşal ve bileşim özelliklerinin belirlenmesi ve 90 günlük depolama süresince bazı fiziksel, kimyasal analizler gerçekleştirilmesi ve böylece emülsiyon tipi et ürünlerinde oleojel ve oleojel emülsiyonu kullanımının tüketici tarafından kabul edilebilirliğinin tespit edilmesi ve kontrol grubu ile kıyaslanması

şeklinde sıralanabilir (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Çalışmanın akış şeması

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Lipidler, insan vücudu için önemli bir enerji kaynağı (37 kJ/g) olmasının yanı sıra vücutta esansiyel yağ asitleri, yağda çözünen vitaminler ve steroid hormon öncüleri gibi maddelerin taşıyıcısı olarak da görev yapmaktadır (Belitz vd, 1999). İnsan vücudunda gerçekleşen çok sayıda fonksiyon için lipidlere ihtiyaç vardır. Lipidler, insan büyümesi için gerekli olan iki çoklu doymamış yağ asidini (linoleik ve linolenik asit) içermektedir (Vaclavik vd, 2008).

Lipidler, gıdaların fiziksel, kimyasal, duyuşsal ve besinsel gibi tüm özelliklerini etkiledikleri için besleyicilik ve teknolojik açıdan önemli olan bir diyet bileşenidir (Chaves vd, 2018). Lipidler içinde buldukları gıda ürünlerinin yapısını, stabilitesini, depolama kalitesini ve görsel özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Gıdaların besin kalitesini zenginleştirmekte, istenilen tekstürel yapı ve spesifik ağız hissinin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Bunların yanı sıra, gıdalarda tat ve aromadan sorumlu maddelerin taşıyıcısıdır. Ayrıca gıda maddelerine kıvam ve spesifik erime özellikleri sağlamaktadır. Bu nedenle, duyuşsal özelliklerin belirlenmesinde de büyük role sahiptir. Gıda teknolojisinde sıklıkla kullanılan kızartma işleminde, ısı transfer ortamı olarak da kullanılmaktadır (O'brien, 2008). Tüm bunlara ek olarak, gıda hazırlama proseslerinde, hamurlarda kabarmayı sağlamak, pastacılık ürünlerinde pul pul yapının oluşmasına katkıda bulunmak, yapışmayı önlemek ve yumuşaklık sağlamak gibi fonksiyonları bulunmaktadır (Vaclavik vd, 2008).

Gıda teknolojisinde lipidler, erime noktalarındaki farklılıklar göz önünde bulundurularak, sıvı yağlar (oda sıcaklığında sıvı) ve katı yağlar (oda sıcaklığında katı) olarak değerlendirilirler. Bu fiziksel özellik, kendilerine özgü olan yağ asitleri bileşimleri ile esterleştikleri gliserol molekülündeki konumlarının bir yansımasıdır (Chaves vd, 2018). Katı yağlar, gıdaların tat, tekstür, yağlılık ve doyunluk gibi özelliklerine katkıda buldukları için gıda endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadır (Charley ve Weaver, 1998; Rao, 2003; Rios vd, 2014). Çoğu doğal halde bulunan sıvı yağlar, yağ asitleri ve triaçilgliserol kompozisyonlarından dolayı gıda teknolojisinde sınırlı uygulama alanı bulmaktadır (Haumann, 1994).

### 2.1. Yapılandırılmış Lipidler

Yapılandırılmış lipidler, geliştirilmiş besleyici ve fonksiyonel özelliklere sahip, özel olarak hazırlanmış katı ve sıvı yağlardır. Bu yağlar, gliserol omurgasına yeni yağ

asitleri eklenerek veya mevcut yağ asitlerinin yapı üzerindeki konumu değiştirilerek elde edilmektedir (Osborn ve Akoh, 2002).

Kısmi hidrojene edilmiş yağlar gibi katı yağlar, gıda matrislerinde arzu edilen yapısal, fonksiyonel ve duyusal özelliklere katkıda bulunmaktadır. Sıvı yağlar tek başına, yüksek trans ve doymuş yağ asitlerine sahip yağlar gibi gıda maddelerine tekstür ve lezzet vermek için yeterli yapıya sahip değildir. Bu nedenle, sıvı yağların birçok işlenmiş gıdada uygulanabilirliği yoktur. Gıda formülasyonlarında sıvı yağlar, katı yağlar yerine kullanıldıklarında, genellikle son ürünün duyusal özelliklerini olumsuz olarak etkilemektedir (Mandu vd, 2020).

Gıdalardaki katı yağlar, mikroskopik seviyedeki kristal ağ yapılarının oluşmasını sağlayarak arayüzleri stabilize etmek ve makroskopik yapı algısını tanımlamak gibi önemli bir tekstürel role sahiptir (Wendt vd, 2017). Çoğu lipid bazlı gıda ürününün formülasyonu, gerekli işlevselliği, istenen dokuyu ve stabilizeyi sağlamak için katı yağların kullanılmasını gerektirmektedir (Patel, 2015). Lipidlerin fonksiyonel ve besleyici özellikleri, yağ asidi bileşenlerine ve bu yağ asitlerinin bulunduğu pozisyona bağlıdır. Bu nedenle, istenilen teknolojik ve fonksiyonel özelliklere sahip yeni ürünler elde etmek için, çok çeşitli modifikasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Hernandez ve Kamal-Eldin, 2013). Katı ve sıvı yağların gıda, beslenme ve sağlık uygulamalarındaki işlevleri, yapılandırılmış lipidler ile artmaktadır.

## **2.2. Lipid Yapılandırma Yöntemleri**

### **2.2.1. Hidrojenasyon**

Hidrojenasyon, doymamış yağ asitlerini oda sıcaklığında stabil ve katı olan doymuş yağ asitlerine dönüştürerek, sıvı yağların fiziksel özelliklerini değiştirmekte ve böylece uygulama alanlarını genişletmektedir (Philippaerts vd, 2013). Proses koşullarına bağlı olarak, yenilebilir yağlar kısmen veya tamamen hidrojenasyona uğrayabilmektedir. Kısmi hidrojenasyon sırasında doyumluktaki değişime ek olarak, doymamış yağ asitlerinin cis formundan trans formuna izomerasyonu yan reaksiyon olarak meydana gelmektedir. Genel olarak kısmi hidrojenasyon, düşük hidrojen basıncı, minimum karıştırma ve yüksek yağ sıcaklığında gerçekleşmektedir. Bu koşullar katalizör yüzeyinde hidrojen kıtlığına yol açarak, trans yağ oluşumunu desteklemektedir.

Trans yağ asitleri, doğal halde bulunan doymamış yağ asitlerinin geometrik ve pozisyonel izomerleridir. Bu konfigürasyonda, çift bağı oluşturan karbon atomlarına bağlı hidrojen atomları karbon zincirinin karşıt taraflarında bulunmakta ve bu durum lineer ve daha sert bir moleküle sebep olmaktadır. Yapısal özelliklerinden dolayı, trans yağ asitleri, cis izomerleri ile karşılaştırıldıklarında daha yüksek erime noktasına sahiptir (Nichols ve Sanderson, 2003). Trans yağ asitlerinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

Trans yağ asitleri sadece kısmi hidrojenasyonda meydana gelmektedir. Bir yağ tamamen hidrojene edildiğinde, cis veya trans konfigürasyonunda olan tüm doymamış yağ asitleri doymuş hale dönüşmektedir. Bununla beraber, birçok bitkisel yağ, doymamış yağ asitlerinden 18 karbona sahip oleik, linoleik ve linolenik asit içerdiği için, hidrojenasyon sonucunda stearik asit oluşmaktadır. Yüksek stearik asit içeriğine sahip hidrojene edilmiş yağlar, vücut sıcaklığının çok üstünde bir erime noktasına (yaklaşık 70 °C) sahiptir. Ayrıca bu tür yağların gıdalarda yüksek seviyelerde kullanılması, lezzetçe hoş olmayan mumsu yapıda bir ürünün ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Talbot, 2011).

### **2.2.2. İnteresterifikasyon**

Yapılandırılmış yağlar, esas olarak moleküllerdeki yağ asidi konumları ve/veya niteliklerinin kimyasal veya enzimatik yollarla değiştirilmesi ile de elde edilebilmektedir (Hernandez ve Kamal-Eldin, 2013).

İnteresterifikasyon, açıl grupların yeniden düzenlenmesi reaksiyonudur. İşlem sonucunda, katı ve sıvı yağların fiziksel özellikleri ve fonksiyonelliği değişmekte veya gelişmektedir. İnteresterifikasyon ile trigliseritlerin moleküler bileşimi, yağ asidi bileşimi etkilenmeden değiştirilebilmektedir. Bu işlemde, yağ asitleri trigliserit içinde ya da arasında kimyasal veya enzimatik olarak, rastgele veya kontrollü bir şekilde değiştirilmektedir. Bu işlem yemeklik yağlar endüstrisinde, katı yağların erime noktasını, emülsifiye edici özellikleri, bazı yağların plastisitesini ve besinsel özelliklerini değiştirmek, ayrıca farklı trigliseritlerin uyumluluğunu geliştirmek gibi oldukça geniş uygulama alanına sahiptir (Goh vd, 1993; Willis vd, 1998).

Sodyum veya sodyum alkoksit tarafından katalize edilen kimyasal interesterifikasyonda, yağ asitlerinin trigliserit molekülündeki gliserol omurgası üzerinde rastgele dağılımı gerçekleşmektedir (Talbot, 2011). Kimyasal

interesterifikasyonda oluşan yağ kaybı ve yağ asitlerinin rastgele esterifikasyonu yöntemin dezavantajıdır (Sagiri vd, 2018).

Enzimatik interesterifikasyonda kullanılan lipazların (ör. 1,3-lipaz) stereo seçici özellikleri sayesinde, spesifik trigliseritler oluşabilmektedir. Diğer enzim türleri, geleneksel kimyasal katalizörler ile aynı şekilde hareket ederek, dağılımın rastgele olmasına sebep olmaktadır (Talbot, 2011). Bununla beraber, uzun reaksiyon zamanı, reaksiyon parametrelerine karşı olan hassasiyet (pH, sıcaklık) ve işlemin yüksek maliyeti yöntemin kısıtlayıcılığını artırmaktadır (Sagiri vd, 2018).

### **2.2.3. Fraksiyonlama ve Yağ Karışımları**

Gıda uygulamalarında, yüksek oranda doymuş yağ asidi içeren bitkisel yağlar, alternatif yapılandırma ajanları olarak kullanılabilir. Endüstriyel seviyede yaygın olarak kullanılan yağlar palm yağı, palm çekirdeği yağı ve hindistancevizi yağıdır. Gıda uygulamasının türüne bağlı olarak, bu tropikal yağların kendileri veya fraksiyonları kullanılmaktadır. Fraksiyonlama ve ardından yağ asitlerinin izolasyonu gibi basit fiziksel yöntemler, uygun olan gıda uygulamaları için kullanım imkanı oluşturmaktadır. Fraksiyonlama, erimiş bir yağın kontrollü kristalizasyonu olup, katı fraksiyonun (stearin, sert katı yağ) filtrasyon veya santrifüjleme işlemi vasıtasıyla sıvı fraksiyondan (olein, yumuşak katı yağ) ayrılmasıdır (Dijkstra, 2007; Gibon, 2006; Senanayake ve Shahidi, 2005). Stearinin, katı bir fraksiyon olmasına rağmen, margarin üretimi için yapılandırıcı yağ olarak uygun olmadığı belirtilmiştir (Arellano vd, 2015).

### **2.3. Yapılandırılmış Yağların Dezavantajları**

Lipid bazlı gıda üreticileri tarafından halen kullanılan geleneksel yapılandırma metotlarının, beslenme ve işleme açısından bazı dezavantajları vardır. Yapılandırma için gerekli kristal fazı kütle oranı oldukça yüksek olduğu için, yapılandırılmış sistem yüksek oranda katı yağ içermektedir (Marangoni, 2012). Bunun yanı sıra, kristalin fazı oluşturmaktan sorumlu olan yüksek erime noktalı triaçilgliseroller, trans veya doymuş yağ asitleri bakımından zengindir. Bu durum, gıda ürününü beslenme açısından zayıf hale getirmektedir (Patel, 2015). Yapılan çalışmalar trans yağ asitlerinin, kardiyovasküler hastalıklar, kısırlık, çikolata kisti, safra taşı, Alzheimer ve diyabet ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Downs vd, 2013; Kris-Etherton, 2010; Mozaffarian vd, 2006; Teegala vd, 2009). Doymuş yağ asitleri ise, kardiyovasküler hastalık riskini

azaltmak için küresel olarak da desteklenen ve diyetlerde azaltılması gereken yüksek plazma kolesterolün ana nedenidir (Wassell vd, 2010).

Dünyadaki kamu kuruluşları bu tür yağların gıda endüstrisinde kullanımını kısıtlayan ve engelleyen düzenlemeler uygulamaktadır. Trans yağ kullanımı bazı ülkelerde yasaklanırken, bazılarında ise kullanımı kısıtlanmıştır (Mandu vd, 2020).

2006 yılından sonra, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından formülasyonlarında trans yağ asidi içeren gıdaların trans yağ seviyesinin, ürünlerin beslenme bilgisinde belirtilmesi istenmiştir. 2015 yılında, kısmi hidrojene edilmiş, trans yağ asidi açısından zengin yağların, gıdalar için güvenli olmadığı gerekçesi ile işlenmiş gıda ürün formülasyonlarından çıkarılması tavsiye edilmiştir. Bununla beraber, trans yağ asitleri insan tüketimi için Genel Olarak Güvenli (GRAS) olarak tanınan sınıflandırma kapsamından çıkarılmıştır (Chaves vd, 2018).

2015-2020 Amerikan diyet rehberi, trans yağları tüketmemenin yanı sıra, doymuş yağ asidi tüketiminin günlük alınan kalori miktarının %10'u geçmemesini; dolayısıyla doymuş yağ asitlerinin tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ile ikame edilmesini önermektedir (Services, 2017). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi ise toplam enerji değerinin %2'sini aşan trans yağ asidi tüketiminin kardiyovasküler hastalık riskini artırdığı konusunda uyarıda bulunmuştur (Commission, 2015). 2015 yılında, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi, işlenmiş gıdaların bileşiminden trans yağların kaldırılması zorunluluğunu getirmiştir (FDA, 2015).

Ülkemizde de, 07.05.2020 tarihli 31120 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan ve yürürlüğe giren Yönetmelik ile; 7/3/2017 tarihli ve 30000 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Türk Gıda Kodeksi Gıdalara Vitaminler, Mineraller ve Belirli Diğer Öğelerin Eklenmesi Hakkında Yönetmelik"te konu ile ilgili değişiklik yapılmıştır. Getirilen düzenleme kapsamında, gıda satış ve toplu tüketim yerlerinde son tüketiciye arz edilecek bütün bitkisel ve bitkisel kaynaklı gıdalardaki trans yağ miktarının %2'yi geçemeyeceği belirtilmiştir. 31.12.2020 tarihinde yürürlüğe girecek mevzuatta, hayvansal kaynaklı yağlarda doğal olarak bulunan trans yağ asitleri ise kapsam dışında bırakılmıştır (Anonim, 2019b).

Yukarıda bahsedilen ve birlikte veya tek başına kullanılan tüm yağ yapılandırma metotları, endüstriyel uygulama için lipit formülasyonlardaki doymuş ve trans yağ asidi içeriğini azaltmamaktadır (Menaar vd, 2013). Sağlık üzerindeki tüm bu olumsuz

etkiler, söz konusu yağların sağlıklı alternatifleri ile değiştirilerek tersine çevrilebilmektedir. Bu gereksinimleri karşılamak için, yemeklik yağların yapılandırılmasında yeni teknolojiler uygulanmaktadır (Dassanayake vd, 2011). Son zamanlarda yapılan çalışmalar, oleojellerin katı bir yağa çok benzeyen teknolojik özellikler sunabildiğini ve bazı gıda uygulamalarında oleojel kullanımının uygun olabileceğini göstermektedir (Chaves vd, 2018; Hwang vd, 2016; Kouzounis vd, 2017).

#### **2.4. Oleojel (Organojel)**

Lipidler, birçok gıda sisteminde bulunan önemli bir bileşendir ve gıda formülasyonlarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte, özellikle son yıllarda, tüketicilerin yaşam tarzında büyük değişimler meydana gelmekte ve sağlık, gıda güvenliği ve dengeli beslenme ile ilgili endişeler artmaktadır. Buna bağlı olarak da, gıda üreticilerinin kullandığı sıvı ve katı yağ formları önemli ölçüde değişmektedir (Rajah, 2002). Fakat gıda endüstrisinde, az miktarda trans ve doymuş yağ asitlerine sahip yağlar kullanılarak üretilmiş gıda ürünleri ile ilgili bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Bunlar;

- a) Ulaşılabilirliği sağlayamamak
- b) Fonksiyonel özellikleri (tekstür, görünüş, stabilite vb.) elde edememek
- c) Yüksek maliyet
- d) Fiziksel özellikleri değiştirememek

gibi özelliklerdir (List ve Reeves, 2005).

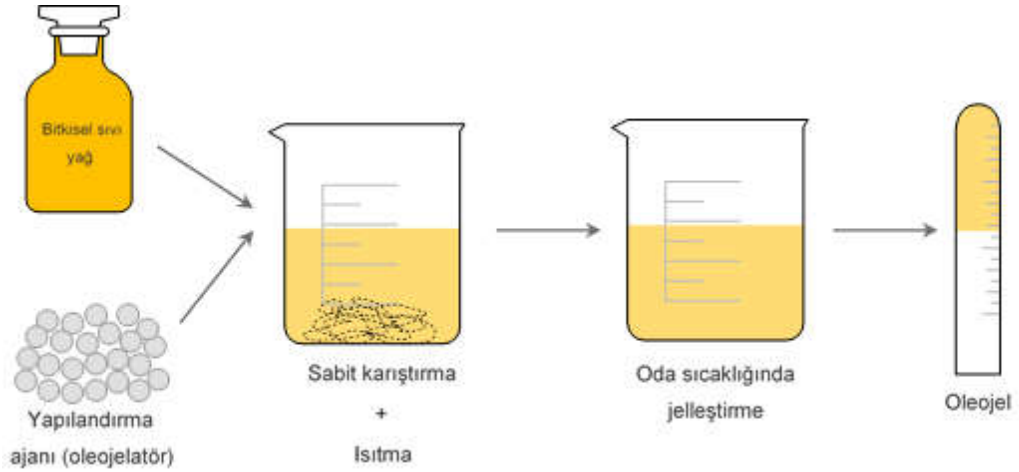
Son yıllarda, yemeklik sıvı yağların trigliserit olmayan yapılandırılması (oleojelasyon), gıda ürünlerinde kullanılan katı yağların yerini almanın bir yolu olarak, güçlü bir potansiyel göstermektedir (Wang vd, 2016). Katı yağların dokusal ve işlevsel özelliklerini taklit edebilecek yapılar oluşturmak için, sıvı yağ fazının oleojelasyon yöntemi ile yapılandırılması, gıda ürünlerinde katı yağ ikamesi için uygulanabilir yaklaşımlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Truong vd, 2019). Oleojeller oluşturuldukları bitkisel yağın besinsel özelliklerini korumakla birlikte, daha iyi yapısal ve duyuşsal özelliklerin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Martins vd, 2016).

Organojelasyon veya oleojelasyon, sıvı yağların jel benzeri yapıya dönüştürülmesi için geliştirilen yeni bir yöntemdir (Pehlivanoğlu vd, 2018). Başka bir ifadeyle oleojelasyon, sıvı yağların, doymuş yağ asidi içeriği az, katı bir yağın



özelliklerine (reolojik özellikler, viskoelastiklik, yayılabilirlik ve sertlik vs.) sahip olan jel benzeri bir yapıya dönüştürülmesidir. Oleojelasyon sonucu ortaya çıkan jellere oleojel veya organojel denilmektedir. Oleojeller, genellikle termo-tersinir, susuz ve yapılandırılmış viskoelastik bir materyal içinde, üç boyutlu bir jel ağı tarafından sıkıştırılmış, organik sıvı (bitkisel yağ) olarak tanımlanabilmektedir (Jimenez-Colmenero vd, 2015).

Oleojeller, yapılandırma ajanı olarak kullanılan oleojelatörlerin, sıcak çözücü (sıvı yağ) içerisinde çözündürülmeleri ile oluşmaktadır. Soğutma aşamasında, yapılandırma ajanları ve yağ arasındaki çekim kuvveti (afinite) azalmakta, bu da yapılandırma ajanlarının kendiliğinden birleşerek boru, çubuk ve elyaf gibi kümeler oluşturmaya yol açmaktadır. Bu küme bağlantıları, üç boyutlu ve jelasyon oluşumu olarak düşünülmektedir (Murdan, 2005; Murdan vd, 1999). Oleojel elde edebilmek için, düşük konsantrasyonda bir oleojelatör molekülü yağa eklenir. Uygun işlemler (ısıtma, karıştırma ve soğutma) ile moleküllerin yağ fazına dağılması sağlanır ve sonrasında kendiliğinden oluşan üç boyutlu ağlar sayesinde sıvı yağ yapılandırılmış olur (O'Sullivan vd, 2016) (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Oleojel oluşumunun şematik gösterimi

Oleojelatör moleküllerinin düşük bir kütle fraksiyonunda bile yağı jelleştirme olasılığı, oleojelasyonu yağ yapılandırmasında verimli bir hale getirmektedir. Oleojelasyondaki bu verimli yapılanma, büyük miktarda yağı jel benzeri bir yapıya

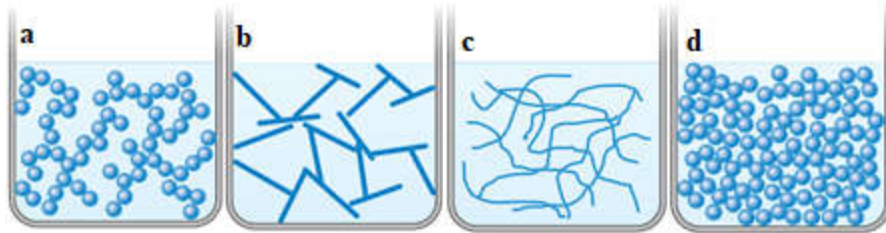
hapseden yapılandırma ajanlarının (oleojelatör) çok moleküllü yapılar oluşturmasıyla sağlanmaktadır (Patel, 2015).

Yenilebilir oleojeller, ilaçların veya nutrasötik maddelerin enkapsüle edilmesi ve iletiminde de kullanılmaktadır. Lipid ortamları, yağda çözünen ilaçların biyoyararlanımını artırırken, jel matrisi ilaç moleküllerinin sürekli veya kontrollü salınımını sağlamaktadır (O'Sullivan vd, 2016).

## 2.5. Oleojel Oluşum Sistemleri

Yemeklik yağların geleneksel olmayan yapılandırılmasında kullanılan yollardan biri olan oleojelasyon işleminde, yağdaki doğal koloidal triaçilgliserol ağı, farklı yapılandırma ajanlarının oluşturduğu ağ ile yer değiştirmektedir. Farklı yapılandırma ajanları ile yağ yapılandırılmasında çeşitli stratejiler geliştirilmiştir (Davidovich-Pinhas vd, 2016). Çok sayıdaki yapılandırma ajanı tarafından oluşturulan temel yapılar (supramoleküler yapı grupları) 4 şekilde kategorize edilmektedir:

- Kristal partiküller
- Düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin kendiliğinden oluşmuş yapıları (lifler, iplikler, tübüller, ters miseller, mezofazlar vs.)
- Polimer veya polimerik ipliklerin kendiliğinden oluşmuş yapıları
- Kolloidal partiküller ve emülsiyon damlacıkları gibi karışık sistemler (Şekil 2.2.)



Şekil 2.2. Oleojel oluşumu için kullanılan farklı jelasyon stratejilerinin şematik gösterimi. (a) kristal partiküller, (b) düşük molekül ağırlıklı bileşik yapıları, (c) polimerik yapılar, (d) karışık sistemler (Davidovich-Pinhas vd, 2016)

### 2.5.1. Kristal partiküller

Kristal partiküllerin oluşumu, sıvı triaçilgliserol fazının partikül içinde hapsedilmesiyle meydana gelen jel yapısı ile oluşmaktadır. Kristallerin şekil ve büyüklüğü ile kristaller arasındaki etkileşim, ağ yapının mekanik özelliklerini belirlemektedir (Bot vd, 2007; Marangoni, 2004). Kristalin partikülleri oluşturan

yapılandırma ajanları, diaçilgliseroller (DAG), monoaçilgliseroller (MAG) ve doğal vakslardır. Ayrıca yağ asitleri+yağ alkolleri, fitosterol+monogliserid ve sorbitan esterleri+fosfolipid gibi birden fazla bileşenli ajanlar ile de yenilebilir yağların yapılandırılması mümkündür (Ojijo vd, 2004; Patel ve Dewettinck, 2015; Perneti vd, 2007a; Perneti vd, 2007b; Wright ve Marangoni, 2006).

### **2.5.2. Düşük Molekül Ağırlıklı Bileşiklerin Kendiliğinden Oluşmuş Yapıları**

Fitosteroller ile orizanol (Bot ve Agterof, 2006; Bot vd, 2008), 12-hidroksistearik asit ve risinoleik asit gibi düşük molekül ağırlıklı oleojelatörlerin, kendiliğinden bir araya gelerek, fibril ağlar oluşturabildiği rapor edilmiştir (Rogers vd, 2008, 2009). Bu yapılandırma ajanları, yüzlerce kilometre uzunluğunda sarmal ve bükülmüş kristal şeritler oluşturmaktadır (Marangoni ve Garti, 2018). Bu durum üç boyutlu olarak genişleyen bir yapı oluşturmak yerine, fibril yapıların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu tür moleküler toplanma ‘kendiliğinden oluşan’ olarak adlandırılmaktadır (den Adel vd, 2010).

### **2.5.3. Polimer veya Polimerik İpliklerin Kendiliğinden Oluşmuş Yapıları**

Polimer maddeler bir ortamın jelleşmesini sağlamaktadır. Bu yöntemde, jelasyon, etil selüloz gibi polimer veya polimerik iplikler vasıtasıyla, kendi kendine oluşan yapıların ortaya çıkmasıyla gerçekleşmektedir. Hidrofobik bir selüloz olan etil selüloz, selülozdan kimyasal olarak türemiştir. Polisakkaritler ve proteinler de jelleştirme ajanı olarak kullanılabilir hidrofobik moleküllerdir (Marangoni ve Garti, 2011; Patel ve Dewettinck, 2016).

### **2.5.4. Kolloidal Partiküller ve Emülsiyon Damlacıkları Gibi Karışık Sistemler**

Bu yöntem, lipid bazlı bir ürünün, sürekli lipid fazında büyük miktarda inert dolgu maddesi partiküllerinin dağıtılması ile yapılandırılması esasına dayanmaktadır. İnert maddeler, bir katı (süspansiyon) veya bir sıvı (emülsiyon) olabilir. Dolgu maddelerinin sistem içinde yüksek konsantrasyonda bulunması, ağı oluşturan partiküller arasındaki mekanik ilişkiye izin vermektedir. Silika partikülleri (Whitby ve Onnink, 2014) ve yüksek iç fazlı emülsiyon jellerini (high internal phase emulsion gels – HIPE gels) oluşturan bazı maddeler (poligliserol polirisinolat+keçiboynuzu gamı), yapılandırma ajanı olarak kullanılmaktadır (Davidovich-Pinhas vd, 2016; Pehlivanoglu vd, 2018). Yüksek miktarda yapılandırma ajanına ihtiyaç olması ve

birçok gıda ürünü için uygun olmaması, yöntemin en önemli dezavantajlarıdır (Marangoni ve Garti, 2018).

## **2.6. Oleojelatörler (Yapılandırma Ajanları)**

Olejeller, farklı jelasyon mekanizmalarına yol açacak çok çeşitli yapılandırma ajanlarından oluşmaktadır. Bu jelasyonlar nano ve mikro ölçekte meydana gelmektedir ve spesifik makroskopik özelliklere sahiptir (Puşcaş vd, 2020). Başarılı bir yapılandırma ajanı, ağ bağlantılarına katılarak yüksek bir spesifik yüzey alanına sahip olmak için, küçük ve tercihen küresel olmayan yapı blokları oluşturmaktadır (Bot vd, 2009b).

Jel oluşturma ajanları, biyolojik yapıları nedeniyle interesterifikasyon ve hidrojenasyonun aksine yağın kimyasal özelliklerini korumasına izin vererek jel oluşumu sağlamaktadır (Jimenez-Colmenero vd, 2015).

Olejelatörler, molekül ağırlıkları göz önünde bulundurularak, genel olarak düşük moleküler ağırlıklı bileşikler ve polimerik jelatörler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu yapılandırma ajanları, triaçilgliserol olmayan oleojelatörler (kristalin parçacıklar veya kendi kendine birleşen yapılar, kendi kendine bir araya gelen fibriler ağlar, emülsiyonlar, polimerler, inorganik bileşikler) veya mumlar, yağ asitleri, yağ alkolleri ve monogliserit gibi lipid bazlı jelatörlerdir (Marangoni ve Garti, 2018).

Düşük moleküler ağırlıklı jelatörler, sıvı organik çözücüleri çok düşük konsantrasyonlarda bile yarı katı oleojellere dönüştürme potansiyeline sahip, amfifilik özellikte küçük moleküllerdir (moleküler ağırlık < 3.0 kDa). Bu jelatörler bir çözücü içinde dağıldığında, üç boyutlu bir yapı oluşturmak için kendi kendine birleşir veya kristalizasyona uğrarlar (Sagiri vd, 2014; Sagiri vd, 2018). London kuvvetleri, van der waals bağları ve hidrojen bağı gibi kovalent olmayan moleküller arası kuvvetler, jelleşme sırasında üç boyutlu ağ oluşumundan sorumludur. Bu yapılandırma ajanları, yenilebilir yağlarda üç boyutlu ağ yapısı oluşturabilmek için kendi kendine oluşum ve kristal parçacık oluşumu olmak üzere iki tür jelleşme davranışı göstermektedir. Kendiliğinden oluşum gösteren düşük moleküler ağırlıklı jelatörler, monoaçilgliseroller, seramidler, fitosterol+orizanol, sorbitan türevleri ve karbonhidrat türevleridir. Yağ asitleri ve alkolleri, hidrosillenmiş yağ asitleri, mumlar, mum esterleri ve triaçilgliseroller ise kristal parçacık oluşturarak jelleşme meydana getiren düşük molekül ağırlıklı yapılandırma ajanlarıdır (Sagiri vd, 2018).

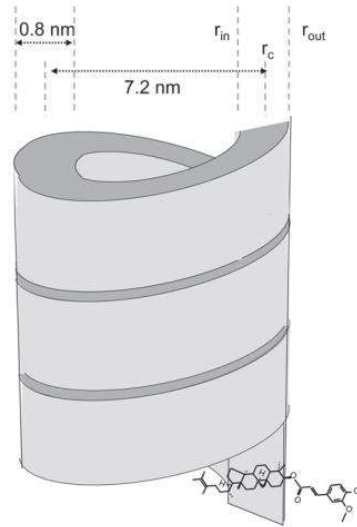
Polimerik yapılandırma ajanlarının, yağ içindeki zayıf çözünürlüklerinden dolayı sayıları oldukça azdır (Rogers vd, 2014). Bu jelatörlerden biri olan etilselüloz, yağda üç boyutlu ağ yapıyı oluşturabilen ve yağ içinde doğrudan dağılabilen, tek gıda sınıfı polimerdir. Etilselülozun camsı geçiş sıcaklığının (130 °C) üzerindeki sıcaklığa ısıtılarak yağ içinde homojen olarak dağılması sağlanır. Karışımın soğuması, polimerler arası hidrojen bağlarının oluşmasına sebep olmakta ve sıvı yağın tutulduğu üç boyutlu polimer ağı oluşturmaktadır (Fayaz vd, 2019; Wang vd, 2016). Bununla birlikte, proteinler ve karbonhidratlar gibi hidrofilik polimerler de indirekt metotlar kullanılarak oleojel oluşturabilmektedir (Patel, 2015, 2018).

## 2.7. $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol Oleojelleri

Tek bileşenli oleojeller, normal katı yağ özelliklerini taklit edebilmektedir. Birkaç jelatörün kombinasyonu ile oluşanlar ise, moleküllerin fonksiyonel düzenlerini değiştirerek, içine büyük miktarda sıvı yağın girebileceği bir yapı olan gelişmiş bir jel ağı oluşturmaktadır (Gravelle vd, 2017). Bitki steroller ve sterol esterleri, bitkisel yağlarda düşük konsantrasyonlarda bulunabilen bileşenlerdir.  $\gamma$ -orizanol pirinç kepeği yağının bir bileşeniyken,  $\beta$ -sitosterol birçok bitkisel yağda bulunabilmektedir (Rogers vd, 2014).  $\beta$ -sitosterol ve  $\gamma$ -orizanol karışımları, geleneksel yağ yapılandırılmalarında meydana gelen küçük trigliserit kristal ağlarına alternatif olabilecek bir ağ oluşturmaktadır (den Adel vd, 2010). Bu bileşikler tek başlarına yağ jelleştirememektedir (Bot ve Agterof, 2006). Buna rağmen sitosterol ve orizanol karışımı, yağ içinde  $7.2\pm 0.1$  nm çapında ve  $0.8\pm 0.2$  nm kalınlığında tübüller oluşturabilmektedir (Bot vd, 2008; Bot vd, 2009a). Trigliseritler, tübüllerin hem içinde hem de dışında bulunabilmektedir (Pernetti vd, 2007b).

Karışımın jelleşme özellikleri, içi boş tüplerden oluşan bir ağ yapısından kaynaklanmaktadır. İçi boş bu tüplerde, sterol moleküllerinin dört halka yapısı sert bir iskeleti oluştururken, lifleri yapıştırma ve tutmaya yarayan ve bir ara parça gibi çalışan, daha esnek açıl zincir ve ferulik asit parçalarından oluşmaktadır.  $\gamma$ -orizanol ve  $\beta$ -sitosterol oleojelleri oluşumu iki basamaklı bir prosesten meydana gelmektedir. İlk adımda sterol ve sterol esteri boru şeklindeki nano yapıları oluşturacak şekilde oluşmakta, daha sonra oluşan yapılar sistemin mekanik özelliklerinden sorumlu jel ağını oluşturmak üzere bir araya gelmektedir (Bot ve Agterof, 2006; Bot vd, 2008).

Oluşan yapının moleküler yapısı kesin olarak bilinmemekle birlikte, moleküllerin istiflenebileceği ancak hidrojen köprüsünün varlığı nedeniyle, tam bir paralel düzen oluşturamadıkları belirtilmiştir (Pernetti vd, 2007b). Bunun sonucu olarak da, uzun ölçekli tübül olarak tanımlanabilen kavisli bir süper molekül oluşmaktadır (Şekil 2.3.). Tübül duvarının yığın halinde bulunan sterol halkalarından oluştuğu varsayılmakta ve hidrojen bağının tübül yapının dış duvarında bulunduğu belirtilmektedir. Bu durum, orizanol molekülündeki ferulik asit kısımlarının, tübül dışına uzanmasına sebep olmaktadır (Bot vd, 2009a). Dış duvardaki ferulik asit kısımları tübül kümelenmesini az gösterdiği için, orizanolün nispeten tükenmiş olduğu yerlerde tübüller birbirine yapışabilmektedir (Pernetti vd, 2007b). Tübüllerin yeterli miktarda kümelenmesiyle, deneysel olarak da gözlemlenebilen sert, hafif puslu bir jel oluşmaktadır (Bot ve Agterof, 2006). Hafif puslu, çoğunlukla şeffaf görünüm, jeli oluşturan tübüllerin sahip olduğu küçük çap ile açıklanmaktadır (den Adel vd, 2010). Ayrıca oluşan olejelin saydamlığı, jel yapıtaşlarının görünür ışığın dalga boyundan oldukça küçük olduğunu ve dolayısıyla boyutunun nanometre boyutunda olduğunu da göstermektedir (Bot vd, 2008).



Şekil 2.3. 7.2 nm çapında ve 0.8 nm duvar kalınlığı olan sitosterol+orizanol tübüllerin sarmal şerit yapısının şematik gösterimi (Bot ve Flöter, 2011)

Oluşan sarmal boru blokları arasında bulunan kuvvetli hidrojen bağları,  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol olejelinin birçok farklı yapılandırma ajanı (balmumu, pirinç kepeği mumu, ayçiçeği mumu, stearik asit, oktadekanol ve etilselüloz) ile oluşturulmuş oleojellerden daha yüksek jel kuvvetine sahip olmasını sağlamaktadır (Fayaz vd, 2019).

Sadece iyi stabilite ve tatmin edici yağın özelliklerine sahip oleojeller değil, aynı zamanda gıda matrislerine etkili bir şekilde dahil olabilen ve sağlık yararları sağlayabilen oleojeller araştırmaya daha değer bulunmaktadır (Okuro vd, 2020). Bu nedenle en cazip oleojel sistemi, bir fitosterol olan  $\beta$ -sitosterol ile fitosterol esteri olan  $\gamma$ -orizanolün meydana getirdiği oleojellerdir. Fitosterollerin kandaki kolesterol seviyesini düşürdüğü (Katan vd, 2003), böylece doymuş yağ alımını azaltmanın yanında sağlık açısından daha fazla yarar sağlayan, aktif bir bileşene sahip oleojel olasılığını arttırdığı belirtilmiştir (Matheson vd, 2018).

Yapılandırma ajanları, kendiliğinden oluşan moleküller veya kristal partiküller olduğunda, düşük konsantrasyonlarda oleojelatörle oluşturulmuş ürünlerin beklenen tekstüre ulaşmasının zor olduğu belirtilmiştir. (da Silva vd, 2018; Mert ve Demirkesen, 2016b). Bu durumun aksine, düşük  $\beta$ -sitosterol ve  $\gamma$ -orizanol konsantrasyonunda bile, sistemin, yağ kristal ağlarını taklit edebilen bir kristal yapıya sahip olduğu bilinmektedir (AlHasawi ve Rogers, 2013). Jel oluşumuna, oleojelatör oranı ve jelleşme koşullarına bağlı olmakla birlikte, 5°C'de %2-4 oranında yapılandırıcı ajan yeterli olmaktadır. Oluşan jeller, kaygan bir yüzeye ve sıkıştırıldığında sıkı bir yapıya sahiptir (Bot vd, 2009b). Oleojelatörlerin (orizanol-sitosterol) %5-10'luk birleşme seviyesi ise, bir yağ bloğu gibi mekanik özelliklere sahip bir jel oluşmasını sağlamaktadır (Pernetti vd, 2007b).

### **2.7.1. $\gamma$ -orizanol**

$\gamma$ -orizanol, triterpen alkolünün birkaç ferulat (4-hidroksi-3-metoksi sinnamik asit) esteri ile bitki sterollerinin karışımı ile meydana gelmiş ve doğal olarak pirinç kepeği yağında bulunan bir bileşiktir (Rogers vd, 1993). Endüstriyel olarak yağ ekstraksiyonu sırasında pirinç kepeği tohumlarından üretilmektedir (Johnson ve Lusas, 1983).

$\gamma$ -orizanolün, plazma lipid yapısını geliştirmesi, toplam plazma kolesterolünü azaltması, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterol seviyesini artırması ve trombosit agregasyonunu inhibe etmesi gibi sağlık açısından yararlı bazı özelliklerinin olduğu bildirilmiştir (Cicero ve Gaddi, 2001).

### **2.7.2. $\beta$ -sitosterol**

Fitosteroller bitki sterolü olarak bilinip, genellikle sadece bitkisel kaynaklarda bulunurlar (Jones, 1999; Law, 2000). Fitosteroller, toplam kolesterol, düşük

yoğunluklu lipoprotein (LDL) ve buna bağılı olarak damar sertliği ve kardiyovasküler hastalıkların azaltılmasında olumlu etkiler gösterdiği bildirilen en önemli biyoaktif nutrasötiklerden biridir (Bagherpour vd, 2017). Fitosterollerin antikanser etkilere ve antioksidan özelliklere sahip olduğu da yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Choi vd, 2007; De Stefani vd, 2000; Ju vd, 2004; Mendilaharsu vd, 1998; Woyengo vd, 2009).

Uzun yıllardır gıda ve farmasötik ürün olarak kullanılan fitosteroller, GRAS sınıfında olup, rapor edilmiş herhangi bir yan etkiye sahip değildir. (Saeidnia vd, 2014). Yaygın olarak bilinen fitosterollerden bazıları, sitosterol, kampesterol ve stigmasteroldür (Ostlund Jr, 2002). Fitosterollerle ilgili çalışmalar, bu bileşiklerle oluşturulan oleojellerin LDL kolesterol düşürücü etkisinin olabileceğini düşündürmektedir. Yapılan bir çalışma, günlük 2-3 g fitosterol kullanımının, LDL-kolesterolü seviyesini %6-15 oranında düşürdüğünü göstermiştir (Grundy vd, 2002).

## **2.8. Oleojellerin Gıdalarda Kullanımı**

Gıdalarda oleojel kullanımı ile istenilen fiziksel ve duyuşal özelliklere sahip ürünler oluşurken, sağlıkla ilgili endişelerin de ortadan kalktığı düşünölmektedir. Yemeklik yağları yapılandırabilen birçok farklı oleojelatör mevcuttur. Her oleojelatör, benzersiz özelliklere sahip oleojeller oluşurmaktadır. Gıdalar, termal davranış, mekanik dayanıklılık ve reoloji gibi farklı fiziksel özelliklere sahip katı yağ fonksiyonlarına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, spesifik ürünlerin ihtiyaç duyduğu tüm karakteristik özellikleri sağlayabilecek işlevsellikte oleojeller oluşturulmalıdır (Mattice ve Marangoni, 2019). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, farklı yağ ve oleojelatörler kullanılarak oluşturulan oleojellerin, unlu mamöller, şekerleme ürünleri, dondurma, peynir, tereyağı gibi süt ürünleri ve çok çeşitli et ürünlerinde katı yağların yerine kısmen veya tamamen kullanıldığı belirlenmiştir. Tablo 2.1.'de farklı oleojelatör ve bitkisel yağlar kullanılarak oluşturulan oleojellerin çeşitli gıdalarda kullanıldığı çalışmalar verilmiştir.



Tablo 2.1. Oleojellerin çeşitli gıdalarda kullanıldığı çalışmalar

Gıda	Oleojel	Yağ	Referans
<b>Fırıncılık ürünleri</b>			
Kurabiye	Ayçiçeği mumu, balmumu	Fındık yağı	(Yılmaz ve Ogutcu, 2015)
	Kandelilla mumu	Kanola yağı	(Jang vd, 2015)
	Karnauba mumu, kandelilla mumu	Ayçiçek yağı	(Mert ve Demirkesen, 2016a)
	Kandelilla mumu	Kanola yağı	(Mert ve Demirkesen, 2016b)
	Ayçiçeği mumu, pirinç kepeği mumu, balmumu, kandelilla mumu	Zeytinyağı, keten tohumu yağı, soya yağı	(Hwang vd, 2016)
	β-sitosterol, monogliserid	Ham soya yağı	(Zhao vd, 2020)
Kek	Metilselüloz, ksantan gam	Ayçiçek yağı	(Patel vd, 2014a)
	Karnauba mumu	Kanola yağı	(Kim vd, 2017)
	Kandelilla mumu	Kolza yağı	(Lim vd, 2017)
	Pirinç kepeği mumu, kandelilla mumu, balmumu	Ayçiçek yağı	(Oh vd, 2017)
	Hidroksipropil metilselüloz	Ayçiçek yağı	(Lee, 2018)
	Monogliserid	Kanola yağı	(Giacomozzi vd, 2018)
	Karnauba mumu	Ayçiçek yağı, pamuk yağı	(Pehlivanoglu vd, 2018)
	Balmumu	Ayçiçek yağı	(Demirkesen ve Mert, 2019)
	Kandelilla mumu	Kanola yağı	(J Alvarez-Ramirez vd, 2020)
Bisküvi	Kandelilla mumu, pirinç kepeği mumu, balmumu	Yüksek oleik asitli kolza yağı	(Onacik-Gür ve Żbikowska, 2019)
Ekmek	Monogliserid	Ayçiçek yağı, fındık yağı	(Calligaris vd, 2013a)
	Etil selüloz	Soya yağı/palm stearin	(Ye vd, 2019)
	Sodyum stearol laktilat	Ayçiçek yağı	(Meng vd, 2019)
	Kandelilla mumu	Pirinç kepeği yağı	(Jung vd, 2020)

Tablo 2.1. (devam)

Gıda	Oleojel	Yağ	Referans
Milföy böreği	Pirinç kepeği mumu karnauba mumu, kandelilla mumu, ayçiçeği mumu, monogliserid	Tam hidrojenize soya yağı	(Blake ve Marangoni, 2015)
Noddle	Kandelilla mumu	Soya yağı	(Oh ve Lee, 2020)
<b>Şekerleme ürünleri</b>			
Şekerleme dolgu maddesi	Balmumu	Pirinç kepeği yağı	(Doan vd, 2016)
Kurabiye dolgu maddesi	Hidrosimetilselüloz, metilselüloz	Kanola yağı	(Tanti vd, 2016)
Çikolata	Monogliseril stearat, $\beta$ -sitosterol/lesitin, etil selüloz	Mısır yağı	(Li ve Liu, 2019)
<b>Süt ürünleri</b>			
Dondurma	Pirinç kepeği mumu, kandelilla mumu, karnauba mumu	Yüksek oleik asitli ayçiçek yağı	(Zulim Botega vd, 2013a; Zulim Botega vd, 2013b)
	Balmumu, ayçiçeği mumu	Fındık yağı	(Yılmaz ve Ögütçü, 2015)
Krem peynir	Pirinç kepeği mumu, etilselüloz	Yüksek oleik asitli ayçiçek yağı	(Bemer vd, 2016)
	$\gamma$ -orizanol+fitosterol	Ayçiçek yağı	(Morian ve Alamprese, 2017)
Tereyağ	Pirinç kepeği mumu	Soya yağı	(Park vd, 2018)
<b>Sürülebilir gıda ürünleri</b>			
Sürülebilir yağ	Karnauba mumu, monogliserid	Sızma zeytinyağı	(Ögütçü ve Yılmaz, 2014)
	Balmumu, ayçiçeği mumu	Sızma zeytinyağı	(Yılmaz ve Ögütçü, 2015)
	Monogliserid	Yüksek oleik asitli ayçiçek yağı	(Palla vd, 2017)
Sürülebilir çikolata	Monogliserid, balmumu, propolis mumu	Nar çekirdeği yağı	(Fayaz vd, 2017)

Tüm bunların yanı sıra, oleojellerin gıda formülasyonlarında katı yağ ikamesi dışında farklı görevleri olabileceği de belirtilmektedir. Oleojel uygulamaları ile ilgili bulgular, çikolataların ısı stabilitesinin sıcak iklimli ülkelerde depolanmasında büyük sorun oluşturduğunu ve çikolata stabilitesinin oleojel gibi yeni bir yaklaşımla geliştirilmesi gerektiğini göstermiştir. Bir diğer önemli sorun olan, çikolata ve çikolata türevi ürünlerde yağ taşınımının sebep olduğu yağ kusması olayının, oleojel kullanımı ile ortadan kaldırılabilmesi veya azaltılabilmesi düşünülmektedir (Pehlivanoğlu vd, 2018). Yapılan çalışmalarda, çeşitli oleojelatörler kullanılarak oluşturulan oleojellerin, pralin (Si vd, 2016), tahin helvası (Öğütücü vd, 2017), dolgulu şekerleme ürünleri (Doan vd, 2016; Wendt vd, 2017) ve çikolata hamurunda (Patel vd, 2014b) oluşan yağ göçünü önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca, oleojeller, suda çözünmeyen biyoaktif maddeler için taşıyıcı olarak kullanılabilir ve bu maddelerin salınım özelliklerini iyileştirebilmektedir (Pehlivanoğlu vd, 2018).

## **2.9. Kaynak Özetleri**

### **2.9.1. $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol Oleojelleri**

Orizanol-sitosterol oleojelasyonunun ilk safhasında,  $\beta$ -sitosterol, kolesterol ve stigmaterol gibi fitosteroller ile  $\gamma$ -orizanol, nano ölçekte (yaklaşık 7 nm çapında) içi boş tüpler halinde birleşmektedir. Bu tüpler daha sonra demetler halinde toplanarak, yarı saydam ve sert bir jel meydana getiren üç boyutlu bir ağ oluşturmaktadır (Scharfe vd, 2019).  $\beta$ -sitosterol: $\gamma$ -orizanol ile oluşturulan ayçiçek yağı oleojelinin mikro yapısının incelendiği bir çalışmada, bitki sterolü esterlerinin  $7.2 \pm 0.1$  nm çapında içi boş tüpler oluşturduğu belirtilmiştir (Bot vd, 2008). Biyoteknoloji ve Biyolojik Bilimler Araştırma Konseyi (BBSRC) tarafından desteklenen 'Edible Oleogels for Reduction of Saturated Fat' isimli proje kapsamında,  $\beta$ -sitosterol: $\gamma$ -orizanol ile oluşturulan oleojeller, atomik kuvvet mikroskobu ile görüntülenmiştir. Görüntüler, sitosterol ve orizanolün yaklaşık 10 nm çaplı içi boş bir tübül oluşturmak için kendiliğinden sarmal bir şekilde düzenlendiğini göstermiştir (Matheson vd, 2018; Matheson vd, 2017).

Sterol ve orizanol tübüllerinin küçük açılı nötron saçılımı (SANS) ile görüntülediği bir çalışmada, sitosterolün hidroksil grubu ile orizanolün karbonil grubu arasındaki etkileşimlerin, fibrili stabilize eden bir ağ oluşturduğu rapor edilmiştir (Bot vd, 2012).

Sawalha vd (2011), eşmolar miktarda  $\gamma$ -orizanol ve  $\beta$ -sitosterol (oleojelatörlerin sırasıyla 60:40 ağırlık oranı) ile oluşturulan jelin optimal özelliklere (hızlı jelleşme, yüksek sertlik, yüksek çözünme sıcaklığı) sahip olduğunu belirtmiştir, Jel bulanıklığının  $\gamma$ -orizanol konsantrasyonunun artmasıyla azaldığı ve en sert jelin her zaman ağırlıkça 60:40  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol oranında elde edildiği bildirilmiştir (Bot ve Agterof, 2006; Bot vd, 2008; Bot vd, 2009b). Söz konusu çalışma, orizanol-sitosterol oranının tübül agregasyonunu etkilediğini ortaya koymuştur. 60:40 orizanol-sitosterol oranı ile oluşturulan çözelti 298 K (24.85°C)'de agregasyon gösterirken, diğer oranlarda (20:80, 40:60, 80:20) agregasyonun gecikerek, yapının daha düşük sıcaklıklarda oluştuğu gözlemlenmiştir.

Calligaris vd (2013b) tarafından yapılan bir çalışmada, kullanılan yağ çeşidinin (keten tohumu yağı, ayçiçek yağı, natürel sızma zeytinyağı, triolein ve hint yağı) farklı oranlardaki  $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol bazlı oleojellerin (%5, 10 ve 20) oluşumu, yapısı ve termal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Kullanılan yağ viskozitesi arttıkça, jel oluşum zamanının arttığı, ancak oleojel sertliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Viskozitesi ve polaritesi en yüksek olan hint yağı ile yapılmış %5'lik numunelerin, tüm deney boyunca jelleşmediği rapor edilmiştir. Oluşturulan oleojellerin 20°C'de 30 günlük depolama boyunca, sterol-sterol ester toplulukları arasındaki agregasyonun ilerlemesi sonucu, jellerin daha güçlü hale geldiği de bildirilmiştir.

$\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterolün kanola yağı ile oluşturduğu oleojelin üçlü faz diyagramının çıkarıldığı çalışmada ise, düşük jelatör yüksek kanola yağı oranlarında, sistemin yağ kristal ağlarını taklit edebilen bir kristal yapıya sahip olduğu bildirilmiştir. Dar açılı x ışınları saçılımı metodunda, sistemin dört mezofaz gösterdiği saptanmıştır. Bunlardan ikisinin tabakalı kristal, birinin kübik faz ve birinin de düşük katı içeriğinden dolayı amorf madde olduğu gözlemlenmiştir. Geniş açılı x ışını saçılımı ile daha alt kategorilere ayrılan fazların, tabakalı kristalden sıvı kristal yapıya kadar altı farklı faza sahip olduğu da belirlenmiştir (AlHasawi ve Rogers, 2013).

Moschakis vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada,  $\gamma$ -orizanol ve fitosteroller ile yapılandırılmış bitkisel yağların, hayvansal yağlara alternatif olarak mekanik özellikler bakımından potansiyel kullanımı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sterol oranı, toplam sterol içeriği, depolama süresi ve sıcaklığın hem oleojeller hem de oleojel-su emülsiyonlarının yapısal özelliklerini önemli derecede etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca oleojel ve oleojellerin su içindeki

emülsiyonlarının, içinde bulunduğu gıdanın raf ömrü ve tekstürel kalitesini olumsuz etkilemeden, hayvansal yağları taklit edebileceği de rapor edilmiştir (Moschakis vd, 2016).

$\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol ile oluşturulmuş oleojelin, çikolata dolgulu ürünlerde yağ göçüne karşı bariyer olarak kullanılabileceği düşünülen bir çalışmada, %10 ve %25 yapılandırıcı seviyelerine sahip iki farklı konsantrasyonda oleojel kullanılmıştır. Oleojeli nuga, çikolata bileşeni veya ayrı bir katman olarak içeren örnekler, farklı depolama sıcaklıklarında 24 hafta boyunca izlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, oleojel varlığı ile sisteme eklenmiş olan ilave yağa rağmen, çikolata tabakasında bulunan yağ seviyesinin oleojel varlığında azaldığı gözlemlenmiştir. Çikolatalı sistemlerde oleojel kullanımının, yağ göçünü baskılamak ve besin profilini iyileştirmek açısından umut verici olduğu rapor edilmiştir (Wendt vd, 2017).

Ayçiçek yağının orizanol ve sitosterol ile oleojel oluşturduğu bir çalışmada, sistemin mikro yapısı reolojik olarak ve atomik kuvvet mikroskobu ile belirlenmiştir. Analizler, jellerin tek boyutlu fibrillerin kendiliğinden bir araya gelerek toplanmasıyla oluşmasına rağmen, bu fibrillerin şeritler halinde birikiminin daha yüksek boyutsallığa sahip karmaşık yapılara yol açtığını göstermiştir. Kullanılan iki farklı jelatör oranının (%10 ve 20), sistemin dallanma derecelerini değiştirdiği ve bu farklılığında reolojik sonuçlar ile tutarlı olduğu belirtilmiştir (Matheson vd, 2017).

Oleojel oluştururken kullanılan yağın bileşimi (polar bileşen),  $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol oleojellerinin oluşum, görünüş ve özelliklerini etkileyen faktörler arasındadır. Bu durumun araştırıldığı bir çalışmada, ayçiçek yağı ve kanola yağının bileşimi termal işlem ve polar bileşenlerin eliminasyonu ile değiştirilmiştir. Çalışma sonucunda, polar bileşenlerin  $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol oleojellerinin oluşum mekanizması ve oleojel özellikleri üzerinde güçlü bir etkisinin olduğu ortaya konulmuştur (Scharfe vd, 2019).

### **2.9.2. Et Ürünlerinde Oleojel Kullanımı**

Et ürünlerinde bulunan yağ fazının (hayvansal katı yağ) işlevselliği ve tekstürü, çeşitli ürün özellikleri (ağız hissi, tekstür, sululuk, ısı transferi vb.) üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu nedenle, hayvansal yağların sıvı yağlar kullanılarak azaltılması veya tamamen değiştirilmesi, önemli bir teknik zorluğu beraberinde getirmektedir (Jimenez-Colmenero vd, 2015). Bu zorluğun üstesinden gelmek amacıyla, pişmiş veya

çiğ olarak hazırlanmış et ürünlerinde bitkisel sıvı yağlardan elde edilmiş oleojel kullanımı, bilimsel çalışmalar arasında yer almaya başlamıştır.

Yemeklik yağları yapılandırmakta kullanılan ve gıda uygulamalarında kullanılabilen tek polimer etil selülozdur. Bu selüloz türevi, Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) tarafından onaylanarak gıda katkı maddeleri listesine dahil edilmiş ve FDA tarafından GRAS statüsünde bir gıda katkı maddesi olarak onaylanmıştır (Gravelle vd, 2014). Literatürde farklı yağların etil selüloz ile oluşturulmuş oleojellerinin, çeşitli et ürünlerinde kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Zetzi vd (2012) tarafından yapılan çalışmada, %10 etil selüloz ve %90 bitkisel yağdan oluşan kanola, soya ve keten tohumu yağı oleojellerinin mekanik özellikleri belirlenmiştir. Daha yüksek doymamış yağ asitlerine sahip olan yağların, daha sert oleojel oluşturdukları gözlemlenmiştir. Farklı molekül ağırlıklarına sahip etil selüloz ve farklı polimer konsantrasyonları ile oluşturulan oleojel sonuçları, polimer konsantrasyonu ve molekül ağırlığı arttıkça jel kuvvetinin arttığını göstermiştir. Oleojellerle yapılan pişmiş sosislerin sığır eti yağı ile yapılan kontrol ürünlerine kıyasla, çiğnenme ve sertlikte önemli bir farklılık göstermediği rapor edilmiştir.

Barbut vd (2016b), hazırladıkları frankfurter tipi sosislerde hayvansal yağ yerine farklı oranlarda normal ve yapılandırılmış kanola yağı (etil selüloz ve sorbitan monostearat ile hazırlanmış kanola yağı oleojeli) kullanmışlardır. Normal kanola yağı ile ikame edilen sosislerin sertliğinin kontrol grubunun iki katı olduğu görülmüştür. Fakat bunun yanı sıra %8 etil selüloz ve %1.5 veya 3 sorbitan monostearat ile hazırlanmış oleojellerle yapılan sosislerin, duysal ve tekstür analizinde kontrol grubuyla benzer sertliğe sahip olduğu rapor edilmiştir. Yüksek etil selüloz konsantrasyonları (%12-14) ile hazırlanan oleojelin bulunduğu sosislerin sertliklerinin ise kontrol grubundan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı çalışma grubu tarafından yapılan başka bir çalışmada ise kahvaltılık sosislerdeki domuz yağı yerine kanola yağı, etil selüloz (EC; %8, 10, 12 ve 14) ve sorbitan monostearat (SMS; %1.5, ve 3) ile yapılan oleojeller kullanılmıştır. Tekstür analizi sonucunda, sorbitan monostearat kullanılan bazı formülasyonların, domuz yağı içeren kontrol grubu ile benzer sertlik derecesine sahip olduğu görülmüştür. Oleojel kullanımının sosislerin yapışkanlığı üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığı, fakat

SMS kullanılmayan ve EC oranının yüksek olduğu sosis örneklerinde, esneklik özelliğinin daha az olduğu rapor edilmiştir (Barbut vd, 2016c).

Yapılan başka bir araştırmada ise, yağ türü (normal ve eritilip filtre edilmiş sığır yağı, kanola, soya ve keten tohumu yağı), yağ formu (doğal ve oleojel) ve pişirme aşamasındaki ısıtma hızının (0.7 ve 3.5 °C/dk) sosis üzerindeki etkileri çalışılmıştır. Farklı yağ türlerinin oleojelleri, etilselüloz ve sorbitan monostearat ajanlarının yardımıyla oluşturulmuştur. Sığır yağı oleojelleri, kullanıldığı pişmiş et ürünlerinde daha yüksek sertlik değerlerine sebep olurken, bitkisel yağ oleojellerinin kullanıldığı et ürünlerinde bu durumun tersi gözlemlenmiştir. Oleojel kullanılan et ürünlerinin elastikiyet değerlerinin, doğal formdaki yağlara oranla daha düşük olduğu belirtilmiştir. Ürün içindeki yağ globül boyutu incelendiğinde, bitkisel yağlardan hazırlanan oleojellerin, yağların doğal formuna göre daha büyük olduğu görülmüştür (Barbut ve Marangoni, 2019).

Etil selüloz ve bal mumunun ayrı ayrı jelleştirme ajanı olarak kullanıldığı bir başka çalışmada, zeytinyağı, keten tohumu yağı ve balık yağı karışımı yapılandırılarak, domuz köftesinde kullanılmıştır. Oleojellerin tamamen domuz yağı yerine kullanıldığı köftelerin, kontrol grubuna kıyasla daha yumuşak olduğu bildirilmiştir. Örneklerde bir miktar lipid oksidasyonu gözlemlenmiş olmasına rağmen, özellikle etil selülozlu oleojel içeren köftelerin, yağ asidi profilinde çoklu doymamış yağ asidi/doymuş yağ asidi (PUFA/SFA) oranının 3.6 kat arttığı ve omega-6 yağ asidi/omega-3 yağ asidi (n-6/n-3) oranının 23 kat azaldığı gözlemlenmiştir. Duyusal kabul edilebilirlik testi, balmumu oleojeli ile yapılan köftelerin, etil selüloz oleojelli örneklerle göre daha tercih edilir olduğunu göstermiştir (Gómez-Estaca vd, 2019).

Çoklu doymamış yağ asitleri açısından benzer sonuçların elde edildiği diğer çalışmalardan birinde ise, etil selüloz kullanılarak oluşturulmuş soya yağı oleojeli, domuz köftelerinde kullanılmıştır. Soya yağı oleojelinin, köftelerin toplam yağ içeriğini değiştirmeden, çoklu doymamış yağ asidi içeriğini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Ayrıca, oleojel kullanımının tekstür ve duyusal kabul edilebilirlik üzerinde olumsuz bir etkisi olmadan, yağ asidi profilini olumlu yönde değiştirdiği ve lipid oksidasyonunu da düşürdüğü gözlemlenmiştir (Ferrer-González vd, 2019).

Oleojel oluşturulurken kullanılan adipik asitin, kristal çekirdeklenmesinde önemli rol oynadığı ve oleojel oluşumu sırasında moleküller arası veya molekül içinde yeni hidrojen bağlarının oluşumunu desteklediği belirtilmiştir (Raja vd, 2017). Bu amaçla yapılan bir çalışmada, adipik asit eklenmiş etilselüloz bazlı oleojelin sığır eti köftesinde uygulama potansiyeli araştırılmıştır. Optimize edilmiş örnek olarak, en yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip olan %2 etilselüloz ve %4 adipik asit içeren oleojel seçilmiştir. Elde edilen köftelerin, tatmin edici tekstürel özelliklerle, kabul edilebilir renk ve organoleptik özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Adili vd, 2020).

Oh vd (2019) tarafından yapılan çalışmada hidroksipropil metil selülozun kanola yağı ile oluşturduğu oleojel, sığır eti köftelerinde hayvansal yağ yerine %50 ve %100 oranlarında kullanılmıştır. Oluşturulan oleojellerin hızlandırılmış koşullardaki oksidatif stabilitesinin kanola yağına göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki seviyedeki oleojel kullanımının da köftelerdeki pişirme kaybını önemli derecede azalttığı ve köftelere daha yumuşak bir tekstürel özellik kazandırdığı belirtilmiştir. Yapılan duyuşal değerlendirme sonucunda %50 oleojel kullanılan köfte örneklerinin, tüketiciler tarafından daha çok tercih edildiği belirlenmiştir.

Pişirme işleminin teknolojik verimini belirlediği için, et endüstrisinde kritik bir faktör olan pişirme kaybı (Kondjoyan vd, 2013) açısından benzer sonuçların elde edildiği bir başka çalışmada ise, domuz derisi, su ve yüksek oleik asitli ayçiçek yağı (1.5:1.5:1) ile yapılan oleojeller, Bologna tipi sosislerde kullanılmıştır. Sosislerin, teknolojik, besinsel, oksidatif ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Domuz yağı yerine oleojel kullanımının, sosislerin emülsiyon stabilitesini artırdığı, pişirme kaybı değerlerini azalttığı, fakat oksidatif özelliklerde herhangi bir değişime sebep olmadığı saptanmıştır. %25 oranında oleojel ile ikame edilmiş sosis örneklerinin duyuşal olarak kontrol grubundan farklı olmadığı bildirilmiştir. Tüm sonuçlar beraber değerlendirildiğinde, yüksek oleik asitli ayçiçek yağı oleojeli kullanılarak, yağı, kolesterolü, enerjisi azaltılmış ve daha sağlıklı lipid profiline sahip Bologna tipi sosis üretiminin mümkün olabileceği saptanmıştır (da Silva vd, 2019).

Sağlık açısından herhangi bir olumsuz etkisi bulunmayan mum benzeri maddelerin esterleri, düşük konsantrasyonlarda, yemeklik yağlarda iğne benzeri kristaller oluşturmaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen mum benzeri maddeler (kandelilla mumu, karnauba mumu, pirinç kepeği mumu, bal mumu vb.), oleojel oluşturmak için kullanılabilen gıda sınıfı mumlar olarak büyük ilgi görmektedir (Singh



vd, 2017). Bahsedilen mumlarla oluşturulmuş oleojellerin, bazı et ürünlerinde hayvansal yağ yerine kullanımını araştıran çalışmalar da bulunmaktadır. Frankfurter tipi ince kıyılmış sosislerde, domuz sırt yağı yerine pirinç kepeği mumu oleojelinin kullanımını araştıran Wolfer vd (2018), oleojelli sosislerin sıklık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet gibi tekstürel özelliklerinin kontrol grubuyla benzer olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca oleojel kullanımının, kürlenmiş sosisleri duyusal olarak etkilemediği; ancak kürlenme sonucu ortaya çıkan lezzeti önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Bunun yanı sıra %10 pirinç kepeği mumu oleojeli içeren örneklerle kontrol grubunun oksidasyon seviyelerinde önemli derecede farklılık tespit edildiği rapor edilmiştir.

Susam yağının, %10 oranında balmumu kullanılarak jelleştirildiği bir çalışmada, elde edilen oleojel, sığır köftelerinde %25 ve %50 oranında hayvansal yağ yerine kullanılmıştır. Oleojel içeren çiğ köfte örneklerinin pişirme kaybının kontrole oranla %11, yağ emiliminin ise yine kontrol örneğine kıyasla %1.6 oranında azaldığı belirlenmiştir (Moghtadaei vd, 2018).

Balmumunun oleojelatör olarak kullanıldığı başka bir araştırmada, Frankfurter tipi sosis üretiminde keten tohumu yağı oleojeli oluşturulmuş ve sosislerin yağ asitleri kompozisyonunun büyük oranda geliştiği bildirilmiştir. Oleojelin %25 ve %50 oranlarında kullanıldığı çalışmada da, doymuş yağ asidi ve kolesterol içeriğinin kontrol grubuna kıyasla, önemli derecede azaldığı ve ayrıca daha dengeli bir n-6/n-3 oranının elde edildiği de rapor edilmiştir (Franco vd, 2019a).

Ev uygulamalarının (dondurarak depolama ve pişirme), düşük yağlı çoklu doymamış yağ asitlerince zenginleştirilmiş domuz köftelerinin kalite özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise etilselüloz ve balmumu oleojellerinin kullanımı karşılaştırılmıştır. Balmumu oleojeli ile formüle edilen köfte örneklerinin, yeterli teknolojik özelliklere sahip olduğu ve duyusal olarak daha iyi bir genel kabul edilebilirlik gösterdiği rapor edilmiştir (Gómez-Estaca vd, 2020).

Başka bir çalışmada ise, normal ve yüksek oleik asitli soya yağı pirinç kepeği mumu kullanılarak oleojel haline getirilmiş ve mekanik olarak ayrılmış tavuk etiyle formüle edilmiş Bologna tipi sosislerde domuz yağı yerine kullanılmıştır. Domuz yağı ve oleojel içeren sosis hamurlarının, sıvı yağ içerenlere göre daha stabil olduğu

bildirilmiştir. Oleojel içeren sosis örneklerinin, aroma, tat ve tekstürel yapısının kontrol grubundan farklı olmadığı rapor edilmiştir (Tarté vd, 2020).

Bir fitosterol olan  $\beta$ -sitosterol ile fitosterol esteri olan  $\gamma$ -orizanolun bir araya gelmesiyle oluşturulan oleojeller, et ürünlerinin kullanımında diğer oleojellere göre daha az yer almaktadır. Panagiotopoulou vd (2016), ayçiçeği yağı oleojeli ve emülsiyonlarını içeren, %20 toplam yağ içeriğine sahip 9 farklı frankfurter sosis formülasyonu hazırlamıştır. Kontrol formülasyonunda %20 domuz yağı kullanılırken, diğer formülasyonlar %10 domuz yağı ve %10 oleojel ve oleojel-su emülsiyonu içerecek şekilde hazırlanmıştır.  $\gamma$ -orizanol ve fitosterol kullanılarak yapılandırılmış ayçiçek yağı oleojelleri ve emülsiyonları ile hazırlanan sosislerin, pH ve oksidasyon seviyelerinin, kontrol grubundan farklı olmadığı; renk parametresi olan  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise çok küçük farklılıklar gösterdiği rapor edilmiştir. Oleojel ile hazırlanan sosislerin tekstürel özellikleri, kontrol grubundan farklı bulunmazken, emülsiyon içerenlerin daha düşük çığnenebilirlik, sertlik ve sakızimsılık değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, tüm formülasyonların genel kabul edilebilirlik puanlarının, kontrol grubuyla benzerlik gösterdiği; oleojel ve emülsiyonlarının frankfurter tipi sosislerde, hayvansal yağı kısmi olarak ikame edebileceği bildirilmiştir.

Domuz sucuklarında, domuz sırt yağının oleojel ile kısmen ikame edildiği (%20 ve %40) bir başka çalışma da ise, keten tohumu yağının,  $\gamma$ -orizanol- $\beta$ -sitosterol ve balmumu ile oluşturulmuş iki farklı oleojeli kullanılmıştır. Yağ asitleri açısından, oleojel ile yapılmış sosislerin PUFA/SFA ve n-6/n-3 oranlarının daha iyi olduğu ve bu durumun, sağlıklı et ürünleri geliştirilmesinde önem arz ettiği belirtilmiştir (Franco vd, 2019b).

Monogliserit ve fitosterolün ayçiçek yağını yapılandırmak için kullanıldığı bir başka çalışmada, oleojel özellikleri incelendikten sonra seçilen oleojel, frankfurter sosis formülasyonunda kullanılmıştır. Frankfurter sosislerde domuz sırt yağının %50'sini ikame etmek için, 15:5 monogliserit:fitosterol ağırlık oranı ile yapılan oleojel seçilmiştir. Kontrol grubunda, oleojel kullanılmış örneklere kıyasla daha yüksek sertlik, kırılgenlik, sakızimsılık ve çığnenebilirlik değerleri bulunurken, iç yapışkanlık ve elastikiyette herhangi bir farklılık belirlenmemiştir. Renk ölçümlerinde, kontrol örneğinin oleojelli örneklere kıyasla daha yüksek  $a^*$ , düşük  $L^*$  ve benzer  $b^*$  değerine

sahip olduğu belirtilmiştir. Tüm örneklerin oksidasyon seviyeleri ve duyuşal özelliklerinin benzer olduğu tespit edilmiştir (Kouzounis vd, 2017).

Oleojel bazlı emülsiyonun etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada, sığır eti köftelerinde, hayvansal yağ yerine kısmi olarak zeytinyağı oleojeli bazlı emülsiyon kullanılmıştır. En yüksek ikame seviyesine sahip olan üründe, doymamış yağ asitlerinde önemli miktarda artış (%65), doymuş yağ asitlerinde ise anlamlı derecede bir azalma (%44) grlmştir. Ayrıca aynı örneğin toplam yağ ve enerji içeriğinde sırasıyla %51 ve %35 oranında azalma sağlanmıştır. Bunun yanı sıra, depolama boyunca, oleojel emülsiyonu içeren örneklerin kontrol grubuna kıyasla, anlamlı derecede düşük oksidasyon seviyesine sahip olduğu belirtilmiştir (zer ve elegen, 2020).

Başlıca bileşenleri domuz ciğeri ve domuz yağı olan pate, birçok ülkede tüketilen ve yüksek oranda hayvansal yağ (%35-50) içeren bir et ürünüdür. Yapılan bir çalışmada, pate formülasyonunda bulunan yüksek miktardaki hayvansal yağ, keten tohumu yağının balmumu ile hazırlamış oleojeli ile ikame edilmiştir. Oleojel içeren örneklerin, sertlik ve yapışkanlık gibi bazı tekstürel parametlerinin kontrol grubundan farklı olduğu bulunmuştur. Fakat bu farklılığın, pate yapımında oleojel kullanımını sınırlaması için yeterli olmadığı belirtilmiştir. Bununla beraber, oleojel içeren örneklerin n-6/n-3 oranında meydana gelen %90'lık azalma ile besin değerisi daha yüksek patelerin elde edildiği bildirilmiştir (Martins vd, 2020).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

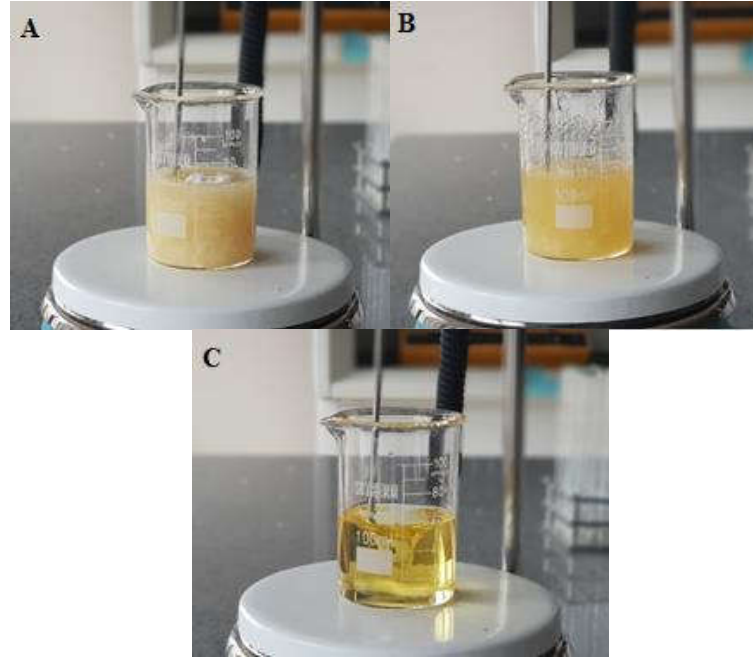
#### 3.1. Materyal

Oleojel ve sosis üretimi için kullanılan mısır yağı yerel bir marketten satın alınmıştır. Oleojelatör olarak kullanılan gıda sınıfı  $\beta$ -sitosterol (Vegapure® 867 GN) BASF'den ve  $\gamma$ -orizanol ise Oryza Oil & Fat Chemical'dan temin edilmiştir. Sosis üretiminde kullanılan sığır eti ve hayvansal yağ, Amasya ili piyasasından kıyma haline getirilerek satın alınmıştır. Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler analitik saflıkta olup; Merck ve Sigma-Aldrich firmalarından satın alınmıştır.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Oleojel Hazırlama

Olejelatör olarak kullanılan  $\gamma$ -orizanol ve  $\beta$ -sitosterol'ün ağırlıkça 60:40 karışımı kullanılmıştır. Oleojel hazırlanması için, oleojelatör karışımları mısır yağı numunelerine %6, %7, %8, %10, %12 ve %15 (w/w) konsantrasyonlarında oda sıcaklığında eklenmiştir. Oleojelatör-yağ karışımı manyetik karıştırıcı ısıtıcı kullanılarak, 600 rpm'de, çözelti sıcaklığı 90-95 °C olacak şekilde, berrak çözelti elde edilene kadar ısıtılmıştır (Şekil 3.1.). Oluşan berrak çözelti öncelikle oda sıcaklığına, daha sonra da buzdolabı sıcaklığına soğutularak analizler için +4 °C'de depolanmıştır.



Şekil 3.1. Oleojel hazırlanışı

### 3.2.2. Oleojel Analizleri

#### 3.2.2.1. Yağ Bağlama Kapasitesi

Hazırlanan oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin hesaplanabilmesi için, oleojeller 90 °C'lik su banyosunda eritilmiştir. Yaklaşık 1 mL eritilmiş oleojel örneği, önceden tartılmış Eppendorf (a) tüplerine konulmuştur. Tüpler 1 saat +4° C'de bekletilmiştir. Ardından tüpler tekrar tartılmıştır (b). Oda sıcaklığında 10000 rpm'de 15 dk santrifüj (Hettich, Universal 320, Almanya), edilen tüpler ters çevrilerek 15 dk bekletilmiş ve ayrılan yağ uzaklaştırılmıştır. Yağı uzaklaştırılan tüpler tekrar tartılarak (c), yağ bağlama kapasiteleri aşağıda verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır (Öğütçü ve Yılmaz, 2014).

$$\text{Ayrılan yağ (\%)} = \frac{(b - a) - (c - a)}{(b - a) \times 100} \quad (3.1)$$

$$\text{Yağ bağlama kapasitesi (\%)} = 100 - \text{ayrılan yağ miktarı (\%)} \quad (3.2)$$

#### 3.2.2.2. Renk Analizi

Örneklerin renk değerleri Konica Minolta CR-200 model renk ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. L\*, a\* ve b\* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan uluslararası aydınlatma komisyonu (International Commission on Illumination, CIE) tarafından verilen kriterlere göre yapılmıştır. Burada 0-100 arasında değişen L\* değerleri 100'e doğru rengin koyuluktan açıklığa doğru değişimini, negatif a\* değerleri yeşil rengi, pozitif a\* değerleri kırmızı rengi, negatif b\* değerleri mavi rengi ve pozitif b\* değerleri sarı rengi belirtmektedir. Ayrıca L\*, a\*, b\* değerleri kullanılarak  $\Delta E$  (toplam renk değişimi) değeri de aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_{\text{ref}})^2 + (a^* - a^*_{\text{ref}})^2 + (b^* - b^*_{\text{ref}})^2} \quad (3.3)$$

$L^*_{\text{ref}}$ : Kontrol örneğinin L\* değeri

$a^*_{\text{ref}}$ : Kontrol örneğinin a\* değeri

$b^*_{\text{ref}}$ : Kontrol örneğinin b\* değeri

### 3.2.2.3. Oksidasyon Analizleri

Hazırlanan oleojel örnekleri, 60 gün boyunca +4 °C’de depolanmıştır. Örneklerin oksidasyon özelliklerini belirlemek amacı ile, belirlenen günlerde (0., 30. ve 60. gün) peroksit sayısı ve konjuge dien miktarı analizleri gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.2.3.1. Peroksit Sayısı

Örneklerin peroksit sayısını belirlemek için, 1 g yağ örneği erlen içerisine tartılmış ve 6 mL asetik asit:kloroform (3:2, v/v) çözeltisi eklemiştir. Erlen, örnekler çözünene kadar hızlıca çalkalanmıştır. 100 µL doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklenerek çalkalanan erlenler, ağzı kapalı bir şekilde karanlık bir ortamda 5 dk bekletilmiştir. Süre sonunda erlenlere 6 mL saf su eklenmiş ve 150 µL %1’lik (w/v) nişasta çözeltisi varlığında, meydana gelen mor renk kayboluncaya kadar 0.01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile titre edilmiştir. Aynı işlemler tanık deneme için de yapılmış ve harcanan sodyum tiyosülfat miktarı kaydedilmiştir. Örneklerin peroksit sayısı aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır (Park vd, 2018).

$$\text{Peroksit sayısı (meq O}_2\text{/kg yağ)} = \frac{(a - b)}{m} \times 10 \quad (3.4)$$

a: Örnek için harcanan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hacmi, mL

b: Tanık deneme için harcanan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hacmi, mL

m: Tartılan örnek miktarı, g

#### 3.2.2.3.2. Konjuge Dien Miktarı

Hazırlanan oleojel örneklerinin konjuge dien değerlerini belirlemek için, 10 mg oleojel örneği tüp içerisine tartılmış ve üzerine 10 mL izooktan eklenmiştir. Tüpler, içerisindeki oleojel örneği çözünene kadar tüp karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Oluşan karışımdan 1 mL alınarak üzerine 9 mL izooktan eklenmiş ve spektrofotometrede (Shimadzu, UV-1800, Japonya) 233 nm’de izooktana karşı okuma yapılmıştır. Örneklerin konjuge dien miktarları aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır (Hwang vd, 2018).

$$\text{Konjuge dien miktarı (\%)} = 0.84 \times \left[ \left( \frac{A}{b \times c} \right) - K_0 \right] \quad (3.5)$$

A: Absorbans değeri

b: Kvet genişliği, cm

c: rnek konsantrasyonu, g/L

K<sub>0</sub>: Asit veya ester gruplarının absorbtivitesi, 0.07

#### **3.2.2.4. Termal Analiz**

Oleojellerin termal özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DTK) (Perkin Elmer Inc., DSC8000 Hollanda) ile belirlenmiştir. Boş alüminyum DTK kabı şahit olarak kullanılmıştır. Eritilmiş oleojel örneklerinden 10-15 mg arasında alınarak alüminyum kaplara tartılmış ve hermetik olarak kapatılmıştır. DTK çalışmalarında oleojel erime ve kristalizasyon işlemleri 10 °C/dakika hızda ve 0 °C-100 °C aralığında yapılmıştır. Analizde kullanılan metot aşağıda verildiği gibidir:

- 1- 100 °C'de 5 dakika bekleme
- 2- 100 °C'den 0 °C'ye 10 °C/dakika hızla soğutma
- 3- 0 °C'de 5 dakika bekleme
- 4- 0 °C'den 100 °C'ye 10 °C/dakika hızla ısıtma

Örneklerin erime ve kristalizasyon sıcaklıkları (T, °C) ile erime ve kristalizasyon entalpileri ( $\Delta H$ , J/g) cihaz yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

#### **3.2.2.5. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi Analizi**

Oleojel rneklerinin kızılötesi spektrumlarının belirlenmesi FTIR spektroskopisi (Perkin Elmer Inc., Spektrum Two Hollanda) ile belirlenmiştir. Analiz taraması 4000-450 cm<sup>-1</sup> arasında yapılmıştır.

#### **3.2.2.6. X Işınları Kırınım Difraktometresi (XRD) Analizi**

Örneklerin kristal formlarının belirlenmesi amacıyla X-Işını Difraktometresi (Bruker, D8 Discover USA) kullanılmıştır. Ölçümler 2 $\theta$ , 5-50° aı aralığı kullanılarak yapılmıştır.

#### **3.2.2.7. Tekstür Analizi**

Örneklerin tekstürel özellikleri, tekstür analiz cihazı (TA.TX Plus Table Micro Systams Ltd., Surrey, İngiltere) ile, 25 mm çapında alüminyum silindirik prob (SMS P/25) kullanılarak belirlenmiştir. 1 hafta +4 °C sıcaklıkta bekletilen oleojel örnekleri, 20 mm yüksekliğe ve 25 mm çapa sahip olacak şekilde kesilmiştir. Testler, rnek yüksekliğinin %50'sine karşılık, sıkıştırma öncesi 1.0 mm/s, test sırası 2.0 mm/s ve

sıkıştırma sonrası 5.0 mm/s prob hızıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümler her bir örnek için 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Analiz sonuçları sertlik (hardness, N), iç yapışkanlık (adhesiveness), dış yapışkanlık (cohesiveness) ve yayılabilirlik (spreadibility) olarak değerlendirilmiştir.

### 3.2.3. Oleojel Emülsiyonu Hazırlama

Sosis üretiminde kullanılan ve depolanarak bazı özellikleri takip edilen emülsiyonlar Panagiotopoulou vd (2016) tarafından kullanılan yöntemde bazı değişiklikler yapılarak oluşturulmuştur. Oleojel emülsiyonu, %50 yağ fazı (mısır yağı oleojeli) ve %50 su fazı içerek şekilde hazırlanmıştır. %10 (w/w) oranında  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol (60:40, w:w) içeren mısır yağı oleojeli bir gün önceden hazırlanarak, bir gece +4 °C'de bekletilmiştir. Emülsiyonun oluşması için sulu faza %4 oranında sodyum kazeinat ve %2 oranında keten tohumu gamı ilave edilmiş ve ultraturax (IKA T25, Almanya) ile yüksek hızda karıştırılmıştır. Eritilmiş oleojel ve oda sıcaklığındaki su fazı, ultraturax kullanılarak 14000 rpm'de homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Hazırlanan emülsiyon örnekleri, analizler için +4 °C ve +25 °C'de 30 gün boyunca depolanmıştır.

### 3.2.4. Oleojel Emülsiyonu Analizleri

Hazırlanan ve +4 °C'de depolanan emülsiyon örneklerinin depolamanın 0., 15. ve 30. günlerinde, pH, emülsiyon stabilitesi ve konjuge dien-trien değerleri belirlenmiştir.

#### 3.2.4.1. pH Analizi

Emülsiyon örneklerinin pH değerleri dijital pH-metre (Mettler Toledo, Sevencompact S220) kullanılarak doğrudan okunmuştur.

#### 3.2.4.2. Emülsiyon Stabilitesi

Emülsiyonların stabilitesi, Ockerman (1985) tarafından önerilen yöntem ile belirlenmiştir. 10 g emülsiyon örneği santrifüj tüpüne tartılmış, ağzı kapalı olacak şekilde 80 °C'deki su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen tüpler 900xg'de 15 dk süre ile santrifüj edilmiş ve ayrılan yağ-su miktarı tartılmıştır. Emülsiyon stabilitesi aşağıda verilen eşitlikle kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Emülsiyon stabilitesi (\%)} = 100 - (\text{ayrılan sıvı miktarı} \times 10) \quad (3.6)$$



### 3.2.4.3. Konjuge Dien ve Trien Miktarı

Emülsiyon örneklerinin konjuge dien ve trien miktarları, küçük değişikliklerle standart yöntemlere göre belirlenmiştir (IUPAC, 1987). 0.150 g emülsiyon örneği 20 mL metanol içerisinde çözündürülmüş ve 30 s boyunca ultraturax ile homojenize edilmiştir. Karışım 6500xg'de 5 dk santrifüj edilmiş ve süpernatantın absorbanans değeri spektrofotometrede okunmuştur. Konjuge dien miktarı 232 nm'de, konjuge trien miktarı ise 268 nm'de belirlenmiştir. Örneklerin konjuge dien ve trien miktarları % ve mmol hidroperoksit/kg örnek olarak iki farklı şekilde hesaplanmıştır. Konjuge dien ve trien miktarlarının % olarak belirlenmesinde daha önce verilen Eşitlik 3.5 kullanılmıştır. Miktarın mmol/kg olarak belirlenmesinde ise aşağıda verilen Lambert-Beer eşitliği kullanılmıştır.

$$A = \varepsilon \times c \times l \quad (3.7)$$

A = Absorbans değeri

$\varepsilon$  = Molar soğurganlık katsayısı,  $M^{-1}cm^{-1}$  (26,000)

c = Konsantrasyon, mol/L

l = küvet genişliği, cm

### 3.2.5. Sosis Üretimi

Sosis üretiminde kullanılan hammaddelerin miktarları Tablo 3.1.'de verilmiştir. Tablo 3.1.'de verilen formülasyonlarda KHY, hayvansal yağ ile oluşturulmuş sosis örneğini; KMY, mısır yağı ile oluşturulmuş sosis örneğini; OHY, oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulmuş sosis örneğini; EHY, oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulmuş sosis örneğini; OLE, oleojel ile oluşturulmuş sosis örneğini; EMU, oleojel emülsiyonu ile oluşturulmuş sosis örneğini ifade etmektedir.

Tablo 3. 1. Sosis üretiminde kullanılan formülasyonlar

Bileşenler	Örnek Formülasyonları (g)					
	KHY	KMY	OHY	EHY	OLE	EMU
Yağsız et	1245	1245	1245	1260	1245	1275
Et yağı	500	0	250	250	0	0
Mısır yağı	0	500	0	0	0	0
Buz	500	500	500	250	500	0
Oleojel	0	0	250	0	500	0
Oleojel emülsiyonu	0	0	0	500	0	1000
Patates nişastası	125	125	125	125	125	125
Tuz	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75
Baharat	50	50	50	50	50	50
Sodyum nitrit	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Sodyum kazeinat	20	20	20	10	20	-
Keten tohumu gamı	10	10	10	5	10	-

Sosis üretimi için kullanılacak olan kıyma haline getirilmiş et ve hayvansal yağ kullanılabilece kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Sosis üretiminde ilk olarak +4 °C’de olan kıyma halindeki et, kuterle (MTK 661, Mado Grant, Almanya) 2-3 sn düşük hızda kıyılmıştır. Sürenin sonunda sodyum nitrit ve tuz karışımı eklenerek, yüksek hızda 20-30 s karıştırılmaya devam edilmiştir. Kullanılacak buz miktarını yarısı eklendikten sonra, karışım sıcaklığı +3 °C olana kadar karıştırılmıştır. Daha sonra baharat karışımı, patates nişastası, sodyum kazeinat, keten tohumu gamı ve kalan buz eklenerek, sıcaklık +8°C olana kadar karıştırılmaya devam edilmiştir. Son olarak kullanılacak yağ eklenmiş ve karışım sıcaklığı 12 °C olduğunda emülsifikasyon sona erdirilmiştir.

Sosis hamuru, dolum makinesine (MWF 591 stuffer, Mado Patron, Almanya) alınarak yapay kılıflara doldurulmuş (30 mm çap, Kalle Nalo. Wursthüllen, Weisbaden Almanya), klipslenmiş (SCH 7210 poly-clip system, Gmbh & Co. KG, Almanya) ve su banyosunda 90±2 °C’de 30 dk ısıtılma tabii tutulmuştur. Pişirme işleminden sonra sosislerin sıcaklığı soğuk su ile 5±1 °C’ye soğutulmuştur. Bir gece +4 °C de bekletilen sosisler kılıf soyuma işleminden sonra vakum ambalaj sistemi (KOMET NG 03024, Germany) ile ambalajlanarak buzdolabı şartlarında depolanmıştır.

### **3.2.6. Sosis Hamur Analizleri**

#### **3.2.6.1. pH analizi**

10 g sosis hamuru tartılıp üzerine 100 mL distile saf su ilave edilmiş ve ultraturax yardımıyla 1 dk süreyle homojenizasyona tabi tutulmuştur. pH metre uygun tampon çözeltilerle kalibre edildikten sonra hazırlanan örneklerde okuma yapılarak pH değerleri belirlenmiştir.

#### **3.2.6.2. Su Aktivitesi Ölçümü**

Hamurların su aktiviteleri, su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina, LabMaster) ile oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Cihaz ölçüme hazır duruma gelince numune kabına uygun miktarda örnek konulmuş ve analiz sonucu cihaz ekranından okunmuştur.

#### **3.2.6.3. Ayrılan Yağ ve Su miktarı**

200 g'lık emülsiyon hamuru, boyutları 73x58 mm olan cam kavanozlara doldurulmuştur. Kavanozlar kapatıldıktan sonra kaynar su banyosunda bekletilmiş, soğutulduktan sonra 4 °C'de 24 saat depolanmıştır. Bu sürenin sonunda kavanozlar 45 °C'de 1 saat bekletilip açılarak, hamurdan ayrılan jel ve yağ, mezürde toplanıp ml olarak ölçülmüştür. Ölçülen sıvının hamur ağırlığına göre yüzde miktarı hesaplanmıştır (Bloukas ve Honikel, 1992).

#### **3.2.6.4. Renk Analizi**

Sosis hamuru örneklerinin renk özellikleri Bölüm 3.2.2.2.'de anlatıldığı şekilde belirlenmiştir.

### **3.2.7. Sosis Son Ürün Analizleri**

#### **3.2.7.1. Nem Miktarı Analizi**

Yaklaşık 5 g homojenize edilmiş sosis örneği, daha önce 105±1 °C'de sabit ağırlığa getirilen ve darası alınmış olan kuru madde kabına tartılmış, aynı sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve hassas olarak tartılmıştır. Örneklerdeki nem miktarı, meydana gelen ağırlık farkından yararlanılarak % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2006c).

### 3.2.7.2. Ham Protein Analizi

Toplam ham protein miktarı Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır. Kjeldahl yakma tüpüne yaklaşık 1 g homojenize edilmiş örnek üzerine 1 adet Kjeldahl katalizör tablet ve 25 mL derişik sülfrik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) eklenmiştir. Örnekler, yakma ünitesinde yeşil-sarı saydam bir renk alıncaya kadar yaklaşık 4 saat yakılmıştır. Kjeldahl tüpleri distilasyon cihazına yerleştirilerek %40'lık (w/v) NaOH ile 5 dakika distilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Erlen içinde toplanan distilat 0.1M HCl ile titre edilmiştir. Harcanan HCl miktarı kaydedilerek % azot miktarı belirlenmiş ve 6.25 faktörüyle çarpılarak ham protein miktarları hesaplanmıştır (AOAC, 2006b).

### 3.2.7.3. Ham Yağ Analizi

Sosis örneklerinin yağ miktarı Soxhlet yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir. Homojen hale getirilmiş yaklaşık 5 g sosis örneği Soxhlet cihazında dietil eter ile ekstrakte edildikten sonra, çözücünün uzaklaştırılması ile elde edilen yağ soğutulup tartılarak % ham yağ miktarı belirlenmiştir (AOAC, 2006a).

### 3.2.7.4. Yağ Asitleri Bileşimi Analizi

Sosis örneklerinden yağ ekstraksiyonu ve elde edilen yağların metillendirilmesi Folch vd (1957)'ne göre yapılmıştır. 1 g örnek üzerine 20 mL kloroform:metanol (2:1, v:v) ilave edilmiştir. Ultraturax ile 1 dk homojenize edildikten sonra, nuçe erleni yardımıyla süzölmüştür. Süzöntü ağzı kapaklı tüpe alındıktan sonra üzerine 4 mL MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O eklenmiştir. Tüp içerisindeki örnek azot ile muamele edildikten sonra vortekslenmiş ve 24 saat karanlıkta bekletilmiştir. Sürenin sonunda alt faz alınarak balona aktarılmıştır. Kloroform fazı döner evaporatörde (Heidolph, Hei-VAP Advantage, Almanya) 40 °C'de uzaklaştırılmış, kalan yağın üzerine 1.5 mL metanollü NaOH ilave edilmiş ve karışım tüpe aktarılmıştır. Tüp, azot ile muamele edildikten sonra 1 saat süreyle 80 °C'de bekletilmiş ve soğutma işleminden sonra üzerine 2 mL BF<sub>3</sub>-metanol aktarılıp azot ile muamele edilmiştir. 80 °C'de 30 dk bekletilip soğutulan tüpe, sırasıyla 1 mL hekzan, 1 mL saf su ve 1 mL hekzan ilave edilerek vortekslenmiştir. Tüp, 4 °C'de 3000xg'de 5 dk santtifüjlenmiştir. Üst faz pastör pipeti yardımıyla susuz sodyum sülfat içeren bir tüpe aktarılmıştır. Vorteksleme işleminden sonra faz ayrımı için beklenmiştir. Üstte bulunan berrak faz vialle alınmış ve düşük basınçlı azot ile muamele edilmiştir.

Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi için gaz kromatografisi (Agilent Technologies 6890N) kullanılmıştır. Sistemde sabit taşıyıcı gaz helyum, kolon olarak DB23 (Agilent 60 m x 250 µm x 0.15 µm) kullanılmıştır. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C ve dedektör (alev iyonizasyon dedektörü) sıcaklığı olarak 280 °C kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı 100 °C'den 200 °C'ye 5 °C/dk ile artırılmış, 200 °C'den 250 °C'ye 4 °C/dk hızla çıkarılmıştır. Sistem standardizasyonu için yağ asidi metil esteri karışımı (Supelco, FAME-mix, 4-7801, PA, USA) kullanılmıştır (Metcalf ve Schmitz, 1961). Tanımlamada standart maddelerden yararlanılmış ve sonuçlar % olarak verilmiştir.

Yağ asitleri bileşimi sonuçlarında yer alan aterojenik indeks (AI) trombojenik indeks (TI) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Ulbricht ve Southgate, 1991).

$$AI = \frac{C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0}{(\Sigma MUFA) + (n - 3) + (n - 6)} \quad (3.8)$$

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0.5 \times \Sigma MUFA) + (0.5 \times n - 3) + (0.5 \times n - 6) + \left(\frac{n - 3}{n - 6}\right)} \quad (3.9)$$

$\Sigma MUFA$ : Toplam tekli doymamış yağ asitleri

n-3: Toplam omega-3 yağ asitleri

n-6: Toplam omega-6 yağ asitleri

### 3.2.7.5. Tekstür Analizi

Sosis örneklerinin tekstürel özellikleri tekstür analiz cihazı ile belirlenmiştir. 4 cm çap ve 3 cm yüksekliğe sahip olan sosis örnekleri, 1.5 mm/s prob hızı ile orijinal yüksekliklerinin %75'ine iki kez sıkıştırılarak test edilmiştir. Örneklerin sertlik, dış yapışkanlık, esneklik, iç yapışkanlık, sakızimsılık, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri belirlenmiştir (Zetzl vd, 2012).

### 3.2.7.6. Duyusal Analiz

Sosis örnekleri 10 kişiden oluşan panelistler tarafından puanlama testi kullanılarak duyusal olarak değerlendirilmiştir. Panelistler kısa bilgi verilerek ve analiz formuna her parametre için gerekli bilgilendirmeler yazılarak eğitime tabi tutulmuştur. 6 farklı formülasyonda üretilmiş sosisler, yaklaşık 2 cm kalınlığında dilimlenmiş ve 200 °C'lik ısıtıcı tabla üzerinde her bir yüzü 2 dk süreyle pişirilmiş ve

sıcaklığı korunarak panelistlere sunulmuştur. Panelistler tadım arasında su ve ekmekek kullanarak örnekleri duyusal olarak değerlendirmişlerdir. Panelistlerden sosis örneklerini dış görünüş, kesit görünüşü, dış renk, kesit rengi, sululuk-sertlik, lezzet, yabancı lezzet ve genel kabul özellikleri açısından değerlendirmeleri istenmiştir.

### 3.2.8. Sosis Depolama Analizleri

Depolama analizleri olarak pH, su aktivitesi, renk, ambalaja sızıntı miktarı, pişirme kaybı, serbest yağ asitliği, konjuge dien ve TBARS analizleri gerçekleştirilmiştir. 90 gün boyunca +4 °C'de depolanan sosislere 0., 15., 30., 60. ve 90. günlerde depolama analizleri yapılmıştır.

#### 3.2.8.1. pH ve Su Aktivitesi Ölçümü

Sosis örneklerinin pH ve su aktivitesi değerleri daha önceki bölümde (Bölüm 3.2.6.1. ve 3.2.6.2.) anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.8.2. Renk Analizi

Sosis çeşitlerinin kesit yüzey renk yoğunlukları kolorimetre cihazı (TES-135A) kullanılarak tespit edilmiştir. L\*, a\*, b\* değerlerinin yanı sıra bu değerler kullanılarak ΔE (toplam renk değişimi) daha önce bahsedildiği şekilde (Bölüm 3.2.2.2.); hue (h°, renk), kroma (C\*, doygunluk indeksi) değerleri de aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Savadkoochi vd, 2014).

$$h^{\circ} = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (3.10)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.11)$$

#### 3.2.8.3. Ambalaja Sızıntı Miktarı

Sosis örneklerinin ambalaj içindeki sızıntı miktarının tespiti, Bloukas vd (1997) tarafından kullanılan yöntemde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sosislerin kurulanmadan önceki ve sonraki ağırlıkları ile kağıt havlunun nemlenmeden önceki ve sonraki ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir. Ambalaja sızıntı miktarı, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ambalaja sızıntı miktarı (\%)} = \left( \frac{X}{m_1} \right) \times 100 \quad (3.12)$$

$$X = \frac{(k_2 - k_1) + (m_1 - m_2)}{2} \quad (3.13)$$

$k_1$ : Kâğıt havlunun başlangıç ağırlığı, g

$k_2$ : Kâğıt havlunun nemlendikten sonraki ağırlığı, g

$m_1$ : Sosis örneğinin kurulanmadan önceki ağırlığı, g

$m_2$ : Sosis örneğinin kurulandıktan sonraki ağırlığı, g

#### 3.2.8.4. Pişirme Kaybı

1 cm kalınlığında dilimlenen sosis örneklerinin ağırlığı kaydedilmiştir. Sosisler 150 °C'lik fırında her bir yüzü 5 dk süreyle pişirilmiştir. Sosislerin pişirilmesi sonrasında örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tartımları alınarak pişirme kaybı değerleri belirlenmiştir. Pişirme kaybı değerleri aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Pişirme kaybı (\%)} = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (3.14)$$

$m_1$ : Sosis örneğinin pişirilmeden önceki ağırlığı, g

$m_2$ : Sosis örneğinin pişirildikten sonraki ağırlığı, g

#### 3.2.8.5. Serbest Yağ Asitliği Analizi

Serbest yağ asitliği belirlenmesi için kullanılacak yönteme göre, kıyma haline getirilmiş örneklerden 30 g alınıp 50 mL kloroform:metanol (2:1 v/v) ile karıştırılıp 10 saat bekletilmiştir. Bekletilen örnekler filtre kağıdından (Whatman No:1) süzülmüştür. Elde edilen filtrat, döner evaporatörde (40-45 °C) kurutulmuştur. Ekstrakte edilen yağ örneğinden 5-10 g erlenmayere tartılmış ve üzerine 50 mL nötrale edilmiş etanol (%95'lik, v/v) ilave edilmiştir. Fenolftalein indikatörü eşliğinde 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Serbest yağ asitliği değeri % oleik asit cinsinden belirlenmiştir (Gökalp vd, 1995).

#### 3.2.8.6. Konjuge Dien Analizi

Üretilen sosis örneklerinin konjuge dien sayıları Juntachote vd (2007)'ne göre belirlenmiştir. Bu amaçla 3 g sosis örneği 30 mL destile su ile karıştırılıp bir çözelti oluşturulmuş ve ultraturrax yardımı ile homojenize edilmiştir. Daha sonra bu

karışımdan 0.5 mL alınarak 5 mL hekzan: izopropanol (3:1, v/v) ile karıştırılmış ve 2000xg'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda üstte kalan fazın 233 nm dalga boyundaki absorbanı ölçülmüştür. Örneklerin konjuge dien değeri daha önce verilmiş olan Eşitlik 3.7'ye göre hesaplanmıştır.

### **3.2.8.7. Tiyobarbitürikasit Reaktif Maddeler (TBARS) Analizi**

Sosis örnekleri homojen hale getirilip 2 g tartıldıktan sonra üzerine 12 mL trikloroasetik asit çözeltisi (%7.5 TCA (w/v), %0.1 EDTA (w/v), %0.1 propil galat (w/v) 3mL etanolde çözülür) ilave edilerek ultraterrax'da 15-20 saniye homojenize edilmiştir. Homojenize edilen çözelti Whatman 1 filtre kağıdından süzülüp süzütüden 3 mL alınarak üzerine 0.02 M 3 mL tiyobarbitürik asit (TBA) çözeltisi ilave edilmiştir. Bu karışım kaynayan su banyosunda 40 dk tutulup soğuk su içerisinde 5 dk soğutulmuştur. Soğuyan tüpler 2000xg'de 5 dk santrifüj işlemine tabi tutulduktan sonra 530 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçüm yapılmış sonuç  $\mu\text{mol MDA/kg}$  ürün olarak verilmiştir (Lemon, 1975).

### **3.2.9. İstatistiksel Analiz**

Çalışma kapsamında oluşturulan oleojel, oleojel emülsiyonu ve sosis örneklerinin ölçülen özellikleri arasında fark olup olmadığı, SPSS 16.0 paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Farklı gruplar, %95 güven aralığında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir. Pearson korelasyon katsayıları, sosis çeşitleri ve depolama süresi ile sosislerin depolama süresince belirlenen özellikleri arasındaki doğrusal ilişkiyi belirlemek için hesaplanmıştır.

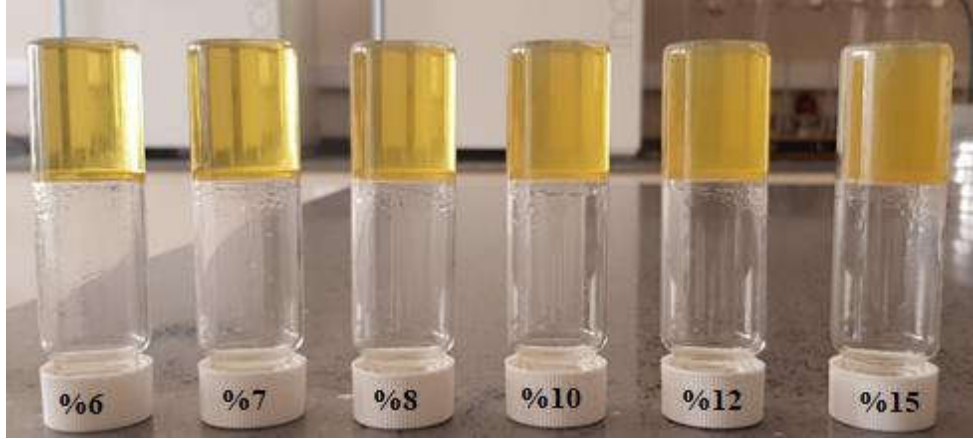


## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Oleojel Analiz Sonuçları

#### 4.1.1. Hazırlanan Oleojeller

Farklı oranlarda  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol (60:40, w/w) ile hazırlanan mısır yağı oleojellerinin fotoğrafları Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Farklı oranlarda  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol (ağırlıkça 60:40) ile hazırlanan oleojeller

#### 4.1.2. Yağ Bağlama Kapasitesi – Renk Özellikleri

Farklı konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulan oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri ve renk değerleri Tablo 4.1.'de verilmiştir. Örneklerin yağ bağlama kapasiteleri (%) olarak, renk özellikleri ise L\* (parlaklık/matlık), a\* (kırmızı/yeşil), b\* (sarı/mavi),  $\Delta E$  (toplam renk farkı) değerleri ile ifade edilmiştir.

Tablo 4.1. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ait renk ve yağ bağlama kapasitesi değerleri

Oleojel örnekleri	L*	a*	b*	$\Delta E$	Yağ Bağlama Kapasitesi (%)
%6	84.56±1.28 <sup>a</sup>	-0.80±0.42 <sup>a</sup>	5.32±1.75 <sup>c</sup>	13.88	98.38±0.65 <sup>a</sup>
%7	83.61±0.48 <sup>a</sup>	-1.35±0.08 <sup>b</sup>	8.26±0.36 <sup>b</sup>	11.14	98.41±1.71 <sup>a</sup>
%8	81.58±0.89 <sup>b</sup>	-1.02±0.11 <sup>ab</sup>	5.55±0.76 <sup>c</sup>	11.97	98.90±0.94 <sup>a</sup>
%10	81.55±0.66 <sup>b</sup>	-1.31±0.09 <sup>b</sup>	7.35±0.57 <sup>b</sup>	10.31	99.71±0.14 <sup>a</sup>
%12	81.57±0.89 <sup>b</sup>	-1.34±0.10 <sup>b</sup>	8.22±0.55 <sup>b</sup>	9.69	99.72±0.08 <sup>a</sup>
%15	78.91±1.48 <sup>c</sup>	-1.72±0.10 <sup>c</sup>	11.36±0.57 <sup>a</sup>	5.64	99.80±0.01 <sup>a</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-c: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı konsantrasyonda oleojeller arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Oluşturulan oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin  $98.38 \pm 0.65 - 99.80 \pm 0.01$  arasında değiştiği ve aralarında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Orizanol:sitosterol karışımının oleojelatör olarak kullanıldığı ayçiçek yağı oleojelinin yağ bağlama kapasitesi, çalışmamıza benzer olarak  $99.97 \pm 0.01$  olarak bulunmuştur (Fayaz vd, 2020). Mum ve/veya monogliseridler kullanılarak oluşturulan oleojellerle yapılan çalışmalarda, oleojelin statik koşullar altında katılaşmasının, yüksek bir yağ bağlama kapasitesine sahip güçlü bir jel ağının oluşmasına yol açtığı rapor edilmiştir. Bunun aksine, kristalleşme sırasında uygulanan kesme kuvvetinin ise, düşük yağ bağlama kapasiteli zayıf bir jel ağı oluşumuna sebep olduğu bildirilmiştir (Da Pieve vd, 2010). Propolis mumunun farklı yağların jelleştirilmesinde kullanıldığı bir çalışmada, elde edilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin  $92.25 \pm 0.7$  ile  $100 \pm 0.0$  arasında değiştiği bildirilmiştir (Fayaz vd, 2016). Ayrıca yapılan diğer bir çalışmada, kullanılan oleojelatör çeşidi ve konsantrasyonunun yağ bağlama kapasitesi üzerinde etkili olduğu belirtilerek, güçlü jel oluşturan jel ajanlarının düşük konsantrasyonlarda bile yağ bağlama kapasitesi yüksek oleojel oluşturduğu bildirilmiştir. Oleojel stabilitesi ve jel gücünün, kullanılan oleojelatörlerin çeşidi ve saflığına bağlı olduğu da vurgulanmıştır (Hwang vd, 2012).

Analiz edilen  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol oleojellerinin  $L^*$  değerlerinin  $78.91 \pm 1.48$  ile  $84.56 \pm 1.28$  arasında,  $a^*$  değerlerinin  $-1.72 \pm 0.10$  ile  $-0.80 \pm 0.42$  arasında ve  $b^*$  değerlerinin ise  $5.32 \pm 1.75$  ile  $11.36 \pm 0.57$  arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçlar değerlendirildiğinde, en düşük  $L^*$  değerinin %15'lik oleojele, en yüksek  $L^*$  değerinin ise %6'lık oleojele ait olduğu görülmüştür. %6 ile %7'lik oleojel örneklerinin  $L^*$  değerlerinin istatistiksel olarak farklı olmadığı ( $p > 0.05$ ), diğer örneklerin  $L^*$  değerleri ile aralarındaki farkın ise önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Benzer şekilde, %8, %10 ve %12 oleojelatör konsantrasyonuna sahip örneklerin  $L^*$  değerleri arasındaki fark önemsiz bulunurken ( $p > 0.05$ ), diğer örneklerden anlamlı derecede farklı oldukları saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). En düşük  $L^*$  değerine sahip olan %15'lik oleojel örneğinin, diğer örneklerden anlamlı derecede farklı olduğu ( $p < 0.05$ ) belirlenmiştir. En düşük  $b^*$  değeri %6'lık, en yüksek  $b^*$  değeri ise %15'lik örnekte belirlenmiş ve bu örneklerin diğer oleojellerden istatistiki olarak anlamlı derecede farklı ( $p < 0.05$ )  $b^*$  değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen değerlerle uyumlu olan çalışmalardan birinde, orizanol:sitosterol karışımının %6, 8 ve 10 konsantrasyonlarında kullanıldığı oleojellerin  $L^*$  değerlerinin  $87.127 \pm 0.289$  ile  $90.451 \pm 0.721$  arasında değiştiği ve

oleojelatör oranı arttıkça L\* değerinin azaldığı bildirilmiştir. Oleojel örneklerinin b\* değerlerinin ise 7.555±0.921 ile 11.815±0.701 arasında değiştiği ve oleojelatör konsantrasyonu arttıkça arttığı da rapor edilmiştir (Martins vd, 2019).

$\Delta E$  değeri, CIE L\*a\*b\* renk düzleminde bulunan iki rengin (düzlemdeki iki noktanın), koordinatları arasındaki uzaklıktır (Özcan, 2008). Hazırlanan oleojellerin  $\Delta E$  değerleri hesaplanırken, referans olarak, oleojel hazırlanmasında kullanılan mısır yağı kullanılmıştır. Sonuçlara göre renk değişim değerlerinin 5.64 ile 13.88 arasında olduğu görülmüştür. %6'lık oleojel örneğinin, mısır yağının rengi ile arasında en fazla fark bulunan örnek olduğu belirlenmiştir. Referans yağ ile aralarında en az renk farkı olan örneğin %15 oleojelatör konsantrasyonuna sahip oleojel olduğu tespit edilmiştir. Oleojelatör konsantrasyonu arttıkça, oleojellerin referans yağ örneği ile arasındaki renk farkının azaldığı gözlemlenmiştir.

#### **4.1.3. Oksidasyon Özellikleri**

Farklı oranlarda oleojelatör içeren oleojel örnekleri +4 °C'de 60 gün boyunca depolanmıştır. Depolanan oleojel örneklerinin ve oleojeller oluşturulurken kullanılan mısır yağının depolama boyunca gösterdiği oksidasyon özelliklerini belirlemek için peroksit sayısı ve konjuge dien analizleri yapılmıştır.

##### **4.1.3.1. Peroksit Sayısı**

Peroksit sayısı, oksidasyonun ilk aşamalarını gösteren belirteçtir. Normal koşullar altında, peroksit sayısının oksidasyonun iyi bir göstergesi olduğu bildirilmiştir (Debnath vd, 2012). Peroksitler, lipid oksidasyonunun ilk reaksiyon ürünleri olup, birincil oksidasyondan sorumludur (Park ve Kim, 2016).

Oleojel örnekleri ve mısır yağına ait, 60 günlük depolama boyunca değişen peroksit sayısı değerleri Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ve mısır yağına ait depolama süresince belirlenen peroksit sayısı değerleri

Örnekler	Peroksit Sayısı (meqO <sub>2</sub> /kg)		
	Depolama Süresi (gün)		
	0	30	60
Mısır yağı	5.81±0.73 <sup>dB</sup>	8.21±0.76 <sup>bA</sup>	8.39±0.88 <sup>bA</sup>
%6	11.55±0.62 <sup>cA</sup>	12.63±1.19 <sup>aA</sup>	14.20±2.87 <sup>aA</sup>
%7	11.70±0.10 <sup>cA</sup>	13.04±2.20 <sup>aA</sup>	13.64±0.81 <sup>aA</sup>
%8	12.26±0.50 <sup>cA</sup>	15.50±2.96 <sup>aA</sup>	17.82±4.41 <sup>aA</sup>
%10	13.18±0.52 <sup>bcA</sup>	13.94±2.29 <sup>aA</sup>	16.69±3.75 <sup>aA</sup>
%12	16.36±2.79 <sup>aA</sup>	14.27±0.95 <sup>aA</sup>	14.67±1.05 <sup>aA</sup>
%15	15.14±0.59 <sup>abB</sup>	15.75±1.74 <sup>aAB</sup>	17.90±1.17 <sup>aA</sup>

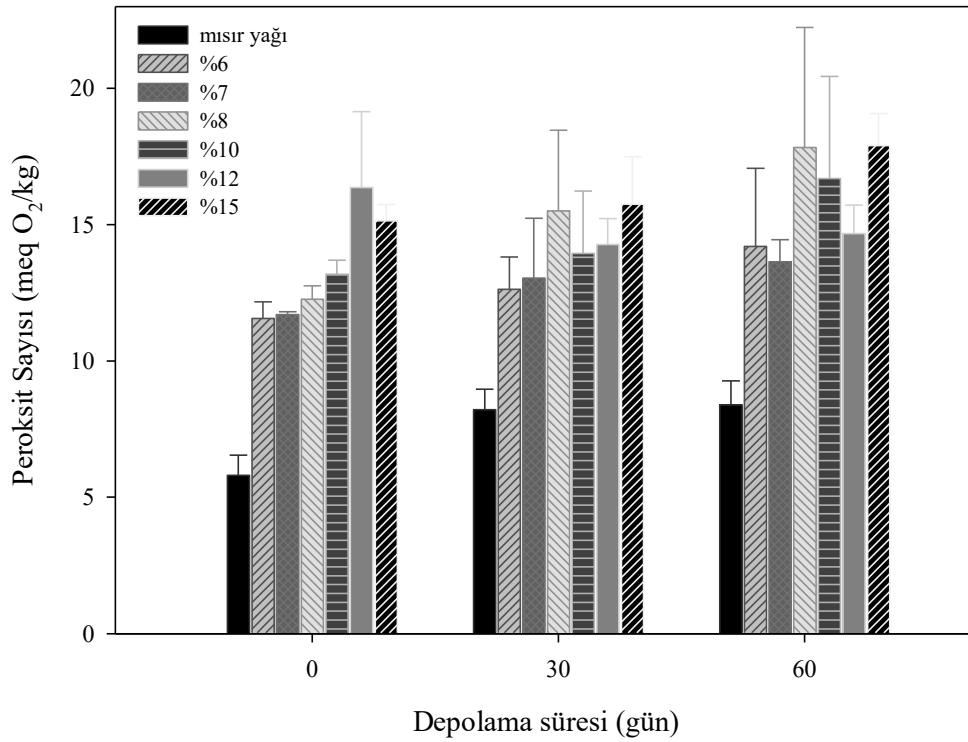
\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı konsantrasyonda oleojeller arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)  
A-B: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Depolamanın ilk gününde oleojel örneklerinin peroksit sayısı değerleri 11.55±0.62 ile 16.36±2.79 meq O<sub>2</sub>/kg arasında değişmiştir. %12 ve %15 oranında oleojelatör içeren oleojel örneklerinin, en yüksek peroksit değerine sahip örnekler olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir (p>0.05). Oleojel hazırlanışı sırasında, oleojelatör miktarı arttıkça, karışımın homojen hale gelmesi için gereken süre de artmaktadır. Gravelle vd (2012) tarafından yapılan çalışmada, etilselüloz oleojelleri hazırlanışı sırasında farklı süreler denenmiş ve artan işlem süresinin oleojellerin peroksit sayısını yükselttiği belirlenmiştir. Mısır yağının sahip olduğu peroksit sayısı 5.81±0.73 meq O<sub>2</sub>/kg ile oleojel örneklerinden önemli derecede düşük bulunmuştur (p<0.05). Oleojelleri hazırlarken kullanılan yüksek sıcaklık ve sabit çalkalama işlemi, yağların oto-oksidatif süreçlerini hızlandırmak için gereken koşulları sağlamaktadır (Gravelle vd, 2012). Benzer şekilde, yapılan bir çalışmada, farklı mum oleojellerinin depolama öncesindeki peroksit değerleri sıvı yağa göre daha yüksek bulunmuş ve bu durumun oleojel hazırlanışı sırasındaki yüksek sıcaklıktan kaynaklandığı belirtilmiştir (Lim vd, 2016). Taze kabul edilen yağların peroksit değeri genellikle 10 meq O<sub>2</sub>/kg'dan azdır.

Peroksit değeri 30-40 meq O<sub>2</sub>/kg arasında olduğunda küflü bir tat algılanabilir. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'ne göre, rafine yağların peroksit sayısı değeri en çok 10 meq O<sub>2</sub>/kg yağ olmalıdır (Anonim, 2012). Bu değer üzerindeki peroksit değerleri yağın yüksek oksidasyon durumunda olduğunu

göstermesine rağmen, Patel vd (2014a) bitkisel yağların kabulü için üst sınırın genel olarak 15-20 meq O<sub>2</sub>/kg olduğunu bildirmiştir.

Depolamanın 30. ve 60. günlerinde oleojel örneklerinin peroksit değerlerinin 12.63±1.19 ile 17.90±1.17 meq O<sub>2</sub>/kg arasında değişmektedir. Her iki depolama gününde de oleojel örneklerinin peroksit sayıları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Son iki depolama günündeki analizlerde, mısır yağına ait peroksit değerleri sırasıyla 8.21±0.76 ve 8.39±0.88 meq O<sub>2</sub>/kg olarak bulunmuş ve diğer örneklerden önemli derecede düşük olduğu tespit edilmiştir (p<0.05).



Şekil 4.2. Yağ örneklerinin peroksit sayısı değerlerinin depolama süresince değişimi

Mısır yağı ve oleojel örneklerine ait peroksit sayısı değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Depolamanın ilk günü peroksit sayısı 5.81±0.73 meq O<sub>2</sub>/kg olan mısır yağı, depolamanın 30. günü istatistiksel olarak önemli ölçüde artış göstermiş (p<0.05) ve depolamayı sabit tamamlayarak depolama sonunda 8.39±0.88 meq O<sub>2</sub>/kg peroksit değerine ulaşmıştır. Tüm oleojel örnekleri mısır yağından daha yüksek peroksit değerlerine sahip olmakla birlikte, depolama sürecinden etkilenmemişlerdir (p>0.05). Oleojel örneklerinin depolama boyunca gösterdiği stabil oksidasyon durumunun, içerdiği orizanolun antioksidan özelliğe sahip

olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Orizanolun doğal antioksidan olarak ayçiçek yağına eklendiği bir çalışmada, yağdaki orizanol konsantrasyonunun artmasının stabiliteyi önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir. %2.5-3 oranında orizanol içeren ayçiçek yağı örneklerinin depolama boyunca benzer peroksit değeri gösterdiği de belirtilmiştir (Sunil vd, 2015).

#### 4.1.3.2. Konjuge Dien Miktarı

Konjue dienler, doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sırasında daha kararlı bir radikal elde etmek için oluşan bileşikler olup (Choe vd, 2005), sıvı ve katı yağlardaki oksidatif değişimin belirlenmesi için kullanılmaktadır (Farhoosh vd, 2008). Oleojel örnekleri ve mısır yağına ait, 60 günlük depolama boyunca değişen konjuge dien değerleri Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örnekleri ve mısır yağına ait depolama süresince belirlenen konjuge dien değerleri

Örnekler	Konjuge dien (%)		
	Depolama Süresi (gün)		
	0	30	60
Mısır yağı	0.31±0.10 <sup>eA</sup>	0.30±0.02 <sup>dA</sup>	0.39±0.02 <sup>fA</sup>
%6	0.93±0.52 <sup>dA</sup>	1.25±0.10 <sup>cA</sup>	1.29±0.64 <sup>cA</sup>
%7	1.70±0.49 <sup>bcA</sup>	1.51±0.03 <sup>bcA</sup>	1.45±0.11 <sup>deA</sup>
%8	1.44±0.31 <sup>cdA</sup>	2.09±0.75 <sup>aA</sup>	1.89±0.25 <sup>cdA</sup>
%10	2.63±0.06 <sup>aA</sup>	1.25±0.39 <sup>cB</sup>	2.33±0.04 <sup>bcA</sup>
%12	2.24±0.39 <sup>abAB</sup>	1.86±0.18 <sup>abB</sup>	2.62±0.20 <sup>abA</sup>
%15	2.06±0.22 <sup>bbB</sup>	2.37±0.01 <sup>abB</sup>	3.04±0.28 <sup>aA</sup>

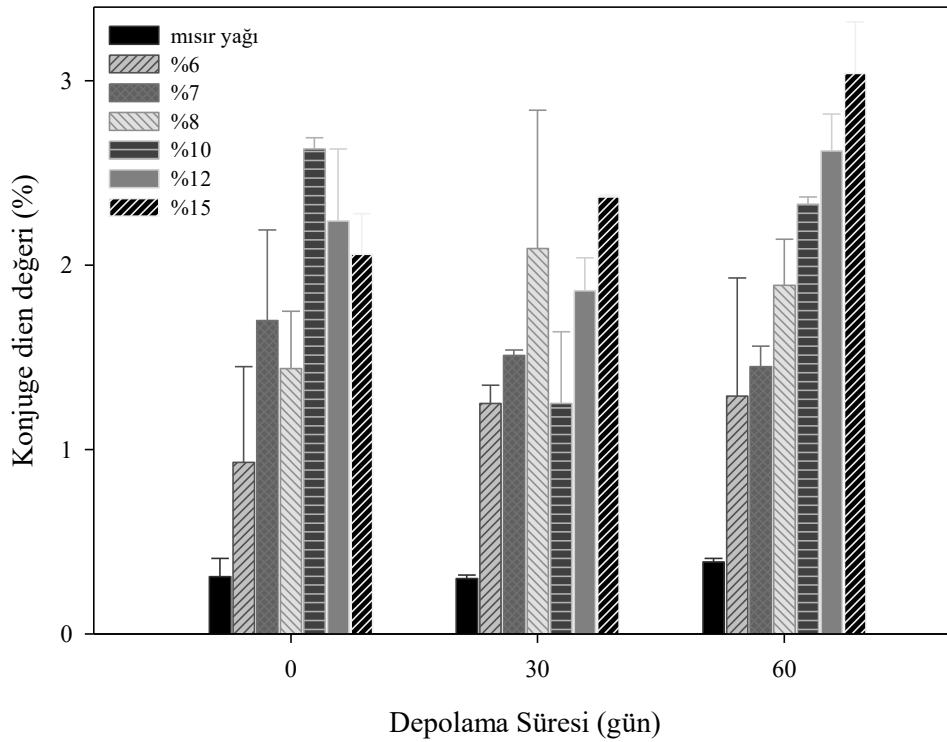
\*Ortalama±standart sapma. a-f: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı konsantrasyonda oleojeller arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-B: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Depolamanın ilk gününde farklı oleojelatör konsantrasyonlarına sahip oleojel örneklerinin konjuge dien değerleri %0.93±0.52 ile %2.63±0.06 arasında değişmiştir. Mısır yağı, depolamanın ilk gününde %0.31±0.10 ile oleojel örneklerinden önemli derecede düşük konjuge dien değeri göstermiştir (p<0.05). Aradaki bu farkın, yukarıda belirtildiği gibi oleojel oluşumu sırasında, yağların maruz kaldığı yüksek sıcaklıktan (~95 °C) kaynaklandığı düşünülmektedir. Konu ile ilgili mevcut çalışmalar incelendiğinde, orizanol-sitosterol bazlı oleojellerin konjuge dien değerlerinin belirlendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, farklı doğal mumlar kullanılarak balık yağı oleojeli oluşturulan bir çalışmada, yeni üretilmiş oleojel

örneklerinin konjuge dien değerlerinin %1 ile %2 arasında bulunduğu tespit edilmiştir (Hwang vd, 2018).

30. ve 60. günlerde oleojel örneklerinin konjuge dien değerleri sırasıyla, %1.25±0.10 ile 2.37±0.01 ve %1.29±0.64 ile 3.04±0.28 arasında değişmiştir. Bu iki depolama gününde, mısır yağının konjuge dien değeri ise yine sırasıyla, %0.30±0.02 ve %0.39±0.02 olarak bulunmuş ve bu değerlerin tüm oleojel örneklerinden önemli derecede düşük olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Her iki günde de en yüksek konjuge dien değerine sahip olan oleojel örneğinin %15'lik örnek olduğu belirlenmiştir. 30. günde %8 ve %12'lik örneklerin, 60. günde ise sadece %12'lik örneğin konjuge dien değerlerinin de %15'lik örneğe benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Bu durum daha önce de değinildiği gibi, artan oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak yükselen oleojel oluşum süresi ile ilişkilendirilebilir. Düşük oleojelatör konsantrasyonuna sahip oleojellerin, oluşum sürecinde daha az süre ile sıcaklığa maruz kalması, daha düşük konjuge dien değerlerine sahip olmasına sebep olmuş olabilir.



Şekil 4.3. Yağ örneklerinin konjuge dien değerlerinin depolama süresince değişimi

60 gün depolanan mısır yağı ve oleojel örneklerinin konjuge dien değerlerinin depolama boyunca gösterdiği değişim Şekil 4.3.'te verilmiştir. 60 günlük depolama süresinin, örneklerin konjuge dien değerleri üzerinde istatistik olarak etkisiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Oleojel örnekleri ve mısır yağı için, depolama süresince ölçülen konjuge dien değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

#### 4.1.4. Termal Özellikler

Katı yağlar için, erime ve kristalizasyon davranışları oldukça önemli unsurlardır. Bu nedenle, hazırlanan oleojellerin termal özellikleri DTK ile ölçülmüş ve termal parametreler (erime ve soğuma için başlama sıcaklıkları, tepe sıcaklıkları ve entalpileri) elde edilen termogramlardan (Şekil 4.4. ve 4.5.) hesaplanarak Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örnekleri ve hayvansal yağa ait termal özellikler

Örnekler	Soğuma			Erime		
	T <sub>k</sub> (°C)	T <sub>kt</sub> (°C)	ΔH (J/g)	T <sub>e</sub> (°C)	T <sub>et</sub> (°C)	ΔH (J/g)
Hayvansal yağ	31.18±0.06 <sup>a</sup>	24.39±0.00 <sup>a</sup>	-21.46±0.02 <sup>a</sup>	38.62±0.00 <sup>d</sup>	45.82±0.01 <sup>d</sup>	21.13±0.04 <sup>a</sup>
%6	-	-	-	-	-	-
%7	-	-	-	-	-	-
%8	-	-	-	-	-	-
%10	-	-	-	62.55±0.03 <sup>a</sup>	68.83±0.00 <sup>c</sup>	0.66±0.01 <sup>d</sup>
%12	-	-	-	56.88±0.00 <sup>b</sup>	70.75±0.00 <sup>b</sup>	1.93±0.04 <sup>c</sup>
%15	30.07±0.06 <sup>b</sup>	28.09±0.00 <sup>b</sup>	-2.00±0.10 <sup>b</sup>	49.01±0.15 <sup>c</sup>	78.58±0.00 <sup>a</sup>	3.55±0.36 <sup>b</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-f: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı yağ örnekleri arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

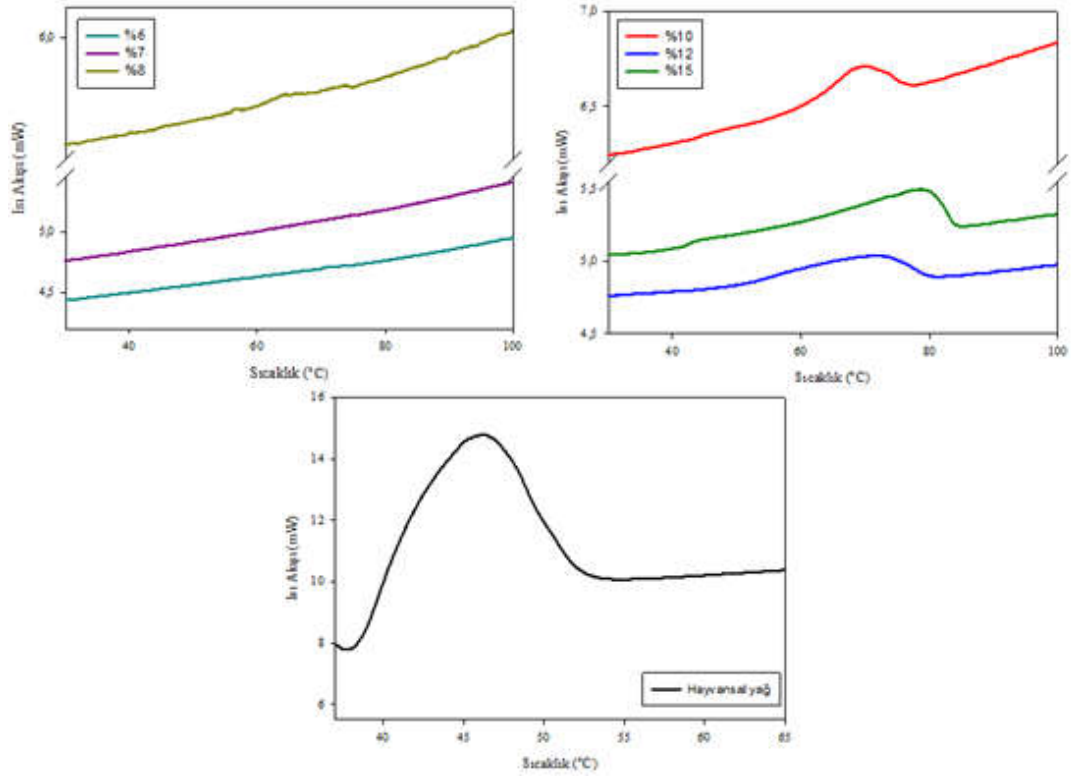
T<sub>k</sub>: Katılma başlama sıcaklığı, T<sub>kt</sub>: Katılma tepe sıcaklığı

T<sub>e</sub>: Erime başlama sıcaklığı, T<sub>et</sub>: Erime tepe sıcaklığı

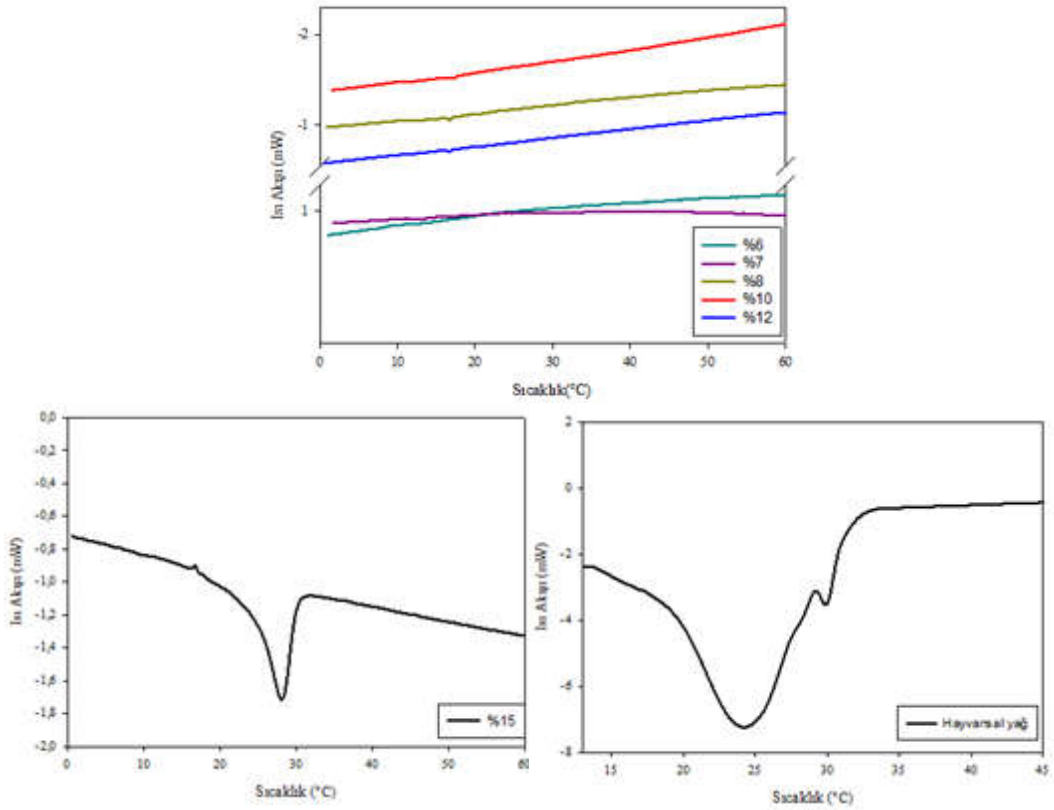
Termal parametreler değerlendirildiğinde, oleojelatör konsantrasyonu arttıkça erime sıcaklığının ve erime için gereken enerjinin arttığı görülmüştür. Yapılan bir çalışmada, oleojelatörlerin oluşturduğu nano boyuttaki tübül yapıların, yapılanma kapasitesinin düşmesine bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda eridiği bildirilmiştir (Bot vd, 2008). %6, %7 ve %8 oranında jelleştirme ajanı içeren oleojel örneklerinde erime piki gözlemlenemediği için, örneğe ait termal parametreler hesaplanamamıştır. Bunun dışındaki oleojel örneklerinin erime sıcaklıkları 68.83±0.00 ile 78.58±0.00 °C arasında



değişmekte olup, aralarında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Yine aynı örneklerin erime entalpileri  $0.66\pm 0.01$  ile  $3.55\pm 0.36$  J/g arasında değişmiş ve aralarında anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Sawalha vd (2011) tarafından yapılan benzer bir çalışmada da, aynı oleojelatörlerin farklı konsantrasyonları ile oluşturulan ayçiçek yağı oleojellerinin erime sıcaklıklarının  $59.85$  ile  $80.85$  °C arasında değiştiği bildirilmiştir. Literatür verilerinden elde edilen sonuçlar ile çalışma bulguları benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra, frankfurter üretiminde kontrol grup bileşiminde kullanılan hayvansal yağın da termal özellikleri belirlenmiş ve tüm oleojel örnekleri ile arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0.05$ ).



Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ve hayvansal yağa ait diferansiyel taramalı kalorimetre termogramı (erime)



Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonda oleojelator kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ve hayvansal yağa ait diferansiyel taramalı kalorimetre termogramı (soğuma)

Soğuma eğrisi ile ilgili parametreler, sadece hayvansal yağ ve %15 oleojelator konsantrasyonuna sahip oleojel için heplanabilmıştır. %15'lik oleojelin katılma sıcaklığının  $28.09 \pm 0.00$  °C, katılma için gereken enerji değerinin ise  $-2.00 \pm 0.10$  J/g olduğu tespit edilmiştir. Hayvansal yağın katılma sıcaklığı  $24.39 \pm 0.00$  °C, bunun için gereken enerji ise  $-21.46 \pm 0.02$  J/g olarak belirlenmiştir. Hayvansal yağ ve %15'lik oleojelin katılma sıcaklık ve entalpi değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Diğer oleojel örneklerinin soğuma eğrilerinde, kristalizasyonu işaret edecek bir pik elde edilememiştir (Şekil 4.5.). Bu durum, söz konusu oleojellerin yarı kararlı (metastable) olması ile açıklanabilmektedir. Yapılan bir tez çalışmasında  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol karışımının jelleştirme ajanı olarak kullanıldığı kanola yağı oleojellerinin bazı konsantrasyonlarında aynı durumla karşılaşıldığı bildirilmiştir. Bu yarı kararlı durum, eş zamanlı ısınma-soğuma eğrisinde, soğuma kısmında kristallenme eğrisi gözlemlenmezken, ısınma döngüsünde endotermik bir pikin varlığı olarak yorumlanmıştır (AlHasawi ve Rogers, 2013). Ayrıca fitosterol ve orizanol gibi düşük molekül ağırlıklı oleojelatorler (Rogers, 2011;

Sawalha vd, 2012) tarafından oluşturulan oleojellerin kristallenmeye meyilli olmaları, oleojelin yarı kararlı halde olmasına yol açmaktadır (Carrancá Palomo vd, 2017).

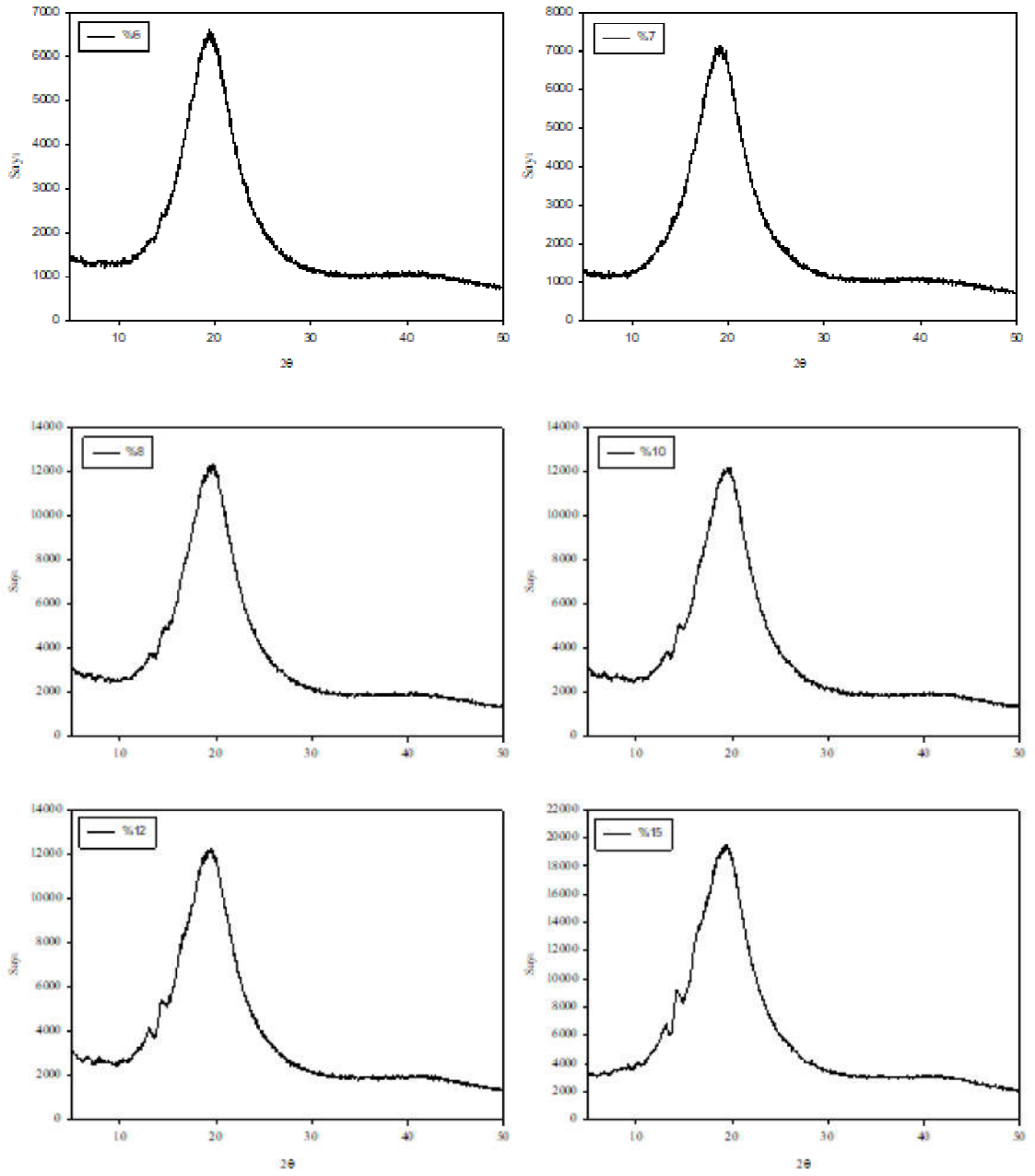
Literatürde bulunan başka bir çalışmada ise ayçiçek yağı monogliserit ve fitosterol karışımı ile jel haline getirilmiş ve örneklerin termal özellikleri incelenmiştir. Oluşan oleojellerin soğuma eğrisinde, kristalizasyon piki gözlemlenmemiş ve bu durumun, oleojelatör olarak kullanılan maddelerin kristallenmesinin başlaması için ek izotermal zamana ihtiyaç duyduğu bildirilmiştir (Bin Sintang vd, 2017).

#### **4.1.5. XRD Analizi**

Örneklere ait XRD difraktogramları (Şekil 4.6.), oleojellerin kristal morfolojisiyle ilgili bilgi sağlamaktadır (Fayaz vd, 2016).

Farklı konsantrasyonlarda  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol kullanılarak hazırlanmış oleojellerin kristal yapılarını belirlemek amacıyla, XRD analizi gerçekleştirilmiş ve spektrumlar Şekil 4.6.'da verilmiştir. Elde edilen XRD spektrumları birbirleri ile benzerlik gösterip, oleojelatör konsantrasyonu arttıkça  $2\Theta=13^\circ$  ve  $2\Theta=14^\circ$ 'de oluşan piklerin büyüklüğü ve keskinliğinin arttığı görülmüştür. Spektrumlarda  $13-14^\circ$  civarında elde edilen bu iki pikin, karışık bir kristalin fazın meydana geldiğini gösteren amorf tepeler olduğu bildirilmiştir (Martins vd, 2019). Spektrumlarda  $2\Theta=19^\circ$  ( $d=4.6$  Å) civarında görülen ve yağ fazı ile ilişkili olan pik, daha önce yapılan çalışmalardan sitosterol-orizanolün ayçiçek yağı ile oluşturduğu oleojellerde de belirlenmiştir (Bot vd, 2009b; Martins vd, 2019).

Oleojellere ait XRD spektrumları ve pik sinyalleri (Şekil 4.6.), Bot vd (2009a) tarafından yapılan çalışmadaki  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol oleojellerine ait XRD difraktogramlar ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonda oleojelator kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ait XRD desenleri

#### 4.1.6. Tekstürel Özellikler

Hazırlanan oleojel örneklerinin tekstürel özelliklerine ait bilgiler Tablo 4.5.'te verilmiştir. Sertlik (hardness veya firmness), ticari şorteninglerin ve yapılandırılmış yağların en önemli fonksiyonel özelliklerinden biridir (Yang vd, 2017).

Tablo 4.5. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerinin tekstürel özellikleri

Örnekler	Tekstürel Özellikler			
	Sertlik (N)	Dış yapışkanlık (N.mm)	İç yapışkanlık	Yayılabirlik (N.mm)
%6	44.97±11.20 <sup>d</sup>	-1.75±0.59 <sup>a</sup>	-0.040±0.01 <sup>c</sup>	230.63±79.65 <sup>d</sup>
%7	63.97±2.06 <sup>cd</sup>	-2.27±0.39 <sup>a</sup>	-0.033±0.01 <sup>bc</sup>	289.21±33.73 <sup>cd</sup>
%8	83.63±4.78 <sup>c</sup>	-2.45±0.33 <sup>a</sup>	-0.030±0.00 <sup>bc</sup>	382.22±36.29 <sup>c</sup>
%10	85.76±18.42 <sup>c</sup>	-2.39±0.18 <sup>a</sup>	-0.030±0.01 <sup>bc</sup>	365.21±38.86 <sup>c</sup>
%12	150.70±3.89 <sup>b</sup>	-3.07±1.77 <sup>a</sup>	-0.020±0.01 <sup>ab</sup>	549.64±77.26 <sup>b</sup>
%15	187.54±35.27 <sup>a</sup>	-1.47±0.69 <sup>a</sup>	-0.007±0.01 <sup>a</sup>	655.53±55.63 <sup>a</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı konsantrasyonda oleojeller arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

$\beta$ -sitosterol ve  $\gamma$ -orizanolan oluşturduğu oleojellerin, yüksek sertlik değerlerine sahip güçlü bir jel ağ yapısı oluşturduğu bilinmektedir (Bin Sintang vd, 2017; Sawalha vd, 2015). Oleojel örneklerinin sertlik değerleri 44.97±11.20 ile 187.54±35.27 N arasında değişmiştir. En yüksek sertlik değerinin (187.67±35.27 N), oleojelatör konsantrasyonu en yüksek olan %15'lik oleojel örneğine ait olduğu (p<0.05) ve en düşük sertlik değerinin ise 44.97±11.20 N ile %6'lık oleojel örneğine ait olduğu ve %6 ile %7'lik oleojeller arasında benzerlik olduğu (p>0.05) belirlenmiştir. %8 ve %10 konsantrasyonlu oleojellerin sertlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken (p>0.05), bu örnekler ile diğer örneklerin sertlik değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Bu beklenen davranış, mevcut molekül sayısının artmasının daha güçlü bir matrise sahip ağ oluşumuna sebep olmasıyla açıklanmaktadır (Bot vd, 2008; Davidovich-Pinhas vd, 2015). Aynı oleojelatör karışımı kullanılarak yapılan bir çalışmada, ayçiçek yağı içerisinde toplam %10 ve %20 sterol (oleojelatör) bulunan oleojellerin sertlik dereceleri belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak, sertlik değerlerinin yaklaşık 40 ile 100 N arasında değiştiği ve sterol konsantrasyonu arttıkça sertlik değerinin de önemli derecede (p<0.05) arttığı rapor edilmiştir (Moschakis vd, 2016).

Farklı yağlar kullanılarak oluşturulan  $\gamma$ -orizanolan- $\beta$ -sitosterol oleojellerinin sertlik derecelerinin belirlendiği başka bir çalışmada ise, sertlik derecelerinin, kullanılan oleojel konsantrasyonu ve yağ çeşidine bağlı olarak 0.03 ile 134 N arasında değiştiği ve sterol konsantrasyonu arttıkça sertlik değerinin de arttığı rapor edilmiştir

(Calligaris vd, 2013b). Oleojel sertliğinin, depolama sıcaklığı, oleojelatör bileşimi ve kristallik derecesi gibi bazı koşullardan etkilendiği de bildirilmiştir (Han vd, 2014).

Dış yapışkanlık, örnek yüzeyi ile örneğin temas ettiği prob yüzeyi arasındaki çekim kuvvetlerine karşı koyabilmek için gerekli olan iş olarak tanımlanır (Bourne, 1978). Farklı oleojelatör konsantrasyonlarına sahip oleojel örneklerinin dış yapışkanlık değerlerinin  $-3.07 \pm 1.77$  ile  $-1.47 \pm 0.69$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Oleojel örneklerinin dış yapışkanlık değerleri, kullanılan oleojelatör konsantrasyonundan etkilenmemiştir ( $p > 0.05$ ).

İç yapışkanlık, maddelerin iç bağlarının gücünü, dış etkilerden gelen hasara karşı direnme ve bütünlüğü koruma yeteneğini ifade etmektedir (Meng vd, 2018a). İç yapışkanlık değerleri ise  $-0.040 \pm 0.01$  ile  $-0.007 \pm 0.01$  arasında değişmiş olup, en düşük iç yapışkanlığa sahip örneğin %6'lık oleojel olduğu, %15'lik oleojel örneğinin ise en yüksek iç yapışkanlık değeri gösterdiği saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). %7, %8 ve %10 oleojelatör konsantrasyonuna sahip oleojel örneklerinin iç yapışkanlıkları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Benzer olarak, iki farklı konsantrasyonda (%8 ve %10)  $\beta$ -sitosterol ve  $\gamma$ -orizanol karışımı kullanılarak oluşturulan kanola yağı oleojellerinin, iç yapışkanlık değerleri arasında fark bulunmadığı bildirilmiştir (Ashkar vd, 2019).

Örneklerin yayılabilirlik değerlerinin  $230.63 \pm 79.65$  ile  $655.53 \pm 55.63$  arasında değiştiği ve sertlik değerleri ile paralellik gösterdiği saptanmıştır. Yayılabilirlik, sertlik ve dış yapışkanlık ölçümleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Öğütçü ve Yılmaz, 2014). Bu nedenle sertlik değerlerine benzer olarak, örneklerin oleojelatör konsantrasyonun arttıkça, yayılabilmek için gerekli olan kuvvetlerin de arttığı görülmektedir. Yüksek yayılabilirlik değerlerinin, örneğin deforme olması ve yayılması için gereken kuvvetin yüksekliğini gösterdiği bildirilmiştir (Ningtyas vd, 2017). Buna bağlı olarak beklendiği üzere en fazla sertlik değeri gösteren örnek olan %15'lik oleojelin yayılabilmek için ihtiyacı olan kuvvetin en yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). En kolay yayılabilen oleojel örneğinin %6'lık oleojel olduğu ve %7'lik oleojel ile istatistiki olarak benzerlik gösterirken ( $p > 0.05$ ), diğer örneklerle arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). %7, %8 ve %10'luk oleojel örneklerinin yayılabilmek için ihtiyaç duydukları kuvvetler sırasıyla  $289.21 \pm 33.73$ ,  $382.22 \pm 36.29$  ve  $365.21 \pm 38.86$  N.mm olduğu ve örneklerin yayılabilirlik değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). %12 oleojelatör konsantrasyonuna sahip

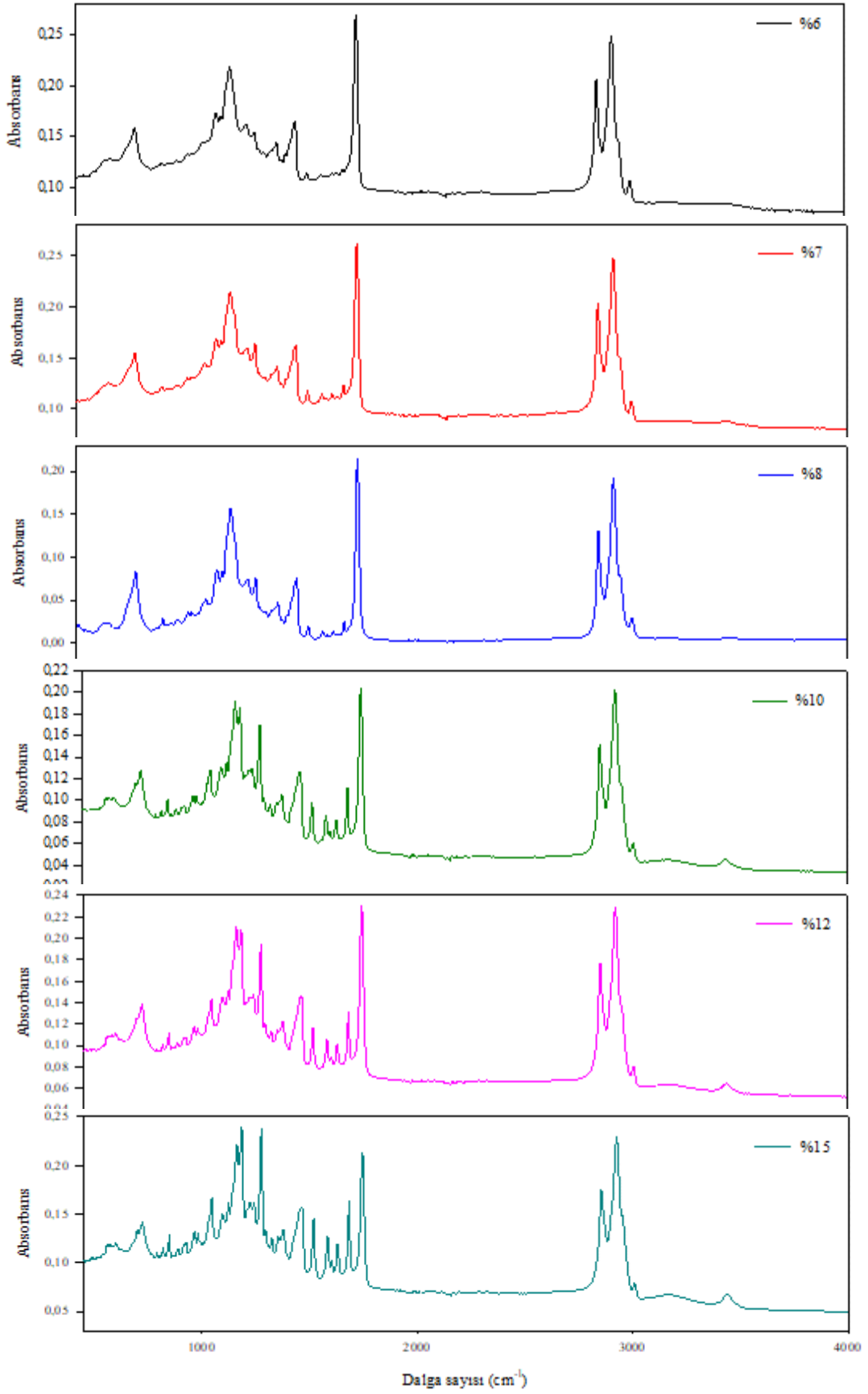
oleojel örneğinin yayılabilirlik değeri ise  $549.64 \pm 77.26$  N.mm olarak ölçülmüş ve diğer örneklerden önemli derecede farklı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

#### 4.1.7. FTIR Analizi

FTIR spektroskopisi, moleküller arasındaki hidrojen bağ oluşumunu doğrulamak için kullanılan güçlü bir tekniktir (Yang vd, 2017). Bu nedenle oleojel bileşen etkileşimleri hakkında bilgi edinmek için FTIR spektroskopisi kullanılmıştır. Oleojel örnekleri ve saf oleojel bileşenlerine ait FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de verilmiştir.

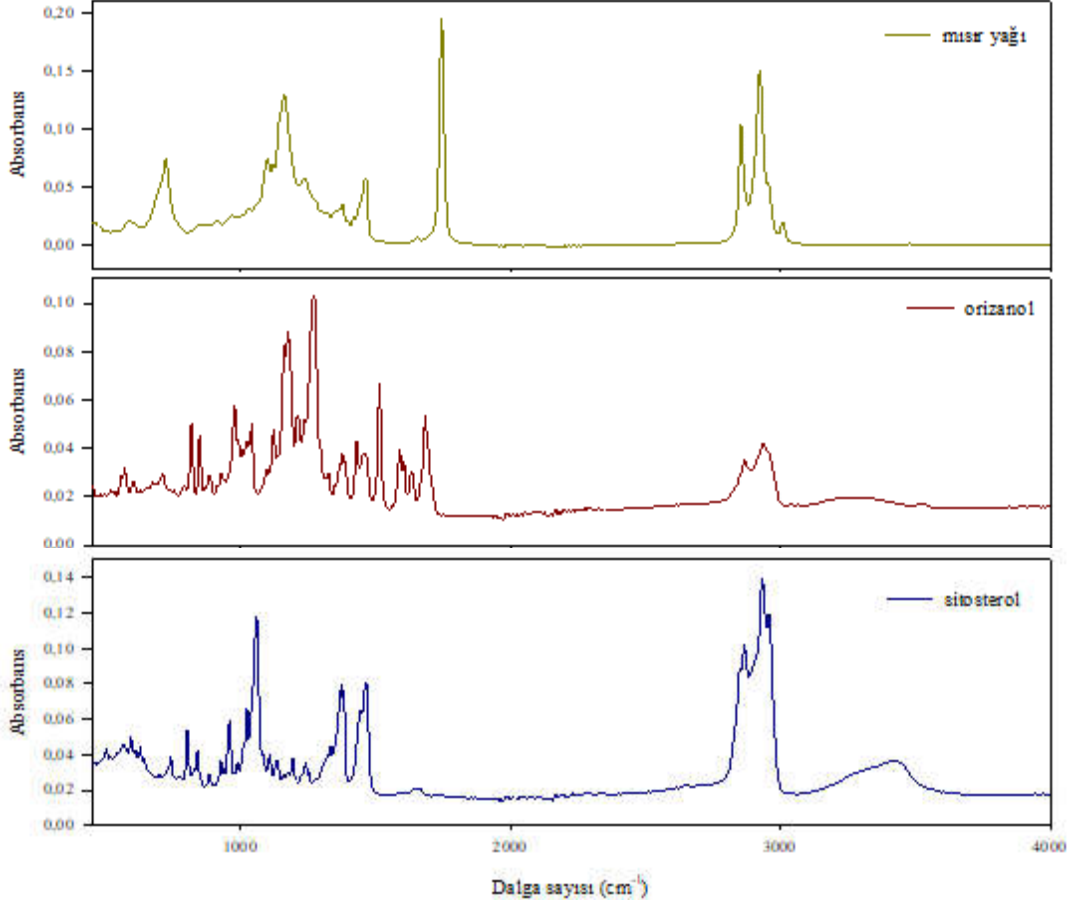
Hidroksil gruplarının kimyasal durumunu, FTIR spektrumunun 3000 ile 3800  $\text{cm}^{-1}$  arasında tepe noktaları belirlemektedir. 3000 ile 3550  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki geniş pik spesifik olmayan hidrojen bağlanmasının göstergesiyken, yaklaşık 3450  $\text{cm}^{-1}$ 'de beliren keskin pik,  $\beta$ -sitosterol ile ilişkili olup, oldukça spesifik bir hidroksil-hidroksil etkileşiminin veya serbest bir hidroksil grubunun varlığını göstermektedir (Han vd, 2014; Lin-Vien vd, 1991; Rogers, 2011; Rogers vd, 2010). Oleojel spektrumlarında görülen yaklaşık 3000  $\text{cm}^{-1}$ 'de beliren absorpsiyon piki, mısır yağında bulunan C-H gerilmesinden kaynaklanmaktadır. 2923 ve 2854  $\text{cm}^{-1}$ 'de gözlemlenen piklerin de yine mısır yağında bulunan  $\text{CH}_3$  ve  $\text{CH}_2$  gruplarının C-H gerilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Meng vd, 2018b).

Elde edilen FTIR spektrumlarında, artan oleojelatör konsantrasyonu ile birlikte genişleyen ve hidrojen bağlanmasını ifade eden bir pik görülmektedir (Şekil 4.7.). Spektrumun 3000 ile 3500  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki bandında yer alan bu pikin, orizanol ile sitosterolün arasında bulunan ve saf bileşiklerin kristallenmesinde olduğu gibi paralel şeklinde değil de, kıvrılarak merdiven benzeri bir yapı oluşmasını sağlayan hidrojen bağlanması olduğu düşünülmektedir (Bot ve Flöter, 2011; Perneti vd, 2007b).



Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonda oleojelator kullanılarak hazırlanan oleojel örneklerine ait FTIR spektrumları





Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonda oleojelatör kullanılarak hazırlanan oleojel bileşenlerine ait FTIR spektrumları

Oleojel spektrumlarında (Şekil 4.7.)  $1276\text{ cm}^{-1}$ 'de görülen ve oleojelatör konsantrasyonu arttıkça şiddeti artan pikin, C–O gerilme şiddetine ait olduğu bildirilmiştir (Durazzo vd, 2018). Aynı gerilime ait pik, Şekil 4.8.'de verilmiş olan  $\gamma$ -orizanol spektrumunda da  $1271\text{ cm}^{-1}$ 'de belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada elde edilen  $\beta$ -sitosterol,  $\gamma$ -orizanol ve bu bileşenler kullanılarak oluşturulan ayçiçek yağı oleojellerine ait FTIR spektrumlarının da çalışmamızla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (den Adel vd, 2010).

Bunun dışında sonuçlar değerlendirildiğinde, farklı oleojelatör konsantrasyonları ile hazırlanan oleojel örneklerinin ve mısır yağının FTIR spektrumlarında belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Oleojellere ait spektrumlardaki absorpsiyon pikleri, kullanılan bileşenlerin fonksiyonel gruplarına karşılık geldiğini göstermiştir. Bu durum, oleojel bileşenleri arasında herhangi bir kimyasal etkileşim olmadığını ve jelin kendiliğinden oluşan veya yapı bloklarına dayalı moleküler etkileşimleri ile oluşabilmiş olduğunu göstermektedir (Patel, 2017).

Yaptığımız çalışmaya benzer olarak, Yang vd (2017) tarafından yapılan araştırmada, stearik asit ve  $\beta$ -sitosterol ile oluşturulan oleojel örneklerinin FTIR sonuçları da benzer yapılanmayı ortaya koymuştur.

#### 4.2. Oleojel Emülsiyonu Analiz Sonuçları

Mısır yağı oleojeli, su fazı, sodyum kazeinat ve keten tohumu gamı ile oluşturulan oleojel emülsiyonunun görüntüsü Şekil 4.9.'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Sodyum kazeinat ve keten tohumu gamı ile oluşturulan oleojel emülsiyonu

Elde edilen oleojel emülsiyonunun +4 °C ve +25 °C'de 30 gün depolanması amaçlanmıştır. Depolama boyunca emülsiyon örneklerine 15 günlük periyotlarla (0., 15. ve 30. gün) pH, konjuge dien/trien ve emülsiyon stabilitesi analizleri yapılmıştır. Depolamanın 15. gününde +25 °C'de depolanan emülsiyon örneğinin kırıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.10.). Bu nedenle analizlere sadece +4 °C'de depolanan emülsiyon örneği ile devam edilmiştir.



Şekil 4.10. +4 (b) ve +25°C (a) sıcaklıklarda depolanan oleojel emülsiyonlarına ait görüntüler (A: depolamanın 15. günü, B: depolamanın 30. günü)

30 günlük depolama süresince, oleojel emülsiyonuna ait pH, konjuge dien ve trien analizleri sonuçları Tablo 4.6. ve Tablo 4.7'de verilmiştir. Oleojel emülsiyonun

takip edilen özelliklerinin 30 günlük depolama süresinden etkilenmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolama sürecine  $6.84\pm 0.21$  pH değeri ile başlayan emülsiyon örneği, 15. günde  $6.82\pm 0.21$  ve depolamanın son gününde de  $7.07\pm 0.06$  pH değeri göstermiştir. Örneğin pH değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Tablo 4.6. +4 °C’de depolanan oleojel emülsiyonunun depolama süresince belirlenen pH değerleri

Oleojel Emülsiyonu pH Değerleri			
	0.gün	15.gün	30.gün
pH	$6.84\pm 0.21$	$6.82\pm 0.21$	$7.07\pm 0.06$

\*Ortalama±standart sapma

Emülsiyon örneklerinin birincil oksidasyon özelliklerini ifade etmek için konjuge dien ve trien ölçümleri yapılmıştır (Tablo 4.7.). Konjuge dien ve trien değerleri % ve mmol hidroperoksit/kg örnek olarak iki şekilde hesaplanmıştır. Örneklerin konjuge dien değerleri  $\%0.50\pm 0.06$  ile  $0.56\pm 0.10$  ( $25.19\pm 2.50$  ile  $28.38\pm 4.43$  mmol/kg örnek) arasında, konjuge trien değerleri ise  $\%0.16\pm 0.01$  ile  $0.17\pm 0.00$  ( $9.97\pm 0.82$  ile  $10.62\pm 1.98$  mmol/kg örnek) arasında değişmiştir. Hem konjuge dien hem de konjuge trien değerinin, 30 günlük depolama süresinden etkilenmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Bu sonuç, elde edilen oleojel emülsiyonlarının, +4 °C’de 30 gün süreyle oksidatif olarak stabil olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.7. +4 °C’de depolanan oleojel emülsiyonunun depolama süresince belirlenen konjuge dien ve trien değerleri

Oleojel Emülsiyonu Konjuge dien/trien Değerleri			
	0.gün	15.gün	30.gün
Konjuge dien (%)	$0.56\pm 0.10$	$0.53\pm 0.04$	$0.50\pm 0.06$
mmol/kg	$28.38\pm 4.43$	$27.21\pm 1.56$	$25.19\pm 2.50$
Konjuge trien (%)	$0.17\pm 0.00$	$0.16\pm 0.01$	$0.16\pm 0.02$
mmol/kg	$10.62\pm 1.98$	$10.21\pm 0.64$	$9.97\pm 0.82$

\*Ortalama±standart sapma

Depolama boyunca emülsiyon örneklerinden herhangi bir sıvı ayrımı gözlemlenmediği için emülsiyon stabilitesi sonuçları verilmemiştir. Stabil emülsiyon, raf ömrü boyunca meydana gelecek değişikliklere karşı direnç gösteren bir sistem

olarak tanımlanmaktadır (McClements, 2015). Çalışmamızda, %2 oranında sodyum kazeinat ve %1 oranında keten tohumu gamı ile oluşturulan emülsiyon örneklerinde, 30 günlük depolama boyunca yağ-su ayrılması gözlemlenmemiştir. Emülsiyonlar oluşturulurken kullanılan sodyum kazeinat, yüksek emülsifiye edici ve emülsiyon stabilize edici özelliklere sahip olan, gıda işleme için kullanılan ve piyasada en çok bulunan protein bileşenlerinden biridir. Genel olarak içerdiği fosfoproteinlerde bulunan hidrofobik ve hidrofilik bölgeler nedeniyle su-yağ ara yüzeyinde hızla emilebilmekte, kalın bir stabilize edici tabakanın hızlı bir şekilde kurulmasını kolaylaştırmakta ve yeni oluşan damlaları birleşmeye karşı korumaktadır (Dickinson, 1999; Hu vd, 2003). Fakat tek başına kazeinat ile stabilize edilen emülsiyonlar, asidifikasyon durumunda kararsız hale geçebilmektedir (Dickinson, 2006). Stabilize edici ajanlar olarak polisakkaritlerin kullanımıyla, farklı protein-polisakkarit etkileşimleriyle, çeşitli olumsuz koşullarla meydana gelebilecek damlacık kümelenmesini engelleyen, protein kaplı damlacıklar etrafında daha kalın bir stabilize edici tabaka oluşumunu sağlamaktadır (Liu vd, 2007; Surh vd, 2006). Bu nedenle, emülsiyon oluşumuna dahil edilen, keten tohumu gamı ise, iyi su tutma kapasitesine sahip olan anyonik bir polisakkarittir (Chen vd, 2006). Keten tohumu gamının da, ksantan gam ve pektin gibi diğer anyonik polisakkaritlere benzer olarak emülsiyon stabilitesini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir (Zhao vd, 2015). Ayrıca,  $\gamma$ -orizanol ve fitosterollerin emülsiyonları yapılandırabildiği de bildirilmiştir (Moschakis vd, 2016). Orizanol ve sitosterol belirli koşullar altında sulu fazda da fibril yapı oluşturabilmektedir. Fitosterollerin su fazındaki kristalizasyonu emülsifikasyon sırasında ve sonrasında gerçekleşmektedir (Duffy vd, 2009).

Çalışmamızın sonuçlarına benzer olarak %2.5 sodyum kazeinat ve %1.2 hidroksipropil metil selüloz içeren emülsiyon örneğinin emülsiyon stabilitesi indeksi %100 bulunmuştur. Bu yüksek stabilitenin, damlacık yüzeyindeki sodyum kazeinat tabakasının üstünde ikinci bir kalın tabaka halinde bulunan hidroksipropil metil selülozun adsorbsiyonu ile ilgili olduğu bildirilmiştir (Alizadeh vd, 2019). Yapılan başka bir çalışmada, benzer sonuçlar elde edilmiş ve sadece sodyum kazeinat ile stabilize edilmiş emülsiyonlarda, pH 6.0 ve 7.0'de, 1 ay depolama sonunda hiçbir serum ayrılması gözlemlenmemiştir. Bu durum, emülsiyon damlacıklarının çoğunun kremleşmeye direnecek kadar küçük olduğu ve depolama sırasında kümelenmedikleri şeklinde açıklanmıştır (Surh vd, 2006).

### 4.3. Sosis Hamur Analiz Sonuçları

Sosis üretimi için kuterde elde edilen hamurda pişirme işlemi öncesi pH, hamurdan ayrılan yağ-su, su aktivitesi ve renk analizleri yapılmıştır. Sosis hamurlarına ait pH, su aktivitesi, ayrılan yağ ve su miktarı ile renk değerleri Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Sosis hamurlarına ait pH, su aktivitesi, ayrılan jel-yag miktarı ve renk değerleri

Örnekler	pH	Su aktivitesi	Ayrılan jel-yag miktarı (%)	Renk		
				L*	a*	b*
KHY	6.21±0.13 <sup>a</sup>	0.931±0.002 <sup>a</sup>	3.65±0.40 <sup>b</sup>	57.96±5.45 <sup>b</sup>	22.59±1.12 <sup>a</sup>	16.53±0.97 <sup>b</sup>
KMY	6.26±0.11 <sup>a</sup>	0.927±0.002 <sup>b</sup>	8.01±1.95 <sup>a</sup>	60.89±2.48 <sup>b</sup>	19.69±1.80 <sup>a</sup>	19.00±2.01 <sup>a</sup>
OHY	6.31±0.06 <sup>a</sup>	0.930±0.001 <sup>a</sup>	4.18±0.39 <sup>b</sup>	67.96±3.19 <sup>a</sup>	21.77±1.99 <sup>a</sup>	17.84±1.46 <sup>ab</sup>
EHY	6.34±0.04 <sup>a</sup>	0.927±0.001 <sup>b</sup>	3.23±0.22 <sup>b</sup>	59.46±10.41 <sup>b</sup>	16.16±2.52 <sup>b</sup>	19.55±1.89 <sup>a</sup>
OLE	6.35±0.04 <sup>a</sup>	0.924±0.000 <sup>c</sup>	1.98±0.16 <sup>b</sup>	67.74±4.70 <sup>a</sup>	20.59±1.29 <sup>a</sup>	18.67±0.76 <sup>a</sup>
EMU	6.35±0.04 <sup>a</sup>	0.924±0.002 <sup>c</sup>	2.15±0.85 <sup>b</sup>	69.26±4.47 <sup>a</sup>	14.88±4.16 <sup>b</sup>	17.95±2.26 <sup>ab</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-c:(↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

Sosis hamurlarının pH değerleri 6.21±0.13 ile 6.35±0.04 arasında değişmiştir. Hamurlara ait pH değerlerinin önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür (Aktaş ve Gencelep, 2006). Farklı yağ içeriklerine sahip örneklerin ölçülen pH değerleri arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05). Soya yağı ve pirinç kepeği mumu ile oluşturulan olejelin, tavuk etinden yapılmış Bologna tipi sosislerde yağ ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada, sosis hamurlarının pH değerlerinin 6.52 ile 6.59 arasında değiştiği ve pH değerinin yağ ikamesinden etkilenmediği bildirilmiştir (Tarté vd, 2020). pH değerinin sosisin yapısını düzenleyen temel bir faktör olduğu bilinmektedir. Ürün yumuşaklığı problemini ortadan kaldırmak için, et hamurunun pH değerinin 6.0 veya üzerine çıkarılması tavsiye edilmiştir (Xiong vd, 1999).

Farklı yağ içeriklerine sahip sosis hamularının su aktivite değerleri, 0.924±0.002 ile 0.931±0.002 arasında değişmiştir. Sosis hamurları arasında en yüksek su aktivitesi değerlerine sahip olanların KHY ile OHY olduğu tespit edilmiş ve diğer örneklerle aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur (p<0.05).

Hamurdan ayrılan jel-yag miktarı, belirli bir sıcaklıkta emülsiyonlardan ayrılan toplam sıvı miktarını ifade etmektedir (Serdaroğlu vd, 2016). Pişirme esnasında

uygulanan ısıtma işlemi meydana gelen et proteininin denatürasyonu, su molekülleri ile protein arasındaki bağlanma kapasitesini azaltarak jel-yağ ayrılmasına neden olmaktadır (Jeong ve Han, 2019). Sosis örneklerinden ayrılan jel-yağ miktarlarının  $1.98 \pm 0.16$  ile  $8.01 \pm 1.95$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Bulunan sonuçlar, domuz derisi kullanılarak elde edilen oleojel ile formüle edilmiş sosislerde ölçülen değerler ile benzerlik göstermektedir (da Silva vd, 2019). Hamurdan en fazla sıvı ayrılan örneğin,  $8.01 \pm 1.95$  ile KMY olduğu belirlenmiş ve diğer sosis hamurlarından istatistiksel açıdan farklı olduğu görülmüştür ( $p < 0.05$ ). KMY örneği hariç tüm örneklerin sıvı ayrılması, et endüstrisinin kabul edilebilir seviyeleri içinde (%1-5) bulunmaktadır (Barbut ve Marangoni, 2019). Bologna tipi sosiste, kabak çekirdeği yağının kısmen hayvansal yağ yerine kullanıldığı bir çalışmada da, bitkisel sıvı yağ kullanılan örneklerde kontrol numunesine kıyasla daha fazla sıvı ayrıldığı rapor edilmiştir. Bu durumun, sosis emülsiyonu içindeki hayvansal yağın bir kısmının bozulmadan kalması ve böylece kas proteinlerinin daha fazla su tutmasına neden olması ile ilgili olabileceği belirtilmiştir (Uzlaşır vd, 2020). OLE örneği, en az sıvı ayrılan örnek olmasına rağmen diğer örneklerle arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Elde edilen sonuçlar, çalışma kapsamında oluşturulan oleojel veya oleojel emülsiyonlarının et emülsiyonlarında kısmen veya tamamen kullanımının emülsiyon stabilitesi açısından bir olumsuzluğa sebep olmadığını göstermektedir.

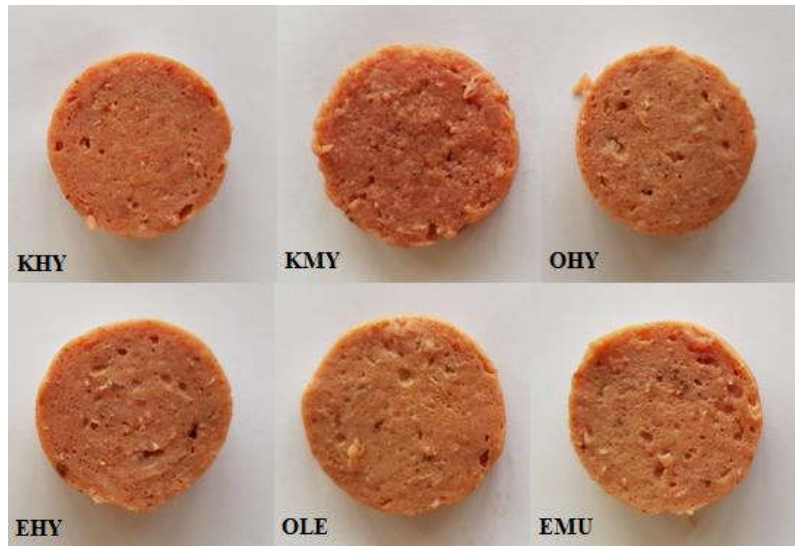
Pişmemiş sosis hamurlarının  $L^*$  değerlerinin  $57.96 \pm 5.45$  ile  $69.26 \pm 4.47$  arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek  $L^*$  değerine sahip olan EMU örneği ile OHY ve OLE örnekleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). EMU örneğinin yüksek  $L^*$  değeri göstermesi, formülasyonunda kullanılan oleojel emülsiyonunun beyaz renkli olmasından kaynaklanmaktadır. KHY, KMY ve EHY örneklerinin ise benzer  $L^*$  değerine sahip oldukları tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Hamurların  $a^*$  değerleri  $14.88 \pm 4.16$  ile  $22.59 \pm 1.12$  arasında,  $b^*$  değerleri ise  $16.53 \pm 0.97$  ile  $19.55 \pm 1.89$  arasında değişmiştir. Sosis hamurlarının sahip olduğu kırmızılık derecelerini gösteren  $a^*$  değerlerine bakıldığında, en kırmızı renkli hamurun KHY örneği ( $22.59 \pm 1.12$ ) olduğu, en az kırmızılık değerine sahip olan örneğin ise EMU örneği ( $14.88 \pm 4.16$ ) olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber, KMY, OHY ve OLE örneklerinin, kırmızılık değeri açısından hayvansal yağlı kontrol grubu ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kullanılan oleojel emülsiyonunun etkisiyle, emülsiyon içeren örnekler olan EHY ve

EMU örneklerine ait hamurların, daha az kırmızı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Hamurlar arasında en düşük sarılık değerine ( $b^*$ ) ( $16.53\pm 0.97$ ) sahip olan örneğin KHY olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ). Diğer tüm hamur örneklerinin ölçülen  $b^*$  değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

#### 4.4. Sosis Ürün Analiz Sonuçları

##### 4.4.1. Üretilen Sosisler

Farklı yağ içeriklerine sahip olan 6 sosis örneğinin kesit görüntüleri Şekil 4.11.'de verilmiştir. KHY, hayvasal yağ ile oluşturulan sosis örneğini; KMY, mısır yağı ile oluşturulan sosis örneğini; OHY, oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis örneğini; EHY, oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis örneğini, OLE, oleojel ile oluşturulan sosis örneğini ve EMU, oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis örneğini temsil etmektedir.



Şekil 4.11. Farklı formülasyonlarda üretilmiş sosislerin kesit görüntüleri

##### 4.4.2. Genel Bileşim

Üretilen sosislerde, üretimden hemen sonra yapılan nem, protein ve yağ analizi sonuçları Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Sosis örneklerinin nem değerleri  $\%55.36\pm 0.90$  ile  $\%60.67\pm 1.49$  arasında değişmiştir. En yüksek nem değeri KMY örneğinde tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). KMY ile KHY örneklerinin nem miktarları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Oleojel ve oleojel emülsiyonu içeren tüm sosis örnekleri ile hayvansal yağlı kontrol

grubu olan KHY örneğinin nem değerlerinin ise istatistiksel olarak benzer olduğu saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

Tablo 4.9. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait genel bileşim sonuçları

Örnekler	Genel Bileşim (%)				
	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Nem/Protein	Yağ/Protein
KHY	58.93±2.10 <sup>ab</sup>	14.16±1.17 <sup>a</sup>	17.67±1.36 <sup>b</sup>	4.18±0.33 <sup>a</sup>	1.26±0.20 <sup>bc</sup>
KMY	60.67±1.49 <sup>a</sup>	13.33±1.16 <sup>a</sup>	14.08±2.14 <sup>b</sup>	4.56±0.28 <sup>a</sup>	1.07±0.25 <sup>c</sup>
OHY	56.11±1.91 <sup>b</sup>	12.63±0.78 <sup>a</sup>	23.29±0.93 <sup>a</sup>	4.45±0.33 <sup>a</sup>	1.85±0.19 <sup>ab</sup>
EHY	55.44±1.21 <sup>b</sup>	11.83±0.70 <sup>a</sup>	23.67±0.48 <sup>a</sup>	4.67±0.17 <sup>a</sup>	2.00±0.80 <sup>a</sup>
OLE	56.48±3.96 <sup>b</sup>	11.09±1.58 <sup>a</sup>	23.65±1.01 <sup>a</sup>	5.13±0.53 <sup>a</sup>	2.16±0.40 <sup>a</sup>
EMU	55.36±0.90 <sup>b</sup>	13.85±1.99 <sup>a</sup>	22.00±2.83 <sup>a</sup>	4.04±0.65 <sup>a</sup>	1.62±0.44 <sup>abc</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-b:(↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

Örneklerin protein miktarları %11.09±1.58 ile % 14.16±1.17 arasında değişmiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Sosis örneklerinin içerdikleri yağ miktarlarının %14.08±2.14 ile %23.67±0.48 arasında değiştiği belirlenmiştir. KHY ve KMY örneklerinin yağ içeriklerinin, oleojel ve oleojel emülsiyonu içeren örneklerden önemli derecede az olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). OHY, EHY, OLE ve EMU örneklerinin yağ miktarları arasındaki farkların ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'ne göre, emülsifiye et ürünlerinde toplam et proteini kütleye en az %10, nem miktarının toplam et proteinine oranı 6.5'in altında ve yağ miktarının toplam et proteinine oranı 3.2'nin altında olmalıdır (Anonim, 2019a). Sosis örneklerinin nem/protein oranları 4.04±0.65 ile 5.13±0.53 arasında, yağ/protein oranları ise 1.07±0.25 ile 2.16±0.40 arasında değişmiştir. Bu değerlere göre, çalışma kapsamında üretilen Frankfurter tipi sosislerin tümü, Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'ne uygunluk göstermektedir.

#### 4.4.3. Yağ Asitleri Bileşimi

Oleojel ve oleojel emülsiyonu ile formüle edilmiş sosis örneklerine ve kontrol örneklerine ait yağ asidi bileşimleri Tablo 4.10.'da verilmiştir.



Tablo 4.10. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait yağ asidi bileşimi sonuçları

Yağ Asitleri	Yağ Asidi Bileşimi (%)					
	KHY	KMY	OHY	EHY	OLE	EMU
Laurik asit (C12:0)	3.42±0.35 <sup>a</sup>	2.77±0.06 <sup>b</sup>	1.35±0.07 <sup>c</sup>	1.21±0.04 <sup>c</sup>	1.07±0.04 <sup>c</sup>	1.16±0.00 <sup>c</sup>
Miristik asit (C14:0)	6.77±0.23 <sup>a</sup>	1.16±0.03 <sup>c</sup>	4.32±0.07 <sup>b</sup>	3.87±0.12 <sup>c</sup>	1.56±0.03 <sup>d</sup>	1.40±0.08 <sup>de</sup>
Miristoleik asit (C14:1)	1.87±0.26 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>c</sup>	1.02±0.09 <sup>b</sup>	1.06±0.01 <sup>b</sup>	0.42±0.01 <sup>c</sup>	0.37±0.04 <sup>c</sup>
Palmitik asit (C16:0)	30.22±0.09 <sup>a</sup>	17.58±0.22 <sup>c</sup>	25.65±0.70 <sup>b</sup>	24.99±0.28 <sup>b</sup>	20.48±0.12 <sup>c</sup>	19.21±0.12 <sup>d</sup>
Stearik asit (C18:0)	17.18±1.55 <sup>a</sup>	11.68±0.25 <sup>c</sup>	16.17±0.54 <sup>a</sup>	16.03±0.67 <sup>a</sup>	12.08±0.21 <sup>bc</sup>	13.79±0.73 <sup>b</sup>
Oleik asit (C18:1n9)	31.57±1.94 <sup>a</sup>	23.57±0.33 <sup>bcd</sup>	24.54±0.94 <sup>bc</sup>	26.18±1.07 <sup>b</sup>	22.19±0.37 <sup>cd</sup>	21.44±1.01 <sup>d</sup>
Linoleik asit (C18:2n6)	3.52±0.13 <sup>c</sup>	40.89±0.37 <sup>a</sup>	23.89±1.40 <sup>b</sup>	23.17±0.12 <sup>b</sup>	40.89±0.10 <sup>a</sup>	41.14±0.26 <sup>a</sup>
Linolenik asit (C18:3n3)	0.82±0.01 <sup>a</sup>	0.67±0.02 <sup>b</sup>	0.67±0.00 <sup>b</sup>	0.65±0.01 <sup>bc</sup>	0.62±0.01 <sup>cd</sup>	0.60±0.01 <sup>d</sup>
Diğer yağ asitleri	4.66±0.12 <sup>a</sup>	1.40±0.01 <sup>d</sup>	2.42±0.24 <sup>c</sup>	2.87±0.13 <sup>b</sup>	0.70±0.10 <sup>e</sup>	0.92±0.02 <sup>c</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-c:(→) Aynı satırdaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Sosislerin yağ asidi bileşimi, hayvansal yağ yerine kullanılan oleojel ve oleojel emülsiyonundan etkilenmiştir (p<0.05). KHY örneğinde, %31.57±1.94 ile oleik asit (C18:1), %30.22±0.09 ile palmitik asit (C16:0), ve %17.18±1.55 ile stearik asit (C18:0) yağ asitlerinin baskın olduğu belirlenmiştir. Diğer sosis örneklerinin yağ asidi bileşimi kendi aralarında benzer olmakla birlikte, hakim yağ asidi grubunun linoleik (C18:2), palmitik asit (C16:0), oleik (C18:1) ve stearik asit (C18:2) olduğu saptanmıştır. Etlerdeki kas ve yağ dokularının yağ asidi bileşimi, diyet, cins, kesim yaşı, vücut ağırlığı, cinsiyet gibi birçok faktörden etkilenebilir (Guler ve Aktumsek, 2011). Bu nedenle, literatürde sığır etleri ile yapılmış ürünlere ait farklı yağ asidi bileşimleri mevcuttur.

Örneklerin palmitik asit (C16:0) içerikleri değerlendirildiğinde, KHY örneğinin palmitik asit (C16:0) içeriği %30.22±0.09 ile diğer örneklerden önemli derecede yüksek bulunmuştur (p<0.05). En düşük palmitik asit (C16:0) içeren örneğin ise %17.58±0.22 ile KMY örneği olduğu belirlenmiştir (p<0.05). KHY örneğinin palmitik

asit (C16:0) içeriği, Guntarti vd (2019) tarafından yapılan çalışmadakinden düşük, Özer ve Çeleğen (2020) tarafından belirlenen miktardan ise yüksek olarak tespit edilmiştir.

Örneklerin stearik asit içerikleri (C18:0) %11.68±0.25 ile %17.18±1.55 arasında değişmiştir. En yüksek stearik asit (C18:0) içeriğine sahip olan örneğin KHY olduğu ve OHY, EHY örneklerinin stearik asit (C18:0) içerikleri ile arasında fark bulunmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Sosis örneklerinin sahip olduğu oleik asit (C18:1) miktarları %21.44±1.01 ile 31.57±1.94 arasında değişmiştir. KHY örneğinin oleik asit (C18:1) (%31.57±1.94) miktarının, sığır eti ile yapılan bazı çalışmalarda bulununan miktara benzer olduğu belirlenmiştir (Kaynakçı ve Kılıç, 2020; Özer ve Çeleğen, 2020). KHY örneğinin oleik asit (C18:1) miktarı, diğer örneklerden önemli derecede yüksek bulunmuştur (p<0.05). Tespit edilen linoleik (C18:2n6) asit miktarları %3.52±0.13 ile %41.14±0.26 arasında değişmiş ve hayvansal yağın oleojel veya oleojel emülsiyonu ile ikame edildiği yüzdeye bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermiştir (p<0.05). KHY örneğinde belirlenen linoleik asit miktarının diğer örneklerden önemli miktarda düşük olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). KMY, OLE ve EMU örneklerinin linoleik asit (C18:2) miktarları kendi aralarında, OHY ve EHY örneğinin linoleik asit (C18:2) miktarları ise kendi aralarında benzer bulunmuştur (p>0.05).

Tablo 4.11. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerinin yağ asidi bileşimlerine ait bazı oranlar

	KHY	KMY	OHY	EHY	OLE	EMU
ΣSFA	60.21±2.21 <sup>a</sup>	33.26±0.11 <sup>c</sup>	48.38±0.53 <sup>b</sup>	47.65±1.05 <sup>b</sup>	35.37±0.29 <sup>c</sup>	35.70±0.80 <sup>c</sup>
ΣMUFA	35.46±2.33 <sup>a</sup>	25.20±0.29 <sup>cd</sup>	27.07±0.86 <sup>bc</sup>	28.55±0.91 <sup>b</sup>	23.12±0.37 <sup>d</sup>	22.57±1.05 <sup>d</sup>
ΣPUFA	4.34±0.11 <sup>c</sup>	41.55±0.40 <sup>a</sup>	24.56±1.40 <sup>b</sup>	23.81±0.12 <sup>b</sup>	41.51±0.08 <sup>a</sup>	41.74±0.26 <sup>a</sup>
ΣUFA	39.79±2.21 <sup>c</sup>	66.75±0.11 <sup>a</sup>	51.63±0.53 <sup>b</sup>	52.36±1.05 <sup>b</sup>	64.64±0.29 <sup>a</sup>	64.31±0.80 <sup>a</sup>
PUFA/SFA	0.07±0.00 <sup>d</sup>	1.25±0.01 <sup>a</sup>	0.51±0.04 <sup>c</sup>	0.50±0.01 <sup>c</sup>	1.18±0.01 <sup>b</sup>	1.17±0.01 <sup>b</sup>
SFA/UFA	1.52±0.14 <sup>a</sup>	0.50±0.00 <sup>c</sup>	0.94±0.02 <sup>b</sup>	0.91±0.04 <sup>b</sup>	0.55±0.01 <sup>c</sup>	0.56±0.02 <sup>c</sup>
n-6	3.52±0.13 <sup>c</sup>	40.89±0.37 <sup>a</sup>	23.89±1.39 <sup>b</sup>	23.17±0.12 <sup>b</sup>	40.89±0.10 <sup>a</sup>	41.14±0.26 <sup>a</sup>
n-3	0.82±0.01 <sup>a</sup>	0.67±0.02 <sup>b</sup>	0.67±0.00 <sup>b</sup>	0.65±0.01 <sup>bc</sup>	0.62±0.01 <sup>cd</sup>	0.60±0.01 <sup>d</sup>
AI	1.53±0.11 <sup>a</sup>	0.38±0.01 <sup>c</sup>	0.86±0.03 <sup>b</sup>	0.80±0.04 <sup>b</sup>	0.43±0.00 <sup>c</sup>	0.41±0.01 <sup>c</sup>
TI	2.45±0.21 <sup>a</sup>	0.87±0.00 <sup>c</sup>	1.68±0.02 <sup>b</sup>	1.62±0.06 <sup>b</sup>	1.01±0.01 <sup>c</sup>	1.03±0.04 <sup>c</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d:(→) Aynı satırdaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Tablo 4.11., sosis örneklerinin yağ asidi bileşimleri kullanılarak belirlenmiş bazı toplam yağ asitleri miktarlarını, oran ve indeksleri göstermektedir. Beklenildiği gibi KHY örneğinin, toplam doymuş yağ asidi ( $\Sigma$ SFA) içeriğinin ( $\%60.21 \pm 2.21$ ) diğer örneklerden önemli derecede fazla olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). OHY ve EHY örneklerinin benzer  $\Sigma$ SFA içeriklerine sahip oldukları gözlemlenmiştir. KMY, OLE ve EMU örneklerinin, sırasıyla  $\%33.26 \pm 0.11$ ,  $\%35.37 \pm 0.29$  ve  $\%35.70 \pm 0.80$  ile en düşük  $\Sigma$ SFA içeriğine sahip olduğu ve aralarındaki farkın istatistiki açıdan anlamsız olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). KMY, OLE ve EMU örneklerinin  $\Sigma$ SFA içerikleri, KHY örneğine göre sırasıyla  $\%44.76$ ,  $\%41.25$  ve  $\%40.70$  oranında azalmıştır. Doymuş yağ içeriğindeki bu azalma,  $\%25$ 'ten fazla olduğu için, sosislere 'doymuş yağda azalma' özelliği kazandırabilir (Food ve Drug Administration, 2008). Sonuçlar, Frankfurter tipi sosiste hayvansal yağ yerine tamamen oleojel veya oleojel emülsiyonu kullanımının, doymuş yağ asidi içeriğini  $\%50$ 'ye yakın oranda azaltabileceğini göstermiştir.

Sosis örneklerinin toplam çoklu doymamış yağ asidi ( $\Sigma$ PUFA) miktarları  $\%4.34 \pm 0.11$  ile  $\%41.74 \pm 0.26$  arasında değişmiştir. En yüksek  $\Sigma$ PUFA değerine sahip olan örneklerin KMY, OLE ve EMU olduğu ve kendi aralarında farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Bu örneklerin  $\Sigma$ PUFA değerlerinin diğer örneklerden önemli derecede yüksek olduğu da tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Bu durum formülasyonlarda kullanılan mısır yağının sahip olduğu yüksek linoleik asit içeriği ile açıklanabilmektedir.

Toplam doymamış yağ asidi ( $\Sigma$ UFA) içeriklerine bakıldığında, en yüksek  $\Sigma$ UFA miktarına  $\%66.75 \pm 0.11$  ile KMY örneğinin sahip olduğu görülmektedir. OLE ve EMU örneklerinde ise sırasıyla  $\%64.64 \pm 0.29$  ve  $\%64.31 \pm 0.80$   $\Sigma$ UFA tespit edilmiş ve KMY örneği ile aralarındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). En düşük toplam doymamış yağ asidi ( $\%39.79 \pm 2.21$ ) içeriği ise KHY örneğinde tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

Güncel beslenme önerilerine göre insan diyetindeki toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin toplam doymuş yağ asitlerine ( $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA) oranının 0.45'in üzerinde, toplam doymuş yağ asitlerinin toplam doymamış yağ asitlerine ( $\Sigma$ SFA/ $\Sigma$ UFA) oranının 1.0'ın altında olması gerekmektedir. Ek olarak, insanların günlük enerjilerinin  $\%3$ 'ünü  $\Sigma$ PUFA'lardan sağlamaları önerilmektedir (Özer ve Çelegen, 2020). Hayvansal yağ yerine daha sağlıklı lipid kullanımı ile  $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA oranındaki

artış arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Bu orandaki artış, plazmadaki toplam kolesterolün azalmasıyla ilişkilendirilmiştir (McAfee vd, 2010).  $\Sigma$ SFA'nın  $\Sigma$ PUFA ile değiştirilmesi, toplam yağ tüketimini azaltmaktan çok, serum kolesterolü ve koroner kalp hastalıkları riskini azaltmada etkilidir (Hu vd, 2001). KHY örneğinin  $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA oranı ( $0.07\pm 0.00$ ) sağlıklı oran olan 0.45'in altındayken, diğer tüm örneklerin bu değer üstünde  $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA değerine sahip olduğu görülmüştür. En yüksek  $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA değerine sahip örneğin  $1.25\pm 0.01$  ile KMY olduğu belirlenmiştir. OLE ve EMU örneklerinin sırasıyla  $1.18\pm 0.01$  ve  $1.17\pm 0.01$   $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA değerine sahip olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Bu örneklerle KMY arasındaki sayısal fark çok az olmasına karşın istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). OHY ve EHY örneklerinde ise bu oran sırasıyla  $0.51\pm 0.04$  ve  $0.50\pm 0.01$  olarak bulunmuştur. Çalışmamızda kullanılan oleojelatörlerin oluşturduğu oleojellerin et ürünlerinde kullanıldığı başka çalışmalarda, ilgili özelliklere rastlanılmamıştır. Bununla beraber farklı jelleştirme ajanlarının kullanıldığı oleojeller çeşitli et ürünlerinde kullanılmış ve benzer sonuçlar bulunduğu belirlenmiştir. Domuz derisinin jelleştirme ajanı olarak kullanıldığı bir çalışmada, elde edilen ayçiçek yağı oleojeli Bologna tip sosiste kullanılmış ve sosisin  $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA oranının kontrol örneğine göre önemli derecede arttığı bildirilmiştir (da Silva vd, 2019). Balmumu ile jelleştirilmiş keten tohumu yağı oleojelinin %25 ve %50 oranında yağ yerine kullanıldığı Frankfurter tipi sosislerde,  $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA oranının sırasıyla 0.59 ve 0.78'e yükseldiği tespit edilmiştir (Franco vd, 2019a).

KHY örneğinin  $\Sigma$ SFA/ $\Sigma$ UFA oranı  $1.52\pm 0.14$  olarak hesaplanırken, bu değer KMY örneğinde  $0.50\pm 0.00$  seviyesine düştüğü gözlemlenmiştir. OLE ve EMU örneklerinin  $\Sigma$ SFA/ $\Sigma$ UFA oranları sırasıyla  $0.55\pm 0.01$  ve  $0.56\pm 0.02$  olarak hesaplanmış ve KMY örneği ile benzer oldukları saptanmıştır ( $p>0.05$ ). OHY ve EHY örneklerinde ise bu değer  $0.94\pm 0.02$  ve  $0.91\pm 0.04$  olduğu ve aralarındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). KHY dışında tüm örneklerin  $\Sigma$ SFA/ $\Sigma$ UFA oranları, önerilen değer altında bulunmuştur. Soya proteini ile emülsiyon haline getirilmiş zeytinyağı, geyik eti sosislerinin  $\Sigma$ SFA/ $\Sigma$ UFA oranının da önemli miktarda düşürdüğü rapor edilmiştir (Utrilla vd, 2014).

Aterojenik ve trombojenik indeksler, damar sertliği ve pıhtı oluşumu gelişiminin gıda alımı ile olan ilişkisini belirtmekte, dolayısıyla indeks değeri ne kadar düşükse gıdanın besin özelliklerinin o kadar iyi olduğunu ifade etmektedir (Marino vd, 2015).

Düşük AI değerleri, hücrelere yapışacak lipit olasılığının düşük olduğunu göstermektedir. Düşük TI değeri ise, kan damarlarında pıhtı oluşma olasılığının düşüklüğünü belirtmektedir (Ulbricht ve Southgate, 1991). Çalışmamızda, oleojel ve oleojel emülsiyonu kullanımı, her iki indeks değerini de hayvansal yağlı kontrol örneğine kıyasla önemli derecede düşürmüştür ( $p<0.05$ ). KHY örneğinin aterojenik indeks değeri  $1.53\pm 0.11$  iken, KMY, OLE ve EMU örneklerinde bu değerler sırasıyla  $0.38\pm 0.01$ ,  $0.43\pm 0.00$  ve  $0.41\pm 0.01$  olduğu görülmektedir. KHY en yüksek aterojenik indekse sahip örnek olarak, diğer örneklerle arasında önemli derecede fark tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). KMY örneğinin AI değerinin, OLE ve EMU örneklerinin AI değerleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Örneklerin trombojenik indeks değerlerindeki değişim de aterojenik indeks değerleri ile paralellik göstermektedir. Örneklerin TI değerlerinin  $0.87\pm 0.00$  ile  $2.45\pm 0.21$  arasında değiştiği görülmektedir. Oleojel ve oleojel emülsiyonu içeren tüm sosis örneklerinin trombojenik indekslerinin, hayvansal yağ içeren kontrol örneğinden anlamlı derecede az olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Örneklerin yağ asitleri bileşimine genel olarak bakıldığında, OLE ve EMU örneklerinin KMY örneğinden farksız olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). KHY örneği genel olarak diğer örneklerden anlamlı derecede farklı bulunurken ( $p<0.05$ ), OHY ve EHY örneklerinin kendi aralarındaki fark çoğu yağ asidi miktarı ve oranda önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Sosis örneklerine ait yağ asidi bileşimi sonuçları, özellikle artan PUFA ve azalan SFA değerleri ile oleojel veya oleojel emülsiyonu kullanımının, beslenme özellikleri açısından bakıldığında sosislere önemli bir fark yarattığını göstermektedir.

#### **4.4.4. Tekstürel Özellikler**

Tablo 4.12., sosis örneklerine ait tekstürel özellikleri göstermektedir. Sosis örneklerinin tekstürel özellikleri, sertlik, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık, esneklik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet olmak üzere 7 farklı boyut ile ifade edilmiştir.

Dış yapışkanlık, çiğneme sırasında gıda yüzeyi ile gıdanın temas ettiği diğer malzemelerin arasındaki çekim kuvvetlerinin üstesinden gelmek için gerekli olan kuvveti ifade eder. İç yapışkanlık ise çiğnemedikten sonra, partiküllerin bir arada kalabilme derecesini belirlemede yardımcı olmaktadır (Pereira vd, 2011). Örneklerin

dış yapışkanlık ve iç yapışkanlık özelliklerinin, sosis formülasyonlarından etkilenmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Örneklerin dış yapışkanlık değerleri  $-0.05\pm 0.05$  ile  $0.00\pm 0.00$  N.s arasında değişmiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Sosisin pürüzsüz ve sert bir yüzey ile karakterize edilmesinden dolayı, sosislerde yüksek dış yapışkanlık değerleri beklenmediği bilinmektedir (Pereira vd, 2011). Dolayısıyla elde edilen sonuçlar literatür ile örtüşmektedir.

Tablo 4.12. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait tekstürel özellikler

Tekstürel Özellik	Tekstür Değerleri					
	KHY	KMY	OHY	EHY	OLE	EMU
Sertlik (N)	81.19±3.70 <sup>b</sup>	60.10±0.00 <sup>cd</sup>	96.74±9.88 <sup>a</sup>	70.95±5.24 <sup>bc</sup>	79.37±2.59 <sup>b</sup>	56.51±2.73 <sup>d</sup>
Dış yapışkanlık (N.s)	-0.02±0.00 <sup>a</sup>	-0.03±0.00 <sup>a</sup>	-0.05±0.05 <sup>a</sup>	-0.05±0.02 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>a</sup>	-0.01±0.00 <sup>a</sup>
İç yapışkanlık	0.10±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.00 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>a</sup>	0.16±0.03 <sup>a</sup>	0.16±0.09 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>
Elastikiyet	0.73±0.05 <sup>a</sup>	0.66±0.00 <sup>ab</sup>	0.70±0.01 <sup>a</sup>	0.56±0.00 <sup>bc</sup>	0.64±0.09 <sup>ab</sup>	0.54±0.03 <sup>c</sup>
Sakızimsılık (N)	7.67±1.26 <sup>b</sup>	7.21±0.00 <sup>b</sup>	18.53±2.22 <sup>a</sup>	11.28±2.76 <sup>ab</sup>	12.52±7.93 <sup>ab</sup>	6.26±1.17 <sup>b</sup>
Çiğnenbilirlik (N)	5.60±0.54 <sup>b</sup>	4.74±0.00 <sup>b</sup>	12.90±1.42 <sup>a</sup>	6.31±1.57 <sup>ab</sup>	8.29±6.12 <sup>ab</sup>	3.41±0.83 <sup>b</sup>
Esneklik (geri kazanım)	0.03±0.01 <sup>b</sup>	0.04±0.00 <sup>ab</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>	0.05±0.00 <sup>ab</sup>	0.05±0.02 <sup>ab</sup>	0.04±0.01 <sup>ab</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d:(→) Aynı satırdaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Sosis örneklerinin iç yapışkanlık değerleri,  $0.10\pm 0.02$  ile  $0.19\pm 0.00$  arasında değişmiştir ve aralarında anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Sosis örneklerinin sertlik değerleri,  $56.51\pm 2.73$  ile  $96.74\pm 9.88$  N arasında değişmektedir. En yüksek sertlik değerine ( $96.74\pm 9.88$ ) sahip örnek OHY örneği olup, diğer örneklerle arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Sığır eti köftelerinde, balmumu oleojelinin kullanıldığı bir çalışmada da, %50 hayvansal yağ+%50 oleojel içeren örneklerin en yüksek sertlik değerine sahip oldukları rapor edilmiştir (Moghtadaei vd, 2018). KHY, EHY ve OLE örneklerinin sertlik değerleri sırasıyla  $81.19\pm 3.70$ ,  $70.95\pm 5.24$  ve  $79.37\pm 2.59$  N olarak tespit edilmiştir. Bu örneklerin kendi aralarındaki sertlik değerleri arasındaki fark önemsiz ( $p>0.05$ ), diğer örneklerle arasındaki fark ise önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En düşük sertliğe ( $56.51\pm 2.73$  N) sahip olan örnek EMU olarak tespit edilmiş ve sertlik değerinin mısır yağı ile

oluşturulan KHY örneği ile benzer olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Çalışma sonuçlarımıza benzer olarak, et ürünlerinde hayvansal yağın balık veya bitkisel yağlarla ikame edilmesi, sertlikte azalmaya neden olmuştur (Keenan vd, 2015; Luruena-Martinez vd, 2004). Sosis formülasyonuna oleojel emülsiyonun dahil edilmesiyle meydana gelen sertlik değeri düşüştü, Panagiotopoulou vd (2016) tarafından yapılan çalışmada da görülmüştür. Bir protein filmi ile kaplanmış çok küçük yağ globüllerinin, frankfurter tipi sosislerin yapısının oluşmasına katkı sağladığını ve bunun sonucunda daha sert ürünlerin oluştuğu bildirilmiştir (Barbut vd, 2016c). Mısır yağı veya oleojel emülsiyonunun oluşturduğu daha büyük yağ globülleri, sertlik değerlerinin düşmesine sebep olmuş olabilir.

Sertlik parametresi, pişirme kaybı ile de ilişkilendirilebilmektedir. Ürünün yumuşak dokusunun güçlenmesi için, et matriksi içinde yağ ve nemin hapsedilmesi gerekmektedir (Oh vd, 2019). Üretim gününde yapılan pişirme kaybı analizinde, en yüksek pişirme kaybına sahip olan ürünün OHY örneği olduğu belirlenmiştir. Bu örnekte görülen daha fazla pişirme kaybı, katı içeriğinde artışa neden olabilmekte, bu da yapıyı daha kompakt ve yoğun hale getirmektedir (Oh vd, 2019). Bu durum, OHY örneğinin sahip olduğu yüksek sertlik değerini açıklayabilmektedir. Sertlik parametresi değerlendirildiğinde, hayvansal yağlı kontrol grubuna benzerlik gösteren örneklerin, EHY ve OLE olduğu görülmektedir.

Çiğnenebilirlik, katı bir yiyeceği yutmak için gereken noktaya kadar çiğnemek için gerekli olan enerji olarak tanımlanmaktadır (Zetzl vd, 2012). Örneklerin çiğnenebilirlik değerleri  $3.41\pm 0.83$  ile  $12.90\pm 1.42$  N arasında değişmiştir. En yüksek çiğnenebilirlik değerine ( $12.90\pm 1.42$  N) sahip olan örneğin OHY olduğu belirlenmiştir. Çiğnenebilirlik, sertlik, iç yapışkanlık ve esnekliğin bileşik bir faktördür (Zetzl vd, 2012). OHY örneğinin esneklik değerinin de yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda yüksek çiğnenebilirlik değerine sahip olması beklenmektedir.

Elastikiyet, gıdaların tekstür profil analizinde ilk sıkıştırımdan sonra ve deforme edici kuvvet kaldırıldığında orijinal şeklini kazanma yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Bourne, 1978). Örneklerin elastikiyet değerleri  $0.54\pm 0.03$  ile  $0.73\pm 0.05$  arasında değişmiştir. En yüksek elastikiyet değerine ( $0.73\pm 0.03$ ) sahip olan örneğin KHY olduğu belirlenmiştir. KHY ile istatistiki olarak benzerlik gösteren ( $p>0.05$ ) KMY, OHY ve OLE örneklerinin elastikiyet değerleri sırasıyla  $0.66\pm 0.00$ ,  $0.70\pm 0.01$  ve

0.64±0.09 olarak belirlenmiştir. Oleojel emülsiyonun formülasyonda kullanılması, sosis elastikiyetinde azalmaya sebep olmuştur. EHY ve EMU örnekleri 0.56±0.00 ve 0.54±0.03 değerleri ile kendi aralarında farksız bulunurken ( $p>0.05$ ), diğer örneklerden önemli derecede düşük oldukları tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Konuya yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde, et ürünlerinde oleojel kullanımının, ürünlerin tekstürel özelliklerini farklı şekillerde etkilediği görülmektedir. Pirinç kepeği mumu ile oluşturulmuş ayçiçek yağı ve soya yağı oleojellerinin tavuk sosislerinde (Tarté vd, 2020); fitosteroller ile yapılandırılmış ayçiçek yağının da domuz sosislerinde (Panagiotopoulou vd, 2016) tekstürel olarak fark yaratmadığı bildirilmiştir. Bunun aksine, Berasategi vd (2014) domuz yağı yerine artan seviyelerde keten tohumu yağı kullanımının bologna tipi sosislerin sertliklerini artırdığını tespit etmiştir. Benzer şekilde, domuz yağı yerine domuz derisi kullanılarak yapılan emülsiyonun %25 oranında kullanılmasının sosislerin sertlik değerlerini yükselttiği rapor edilmiştir (da Silva vd, 2019). Diğer çalışmalarda, frankfurter tipi sosislerde, oleojel içeren örneklerin sığır yağlı kontrol örnekleri ile benzer sertliğe veya kontrolden daha düşük sertliğe sahip olduğu görülmüştür (Barbut vd, 2019; Barbut vd, 2016a; Barbut vd, 2016b; Youssef ve Barbut, 2010). Benzer olan bu ürünlerdeki değişken sonuçlarının, kullanılan yağ sistemlerinin spesifik özelliklerine, ürünün bileşimi ve işlenmesi ile ürün içinde hayvansal yağ ile değiştirilen oleojel miktarına bağlı olduğu düşünülmektedir (Tarté vd, 2020).

Çalışmanın amaçlarından biri, tekstürel parametreler açısından hayvansal yağlı kontrolü en iyi şekilde taklit edecek sosis formülasyonunu oluşturabilmektir. Hayvansal yağ yerine tamamen oleojel kullanılmış örnek olan OLE, 7 tekstürel parametrenin tümünde hayvansal yağlı kontrol örneğine (KHY) benzerlik göstermiştir. Bu durum,  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol karışımı ile oluşturulmuş mısır yağı oleojelinin, frankfurter tipi sosislerde hayvansal yağ yerine tamamen kullanıldığında sosisin tekstürel kalitesini etkilemeyeceğini ortaya koymuştur.

#### **4.4.5. Duyusal Özellikler**

Farklı yağ içeriklerine sahip altı farklı sosis örneği, on kişilik panelist grubu tarafından duyusal olarak değerlendirilmiştir. Panelistlerin değerlendirdiği sosis örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Tablo 4.13.'te, sonuçlara ait örümcek ağı diyagramı Şekil 4.12.'de verilmiştir.



Tablo 4.13. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Duyusal Özellik	Duyusal Analiz					
	KHY	KMY	OHY	EHY	OLE	EMU
Dış görünüş	7.0±1.25 <sup>a</sup>	3.9±1.20 <sup>b</sup>	6.6±1.71 <sup>a</sup>	6.0±1.33 <sup>a</sup>	6.4±1.65 <sup>a</sup>	6.2±1.62 <sup>a</sup>
Kesit görünüş	7.0±1.15 <sup>a</sup>	4.1±1.52 <sup>b</sup>	6.4±1.43 <sup>a</sup>	6.5±1.84 <sup>a</sup>	6.2±1.48 <sup>a</sup>	6.2±1.62 <sup>a</sup>
Dış renk	6.5±1.27 <sup>a</sup>	5.9±1.10 <sup>a</sup>	6.0±1.70 <sup>a</sup>	6.6±1.07 <sup>a</sup>	6.1±1.45 <sup>a</sup>	6.3±1.64 <sup>a</sup>
Kesit rengi	6.7±1.25 <sup>a</sup>	5.8±1.14 <sup>a</sup>	6.5±1.27 <sup>a</sup>	6.3±1.16 <sup>a</sup>	6.1±1.20 <sup>a</sup>	5.8±1.62 <sup>a</sup>
Sululuk- sertlik	7.1±1.45 <sup>a</sup>	5.6±1.71 <sup>a</sup>	7.1±1.29 <sup>a</sup>	6.4±1.26 <sup>a</sup>	6.3±1.57 <sup>a</sup>	6.1±1.85 <sup>a</sup>
Lezzet	7.6±0.84 <sup>a</sup>	5.3±1.49 <sup>c</sup>	6.9±1.10 <sup>ab</sup>	6.4±1.17 <sup>abc</sup>	6.0±1.76 <sup>bc</sup>	5.6±2.12 <sup>bc</sup>
Yabancı lezzet	3.4±2.41 <sup>a</sup>	4.0±1.25 <sup>a</sup>	3.1±1.85 <sup>a</sup>	4.3±2.50 <sup>a</sup>	3.1±1.79 <sup>a</sup>	3.8±2.44 <sup>a</sup>
Genel kabul edilebilirlik	7.6±0.84 <sup>a</sup>	5.5±1.43 <sup>c</sup>	7.2±1.03 <sup>ab</sup>	6.5±0.97 <sup>abc</sup>	6.5±1.18 <sup>abc</sup>	6.4±1.58 <sup>bc</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-c: (→) Aynı satırdaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvasal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Sosis örneklerinin dış görünüşlerinin 3.9±1.20 ile 7.0±1.25, kesit görünüşlerinin ise 4.1±1.52 ile 7.0±1.15 arasında değişen puanlar aldığı belirlenmiştir. Dış görünüş ve kesit görünüş açısından en az tercih edilen örneğin, KMY örneği olduğu ve diğer örneklerle arasındaki farkın istatistiki açıdan anlamlı bulunduğu belirlenmiştir (p<0.05). Oleojel ve emülsiyon içeren diğer örnekler, dış görünüş ve kesit görünüş açısından KHY örneğinden farklı bulunmamıştır (p>0.05).

Sosis örneklerinin dış yüzeyine ait renk puanları 5.9±1.10 ile 6.6±1.07 arasında, kesit renk puanları ise 5.8±1.14 ile 6.7±1.25 arasında değişmiştir. Tüm örneklerin dış yüzey ve iç kesit renklerine panelistler tarafından verilen puanlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (p>0.05). Sosis örneklerinin sululuk-sertlik parametrelerinin 5.6±1.71 ile 7.1±1.45 arasında değişen puanlar aldığı ve örneklerin sululuk-sertlik açısından benzer bulunduğu belirlenmiştir (p>0.05).

Sosislerin renk ve sertliklerinde herhangi bir farklılık tespit edemeyen panelistler, KHY örneğinin lezzetini tercih etmişlerdir. Bununla birlikte KHY örneğinin lezzeti OHY ve EHY örneği ile istatistiki açıdan benzer bulunmuştur (p>0.05). Panagiotopoulou vd (2016) tarafından yapılan çalışmada da, hayvansal

yağın %20 oranında fitosterol oleojeli ile ikame edildiği Frankfurter tipi sosislerde, aroma ve tat parametrelerinin farksız olduğu bildirilmiştir.

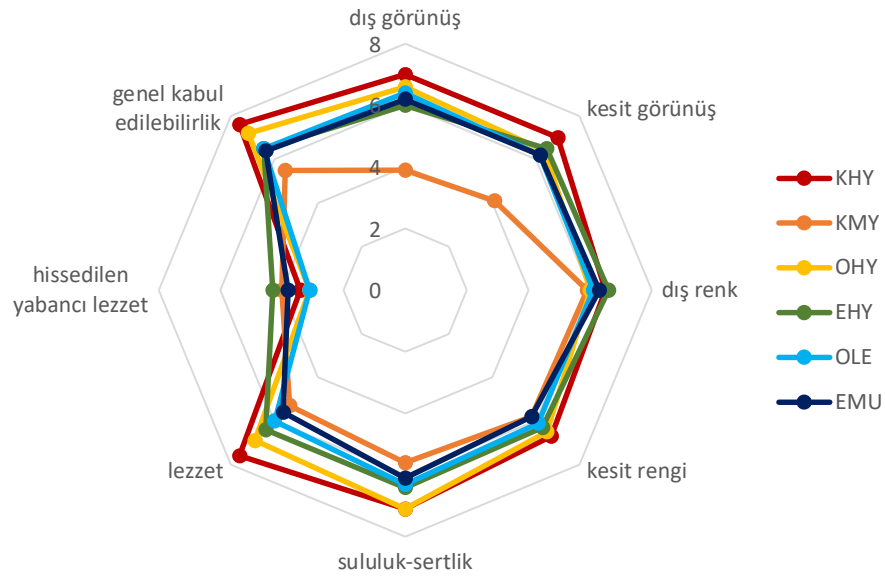
Lezzet parametresinin en düşük puan ( $5.3\pm 1.49$ ) aldığı sosis örneğinin KMY olduğu belirlenmiş ve lezzet açısından KHY ile OHY örneklerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Tüm örneklerde panelistler tarafından hissedilen yabancı lezzet puanı  $3.1\pm 1.79$  ile  $4.0\pm 1.25$  arasında değişmiştir. Sosis örneklerinin yabancı lezzet puanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Tespit edilen düşük seviyedeki yabancı lezzet puanları, tüm sosis örnekleri için hissedilen herhangi bir yabancı lezzet olmadığını göstermektedir.

Örneklerin genel kabul edilebilirlik değerlerine bakıldığında, puanların  $5.5\pm 1.43$  ile  $7.6\pm 0.84$  arasında değiştiği görülmektedir. KHY örneği en kabul edilir ( $7.6\pm 0.84$ ) örnek olmakla birlikte OHY, EHY ve OLE örnekleriyle istatistiki açıdan benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Özellikle OHY örneği, aldığı  $7.2\pm 1.03$  puanla KHY örneğine oldukça yakın bulunmuştur. Genel kabul edilebilirliği en az olan örneğin ise KMY örneği olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Belirtilen tüm duyuşsal analize ait değerler, Şekil 4.14'te verilen örümcek ağı diyagramında şematize edilmiştir. Dış renk ve yabancı lezzet parametrelerinde örneklere ait noktalar birbirine oldukça yakındır. Dış görünüş, kesit görünüş ve genel kabul edilebilirlik özelliklerinde, KMY örneğinin diğer örnekler dışında kaldığı görülmektedir. Lezzet ve genel kabul edilebilirlik parametrelerinde KHY örneğine en yakın bulunan örneğin OHY olduğu tespit edilmiştir.

Monoglisericid ve fitosterol oleojelinin Frankfurter tipi sosislerde hayvansal yağ kısmi olarak ikame ettiği çalışmada, oleojelli örnek ve kontrol örneği arasında görünüş, tat ve genel kabul görme parametreleri açısından önemli bir fark olmadığı bildirilmiştir (Kouzounis vd, 2017). Bir başka çalışmada ise, fermente sosislerde %20 oranında kullanılan orizanol-sitosterol oleojelinin, sosislerin genel kabul edilebilirlik değerini olumsuz etkilemediği bildirilmiştir (Franco vd, 2019b).



Şekil 4.12. Duyusal analiz sonuçlarının örümcek ağı diyagramı

#### 4.5. Sosis Depolama Analiz Sonuçları

##### 4.5.1. Su Aktivitesi

Oleojel ve oleojel emülsiyonları kullanılarak üretilen sosis örnekleri ve kontrol örneklerine ait, depolama süresi boyunca ölçülen su aktivitesi değerleri Tablo 4.14.'te verilmiştir.

Tablo 4.14. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen  $a_w$  değerleri

Örnekler	Su aktivitesi ( $a_w$ )				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	0.928±0.002 <sup>aB</sup>	0.932±0.002 <sup>aA</sup>	0.927±0.002 <sup>aBC</sup>	0.925±0.001 <sup>aCD</sup>	0.923±0.001 <sup>aD</sup>
KMY	0.926±0.001 <sup>abA</sup>	0.928±0.001 <sup>ba</sup>	0.921±0.002 <sup>abB</sup>	0.920±0.001 <sup>bcB</sup>	0.919±0.002 <sup>abB</sup>
OHY	0.924±0.001 <sup>bb</sup>	0.928±0.004 <sup>ba</sup>	0.922±0.002 <sup>abB</sup>	0.918±0.001 <sup>cc</sup>	0.915±0.001 <sup>bc</sup>
EHY	0.923±0.002 <sup>ba</sup>	0.923±0.003 <sup>ca</sup>	0.919±0.001 <sup>ba</sup>	0.921±0.006 <sup>bcA</sup>	0.919±0.002 <sup>abA</sup>
OLE	0.924±0.001 <sup>ba</sup>	0.921±0.002 <sup>ca</sup>	0.917±0.001 <sup>bb</sup>	0.922±0.002 <sup>abA</sup>	0.922±0.002 <sup>aA</sup>
EMU	0.925±0.003 <sup>ba</sup>	0.920±0.000 <sup>ca</sup>	0.921±0.007 <sup>abA</sup>	0.919±0.001 <sup>bcA</sup>	0.918±0.005 <sup>abA</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-c: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

A-D: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Sosis örneklerinin üretim günü ölçülen su aktivitesi değerlerinin  $0.923\pm 0.002$  ile  $0.928\pm 0.002$  arasında değiştiği görülmüştür. Depolama başlangıcında (0.gün) OHY, EHY, OLE ve EMU örnekleri en düşük  $a_w$  değerine sahip olup, aralarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Hayvansal yağ içeren kontrol örneğinin (KHY)  $a_w$  değerinin ( $0.928\pm 0.002$ ) ise bu örneklerden önemli derecede büyük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

15. günde en yüksek  $a_w$  değerinin  $0.932\pm 0.002$  ile KHY örneğine ait olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). EHY, OLE ve EMU örneklerinin tüm örnekler arasında en düşük  $a_w$  değerine sahip olup ( $p<0.05$ ), örneklerin su aktivitesi değerleri sırasıyla  $0.923\pm 0.003$ ,  $0.921\pm 0.002$  ve  $0.920\pm 0.000$  olarak tespit edilmiştir. Örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamsız olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

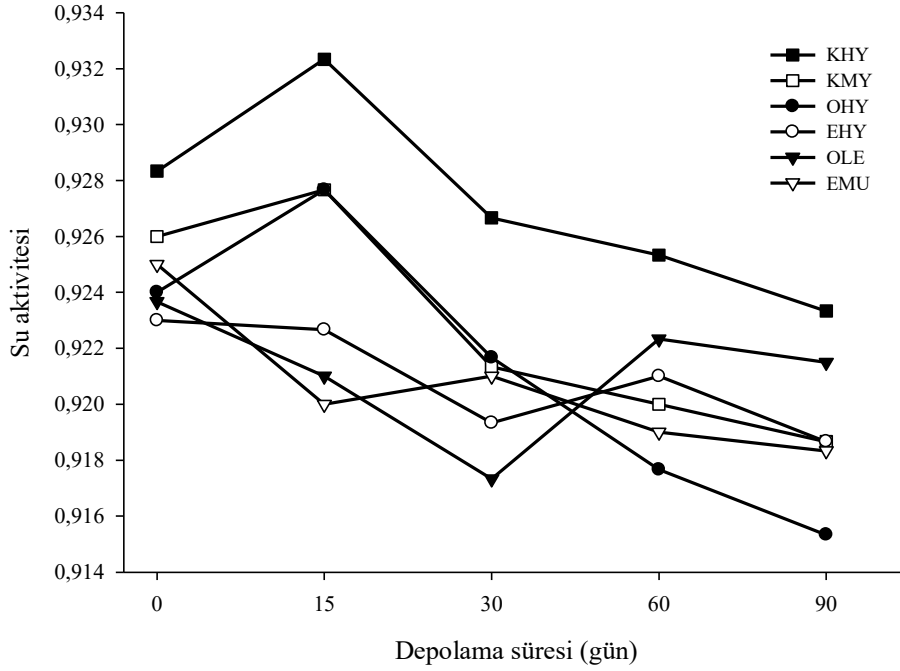
Depolamanın 30. gününde örneklerin su aktiviteleri  $0.917\pm 0.001$  ile  $0.927\pm 0.002$  arasında değişmiştir. En yüksek  $a_w$  değerine ( $0.927\pm 0.002$ ) sahip olan örneğin KHY olduğu ve bununla birlikte KMY, OHY ve EMU örnekleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. EHY ve OLE örneklerinde ise  $a_w$  değerleri sırasıyla  $0.919\pm 0.001$  ve  $0.917\pm 0.001$  olarak ölçülmüştür. Bu örneklerin kendi aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ( $p>0.05$ ), diğer örneklerle aralarındaki fark ise anlamlı ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

60. günde de en yüksek  $a_w$  değeri ( $0.925\pm 0.001$ ) KHY örneğine ait olup, OLE örneği ile arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ). OHY örneği  $0.918\pm 0.001$  ile en düşük  $a_w$  değeri göstermiş olup, KMY, EHY ve EMU örnekleri ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Depolamanın 90. gününde örneklerin su aktiviteleri,  $0.915\pm 0.001$  ile  $0.923\pm 0.001$  arasında değişmiştir. KHY örneği en yüksek  $a_w$  değerine sahip olmakla birlikte KMY, EHY, OLE ve EMU örnekleri ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). En düşük  $a_w$  değerine sahip olan sosis örneği OHY olarak belirlenmiş ve KMY ile EHY örneklerinin su aktivitesi değerleri ile benzer değere sahip olduğu saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

Örneklerin su aktivitesi değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, özellikle depolamanın 30. gününden sonra oleojel veya oleojel emülsiyonu içeren örneklerin  $a_w$  değerlerinin KHY ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. OLE örneğinin, depolamanın son iki ayında KHY ile benzer su aktivitesi değerlerine sahip olduğu

belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, benzer sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Domuz derisi kullanılarak oluşturulan ayçiçeği yağı oleojeli ile formüle edilmiş Bologna tipi sosislerde, oleojel ilavesinin örneklerin  $a_w$  değerlerini değiştirmedeği belirtilmiştir (da Silva vd, 2019).



Şekil 4.13. Sosis örneklerinin su aktivitesi değerlerinin depolama süresince değişimi

Şekil 4.13., sosis örneklerine ait su aktivitesi değerlerinin depolama süresince değişimini göstermektedir. Depolama süresi boyunca, örneklerin  $a_w$  değerleri  $0.915 \pm 0.001$ - $0.932 \pm 0.002$  arasında değişmiştir. EHY, OLE ve EMU örneklerinin  $a_w$  değerlerinin depolama sürecinden etkilenmediği tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Keten tohumu yağı emülsiyonlarının Bologna tip sosislerde yağı azaltmak amacıyla kullanıldığı bir çalışmada, sosislerin  $a_w$  değerleri 0.920-0.930 olarak belirlenmiş ve depolama süresince  $a_w$  değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir (Berasategi vd, 2014).

KHY, KMY ve OHY örneklerinin ise depolama boyunca gözlemlenen  $a_w$  değeri değişimleri dalgalı olmakla beraber, depolama başlangıcı ve bitişindeki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Örneklerin  $a_w$  değerlerinde depolama süresince hafif bir azalma tespit edilmiştir. KHY örneğinin depolama başlangıcındaki  $a_w$  değeri  $0.928 \pm 0.002$  iken, depolamanın son gününde  $0.923 \pm 0.001$  olduğu

belirlenmiştir. Depolamanın 0. ve 15. günlerinde benzer  $a_w$  değerine ( $0.926\pm 0.001$  ve  $0.928\pm 0.001$ ) sahip KMY örneğinin ise 30. günde azalmaya başlayarak depolama süresini  $0.919\pm 0.002$   $a_w$  değeri ile tamamladığı belirlenmiştir. KHY ve KMY örneklerine benzer olarak OHY örneğinin de  $a_w$  değerlerinin  $0.924\pm 0.001$ 'den  $0.915\pm 0.001$ 'e düştüğü gözlemlenmiştir. Yapılan bir çalışmada yağ azaltılmış tavuk sosislerinin  $a_w$  değerlerinin de, 50 günlük depolama süresince azaldığı belirlenmiştir (Andrés vd, 2006).

#### 4.5.2. pH Değeri

Farklı yağ içeriklerine sahip sosis örnekleri ve kontrol örneklerine ait, depolama süresi boyunca ölçülen pH değerleri Tablo 4.15.'te verilmiştir.

Tablo 4.15. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen pH değerleri

Örnekler	pH				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	$6.27\pm 0.06^{bD}$	$6.47\pm 0.04^{aB}$	$6.35\pm 0.05^{aC}$	$6.56\pm 0.04^{bA}$	$6.55\pm 0.01^{abA}$
KMY	$6.49\pm 0.06^{aB}$	$6.40\pm 0.05^{bC}$	$6.32\pm 0.02^{aD}$	$6.61\pm 0.01^{aA}$	$6.58\pm 0.00^{aA}$
OHY	$6.23\pm 0.02^{bE}$	$6.33\pm 0.04^{cD}$	$6.40\pm 0.07^{aC}$	$6.62\pm 0.00^{aA}$	$6.56\pm 0.03^{aB}$
EHY	$6.21\pm 0.06^{bBC}$	$6.30\pm 0.05^{cB}$	$6.19\pm 0.12^{bC}$	$6.61\pm 0.01^{aA}$	$6.54\pm 0.02^{bA}$
OLE	$6.29\pm 0.02^{bD}$	$6.23\pm 0.04^{dE}$	$6.38\pm 0.07^{aC}$	$6.61\pm 0.01^{aA}$	$6.55\pm 0.01^{bB}$
EMU	$6.21\pm 0.04^{bD}$	$6.06\pm 0.03^{cE}$	$6.37\pm 0.08^{aC}$	$6.61\pm 0.01^{aA}$	$6.50\pm 0.03^{cB}$

\*Ortalama±standart sapma. a-e: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

A-E: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Farklı yağ içeriklerine sahip sosis örneklerinin ( $6.06\pm 0.03$  ile  $6.62\pm 0.00$ ) pH değerleri, yapılan diğer çalışmalarla da uyumlu olarak birbirine yakın bulunmuştur (de Souza Paglarini vd, 2019; Jiménez-Colmenero vd, 2010; Pintado vd, 2016).

Depolama başlangıcında sosis örneklerinin pH değeri  $6.21\pm 0.06$  ile  $6.49\pm 0.06$  arasında değişmiştir. KHY ile oleojel ve oleojel emülsiyonu ile formüle edilmiş tüm örneklerin pH değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Benzer bir sonuca, zeytinyağı oleojeli bazlı emülsiyoların kullanıldığı dana eti köftelerinde de rastlanılmıştır (Özer ve Çelegen, 2020). Benzer şekilde, Heck vd (2019) ve Lucas-González vd (2020), oleojel bazlı emülsiyonların dana eti ve domuz burgerlerinin pH

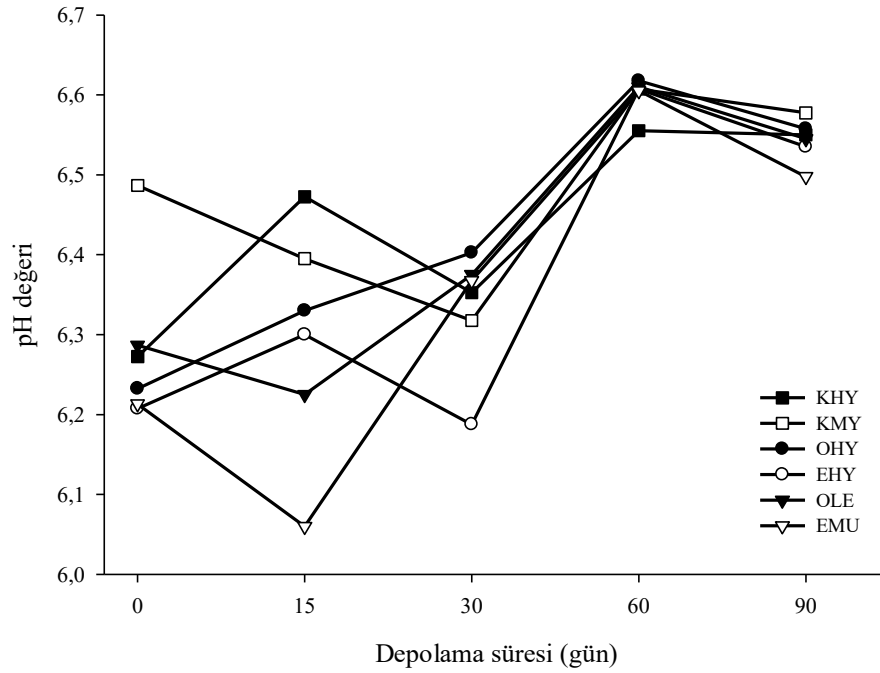
değerlerini önemli ölçüde etkilemediğini bildirmiştir. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada, orizanol-fitosterol ile yapılandırılmış ayçiçek yağı oleojeli ve emülsiyonlarının, sosislerin pH değerlerini etkilemediği belirtilmiştir (Panagiotopoulou vd, 2016). Bununla birlikte, KMY örneğinin pH değerinin diğer örneklerden önemli derecede yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). Daha önce yapılan, bitkisel yağlarla formüle edilmiş pişmemiş ve pişmiş et hamurlarında, hayvansal yağlı hamurlara göre daha yüksek pH değerleri bildirilmiştir (Baek vd, 2016; Choi vd, 2009; Choi vd, 2010).

Depolamanın 15. gününde sosis örneklerinin pH değerleri  $6.06\pm 0.03$  ile  $6.47\pm 0.04$  arasında değişmiştir. KHY örneğinin pH değerinin diğer örneklerden önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Tüm örnekler arasında en düşük pH değerine sahip olan örneğin ise EMU olduğu ve diğer örneklerle arasındaki farkın önemli olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

30. günde en düşük pH değeri  $6.19\pm 0.12$  ile EHY örneğinde ölçülmüş ve diğer örneklerle arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Diğer tüm örneklerin pH değerleri ise  $6.32\pm 0.02$  ile  $6.40\pm 0.07$  arasında değişmiş ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ).

60. günde ölçülen pH değerleri  $6.56\pm 0.04$  ile  $6.62\pm 0.00$  arasında değişmiştir. En düşük pH değerine sahip olan örneğin KHY olduğu ve diğerlerinden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Diğer tüm örneklerin pH değerleri benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Depolamanın son gününde ise pH değerleri  $6.50\pm 0.03$  ile  $6.58\pm 0.00$  arasında ölçülmüştür. En yüksek pH değerine sahip örneklerin KHY, KMY ve OHY olduğu, EMU örneğinin ise en düşük pH değerine sahip olduğu belirlenmiştir. EMU örneğinin pH değerinin diğer örneklerden önemli derecede düşük olduğu da tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).



Şekil 4.14. Sosis örneklerinin pH değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinin pH değerlerinin depolama boyunca gösterdiği değişim Şekil 4.14.'te verilmiştir. Tüm sosis örnekleri, 90 günlük depolama boyunca sabit bir artış/azalış eğilimi göstermemiştir. Bununla birlikte KHY, KMY ve EHY örneklerinin pH değerlerinin, depolama sürecinin özellikle 60. gününde anlamlı derecede yükseldiği ( $p < 0.05$ ) ve depolamayı sabit pH ile tamamladığı belirlenmiştir.

OHY, OLE ve EMU örneklerinin de pH değerleri benzer şekilde 60. günde önemli derecede yükselmiştir. Örnekler 90. günde küçük bir düşüş göstermiştir. Buna rağmen, depolama başlangıcı ve depolama sonundaki pH değerleri karşılaştırıldığında tüm örneklerde önemli derecede pH artışı gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Benzer artış, domuz derisi ve ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan oleojelin kullanıldığı, Bologna tip sosislerin depolama sürecinde de tespit edilmiştir (da Silva vd, 2019). Bu artışın, depolama sırasında artan et enzimlerinin proteolitik aktiviteleri ve protein olmayan azotlu bileşiklere bağlı olabileceği bildirilmiştir (dos Santos vd, 2015; Verplaetse vd, 1989). Bununla beraber, tüm örneklerin pH değerlerinin bu tür et ürünleri için kabul edilebilir aralıkta olduğu görülmektedir (de Almeida vd, 2015).



### 4.5.3. Ambalaja Sızıntı Değeri

Ambalaja sızıntı miktarı (vakum ambalajda veya bunun dışında), ürüne sadece hoş olmayan bir görünüm vermekle kalmayıp, aynı zamanda mikroorganizma gelişimini destekleyerek raf ömrü kaybına sebep olabileceğinden, ciddi bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Wirth, 1988). Tablo 4.16., farklı yağ içeriklerine sahip sosis örneklerinin 90 günlük depolama süresince sahip olduğu ambalaja sızıntı miktarlarını göstermektedir.

Tablo 4.16. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen ambalaja sızıntı değerleri (%)

Örnekler	Ambalaja Sızıntı Değeri (%)				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	0.22±0.04 <sup>cA</sup>	0.20±0.04 <sup>bA</sup>	0.20±0.06 <sup>bA</sup>	0.27±0.04 <sup>bcA</sup>	0.22±0.01 <sup>bA</sup>
KMY	1.16±0.04 <sup>aB</sup>	2.12±0.19 <sup>aA</sup>	1.76±0.48 <sup>aAB</sup>	1.51±0.13 <sup>aAB</sup>	1.50±0.16 <sup>aAB</sup>
OHY	0.13±0.04 <sup>dC</sup>	0.26±0.04 <sup>bb</sup>	0.19±0.08 <sup>bbC</sup>	0.19±0.01 <sup>ebC</sup>	0.40±0.04 <sup>bA</sup>
EHY	0.17±0.01 <sup>cdA</sup>	0.21±0.04 <sup>bA</sup>	0.20±0.05 <sup>bA</sup>	0.21±0.01 <sup>cA</sup>	0.22±0.06 <sup>bA</sup>
OLE	0.23±0.04 <sup>cA</sup>	0.31±0.06 <sup>bA</sup>	0.32±0.16 <sup>bA</sup>	0.27±0.04 <sup>bcA</sup>	0.30±0.01 <sup>bA</sup>
EMU	0.33±0.01 <sup>bb</sup>	0.36±0.01 <sup>bAB</sup>	0.35±0.02 <sup>bAB</sup>	0.41±0.01 <sup>bA</sup>	0.34±0.06 <sup>bAB</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-C: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

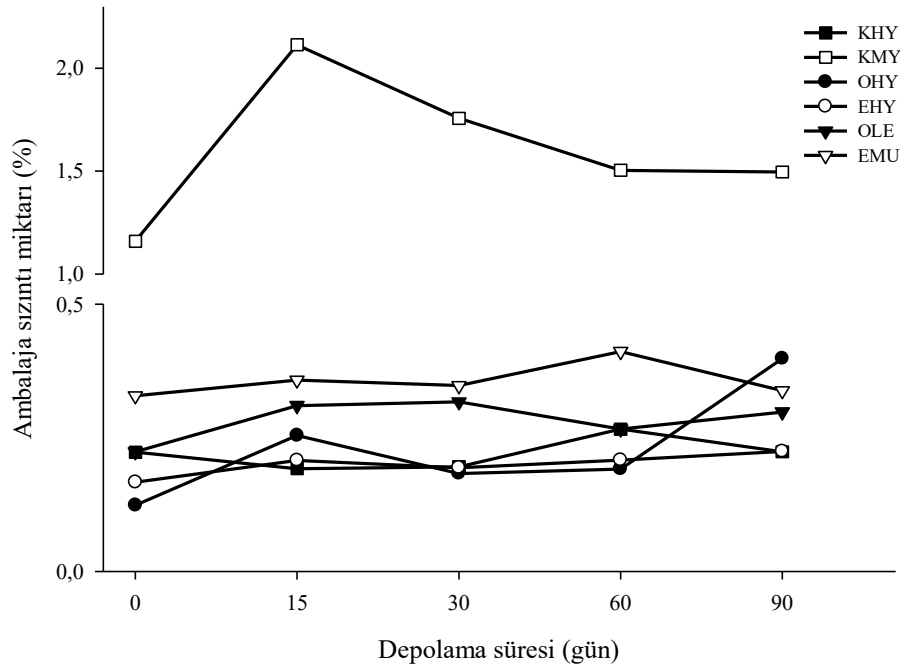
KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Depolamanın ilk günü, farklı yağ içeriklerine sahip sosis örneklerinin ambalaja sızıntı miktarları %0.13±0.04 ile %1.16±0.04 arasında değişmiştir. KMY örneğinin diğer örneklerden önemli miktarda fazla sızıntı miktarına sahip olduğu belirlenmiştir (p<0.05). En düşük ambalaja sızıntı miktarı, OHY örneğinde belirlenmiş olup EHY örneği ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (p>0.05).

Depolamanın 15., 30. ve 90. günlerinde sosis örneklerinden en yüksek sızıntı miktarı (sırasıyla %2.12±0.19, %1.76±0.48 ve %1.50±0.16) gösteren örnek KMY olarak saptanmış ve diğer örneklerle arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Her üç depolama gününde de diğer 5 sosis örneğinin sızıntı miktarları %0.20±0.04 ile %0.40±0.04 arasında değişmiş ve örnekler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

60. günde de diğer günlerle benzer olarak, KMY en yüksek sızıntı değerine (%1.51±0.13) sahip örnek olarak belirlenmiştir (p<0.05). En düşük ambalaja sızıntı değerine sahip (%0.21±0.01) örnek EHY olmuş, KMY ve EMU örnekleri ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Her bir depolama periyodu için, ambalaja sızıntı miktarı en yüksek olan örnek KMY olarak belirlenmiş ve bu değer diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur (p<0.05). Mısır yağı ile hazırlanmış sosis örneğine ait sonuçlar, emülsifiye edilmiş mısır yağının Bologna tipi sosislerde kullanıldığı bir çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bu yüksek sızıntı miktarının, mısır yağının buzdolabı sıcaklığında da sıvı halde bulunmasından dolayı, emülsiyon oluşumunun tamamen gerçekleşmemesi durumunda protein matrisindeki yağın göç etmesi olduğu düşünülmektedir (Bishop vd, 1993).



Şekil 4.15. Sosis örneklerinin ambalaja sızıntı miktarı değerlerinin depolama süresince değişimi

Şekil 4.15., sosis örneklerinin depolama süresince ölçülen ambalaja sızıntı miktarı değişimini göstermektedir. Örneklerin 3 ay boyunca ölçülen ambalaja sızıntı miktarları %0.13±0.04 ile %2.12±0.19 arasında değişmiştir. KHY, EHY ve OLE örneklerinde artan depolama süresiyle beraber ambalaja sızan sıvı miktarı değişmemiştir (p>0.05).

KMY örneğinin ambalaja sızıntı miktarı, depolamanın 15. gününde artmış ( $p<0.05$ ) ve 15. günden depolama sonuna kadar benzer değerleri göstermiştir. Bununla birlikte, KMY örneğinin 0. gün ve 90. gün sızıntı miktarları benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Depolamanın ilk gününde en düşük sızıntı değerine sahip olan OHY örneğinin sızıntı miktarı 15. günde artmış, 30. günde azalmış ve 90. günde tekrar artmıştır. Depolamanın son günündeki sızıntı miktarının ilk güne oranla önemli derecede arttığı tek sosis örneği OHY olmuştur ( $p<0.05$ ).

EMU örneğinin ambalaja sızıntı miktarı depolama boyunca dalgalanmalar göstermiş olsa da, 0. gün ve 90. gün arasındaki sızıntı miktarları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Frankfurter tipi sosis formülasyonlarında farklı yağ-su emülsiyonlarının kullanıldığı bir çalışmada da benzer sonuçlar tespit edilmiştir. 41 günlük depolama sonucunda, sosislerin ambalaja sızıntı miktarlarının düşük olduğu belirtilmiştir. Bu durumun et matrisinin yağ ve su bağlama özellikleri açısından iyi bir depolama stabilitesini işaret ettiği belirtilmiştir. Ayrıca sızıntı miktarlarının, kullanılan lipid ve protein türüne bağlı olmadığı da rapor edilmiştir (Delgado-Pando vd, 2010).

Depolama süresince ölçülen ambalaja sızıntı miktarları değerlendirildiğinde, OHY örneği dışındaki tüm sosis örnekleri için depolama başlangıcı ve sonundaki ambalaja sızıntı miktarları arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Ambalaja sızıntı miktarı artışının, daha çok yağ azaltılmış et ürünlerinde ortaya çıkan bir problem olduğu belirtilmiştir (Keeton, 1994). Su kaybındaki önemli artışın, et ürünlerindeki yağ/protein oranındaki düşüşün bir sonucu olduğu bildirilmiştir (Lin vd, 1988). Çalışmamız kapsamında üretilen sosislerin formülasyonlarındaki yağ oranlarının normal olması, düşük sızıntı değerlerine sahip olmalarına neden olmuştur. Ayrıca oleojel ve oleojel emülsiyonlarının, sosislerde kısmen veya tamamen hayvansal yağ yerine kullanılmasının ambalaja sızıntı miktarında bir değişiklik meydana getirmediği de görülmüştür. Oldukça düşük olan sızıntı değerleri, üretilen sosis örneklerinin iyi bir stabilizeye sahip olduğunu da göstermektedir (Pintado vd, 2016).

Konuyla ilgili literatür araştırıldığında, herhangi bir oleojel ile formüle edilmiş et ürünlerine ait ambalaja sızıntı miktarı içeren çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol ile oluşturulan oleojel veya oleojel emülsiyonlarının,

Frankfurter tipi sosislerde ambalaja sızıntı miktarı açısından, herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadığını göstermiştir.

#### 4.5.4. Tüketici Pişirme Kaybı

Farklı yağlar ile formüle edilmiş sosis örneklerinin, 90 günlük depolama süresince ölçülen tüketici pişirme kaybı değerleri Tablo 4.17.'de verilmiştir.

Tablo 4.17. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen tüketici pişirme kaybı değerleri (%)

Örnekler	Tüketici Pişirme Kaybı (%)				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	13.47±1.93 <sup>bcA</sup>	13.71±0.35 <sup>abA</sup>	15.10±1.78 <sup>aA</sup>	14.93±0.45 <sup>aA</sup>	13.11±1.37 <sup>aA</sup>
KMY	14.55±0.82 <sup>abcAB</sup>	13.70±0.66 <sup>abB</sup>	15.92±0.71 <sup>aA</sup>	13.25±1.31 <sup>bcBC</sup>	11.72±0.60 <sup>abC</sup>
OHY	16.80±0.62 <sup>aA</sup>	11.96±0.94 <sup>bcCD</sup>	13.83±0.73 <sup>abC</sup>	14.50±0.86 <sup>abB</sup>	10.88±2.06 <sup>abD</sup>
EHY	15.80±1.79 <sup>abA</sup>	14.41±1.72 <sup>aA</sup>	14.30±1.04 <sup>aA</sup>	14.31±0.66 <sup>abA</sup>	11.14±0.67 <sup>abB</sup>
OLE	12.85±1.03 <sup>cB</sup>	13.82±0.77 <sup>abAB</sup>	14.52±0.47 <sup>aA</sup>	12.31±0.94 <sup>cdB</sup>	10.75±0.75 <sup>bcC</sup>
EMU	13.85±0.36 <sup>bcA</sup>	11.35±1.43 <sup>cB</sup>	11.34±1.30 <sup>bB</sup>	11.48±0.51 <sup>dB</sup>	10.99±0.79 <sup>abB</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-D: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Üretilen sosis örneklerinin tüketici pişirme kaybı değerleri, depolanan 90 gün boyunca %10.75±0.75 ile %16.80±0.62 arasında değişmiştir. Kanola yağı oleojelinin Frankfurter tipi sosiste kullanıldığı çalışmada da, kontrol örnekleri dahil tüm örneklerin pişirme kayıplarının %18.1 ile %25.7 arasında değiştiği bildirilmiştir (Barbut vd, 2016b).

Depolamanın ilk gününde, örneklerin tüketici pişirme kayıpları %12.85±1.03 ile %16.80±0.62 arasında değişmiştir. OHY örneğinin en yüksek pişirme kaybı değerine sahip olan sosis örneği olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte OHY örneğinin, KMY ve EHY örnekleri ile arasındaki farkın önemsiz olduğu görülmüştür (p>0.05). İlk günde en düşük pişirme kaybı gösteren örnek OLE örneği olarak belirlenmiş ve KHY ile EMU örneklerinin pişirme kayıpları ile arasında önemli bir fark bulunmamıştır (p>0.05).

15. günde örneklerin  $11.35 \pm 1.43$  ile  $14.41 \pm 1.72$  arasında değişen pişirme kayıplarına sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek pişirme kaybı değeri gösteren örneğin EHY olduğu ve KHY, KMY ve OLE örnekleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). EMU örneğinin ise en düşük pişirme kaybı değerine sahip olduğu ve OHY örneği ile aralarındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Depolamanın 30. gününde en az pişirme kaybına ( $11.34 \pm 1.30$ ) sahip olan sosis örneğinin EMU olduğu saptanmıştır. Gösterdiği pişirme kaybı değeri, diğer örneklerden önemli derecede düşük bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Diğer örneklerin pişirme kaybı değerleri  $14.30 \pm 1.04$  ile  $15.92 \pm 0.71$  arasında değişmiş olup, aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

60. günde pişirme kaybı değerleri,  $11.48 \pm 0.51$  ile  $14.93 \pm 0.45$  arasında değişmiştir. KHY örneğinin pişirme kaybının en yüksek olduğu, OHY ve EHY örnekleri ile arasındaki farkın da önemsiz olduğu saptanmıştır ( $p > 0.05$ ). En az pişirme kaybı gösteren sosis örneği EMU olarak belirlenmiş ve pişirme kaybı değerlerinin OLE örneği ile benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ).

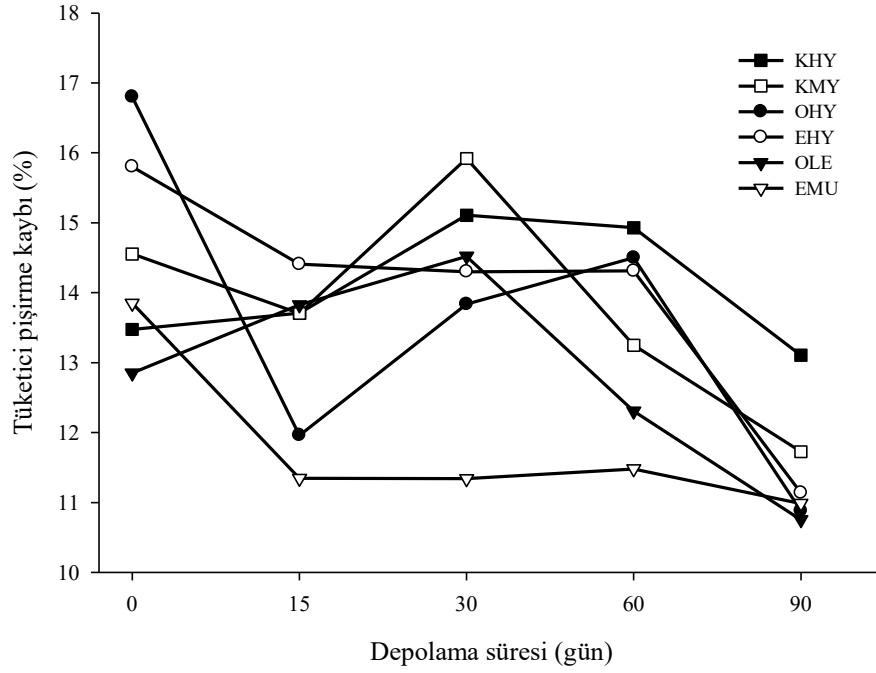
Depolamanın son gününde ise, örnekler  $10.75 \pm 0.75$  ile  $13.11 \pm 1.37$  arasında değişen pişirme kayıpları göstermiştir. En düşük pişirme kaybı değerine sahip örneğin OLE olduğu, en yüksek pişirme kaybının ise KHY örneğine ait olduğu belirlenmiştir. İki sosis örneğinin pişirme kayıpları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p < 0.05$ ).

Her bir depolama günü kendi içinde değerlendirildiğinde, en düşük pişirme kaybına sahip sosis örneklerin OLE ve EMU olduğu görülmektedir. 0. ve 90. günlerde OLE örneği en düşük pişirme kaybı değerine sahipken, depolamanın 15., 30. ve 60. günlerinde EMU örneği en az pişirme kaybı miktarına sahiptir. Hayvansal yağ içermeyen örneklerin en yüksek pişirme verimine sahip olması dikkat çekicidir. Düşük pişirme kaybının sosis stabilitesini olumlu açıdan etkileyen bir özellik olduğu düşünülünce (Luruena-Martinez vd, 2004), formülasyonda tamamen oleojel ve oleojel emülsiyonu kullanılmış örneklerin daha stabil oldukları söylenebilmektedir.

Katı yağların et ürünlerindeki en önemli görevlerinden biri, pişirme kaybını azaltmaktır (Choi vd, 2010). Çalışma sonuçlarına bakıldığında, OLE ve EMU örneklerinin KHY örneğinden istatistiksel olarak daha düşük pişirme kaybı değerleri

gösterdiği görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Bu durum,  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol ile oluşturulmuş oleojel ve oleojel emülsiyonunun, tek başına emülsiyon tipi et ürünlerinde pişirme kaybını azaltmak için kullanabileceğini kanıtlamaktadır. Benzer sonuçlar Barbut vd (2016b) tarafından da rapor edilmiş olup, farklı oranlardaki etilselüloz ve sorbitan monostearat ile oluşturulmuş oleojel içeren sosis örneklerinin pişirme verimlerinin, hayvansal yağ içeren kontrol grubundan daha yüksek olduğu bildirilmiştir. da Silva vd (2019), domuz derisi kullanarak elde ettikleri oleojeli, Bologna tip sosiste domuz yağı yerine kullanmıştır. Oleojelin domuz yağı yerine kullanım miktarının artmasıyla, emülsiyon stabilitesinin arttığı ve pişirme kaybının azaldığını tespit edilmiştir. Bu teknolojik iyileşmenin, domuz derisinde bulunan kolajenin proteinlerle etkileşime girerek, et hamurundan su ve yağın sızmasını önleyen sert bir jel matrisinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda oleojelatör olarak kullanılan  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol karışımının da benzer etkili bir jel matrisi oluşturduğu düşünülebilir. Hayvansal yağ yerine kısmen veya tamamen oleojel veya oleojel bazlı emülsiyon kullanımının köfte ve burger gibi diğer et ürünlerinde de pişirme kaybını azalttığı rapor edilmiştir (Gómez-Estaca vd, 2020; Moghtadaei vd, 2018; Oh vd, 2019; Özer ve Çelegen, 2020). Hayvansal yağı azaltılmış burgerlerde oleojelin nem kaybına karşı bariyer görevi gördüğü belirtilmiştir (Moghtadaei vd, 2018)

Farklı depolama günlerindeki sonuçlar KMY örneğinin, KHY ve/veya diğer örneklerden farklı olmadığını göstermiştir ( $p > 0.05$ ). Bu sonuca benzer olarak, yapılan bir çalışmada da, zeytinyağı ilavesinin aynı hayvansal yağ içeriğiyle yapılan sosislere kıyasla pişirme kayıplarında önemli farklılık yaratmadığı bildirilmiştir (Luruena-Martinez vd, 2004).



Şekil 4.16. Sosis örneklerinin tüketici pişirme kaybı değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinin 90 günlük depolama süresince gösterdiği tüketici pişirme kaybı değişimi Şekil 4.16.'da verilmiştir. Örneklerin 90 günlük depolama süresince gösterdikleri pişirme kaybı değişimi incelendiğinde, depolama sadece KHY örneği üzerinde etkisiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). KHY örneğinde depolama boyunca ölçülen tüketici pişirme kaybı değerlerinin  $\%13.11\pm 1.37$  ile  $\%15.10\pm 1.78$  arasında değiştiği ve tüm depolama günlerinde ölçülen değerler arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Diğer tüm sosis örneklerinin, tüketici pişirme kaybı değerleri  $\%10.75\pm 0.75$  ile  $\%15.92\pm 0.71$  arasında değişmiştir. Örneklerin dalgalı bir trend izlemekle beraber depolama boyunca anlamlı derecede farklı pişirme kaybı değerine sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Genel olarak bakıldığında, KHY dışındaki tüm örneklerin tüketici pişirme kayıplarının depolama sonunda istatistiksel olarak önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Pişirme kaybının etin pH'sı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Jeong ve Han, 2019). Artan pH, etin su tutma kapasitesini iyileştirerek pişirme kaybını azaltmaktadır (Vasavada vd, 2006). Bu nedenle çalışmamızda depolama sırasında azalan pişirme kaybı, artan pH ile ilişkilendirilebilir. 90 günün sonunda daha düşük tüketici pişirme kaybına sahip olan tüm örneklerin, pH değerlerinin 90. günde arttığı belirlenmiştir.

#### 4.5.5. Oksidasyon Özellikleri

Lipid oksidasyonunu belirleyen metotlar, birincil ürünler (yağ asitlerindeki değişimler ve hidroperoksitlerle konjuge dien/trien oluşumları) ve ikincil ürünlerde (karbonil ve uçucu bileşikler, aldehitler ve malondialdehit oluşumu) meydana gelen değişimleri ölçmektedir (Ross ve Smith, 2006; Shahidi, 1994). Et ve ürünlerinin oksidasyon düzeyi hakkında eksiksiz ve güvenilir bilgi elde etmek için yaygın ve yeterli olan, hem birincil hem de ikincil oksidasyon bileşiklerinin belirlenmesidir (Domínguez vd, 2019). Bu nedenle sosis örneklerinin depolama boyunca gösterdiği lipid oksidasyonunu belirlemek için, örneklerin serbest yağ asitliği, konjuge dien miktarları ve tiyobarbütirik asit reaktif madde (TBARS) değerleri ölçülmüştür.

##### 4.5.5.1. Serbest Yağ Asitliği

Serbest yağ asitleri içeriği, sıvı ve katı yağların yanı sıra et ve ürünleri dahil olmak üzere tüm gıdalarda bulunan yağın durumu ve tüketilebilirliğinin bir göstergesi olup, yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, bir gıda ürünüde meydana gelen hidrolitik ve oksidatif acılaştırmanın da bir göstergesidir (Yousefi ve Moosavi-Nasab, 2014). Depolama süresi boyunca, farklı yağ içeriklerine sahip sosis örneklerinin sahip olduğu serbest yağ asitleri miktarları Tablo 4.18.'de verilmiştir.

Tablo 4.18. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen serbest yağ asitliği değerleri

Örnekler	Serbest Yağ Asitliği (%oleik asit)				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	1.48±0.13 <sup>cB</sup>	1.90±0.40 <sup>bAB</sup>	2.38±0.38 <sup>aA</sup>	2.06±0.65 <sup>aAB</sup>	1.62±0.25 <sup>aAB</sup>
KMY	2.52±0.68 <sup>abA</sup>	2.42±0.57 <sup>abA</sup>	2.13±0.39 <sup>aA</sup>	1.76±0.17 <sup>aA</sup>	2.16±0.48 <sup>aA</sup>
OHY	2.13±0.24 <sup>bA</sup>	2.32±0.64 <sup>bA</sup>	2.09±0.38 <sup>aA</sup>	1.87±0.31 <sup>aA</sup>	2.17±0.86 <sup>aA</sup>
EHY	2.16±0.14 <sup>bA</sup>	2.29±0.58 <sup>bA</sup>	2.24±0.62 <sup>aA</sup>	1.79±0.22 <sup>aA</sup>	2.69±0.92 <sup>aA</sup>
OLE	2.25±0.40 <sup>abA</sup>	2.63±0.67 <sup>abA</sup>	1.85±0.20 <sup>aA</sup>	2.03±0.52 <sup>aA</sup>	2.15±0.79 <sup>aA</sup>
EMU	2.89±0.60 <sup>aAB</sup>	3.39±0.76 <sup>aA</sup>	2.08±0.19 <sup>aBC</sup>	1.84±0.25 <sup>aC</sup>	2.30±0.05 <sup>aBC</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-c: (↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-C: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

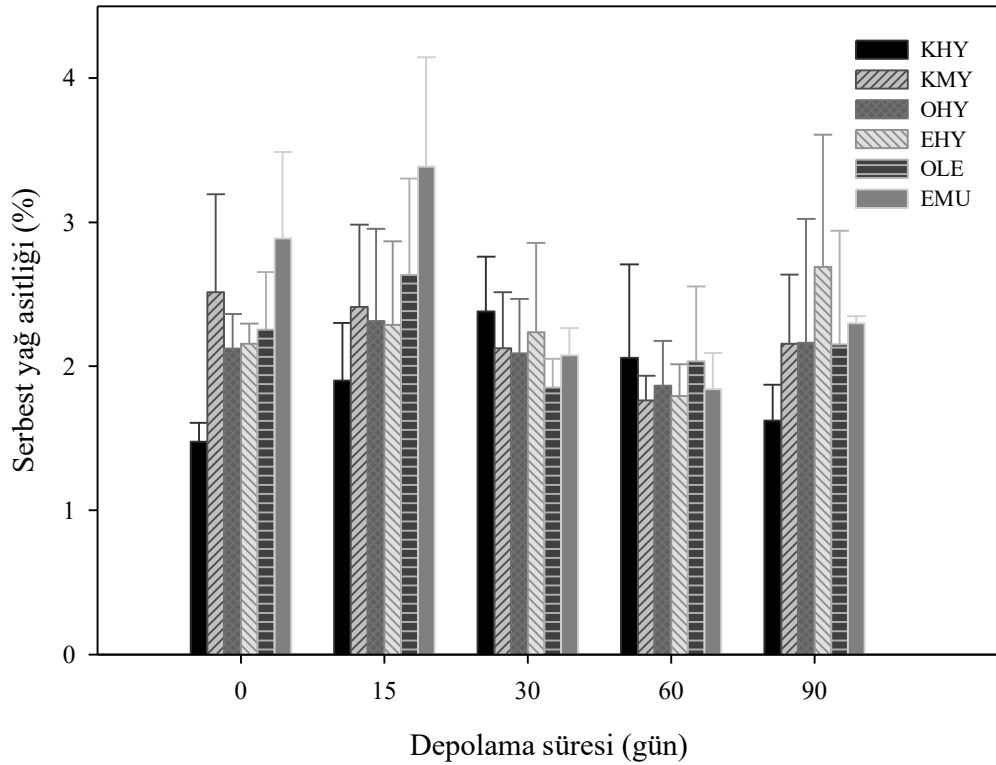
Depolamanın 0. gününde sosis örneklerinin serbest yağ asitliği değerleri %1.48±0.13 ile %2.89±0.60 arasında değişmiştir. Sayısal olarak en yüksek serbest yağ



asitliğinin EMU örneğinde tespit edilmesiyle birlikte, OLE ve KMY örnekleri ile arasında fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). KHY örneği en düşük serbest yağ asitliğine sahip sosis örneği olarak diğer örneklerden önemli derecede farklı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). OHY ve EHY örneklerinin sırasıyla  $\%2.13\pm0.24$  ve  $\%2.16\pm0.14$  ile benzer serbest yağ asitliği değeri gösterdiği saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

15. günde EMU örneği  $\%3.39\pm0.76$  ile en yüksek serbest yağ asitliği gösteren sosis örneği olmuştur. Depolamanın ilk gününe benzer olarak da OLE ve EMU örnekleri ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Sayısal olarak en az serbest yağ asitliğine ( $\%1.90\pm0.40$ ) sahip olan örnek KHY olarak belirlenmiştir. KHY ile EMU örneklerinin serbest yağ asitliği değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Depolamanın 30., 60. ve 90. günlerindeki serbest yağ asitlik değerleri sırasıyla  $\%1.85\pm0.20$  ile  $\%2.38\pm0.38$ ,  $\%1.76\pm0.17$  ile  $\%2.06\pm0.65$  ve  $\%1.62\pm0.25$  ile  $2.69\pm0.92$  arasında değişmiştir. Bu günlerde, sosis formülasyonlarının serbest yağ asitliği üzerindeki etkisinin istatistiki açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).



Şekil 4.17. Sosis örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinin depolama boyunca ölçülen serbest yağ asitliği miktarları,  $1.48 \pm 0.13$  ile  $3.39 \pm 0.76$  arasında değişmiştir (Şekil 4.17.). Benzer olarak Saimaiti ve Gençcelep (2020) tarafından yapılan çalışmada, 60 gün depolanan ve hayvansal yağ ile formüle edilmiş Frankfurter tipi sosislerin serbest yağ asitlikleri miktarının  $1.84$  ile  $2.30$  arasında değiştiği bildirilmiştir. Sosis örneklerinin depolama süresince serbest yağ asitlikleri miktarlarındaki değişimine bakıldığında, KMY, OHY, EHY ve OLE örneklerinin serbest yağ asidi miktarlarının depolama süresinden etkilenmediği belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

KHY örneğinin serbest yağ asitleri miktarı, depolamanın farklı günlerinde artış veya azalma göstermiştir. Bununla birlikte, 0. gün ve 90. günde belirlenen serbest yağ asitleri miktarlarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

EMU örneğinin serbest yağ asitleri miktarı, depolamanın 30. gününde önemli derecede azalmış ( $p < 0.05$ ), 30.günden depolama sonuna kadar sabit kalmıştır ( $p > 0.05$ ). EMU örneği için depolamanın ilk günü ve son günü karşılaştırıldığında, 90.günde ölçülen serbest yağ asitleri miktarının ilk güne kıyasla önemi derecede az olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Depolama sırasında ürünlerdeki serbest yağ asitlerinin seviyesi, lipazın hidrolitik aktivitesine ve lipoliz sonucu ortaya çıkan serbest yağ asitlerinin oksidatif reaksiyonlarına bağlı olduğu bildirilmiştir (Soriano vd, 2006). Bu reaksiyonların, hem kullanılan hammaddeler hem de üretim süreciyle doğrudan ilişkili olduğu da belirtilmiştir (Aksu, 2007).

#### **4.5.5.2. Konjuge Dien Değeri**

Konjuge bileşiklerin ölçümü, et ve et ürünlerinde oksidasyonu takip etmek için kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin basit olması, az miktarda numune gerektirmesi ve yöntemde herhangi bir reaksiyon ve reaktife ihtiyaç duyulmaması, yaygın olarak kullanılmasına sebebiyet vermiştir (Estévez vd, 2008; Shahidi ve Wanasundara, 2002). Lipid oksidasyonunun başlangıç aşamasında üretilen alkil radikali, konjuge dien ve trien oluşturabilmek için çift bağlı bir yeniden düzenleme ile stabilize olma eğilimindedir (Barriuso vd, 2013). Bu nedenle, konjuge bileşiklerin anormal üretimi et ve ürünlerinde lipid oksidasyonunu ölçmek için kullanılabilir. Ayrıca konjuge bileşiklerin artışının hidroperoksitlerin oluşumu ile orantılı olduğu da bilinmektedir (Min ve Ahn, 2005). Tablo 4.19., sosis örneklerinin depolama süresi boyunca ölçülen konjuge dien miktarlarını göstermektedir.

Tablo 4.19. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen konjuge dien değerleri

Örnekler	Konjuge Dien Değeri (mmol/kg)				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	3.90±0.64 <sup>cA</sup>	4.18±1.25 <sup>cA</sup>	5.43±1.48 <sup>dA</sup>	4.50±0.33 <sup>dA</sup>	5.63±1.80 <sup>cA</sup>
KMY	3.50±1.02 <sup>cB</sup>	4.53±0.88 <sup>cAB</sup>	4.71±0.71 <sup>dA</sup>	3.55±0.25 <sup>dAB</sup>	4.63±0.46 <sup>cAB</sup>
OHY	7.69±1.25 <sup>bb</sup>	11.64±0.52 <sup>abA</sup>	10.45±1.39 <sup>bcA</sup>	9.91±0.89 <sup>cA</sup>	10.34±1.60 <sup>bA</sup>
EHY	6.59±0.92 <sup>bb</sup>	10.06±1.90 <sup>bA</sup>	8.50±1.91 <sup>cAB</sup>	8.99±0.94 <sup>cAB</sup>	8.84±1.02 <sup>bAB</sup>
OLE	11.25±0.58 <sup>aB</sup>	12.25±0.79 <sup>aAB</sup>	13.80±1.50 <sup>aA</sup>	13.58±1.36 <sup>aA</sup>	13.17±1.43 <sup>aAB</sup>
EMU	11.77±0.35 <sup>aA</sup>	12.19±0.68 <sup>aA</sup>	11.61±0.99 <sup>bA</sup>	11.61±0.40 <sup>bA</sup>	10.63±1.95 <sup>bA</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-B: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

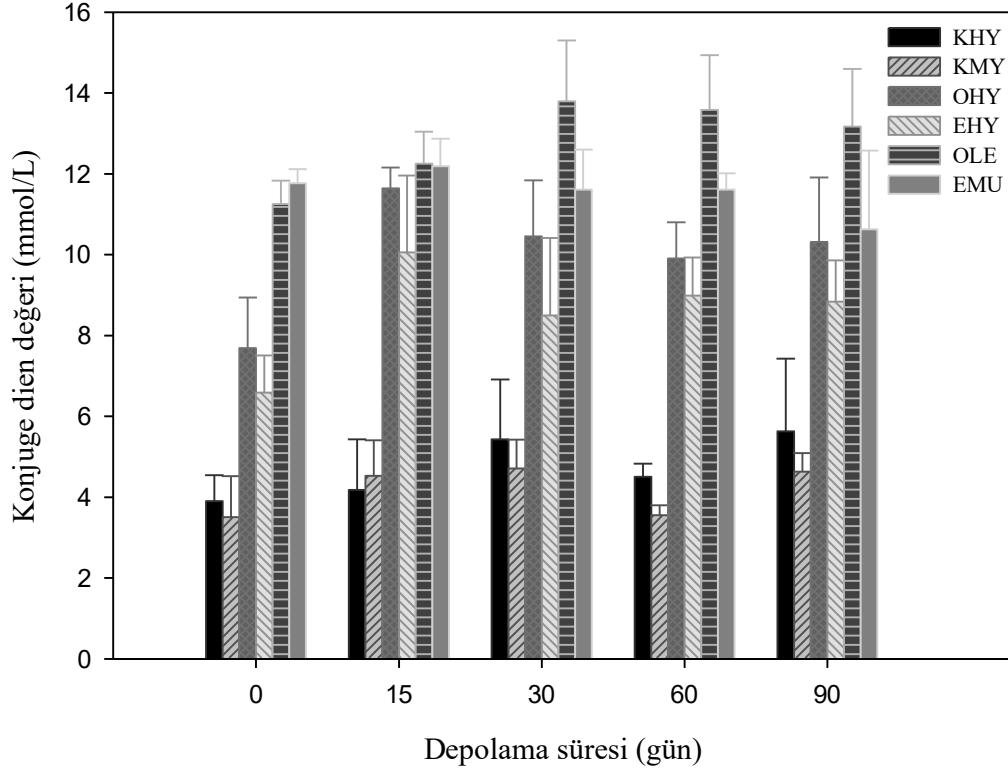
90 günlük depolama boyunca sosis örneklerinin, 3.50±1.02 ile 13.80±1.50 mmol/kg arasında değişen konjuge dien değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar araştırıldığında, oleojel ile formüle edilmiş herhangi bir et ürününün konjuge dien değerine rastlanılmamıştır. Bununla birlikte et ve ürünlerinde yapılan bazı çalışmalarda bildirilen konjuge dien değerleri çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen kuzu filetoalarının konjuge dien değerlerinin, yaklaşık olarak 8 ile 20 mmol/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Roldán vd, 2015). Ayrıca çalışmamız sonucunda bulunan konjuge dien değerlerinin, domuz eti ile yapılan çalışmalarda elde edilen değerlerden oldukça az olduğu belirlenmiştir (Botsoglou vd, 2014; Wójciak ve Dolatowski, 2016).

Depolamanın ilk günü, farklı yağ içeriklerine sahip sosis örneklerinin sahip olduğu konjuge dien miktarlarının 3.50±1.02 ile 11.77±0.35 mmol/kg arasında değiştiği görülmüştür. OLE ve EMU örneklerinin sırasıyla 11.25±0.58 ve 11.77±0.35 mmol/kg ile en yüksek (p<0.05) konjuge dien değeri gösterdiği ve aralarındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir (p>0.05). OHY ve EHY örneklerinin de sırasıyla 7.69±1.25 ve 6.59±0.92 mmol/kg değerleri ile kendi aralarında benzer konjuge dien miktarlarına sahip olduğu belirlenmiştir (p>0.05). KHY ve KMY örnekleri ise tüm örnekler arasında en düşük konjuge dien değerlerini göstermiştir (p<0.05). KHY örneğinin içerdiği konjuge dien miktarı 3.90±0.64 mmol/kg, KMY örneğinin ise

3.50±1.02 mmol/kg olarak belirlenmiş ve aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

Depolamanın 30., 60. ve 90. günlerinde, sosis çeşitlerinin konjuge dien değerleri üzerindeki etkisinin benzer olduğu görülmüştür. Her üç depolama gününde de en yüksek konjuge dien değerine sahip olan örnek OLE olarak belirlenmiş ve diğer örneklerle arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). OLE örneğinden sonra yüksek konjuge değerine sahip olan örneğin EMU olduğu tespit edilmiş ve 30. günde OHY örneği ile; 90. günde ise OHY ve EHY örnekleri ile aralarındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Tüm depolama günlerinde ortak olarak, en yüksek konjuge dien içeriğine sahip olan örneğin OLE olduğu, belirlenen en düşük konjuge dien seviyelerinin ise KHY ve KMY örneklerinde tespit edildiği görülmüştür. OHY ve EHY örneklerinin konjuge miktarları ise aralarındaki önemsiz farkla ( $p>0.05$ ) bu iki seviye arasında yer almıştır. Konjuge dien oluşumu, yağların oksidasyonu sırasında linoleik ve linolenik asitler gibi izolen yağ asitlerinin konjuge yağ asitlerine dönüşümüdür (Zuta vd, 2007). Ultraviyole ışık bölgesinden soğurulan ışık dalga boyunun ve soğurma değerinin artışının, otooksidasyonun bir göstergesi olduğu, oksidasyonun erken aşamalarında oksijen alımı ve peroksit oluşumu ile arttığı bildirilmektedir (Farmer, 1946). OLE ve EMU örneklerinin sahip olduğu yüksek konjuge dien miktarları, bu durum ile açıklanabilmektedir. Oluşturulan oleojel örneğinin, hayvansal yağa göre oldukça fazla olan linoleik asit içerdiği, yağ asitleri bileşimi analizi sonucunda görülmüştür. OLE ve EMU örneklerinin sadece oleojel ve oleojel emülsiyonundan oluşması, tamamen veya %50 oranda hayvansal yağ içeren KHY, OHY ve EHY örneklerinden önemli derecede fazla konjuge dien içermesine sebep olmuştur. Bunun yanı sıra oleojel ve mısır yağına yapılan oksidasyon analizlerinde, farklı oranlarda olejelatör içeren tüm oleojel örneklerinin mısır yağına kıyasla önemli derecede fazla konjuge dien içerdiği de belirlenmiştir. Bu durumun daha önce de belirtildiği gibi, oleojel oluşumu sırasında yağın maruz kaldığı ısı ile alakalı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.18. Sosis örneklerinin konjuge dien değerlerinin depolama süresince değişimi

Şekil 4.18., örneklerin konjuge dien değerlerinin depolama süresince değişimini göstermektedir. Sosis örneklerinin depolama boyunca sahip oldukları konjuge dien miktarları değişimleri incelendiğinde, KHY ve EMU örneklerinin konjuge dien değerlerinin sırasıyla  $3.90\pm 0.64$  ile  $5.63\pm 1.80$  mmol/kg ve  $11.61\pm 0.40$  ile  $12.19\pm 0.68$  mmol/kg arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca bu iki örneğin konjuge dien değerlerinin depolama süresinden etkilenmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

KMY örneğinin konjuge dien değerleri depolama boyunca  $3.50\pm 1.02$  ile  $4.71\pm 0.71$  mmol/kg arasında değişmiştir. Depolama süresince görülen dalgalanmalarla birlikte, depolama başlangıcı ve sonundaki konjuge dien miktarları arasında fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Depolamanın ilk gününde EHY örneğinin konjuge dien değeri  $6.59\pm 0.92$  mmol/kg olarak ölçülmüştür. Bu değer 15. günde önemli derecede artış göstererek ( $p<0.05$ )  $10.06\pm 1.90$  mmol/kg seviyesine ulaşmıştır. 30. günde tekrar bir miktar düşüş göstermiş ( $8.50\pm 1.91$ ) ve depolama süresini benzer seviyelerdeki konjuge dien değerleri ile tamamlamıştır. 90. günde sahip olduğu değer  $8.84\pm 1.02$  mmol/kg

olduğu ve depolama başlangıcındaki konjuge dien değeri ile aralarındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

OHY örneğinin konjuge dien miktarlarının 15.günde artış gösterdiği ( $p<0.05$ ) ve 15.günden depolama sonunu kadar konjuge dien değerlerinin değişmediği saptanmıştır ( $p>0.05$ ).  $7.69\pm 1.25$  mmol/kg konjuge dien ile depolama sürecine başlayan OHY örneğinin depolamanın son günü konjuge dien içeriğinin  $10.34\pm 1.60$  mmol/kg olduğu belirlenmiş ve artış miktarının istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

OLE örneğinin konjuge dien değerleri depolama süresince  $11.25\pm 0.58$  ile  $13.80\pm 1.50$  mmol/kg arasında değişmiştir. Sayısal olarak en düşük konjuge dien değeri depolamanın ilk gününde tespit edilmesine rağmen, 0. gün ve 90. gün ölçülen konjuge dien değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

#### **4.5.5.3. TBARS Değeri**

Et ürünlerinin depolanması sırasında, yağ asitleri ve diğer lipid bazlı bileşiklerin oksidasyonu ile raf ömrü, duyusal kabul ve besin değeri gibi özellikler olumsuz etkilenirken, aynı zamanda toksik bileşikler de ortaya çıkabilmektedir (Wang vd, 2018). TBARS değeri, lipid oksidasyonunun ikincil parçalanma ürünü olan malondialdehitin miktarını gösteren, oksidatif acılaşmanın en önemli göstergesidir (Raharjo ve Sofos, 1993).

Tablo 4.20., 90 günlük soğuk depolama boyunca, sosis örneklerindeki TBARS değerlerindeki değişiklikleri göstermektedir.

Tablo 4.20. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen TBARS değerleri

Örnekler	TBARS Analizi (mgMDA/kg)				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	1.62±0.44 <sup>aA</sup>	0.80±0.11 <sup>bB</sup>	1.54±0.31 <sup>bA</sup>	1.20±0.09 <sup>bcA</sup>	1.32±0.21 <sup>aA</sup>
KMY	2.11±0.16 <sup>aAB</sup>	1.02±0.18 <sup>abD</sup>	2.20±0.46 <sup>aA</sup>	1.61±0.24 <sup>abBC</sup>	1.53±0.51 <sup>aCD</sup>
OHY	1.64±0.35 <sup>aA</sup>	1.21±0.59 <sup>abA</sup>	1.79±0.22 <sup>abA</sup>	1.31±0.34 <sup>abcA</sup>	1.38±0.22 <sup>aA</sup>
EHY	1.38±0.28 <sup>aA</sup>	1.11±0.36 <sup>abA</sup>	1.41±0.05 <sup>bA</sup>	1.13±0.19 <sup>cA</sup>	1.07±0.11 <sup>aA</sup>
OLE	1.78±0.88 <sup>aA</sup>	1.47±0.28 <sup>aA</sup>	1.69±0.36 <sup>abA</sup>	1.71±0.38 <sup>aA</sup>	1.57±0.50 <sup>aA</sup>
EMU	1.49±0.29 <sup>aA</sup>	1.15±0.16 <sup>abA</sup>	1.67±0.60 <sup>abA</sup>	1.61±0.21 <sup>abA</sup>	1.20±0.12 <sup>aA</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-c: (↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-D: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Tüm örneklerin 90 günlük depolama boyunca TBARS değerleri, 0.80±0.11 ile 2.20±0.09 mg MDA/kg arasında değişmiştir. Moghtadaei vd (2018), %50 oranında susam yağı oleojeli kullandıkları sığır köftelerindeki TBARS seviyesinin üç aylık depolama boyunca 1.00-2.00 mg MDA/kg ürün arasında değiştiğini bildirmiştir. Monogliserid ve fitosterol karışımının oluşturduğu oleojelin kullanıldığı Frankfurter tipi sosislerde, depolamanın 25. gününde kontrol ve oleojelli örneklerin TBARS sayılarının 1.5-1.7 ppm MDA olduğu, bu değerlerin 40. günde 2.1-2.3 ppm MDA seviyelerine ulaştığı belirlenmiştir (Kouzounis vd, 2017). İşlenmiş et ürünlerinde TBARS sayısının 1 ile 2 mg MDA/kg ürün arasında olması gerektiği, 2 mg MDA/kg seviyesinden daha yüksek TBARS değerlerinde ürünlere duyusal yönden acılaşma hissedilebileceği bildirilmiştir (Gökalp vd, 1995). 0. ve 30. depolama günündeki KMY örneği hariç tüm örneklerin lipid oksidasyonunun duyusal algılanma seviyesini aşmadığı söylenebilir.

Üretim gününde, sosis örneklerinin TBARS değerleri 1.38±0.28 ile 2.11±0.16 mg MDA/kg sosis arasında değişmiştir. KMY örneği 2.11±0.16 ile en yüksek TBARS değeri göstermiş olmasına rağmen, tüm örnekler arasındaki fark anlamsız bulunmuştur (p>0.05). Benzer sonuçlar, ayçiçek yağı oleojeli ve oleojel emülsiyonunun Frankfurter tipi sosislerde kullanıldığı bir çalışmada da elde edilmiştir. 30 günlük depolama sonunda kontrol grubu da dahil olmak üzere tüm sosis örneklerinin TBARS değerleri arasındaki fark anlamsız bulunmuştur (Panagiotopoulou vd, 2016).

Depolamanın 15. gününde ölçülen TBARS değerleri  $0.80 \pm 0.11$  ile  $1.47 \pm 0.28$  mg MDA/kg arasında değişmiştir. 15. günde ölçülen en yüksek TBARS değerine sahip olan örneğin OLE, en düşük TBARS değerine sahip olan örneğin ise KHY olduğu belirlenmiştir. Bu iki örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Diğer örneklerin ölçülen TBARS değerlerinin istatistiki açıdan benzer olduğu saptanmıştır ( $p > 0.05$ ).

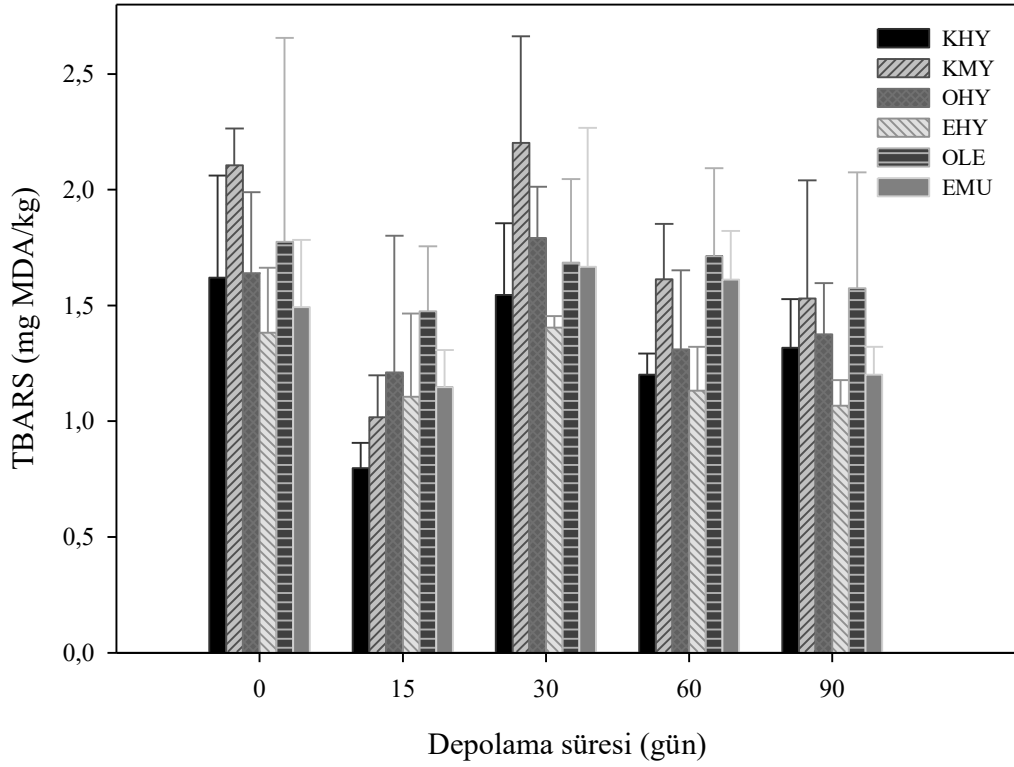
Sosis örneklerinin 30. günde ölçülen TBARS değerleri,  $1.41 \pm 0.05$  ile  $2.20 \pm 0.46$  mg MDA/kg arasında bulunmuştur. En yüksek TBARS değeri KMY örneğinde ölçülmüş ve OHY, OLE ve EMU örnekleri ile aralarında anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). EHY örneği en düşük TBARS değerini göstermiş olup, KHY, OHY, OLE ve EMU örnekleri ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

60. günde sosis örneklerine ait TBARS değerleri,  $1.13 \pm 0.19$  ile  $1.71 \pm 0.38$  mg MDA/kg arasında değişen değerlerde ölçülmüştür. OLE örneğinin en yüksek TBARS seviyesine sahip olduğu, KHY ve EHY örnekleri ile arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). 60. günde en düşük TBARS değeri EHY örneğinde ölçülmüş; gösterdiği TBARS seviyesinin KHY ve OHY örnekleri ile benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ).

90 günlük depolama sonunda, örneklerin TBARS değerleri  $1.07 \pm 0.11$  ile  $1.53 \pm 0.51$  arasında değişen seviyelerde bulunmuştur. Depolamanın son gününde ilk güne benzer olarak, TBARS değerlerinin farklı yağ içeriklerine sahip sosis çeşitlerinden etkilenmediği belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

TBARS sonuçları, vakum paketlenmiş sosis örneklerinin  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 90 güne kadar depolandığında, örneklerin lipid oksidasyonu seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir ( $p > 0.05$ ).





Şekil 4.19. Sosis örneklerinin TBARS değerlerinin depolama süresince değişimi

Sonuçlar, depolama süresinin KMY örneği dışındaki sosis örneklerinin TBARS oluşumuna herhangi bir etkisi olmadığını göstermiştir ( $p>0.05$ ) (Şekil 4.19.). Depolama boyunca görülen sabit TBARS değerleri, soya yağı oleojelinin Frankfurter tipi sosiste kullanıldığı bir çalışmada da tespit edilmiştir. Bu durumun, formülasyonda kullanılan sodyum nitritin antioksidan aktivitesi nedeniyle beklenen bir etki olduğu belirtilmiştir (Wolfer vd, 2018). Ayrıca formülasyonlarda kullanılan mısır yağı ve zeytinyağı gibi bitkisel yağların doğal olarak içerdiği antioksidan maddeler de (tokoferoller, fenolik bileşikler) ürünleri lipid oksidasyonuna karşı koruduğu bildirilmiştir (Bishop vd, 1993; Bloukas vd, 1997).

KMY dışındaki tüm örneklerin, 90 günlük depolama boyunca TBARS değerleri arasında anlamlı farklılık bulunamazken ( $p>0.05$ ), KMY örneğinin depolama boyunca farklı TBARS değerleri gösterdiği tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Depolamanın ilk gününde  $2.11\pm 0.16$  mg malondialdehit/ kg ürün olan TBARS değerinin depolamanın son günü  $1.53\pm 0.51$  mg malondialdehit/kg ürün seviyesine düştüğü ve değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). TBARS değerlerindeki düşüşün, bir ara ürün olan malonaldehitin oluşumuna bağlı olduğu düşünülmektedir.

Belirli bir zamana kadar malonaldehit oluşum hızının, kaybolma oranından büyük olması ve bu noktadan sonra tam tersinin oluşması ile kaybolma hızı oranı oluşum oranını aşmış, dolayısıyla TBARS değerleri azalmıştır (Bhattacharya vd, 1988).

Oleojel içeren işlenmiş et ürünlerindeki lipid oksidasyonu seviyesinin, depolama süresinin artmasıyla artması beklenmektedir (Gómez-Estaca vd, 2019). Flaiz vd (2016), bu durumun, oleojellere antioksidan bileşiklerin eklenmesi ile iyileştirilebileceğini bildirmiştir. Çalışmamızdaki oleojel ve oleojel emülsiyonu içeren sosis örneklerinin lipid oksidasyonu açısından stabil kalması, oleojelatör olarak kullanılan  $\gamma$ -orizanolün antioksidan özellik göstermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, formülasyonda bulunan doymamış yağların yapılandırılmış olmasının, yağın reaktif kısımlarının hareketliliğini kısıtlamış olabileceği de bazı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Wang vd, 2018). Ayrıca sosis formülasyonlarında kullanılan sodyum kazeinatın, su içinde yağ emülsiyonlarında, serbest radikal süpürücü ve/veya metal şelasyon kombinasyonu ile lipid oksidasyonuna karşı koruyucu etki oluşturması ile ilgili olabileceği de düşünülmektedir (Faraji vd, 2004).

TBARS analizi sonuçları, oleojel ve oleojel kullanılan kürlenmiş et ürünlerinde oksidasyonun endişe verici düzeyde olmadığını göstermiştir. 90 günlük depolama boyunca örnekler 2 mg MDA/kg seviyesini aşmamış ve duyu analizde de istenmeyen tat ve koku tespit edilmemiştir.

#### **4.5.6. Renk Özellikleri**

Renk, tüketicilerin ürünü satın almasını etkileyen ana faktörlerden biridir. Bu nedenle yağ ikameleri ile yeniden formüle edilmiş et ürünlerinin geliştirilmesinde çok önemli bir parametredir (Pintado vd, 2015). Çalışma kapsamında üretilen farklı yağ içeriklerine sahip sosis örneklerinin renk özellikleri,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , hue açısı ( $h^\circ$ ), kroma değeri ( $C^*$ ) ve  $\Delta E^*$  olarak ifade edilmiştir.

##### **4.5.6.1. $L^*$ Değeri**

$L^*$  değeri 0 ile 100 arasında değişen, aydınlık veya parlaklığı ifade eden renk bileşenidir (Leon vd, 2006). Pişirilmiş et ürünlerinin renk özellikleri, esas olarak etin pigment özelliklerinden ve pişirme sırasında meydana gelen pigment değişimlerinden etkilenmektedir. Bununla birlikte, miyogloblin içeriği sabit tutulduğunda, Frankfurter

tipi ürünlerin rengi en çok yağ içeriği ve eklenen su miktarından etkilenir (Pietrasik ve Duda, 2000).

Farklı formülasyonlarda hazırlanmış sosis örneklerinin hem dış yüzey hem de iç kesit için aydınlık (L\*) değerleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 4.21.).

Tablo 4.21. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit L\* değerleri

Örnekler	L* dış yüzey					
	Depolama süresi (gün)					
	0	15	30	60	90	
KHY	61.19±0.47 <sup>cD</sup>	66.51±0.48 <sup>bcBC</sup>	68.49±1.77 <sup>aAB</sup>	69.03±0.66 <sup>aA</sup>	65.51±1.27 <sup>cC</sup>	
KMY	58.81±2.09 <sup>eB</sup>	63.44±0.82 <sup>cA</sup>	62.72±0.65 <sup>bAB</sup>	59.51±4.19 <sup>bAB</sup>	63.48±0.86 <sup>cA</sup>	
OHY	66.66±0.10 <sup>abA</sup>	66.45±3.97 <sup>bcA</sup>	67.41±2.49 <sup>abA</sup>	69.17±2.48 <sup>aA</sup>	68.43±0.33 <sup>bA</sup>	
EHY	65.54±2.30 <sup>bB</sup>	69.35±1.78 <sup>bAB</sup>	67.23±4.09 <sup>abAB</sup>	70.63±0.67 <sup>aA</sup>	71.03±1.28 <sup>aA</sup>	
OLE	65.80±2.44 <sup>bB</sup>	68.39±1.05 <sup>bAB</sup>	66.50±4.21 <sup>abAB</sup>	69.94±2.13 <sup>aA</sup>	68.72±1.36 <sup>bAB</sup>	
EMU	69.96±1.67 <sup>aAB</sup>	73.34±1.70 <sup>aA</sup>	67.94±2.74 <sup>abB</sup>	72.58±1.97 <sup>aA</sup>	71.53±2.60 <sup>aAB</sup>	
Örnekler	L* iç kesit					
	KHY	57.65±1.45 <sup>bB</sup>	60.36±2.74 <sup>cA</sup>	61.15±0.73 <sup>bA</sup>	61.72±0.85 <sup>cA</sup>	61.65±0.76 <sup>bA</sup>
	KMY	52.66±1.35 <sup>cC</sup>	56.80±3.19 <sup>dB</sup>	59.90±1.63 <sup>bA</sup>	57.58±2.08 <sup>dAB</sup>	57.75±1.63 <sup>cAB</sup>
	OHY	58.56±1.54 <sup>bc</sup>	61.72±1.13 <sup>bcB</sup>	63.42±1.44 <sup>aAB</sup>	64.38±1.63 <sup>bA</sup>	63.09±1.09 <sup>bAB</sup>
	EHY	59.86±1.16 <sup>bB</sup>	64.35±0.90 <sup>abA</sup>	63.56±2.36 <sup>aA</sup>	64.65±1.36 <sup>bA</sup>	62.85±1.55 <sup>bA</sup>
	OLE	62.55±2.11 <sup>aAB</sup>	64.83±3.94 <sup>abA</sup>	61.61±0.79 <sup>abAB</sup>	60.50±1.34 <sup>eB</sup>	62.15±3.10 <sup>bAB</sup>
	EMU	64.92±2.82 <sup>aB</sup>	66.06±2.14 <sup>aAB</sup>	63.59±2.24 <sup>abB</sup>	68.47±2.82 <sup>aA</sup>	65.70±1.82 <sup>aAB</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-D: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Depolamanın ilk gününde ölçülen sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait L\* değerleri, 58.81±.09 ile 69.96±1.67 arasında değişmiştir. Depolamanın ilk gününde en yüksek L\* değerine sahip örneğin EMU olduğu ve OHY örneği ile arasındaki farkın önemsiz olduğu saptanmıştır (p>0.05). Sayısal olarak en düşük L\* değeri KMY örneğinde ölçülmüş ve KHY örneğinin L\* değeri ile benzer bulunmuştur (p>0.05).

15. günde örneklerin L\* değerleri 63.44±0.82 ile 73.34±1.70 arasında değişmiştir. En yüksek L\* değerini gösteren örnek yine EMU olmuş ve diğer örneklerle arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05). KMY sayısal olarak en düşük L\*

değerine sahip olup, KHY ve OHY örnekleri ile arasında önemli fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ).

30. günde örnekler  $62.72\pm 0.65$  ile  $68.49\pm 1.77$  arasında değişen  $L^*$  değerleri göstermişlerdir. KMY örneğinin  $L^*$  değeri yine sayısal olarak en düşük bulunmuş, KHY örneğinin  $L^*$  değeri ile arasındaki fark önemli bulunurken ( $p<0.05$ ), diğer örneklerin  $L^*$  değerleri ile benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

60. günde KMY örneğinin  $L^*$  değeri  $59.51\pm 4.19$  ile diğer tüm örneklerden önemli derecede düşük bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Diğer örneklerin  $L^*$  değerleri  $69.03\pm 0.66$  ile  $72.58\pm 1.97$  arasında değişmiş ve aralarında anlamlı bir farklılık saptanamamıştır ( $p>0.05$ ).

90. günde EHY ve EMU örneklerinde sırasıyla  $71.03\pm 1.28$  ve  $71.53\pm 2.60$   $L^*$  değerleri ölçülmüştür. İki örneğin  $L^*$  değerlerinin kendi aralarındaki fark önemsiz bulunurken ( $p>0.05$ ), diğer örneklerden önemli derecede yüksek oldukları belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). En düşük  $L^*$  değeri ( $p<0.05$ ) gösteren örneklerin sırasıyla  $65.51\pm 1.27$  ve  $63.48\pm 0.86$  ile KHY ve KMY örnekleri olduğu tespit edilmiştir. Bu iki örneğin  $L^*$  değerleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Üretim gününde sosis örneklerinin iç kesitlerine ait  $L^*$  değerleri ise  $52.66\pm 1.35$  ile  $64.92\pm 2.82$  arasında değişmiştir. 0. günde en yüksek  $L^*$  değeri ( $p<0.05$ ) EMU örneğinde ölçülmüş ve OLE ile benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ). En düşük  $L^*$  değeri ise KMY örneğinde ölçülmüştür ( $p<0.05$ ). KHY, OHY ve EHY örneklerinin iç kesit  $L^*$  değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

15. günde  $L^*$  değerleri  $56.80\pm 3.19$  ile  $66.06\pm 2.14$  arasında değişmiştir. KMY örneğinin  $L^*$  değerinin diğer örneklerden önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Sayısal olarak en yüksek değer EMU örneğinde tespit edilmiş, EHY ve OLE örnekleri ile arasında anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

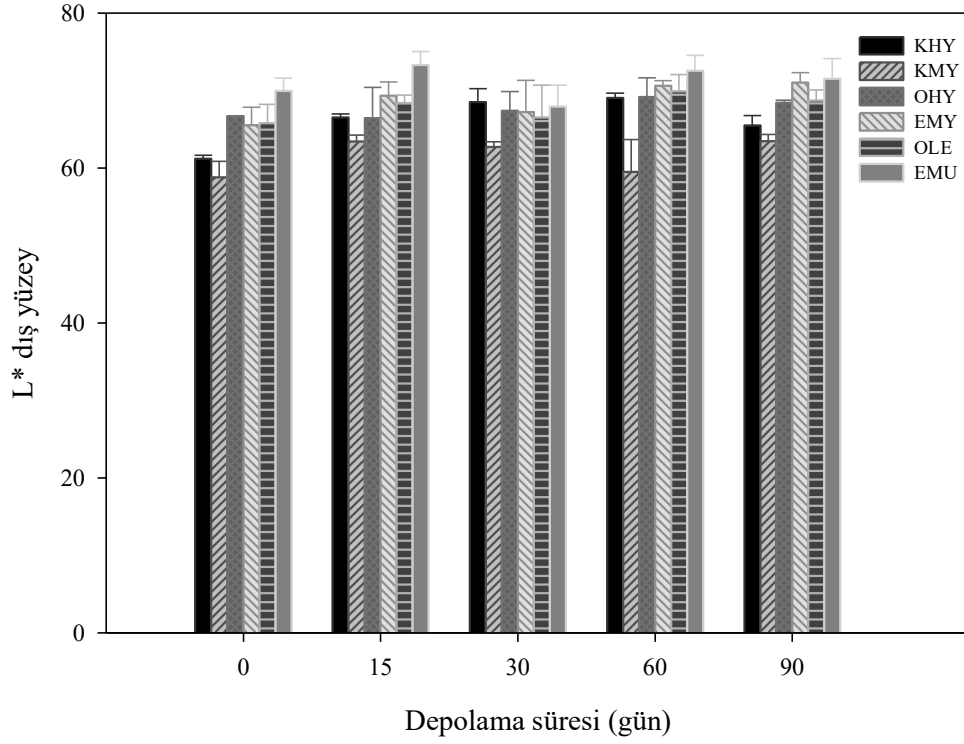
30. günde KHY ve KMY örneklerinin sırasıyla  $61.15\pm 0.73$  ve  $59.90\pm 1.63$  ile en düşük  $L^*$  değerlerine sahip olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). Diğer sosis örneklerinin  $L^*$  değerleri  $61.61\pm 0.79$  ile  $63.59\pm 2.24$  arasında değişmiş ve bu örnekler arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Depolamanın 60. ve 90. günlerinde en yüksek  $L^*$  değerini ( $p<0.05$ ) EMU örneği göstermiş,  $L^*$  değeri bu günlerde sırasıyla  $68.47\pm 2.82$  ve  $65.70\pm 1.82$  olarak ölçülmüştür. Her iki günde de en düşük KMY en düşük  $L^*$  değerinin ( $57.58\pm 2.08$  ve

57.75±1.63) sahibi olmuş, diğer örneklerle arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

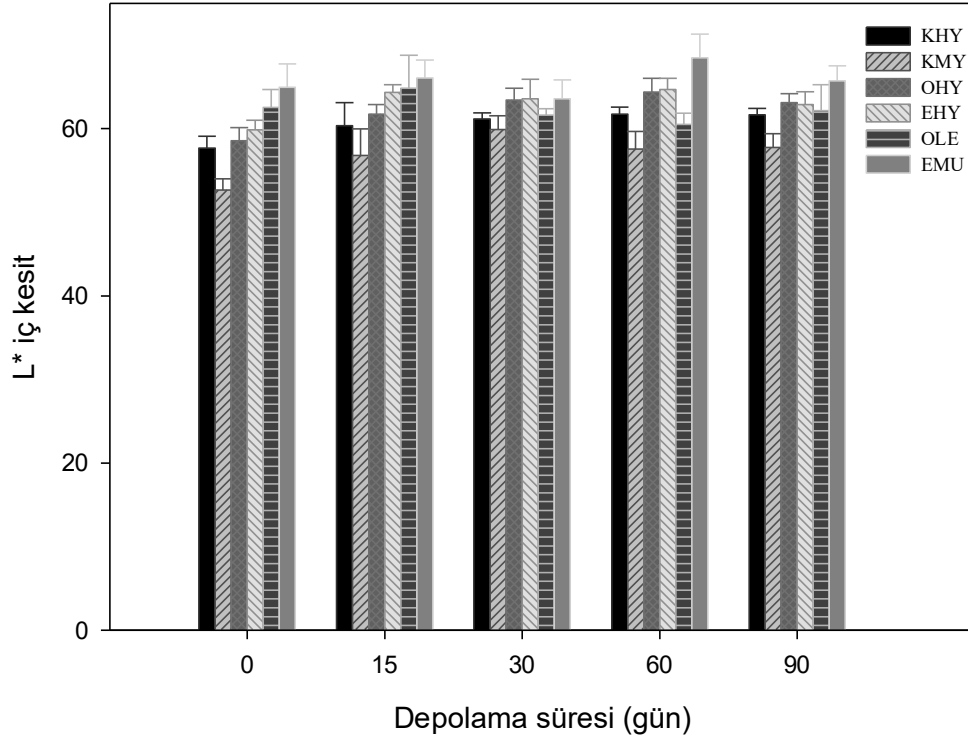
Hayvansal yağların farklı sıvı yağlarla ikame edildiği sosis ve köfte çalışmaları incelendiğinde, kanola yağı ve zeytinyağı kullanılan sosislerin  $L^*$  değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir (Álvarez vd, 2011; Barbut vd, 2016b, 2016c; Utrilla vd, 2014). Ayrıca yine benzer yağlar kullanılarak üretilen sosislerin  $L^*$  değerlerinin hayvansal yağ içeren örneklerin aydınlık değerleri ile istatistiksel olarak benzer olduğu çalışmalar da mevcuttur (Pappa vd, 2000). Bunun yanı sıra bizim çalışma sonuçlarımıza benzer olarak, Choi vd (2009) domuz yağı yerine kullanılan üzüm çekirdeği yağının, sosisin  $L^*$  değerini azalttığını bildirmiştir. Bu durumun, yağlar arasındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir (Youssef vd, 2011).

Depolama süresince genelde en yüksek  $L^*$  değerlerinin EMU örneğine ait olduğu görülmüş fakat bu yüksekliğin bazı depolama günleri için istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Emülsiyonda bulunan yağ damlacıkları, hayvansal yağ ile oluşturulmuş emülsiyon damlacıklarından daha küçük çapa sahip olmasından dolayı daha fazla ışık yansıtılmaktadır (Poyato vd, 2014). EMU örneğinin sahip olduğu yüksek  $L^*$  değeri, bu durumla ilişkilendirilebilir. Aydınlık değerlerine bakıldığında, OHY, EHY ve OLE örneklerinin sahip olduğu  $L^*$  değerleri benzer olup, diğer örneklerle arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).



Şekil 4.20. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait L\* değerlerinin depolama süresince değişimi

Depolama süresince sosislerin dış yüzeyine ait L\* değerlerinin değişimi sosis çeşidine bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. OHY, OLE ve EMU örneklerinin aydınlık değerleri depolama boyunca dalgalı bir değişim gösterse de, depolama başlangıcı ve sonu arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). KHY, KMY ve EHY örneklerinin de doğrusal bir değişimi olmamakla beraber, bu örneklere ait L\* değerlerinin depolama sonunda arttığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Şekil 4.20.).



Şekil 4.21. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait L\* değerlerinin depolama süresince değişimi

Örneklerin iç kesitlerine ait L\* değerlerine bakıldığında, KHY ve EHY'nin depolama boyunca benzer renk özellikleri gösterdiği görülmüştür. Depolama sürecine sırasıyla  $57.65 \pm 1.45$  ve  $59.86 \pm 1.16$  L\* değerleri ile başlayan KHY ve EHY örnekleri 15. günde önemli miktarda artış göstermiş ( $p < 0.05$ ) ve sırasıyla  $60.36 \pm 2.74$  ile  $64.35 \pm 0.90$  değerlerini almışlardır. Her iki örneğin iç kesitlerine ait L\* değerleri depolama sonuna kadar sabit seviyede kalmıştır ( $p > 0.05$ ).

KMY ve OHY örneklerinin iç kesit L\* değerleri de depolama süresinden etkilenmiştir ( $p < 0.05$ ). Her iki örneğin L\* değeri de depolamanın 15. gününde önemli miktarda artış göstermiştir ( $p < 0.05$ ). Sonraki günlerde inişli çıkışlı aydınlık değerleri gözlemlenen KMY ve OHY örneklerinin depolamanın son gününde ölçülen L\* değerlerinin depolama başlangıcına kıyasla istatistiksel olarak önemli miktarda yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

OLE ve EMU örnekleri 90 günlük depolamada dalgalı L\* değerleri göstermiş olup, her iki sosis örneğinin depolama başlangıcı ve sonundaki iç kesit L\* değerleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ( $p > 0.05$ ) (Şekil 4.21.).

#### 4.5.6.2. a\* Değeri

CIELAB renk sisteminde a\* parametresi kırmızı ve yeşil renkleri ölçmektedir. +a\* değeri kırmızı rengi ifade ederken, -a\* değeri rengin yeşil olduğunu belirtmektedir. İşlenmiş et ürünlerinde en baskın renk kırmızı olduğu için, a\* değerindeki farkın ürün rengi üzerinde büyük etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Bishop vd, 1993). Depolama süresince ölçülen, sosis örneklerinin dış yüzey ve iç kesitlerine ait kırmızılık (a\*) değerleri Tablo 4.22.'de verilmiştir.

Tablo 4.22. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit a\* değerleri

Örnekler	a* dış yüzey				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	19.74±0.09 <sup>aA</sup>	19.54±1.07 <sup>abA</sup>	19.63±0.42 <sup>abA</sup>	20.60±0.96 <sup>abA</sup>	20.33±0.97 <sup>aA</sup>
KMY	19.65±0.44 <sup>aA</sup>	20.09±2.05 <sup>aA</sup>	21.91±1.90 <sup>aA</sup>	21.70±1.46 <sup>aA</sup>	20.15±1.08 <sup>aA</sup>
OHY	18.61±0.34 <sup>aAB</sup>	18.39±1.05 <sup>abcB</sup>	20.34±0.46 <sup>abA</sup>	20.03±1.52 <sup>abcAB</sup>	20.37±1.30 <sup>aA</sup>
EHY	18.93±1.43 <sup>aA</sup>	17.55±0.55 <sup>bcdA</sup>	19.21±1.94 <sup>bA</sup>	18.57±1.37 <sup>cdA</sup>	18.53±1.00 <sup>bA</sup>
OLE	18.17±0.98 <sup>aAB</sup>	17.17±0.95 <sup>cdB</sup>	19.17±0.72 <sup>bA</sup>	19.46±0.97 <sup>bcA</sup>	18.60±0.65 <sup>bA</sup>
EMU	15.14±2.03 <sup>bC</sup>	15.77±0.63 <sup>dB</sup>	19.99±1.25 <sup>abA</sup>	17.57±0.59 <sup>dB</sup>	17.04±0.78 <sup>cBC</sup>
a* iç kesit					
KHY	20.80±0.85 <sup>bA</sup>	19.61±1.36 <sup>bA</sup>	20.39±0.76 <sup>bA</sup>	20.05±1.74 <sup>bA</sup>	19.34±1.18 <sup>bcA</sup>
KMY	22.96±1.45 <sup>aA</sup>	22.07±0.59 <sup>aA</sup>	22.37±1.06 <sup>aA</sup>	22.88±0.39 <sup>aA</sup>	22.99±0.54 <sup>aA</sup>
OHY	18.71±1.02 <sup>cAB</sup>	19.46±1.12 <sup>bA</sup>	19.11±0.47 <sup>cA</sup>	17.79±1.05 <sup>dB</sup>	18.91±0.45 <sup>cA</sup>
EHY	18.18±0.60 <sup>cAB</sup>	17.78±1.20 <sup>dB</sup>	19.14±0.92 <sup>cAB</sup>	18.46±1.42 <sup>cdAB</sup>	19.43±0.94 <sup>bcA</sup>
OLE	18.21±0.54 <sup>cB</sup>	16.96±1.48 <sup>cC</sup>	19.26±0.82 <sup>cAB</sup>	19.23±0.76 <sup>bcAB</sup>	20.23±0.93 <sup>bA</sup>
EMU	18.07±1.02 <sup>cBC</sup>	17.52±0.24 <sup>cC</sup>	18.72±0.91 <sup>cAB</sup>	18.60±0.67 <sup>cdAB</sup>	19.17±0.37 <sup>cA</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

A-C: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Depolamanın ilk günü ölçülen sosis dış yüzeyine ait a\* değerleri 15.14±2.03 ile 19.74±0.09 arasında değişmiştir. Dış yüzeye ait ölçümlerde en düşük a\* değerine sahip olan örneğin EMU olduğu ve diğer örneklerle arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Diğer 5 sosis örneği arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05).



15. günde en yüksek dış yüzey a\* değerine sahip olan örneğin KMY olduğu ve istatistiksel olarak KHY ve OHY ile benzer olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). EMU örneği en az kırmızılığa sahip örnek olup, EHY ve OLE örnekleri ile benzerlik göstermiştir ( $p>0.05$ ).

30. günde de 15.güne benzer olarak KMY örneğinin en yüksek kırmızılık değeri gösterdiği ve KHY, OHY ve EMU örnekleri ile istatistiksel olarak aynı olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). En az a\* değerine sahip örnekler ise EHY ve OLE olarak belirlenmiştir. Bu örnekler de sadece KMY den önemli derecede farklı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

60. günde en düşük a\* değeri EMU örneğinde gözlemlenirken, KMY örneğinin en yüksek a\* değerine sahip olduğu belirlenmiştir. EMU ile EHY arasındaki farkın önemsiz olduğu, KMY, KHY ve OHY örneklerinin de istatistiki açıdan benzer a\* değerlerine sahip oldu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

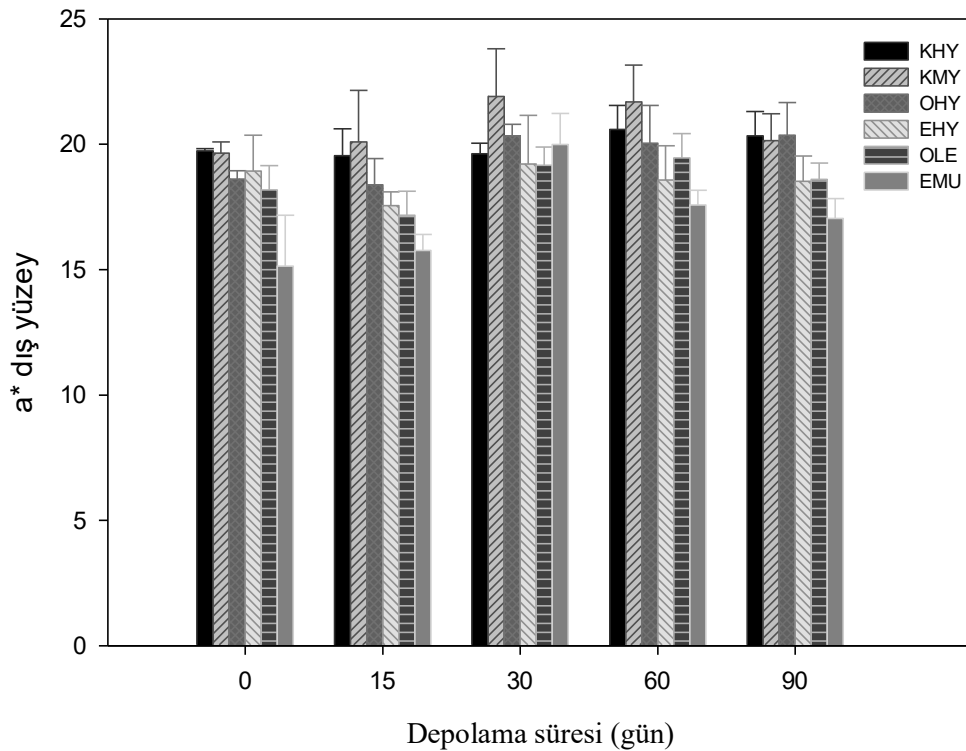
Depolama sonunda dış yüzeyin sahip olduğu a\* değerlerine bakıldığında, EMU örneğinin en düşük değere sahip olduğu ve diğer örneklerden farkı önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek kırmızılık değerinin KHY, KMY ve OHY örneklerine ait olduğu ve diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu da belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Sosislerin iç kesitlerine ait a\* değerleri, depolama boyunca  $17.52\pm 0.24$  ile  $22.99\pm 0.54$  arasına değişmiştir. 0. ve 30. günlerde OHY, EHY, OLE ve EMU örnekleri, en az kırmızılık değerine sahip ve kendi aralarında benzer ( $p>0.05$ ) ama diğer örneklerden önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). 15. günde ölçülen en düşük a\* değeri ise EHY, OLE ve EMU örneklerine ait olup, yine diğer örnekler ile arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Domuz yağı yerine soya fasulyesi oleojeli kullanılan Bologna tipi tavuk sosislerinde de daha düşük kırmızılık değeri gözlemlendiği bildirilmiştir (Tarté vd, 2020). Farklı oleojellerle yapılan Frankfurter tipi sosislerin a\* değerlerinde de benzer azalmaların olduğu rapor edilmiştir (Barbut vd, 2016a; Barbut vd, 2016b; Panagiotopoulou vd, 2016).

60. günde en az kırmızı olduğu belirlenen örnek OHY'nin iç kesit kırmızılık değerinin EHY ve EMU örneklerinin iç kesit renkleri ile benzer olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolama sonunda en az kırmızılık değerine sahip olan örnek OHY olup; KHY, EHY ve EMU ile aralarındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

Sosis örneklerinin dış yüzey ve iç kesit kırmızılık değerlerine bakıldığında, KHY örneğine benzer olan örneğin OHY olduğu görülmektedir.

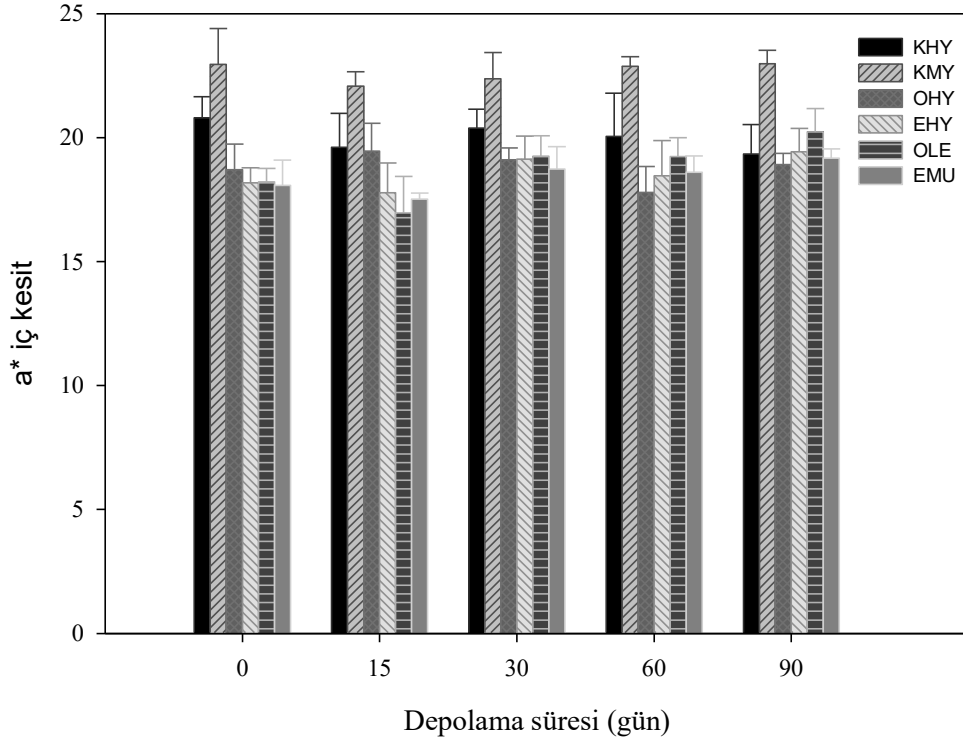
Tüm depolama günlerinde iç kesitlere ait en yüksek kırmızılık değeri KMY örneğinde tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Bu durum KMY örneğinin en az yağ içeriğine sahip sosis örneği olması ile açıklanabilir. Yağı azaltılmış sosis üzerine yapılan çalışmalar, azalan yağ içeriğinin sosislerin kırmızılık değerini arttırdığını belirtmiştir (Bishop vd, 1993; dos Santos Alves vd, 2016; Gómez ve Lorenzo, 2013; Kim vd, 2016; Lorenzo ve Franco, 2012). Yağ içeriği azaldıkça, yağsız et kontrasyonunun artması etin kırmızılık değerini arttırmaktadır (Bishop vd, 1993). Hayvansal yağ içeren kontrol örneğinin (KHY) genel olarak KMY örneğine benzer olarak yüksek  $a^*$  değerine sahip olmasının, KMY örneğine yakın yağ içeriğine sahip olmasının yanı sıra, kullanılan hayvansal yağ üzerinde kalmış olabilecek miyoglobinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Barbut vd, 2016b).



Şekil 4.22. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait  $a^*$  değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait kırmızılık değerleri 90 gün boyunca,  $15.14 \pm 2.03$  ile  $21.91 \pm 1.90$  arasında değişmiştir. KHY, KMY ve EHY örnekleri için dış yüzeye ait  $a^*$  değerlerinin depolama süresinden etkilenmediği görülmüş ve tüm

depolama günlerinde ölçülen değerler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). OHY, OLE ve EMU örneklerinin dış yüzeylerinin kırmızılık değerlerinin depolama günlerine göre değiştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın ilk gün ve son gün değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ) (Şekil 4.22.).



Şekil 4.23. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait  $a^*$  değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait kırmızılıklarını gösteren değerler depolama süresince,  $17.52\pm 0.24$  ile  $22.99\pm 0.54$  arasında değişen değerler göstermiştir (Şekil 4.23.). KHY ve KMY örneklerinin  $a^*$  değerlerinin depolama süresince değişmediği görülmüştür ( $p>0.05$ ). OHY örneğinin kırmızılık miktarı depolamanın 60. günü azalmış, depolama sonunda tekrar yükselerek depolamanın ilk ayındaki değerle benzer hale gelmiştir ( $p>0.05$ ). EHY örneği için  $a^*$  değerinin düşüşü 15. günde gerçekleşmiştir. Diğer günlere ait değerler arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

OLE ve EMU örneklerinde ise depolama süresince  $a^*$  değerleri dalgalı bir değişim göstermiştir. Depolama süresinin her iki sosis örneğinin  $a^*$  değerlerini etkilediği belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Hiç hayvansal yağ içermeyen iki örnek olan OLE ve

EMU örneklerinin kırmızılık değerlerinin depolama ile arttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Bishop vd (1993), yaptıkları çalışmada vakum paketlenmiş Bologna tipi sosislerin 4 haftalık depolama sonucunda kırmızılık değerlerinin yükseldiğini bildirmiştir.

#### 4.5.6.3. b\* Değeri

CIELAB renk sisteminde b\* parametresi sarı ve mavi renkleri ölçmektedir. +b\* değeri sarı rengi ifade ederken, -b\* değeri rengin mavi olduğunu belirtmektedir. Sosis örneklerinin dış yüzey ve iç kesitlerine ait sarılık (b\*) değerinin depolama boyunca değişimini gösteren tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 4.23.).

Tablo 4.23. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit b\* değerleri

Örnekler	b* dış yüzey				
	Depolama süresi (gün)				
	0	15	30	60	90
KHY	15.55±0.98 <sup>dB</sup>	16.01±0.55 <sup>bAB</sup>	16.61±1.04 <sup>cAB</sup>	17.28±0.46 <sup>bA</sup>	17.03±0.56 <sup>bA</sup>
KMY	16.83±1.10 <sup>cdB</sup>	17.43±1.61 <sup>abB</sup>	17.41±1.26 <sup>cB</sup>	20.83±1.31 <sup>aA</sup>	18.41±1.27 <sup>abB</sup>
OHY	17.51±0.07 <sup>bcB</sup>	18.23±1.61 <sup>abAB</sup>	18.27±1.03 <sup>bcAB</sup>	19.83±1.49 <sup>aA</sup>	18.62±0.85 <sup>abAB</sup>
EHY	18.17±0.76 <sup>abcAB</sup>	17.73±1.61 <sup>abB</sup>	18.34±0.64 <sup>bcAB</sup>	19.21±0.28 <sup>aAB</sup>	19.64±0.73 <sup>aA</sup>
OLE	18.93±0.74 <sup>abA</sup>	17.64±1.91 <sup>abA</sup>	19.45±0.28 <sup>bA</sup>	19.23±0.57 <sup>aA</sup>	20.38±2.21 <sup>aA</sup>
EMU	19.29±0.67 <sup>aB</sup>	19.47±1.23 <sup>aB</sup>	22.17±1.21 <sup>aA</sup>	20.23±1.50 <sup>aAB</sup>	20.34±1.42 <sup>aAB</sup>
b* iç kesit					
KHY	17.05±0.97 <sup>bA</sup>	15.85±0.78 <sup>cB</sup>	15.33±0.40 <sup>dB</sup>	15.33±0.75 <sup>dB</sup>	15.53±0.83 <sup>dB</sup>
KMY	17.46±0.64 <sup>bAB</sup>	17.24±0.93 <sup>bAB</sup>	17.67±1.04 <sup>bA</sup>	16.43±0.99 <sup>cB</sup>	16.97±0.67 <sup>cAB</sup>
OHY	17.46±0.62 <sup>bAB</sup>	17.64±0.76 <sup>bA</sup>	16.38±1.27 <sup>cBC</sup>	15.89±1.08 <sup>cdC</sup>	17.12±0.36 <sup>cAB</sup>
EHY	17.20±0.75 <sup>bA</sup>	17.41±0.66 <sup>bA</sup>	17.07±1.06 <sup>bcA</sup>	16.77±0.51 <sup>cA</sup>	17.64±0.60 <sup>cA</sup>
OLE	18.14±0.75 <sup>bAB</sup>	18.13±0.51 <sup>bAB</sup>	17.63±0.31 <sup>bB</sup>	18.17±0.81 <sup>bAB</sup>	18.81±0.88 <sup>bA</sup>
EMU	19.83±1.05 <sup>aA</sup>	19.94±1.66 <sup>aA</sup>	18.81±0.69 <sup>aA</sup>	20.02±0.90 <sup>aA</sup>	19.99±0.55 <sup>aA</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

A-C: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Depolama başlangıcında sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait b\* değerlerinin 15.55±0.98 ile 19.29±0.67 arasında değiştiği görülmektedir. 0. günde en yüksek b\* değerine sahip örneklerin EMU olduğu ve OLE ve EHY örnekleri ile istatistiksel olarak benzer olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). En az sarılık değerine sahip olan örnek KHY olarak belirlenmiş ve KMY ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

15. günde en yüksek b\* değeri 19.47±1.23 ile EMU örneğinde, en düşük b\* değeri ise 16.01±0.55 ile KHY örneğinde tespit edilmiştir. Bu iki örneğin dış yüzeylerine ait b\* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

30. günde EMU örneğinin sarılık derecesinin (22.17±1.21) diğer tüm örneklerden anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). En düşük b\* değeri 16.61±1.04 ile yine KHY örneğinde saptanmış ve KMY, OHY ve EHY örneklerinin b\* değerleri ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

60. günde KMY örneği sayısal olarak en yüksek b\* değeri (20.83±1.31) göstermesine rağmen, sadece KHY örneği ile arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05). 60 günde KHY örneğinin dış yüzey sarılık değerinin diğer örneklerden önemli miktarda az olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

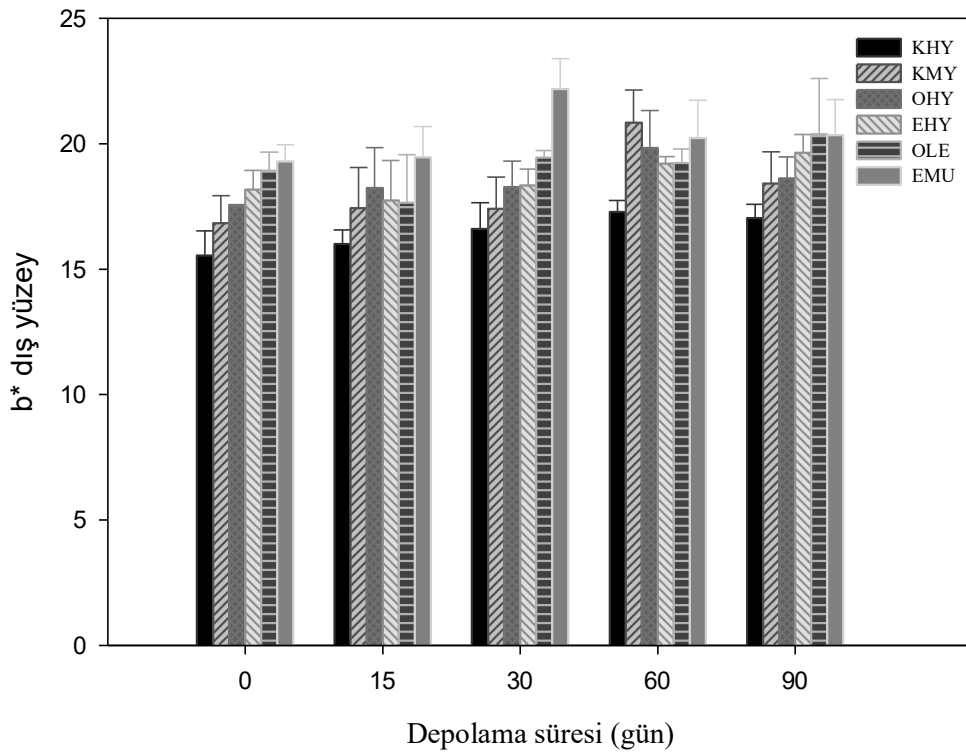
Depolamanın son gününde OLE örneği 20.38±2.21 ile en yüksek b\* değerine sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, KHY dışındaki tüm sosis örneklerinin sarılık değerleri ile istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir. Tüm depolama günlerinde olduğu gibi 90. günde de, KHY örneğinin en düşük b\* değerine sahip olan sosis örneği olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin iç kesitlerine ait b\* değerleri de dış yüzey sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Depolama boyunca iç kesitlere ait b\* değerleri 15.33±0.40 ile 20.02±0.90 arasında değişen değerlerde bulunmuştur. Her bir depolama gününde en yüksek b\* değerine sahip örneğin EMU olduğu ve diğer örneklerle arasında önemli derecede farklılık bulunduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Depolamanın ilk gününde KHY örneği sayısal olarak en az sarılık değeri göstermiş olmakla birlikte, KMY, OHY, EHY ve OLE ile aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Kalan depolama günlerindeki en düşük b\* değerinin KHY örneğine ait olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Mısır yağı ve bundan oluşturulmuş oleojellerin belirgin sarı renge sahip olması, yüksek b\* değerini açıklamaktadır. Yapılan bir çalışmada, keten tohumu yağı ve oleojeli kullanılan et ürününün b\* değeri hayvansal yağlı kontrol örneğinden yüksek bulunmuştur (Barbut ve Marangoni, 2019). Bologna tipi sosislerde domuz yağının ayçiçek yağı oleojeli ile kısmen ve tamamen ikame edildiği bir başka çalışmada da oleojel kullanılan örneklerin b\* değerlerinin kontrol örneğinden yüksek olduğu

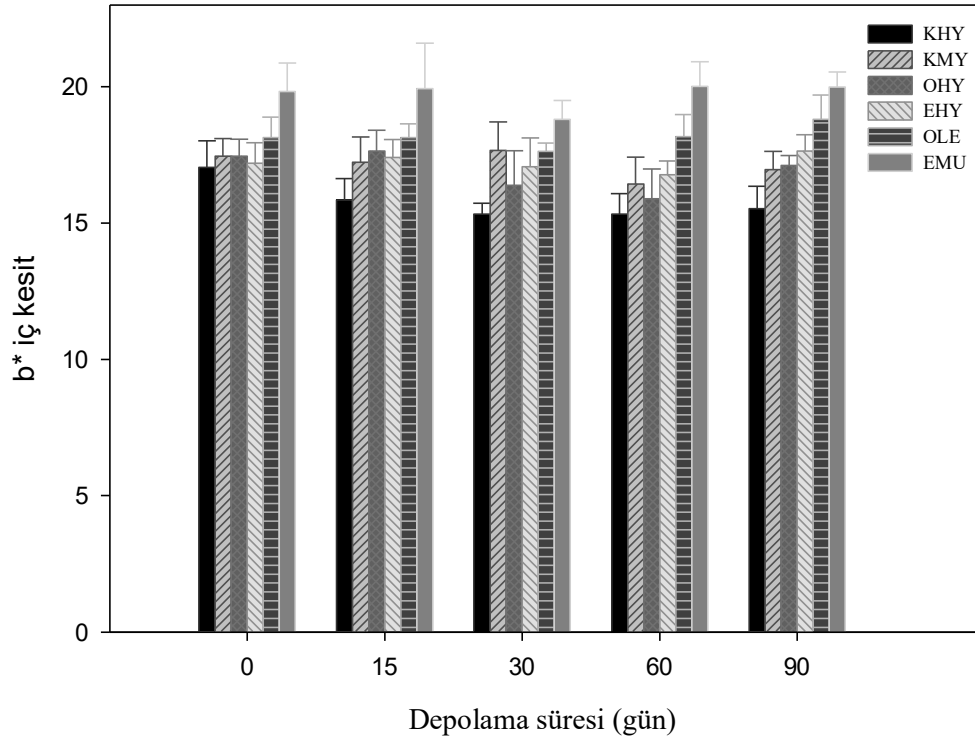
bildirilmiştir (da Silva vd, 2019). Sığır eti köftelerinde %50 oranında kullanılan etil selüloz oleojelinin, köftelerin b\* değerini arttırdığı da belirlenmiştir (Adili vd, 2020).

Hem dış yüzey hem de iç kesitlere ait sarılık değerleri incelendiğinde, hemen hemen tüm depolama günlerinde hayvansal yağ ile formüle edilmiş kontrol örneğinin (KHY) en düşük b\* değerine, tamamen olejel emülsiyonu ile oluşturulan örneğin (EMU) ise en yüksek b\* değerine sahip olan örnek olduğu saptanmıştır. Bu durum mısır yağı, olejel ve olejel emülsiyonunun hayvansal yağ ile karşılaştırıldığında, daha sarı renge sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.24. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait b\* değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait b\* değerleri depolama boyunca,  $15.55 \pm 0.98$  ile  $22.17 \pm 1.21$  arasında değişmiştir (Şekil 4.24.). Dış yüzeylere ait sarılık değerlerinin depolama süresince değişimine bakıldığında, sadece OLE örneğinin depolama süresinden etkilenmediği görülmektedir ( $p > 0.05$ ). KHY örneğinin b\* değerinin depolama süresi ile beraber arttığı gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Diğer sosis örneklerine ait b\* değerlerinin depolama boyunca dalgalanmalar gösterdiği, fakat depolama sonundaki sarılık değerlerinin 0. günden farklı olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).



Şekil 4.25. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait b\* değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait sarılık değerleri 90 günlük depolama boyunca  $15.33 \pm 0.40$  ile  $20.02 \pm 0.90$  arasında değişmiştir (Şekil 4.25.). Emülsiyon içeren sosis örnekleri olan EHY ve EMU örneklerinin iç kesit sarılık değerlerinin, depolama boyunca değişmediği tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). KHY örneğinin b\* değeri 15. günde azalmış ( $p < 0.05$ ) ve depolama sonuna kadar benzer değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). KMY, OHY ve OLE örneklerinin ise farklı depolama günlerinde artan/azalan sarılık değerleri göstermekle beraber, 0. ve 90. günlerde sahip olduğu b\* değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Yapılan bir çalışmada, soya yağı olejeli ile formüle edilen Bologna tipi tavuk sosislerinin b\* değerleri de 98 günlük depolama sürecinden etkilenmemiştir (Tarté vd, 2020).

#### 4.5.6.4. Hue Açısı ( $h^\circ$ ) Değeri

Hue açısı, gıda maddesinin sahip olduğu rengin niteliksel özelliğidir. Renklerin tonunu ifade eden hue açısı değeri, kırmızimsı, turuncu, sarımsı vb. olarak tanımlanan nitelik olarak belirtilmektedir (Sant'Anna vd, 2013). Farklı yağ içeriklerine sahip sosis örneklerinin dış yüzey ve iç kesitlerine ait hue açısı ( $h^\circ$ ) değerleri Tablo 4.24.'de verilmiştir.

Tablo 4.24. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit  $h^\circ$  açısı değerleri

Örnekler	$h^\circ$ dış yüzey					
	Depolama süresi (gün)					
	0	15	30	60	90	
KHY	0.69±0.01 <sup>cdA</sup>	0.69±0.03 <sup>ca</sup>	0.70±0.03 <sup>cdA</sup>	0.70±0.02 <sup>ca</sup>	0.70±0.01 <sup>ba</sup>	
KMY	0.64±0.11 <sup>dB</sup>	0.72±0.01 <sup>caB</sup>	0.67±0.06 <sup>daB</sup>	0.77±0.05 <sup>ba</sup>	0.74±0.05 <sup>baB</sup>	
OHY	0.75±0.01 <sup>bcA</sup>	0.74±0.06 <sup>bcA</sup>	0.73±0.02 <sup>bcdA</sup>	0.78±0.03 <sup>ba</sup>	0.74±0.03 <sup>ba</sup>	
EHY	0.77±0.04 <sup>bcA</sup>	0.79±0.06 <sup>ba</sup>	0.76±0.04 <sup>bcA</sup>	0.80±0.04 <sup>ba</sup>	0.81±0.04 <sup>ba</sup>	
OLE	0.81±0.01 <sup>ba</sup>	0.80±0.03 <sup>ba</sup>	0.79±0.01 <sup>abA</sup>	0.78±0.02 <sup>ba</sup>	0.83±0.05 <sup>ba</sup>	
EMU	0.91±0.07 <sup>aA</sup>	0.89±0.03 <sup>aAB</sup>	0.84±0.02 <sup>aB</sup>	0.85±0.03 <sup>aAB</sup>	0.87±0.01 <sup>aAB</sup>	
Örnekler	$h^\circ$ iç kesit					
	KHY	0.67±0.03 <sup>ca</sup>	0.68±0.04 <sup>ca</sup>	0.64±0.02 <sup>ba</sup>	0.65±0.04 <sup>ca</sup>	0.68±0.02 <sup>ca</sup>
	KMY	0.61±0.08 <sup>ca</sup>	0.66±0.03 <sup>ca</sup>	0.67±0.04 <sup>abA</sup>	0.62±0.03 <sup>ca</sup>	0.64±0.02 <sup>da</sup>
	OHY	0.75±0.03 <sup>ba</sup>	0.74±0.03 <sup>ba</sup>	0.61±0.26 <sup>ba</sup>	0.73±0.02 <sup>ba</sup>	0.74±0.01 <sup>ba</sup>
	EHY	0.76±0.02 <sup>baB</sup>	0.78±0.02 <sup>ba</sup>	0.73±0.03 <sup>abC</sup>	0.74±0.03 <sup>bBC</sup>	0.74±0.03 <sup>bBC</sup>
	OLE	0.78±0.03 <sup>abB</sup>	0.82±0.04 <sup>aA</sup>	0.74±0.02 <sup>abC</sup>	0.76±0.03 <sup>bBC</sup>	0.75±0.02 <sup>bBC</sup>
	EMU	0.83±0.02 <sup>aAB</sup>	0.85±0.04 <sup>aA</sup>	0.79±0.02 <sup>aC</sup>	0.82±0.03 <sup>aAB</sup>	0.81±0.02 <sup>aBC</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

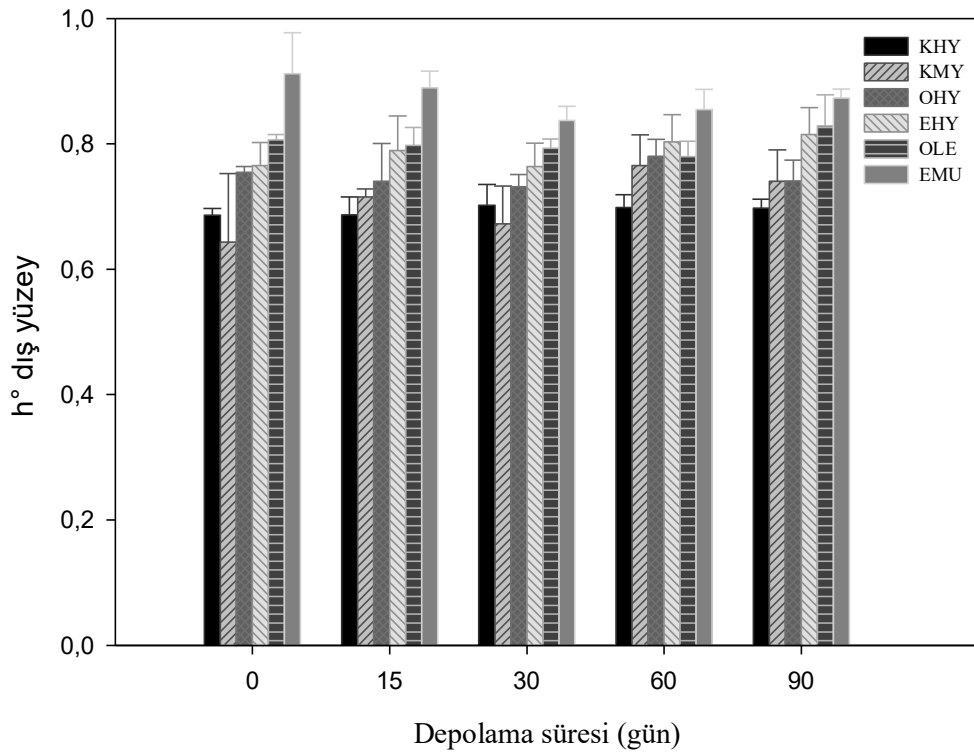
A-C: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ )

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Hue açısı, kırmızı ( $0^\circ$ ,  $360^\circ$ ), sarı ( $90^\circ$ ), yeşil ( $180^\circ$ ) ve mavi ( $270^\circ$ ) rengi temsil eden 4 çeyrek daireden oluşmaktadır (McLellan vd, 1995). Bu parametre, belirsizliği azaltmak için renk farklılıklarını karşılaştırarak, CIE-Lab diyagramının eşit olmayan aralığını düzelttiği için kullanılmaktadır (Ferrer-González vd, 2019). Dış yüzeye ait hue açısı değerleri, 90 günlük depolama boyunca  $0.64\pm 0.11$  ile  $0.91\pm 0.07$  arasında değişmiştir. Benzer olarak, Bologna tipi sosislerde jel emülsiyonu kullanılan bir çalışmada da, sosislerin  $h^\circ$  değerleri  $0.96\pm 0.01$  ile  $1.11\pm 0.06$  arasında değişmiştir (de Souza Paglarini vd, 2019). Başka bir çalışmada, etilselüloz ile oluşturulmuş soya yağı oleojelinin kullanıldığı et hamurunun  $h^\circ$  değeri  $0.667\pm 0.06$  olarak belirlenmiş ve hayvasal yağ ile oluşturulmuş kontrol grubunun  $h^\circ$  değerinden önemli derecede yüksek olduğu bildirilmiştir (Ferrer-González vd, 2019). EMU örneğinin, depolamanın her ayrı gününde en yüksek  $h^\circ$  değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. 30. günde EMU örneğine ait  $h^\circ$  değeri ile OLE örneğine ait hue açısı arasında, 90. günde ise yine EMU, EHY, OLE arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

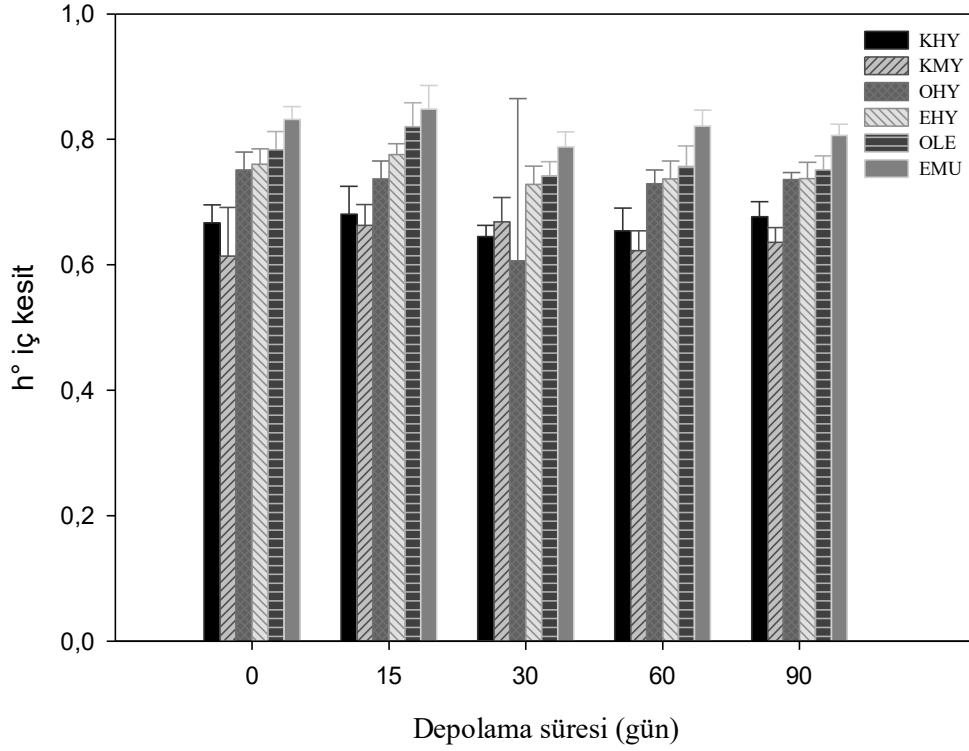


Sosis örneklerinin iç kesit hue açlarına ait değerlerin ise,  $0.61 \pm 0.26$  ile  $0.85 \pm 0.04$  arasında değiştiği görülmektedir. Dış kesit sonuçlarıyla benzer olarak tüm depolama günlerinde en yüksek  $h^\circ$  değerine sahip olan örneğin EMU olduğu belirlenmiştir. Bu örneğin her iki kontrol grubu ile arasındaki farkın da istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Çalışmada bulunan hue açlarının 0'a yakın olması, sosis örneklerinin kırmızı renge sahip olduğunu ifade etmektedir. Hue açısı azaldıkça kırmızı renk yoğunluğunun arttığı düşünüldüğünde, hem dış yüzey hem de iç kesite ait olan sonuçların  $a^*$  değerleri ile uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.26. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait  $h^\circ$  değerlerinin depolama süresince değişimi

KHY, OHY, EHY ve OLE örneklerinin dış yüzeylerine ait hue açısı değerlerinin 90 günlük depolama boyunca değişmediği belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). KMY örneğinin hue açısı, 60. günde yükselmiş, fakat depolamanın son günü ile ilk günü arasındaki değerlerde önemli bir farklılık bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Benzer durum EMU örneği için de geçerli olup,  $h^\circ$  değerinin depolamanın 30. gününde yükselmesine ( $p < 0.05$ ) rağmen, depolama sonunda başlangıçtaki hue açısına benzer bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ) (Şekil 4.26.).



Şekil 4.27. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait  $h^\circ$  değerlerinin depolama süresince değişimi

Sosis örneklerinden KHY, KMY ve OHY örneklerinin hue açlarına depolama sürecinin etkisi önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). EHY, OLE ve EMU örneklerinin kırmızı renk yoğunlukları, depolama boyunca değişmekle birlikte, 0. ve 90. günler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ) (Şekil 4.27.). Konu ile ilgili literatür incelendiğinde, çalışmamız kapsamında kullanılan jelleştirme ajanları ile oluşturulmuş oleojellerin kullanıldığı et ürünlerinde hue açısı ile ilgili bir değere rastlanılmamıştır.

#### 4.5.6.5. Kroma ( $C^*$ ) Değeri

Kroma ( $C^*$ ) değeri, renk doygunluğunu ifade eden niceliksel bir değerdir. Bir rengin canlılığı hakkında bilgi vermektedir (Sant'Anna vd, 2013). Tablo 4.25., sosis örneklerinin dış yüzey ve iç kesitlerine ait 90 günlük depolama boyunca ölçülen kroma değerlerini göstermektedir.

Tablo 4.25. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit C\* değerleri

Örnekler	C* dış yüzey					
	Depolama süresi (gün)					
	0	15	30	60	90	
KHY	25.13±0.68 <sup>aB</sup>	25.27±0.96 <sup>aAB</sup>	25.72±0.72 <sup>bAB</sup>	26.89±0.91 <sup>bA</sup>	26.52±1.05 <sup>aAB</sup>	
KMY	28.61±4.88 <sup>aA</sup>	26.60±2.59 <sup>aA</sup>	28.02±1.53 <sup>abA</sup>	30.10±1.32 <sup>aA</sup>	27.32±0.94 <sup>aA</sup>	
OHY	25.55±0.26 <sup>aAB</sup>	25.05±2.66 <sup>aB</sup>	27.35±1.00 <sup>bAB</sup>	28.20±1.98 <sup>bA</sup>	27.61±1.25 <sup>aAB</sup>	
EHY	26.25±1.31 <sup>aAB</sup>	24.98±0.98 <sup>aB</sup>	26.58±1.79 <sup>bAB</sup>	26.73±0.80 <sup>bAB</sup>	27.02±0.42 <sup>aA</sup>	
OLE	26.24±1.20 <sup>aAB</sup>	24.63±2.02 <sup>aB</sup>	27.31±0.66 <sup>bA</sup>	27.36±0.90 <sup>bA</sup>	27.62±1.83 <sup>aA</sup>	
EMU	24.47±1.28 <sup>aB</sup>	25.06±1.22 <sup>aB</sup>	29.86±1.60 <sup>aA</sup>	26.81±1.35 <sup>bB</sup>	26.54±1.58 <sup>aB</sup>	
Örnekler	C* iç kesit					
	KHY	26.89±1.26 <sup>abA</sup>	25.24±1.08 <sup>bcAB</sup>	25.51±0.72 <sup>bcAB</sup>	25.25±1.65 <sup>cdAB</sup>	24.81±1.31 <sup>cB</sup>
	KMY	28.17±1.55 <sup>aA</sup>	28.02±0.56 <sup>aA</sup>	28.52±1.00 <sup>aA</sup>	28.18±0.56 <sup>aA</sup>	28.58±0.52 <sup>aA</sup>
	OHY	25.59±0.95 <sup>bAB</sup>	26.27±1.13 <sup>bcA</sup>	24.27±2.83 <sup>cAB</sup>	23.86±1.42 <sup>dB</sup>	25.51±0.49 <sup>bcAB</sup>
	EHY	25.71±1.60 <sup>bA</sup>	24.89±1.30 <sup>cA</sup>	25.65±1.19 <sup>bcA</sup>	24.99±1.36 <sup>dA</sup>	26.25±0.88 <sup>bA</sup>
	OLE	25.71±0.54 <sup>bBC</sup>	24.84±1.24 <sup>cC</sup>	26.11±0.64 <sup>bB</sup>	26.47±0.70 <sup>bcAB</sup>	27.57±1.17 <sup>aA</sup>
	EMU	26.83±1.35 <sup>abA</sup>	26.56±1.33 <sup>bA</sup>	26.55±0.96 <sup>bA</sup>	27.35±0.84 <sup>abA</sup>	27.70±0.45 <sup>aA</sup>

\*Ortalama±standart sapma. a-d: (↓) Aynı sütündeki farklı küçük harfler farklı formülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

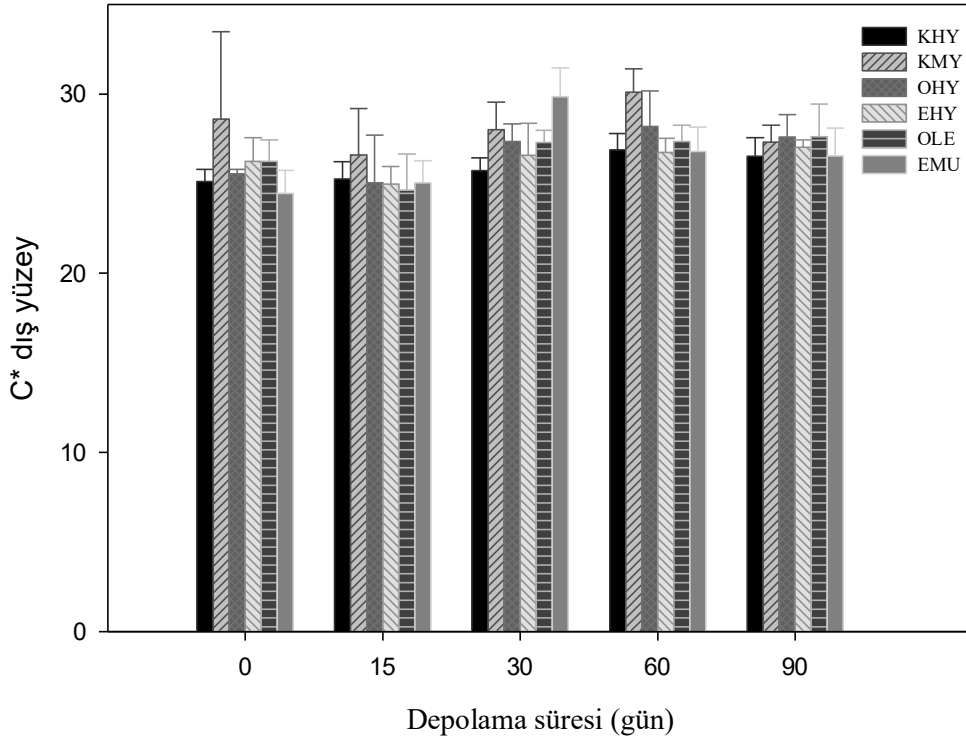
A-C: (→) Aynı satırdaki farklı büyük harfler farklı günler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu göstermektedir (p<0.05)

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Kroma değeri de, hue açısına benzer olarak, renk yoğunluklarını belirlemek amacıyla kullanılan bir renk değeridir (Pathare vd, 2013). Örneklerin dış yüzey kroma değerleri, 0., 15. ve 90. günlerde sosis çeşitlerinden etkilenmemiştir (p>0.05). Depolamanın 30.gününde ölçülen en yüksek kroma değerinin (29.86±1.60) EMU örneğine ait olduğu belirlenmiştir. EMU örneğine ait kroma değeri KMY ile benzerlik gösterirken (p>0.05), diğer örneklerden önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). 60. günde ise KMY en yüksek kroma değerini (30.10±1.32) göstermiş ve diğer örneklerle arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05).

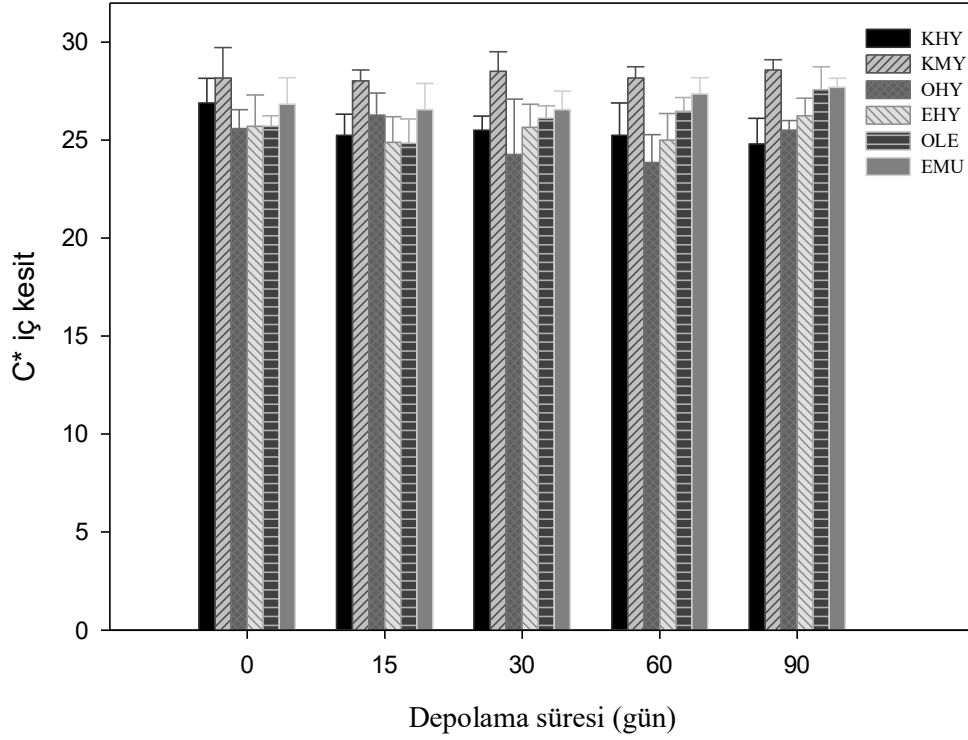
İç kesitlere ait kroma değerlerinde, her depolama gününde en yüksek değeri gösteren örneğin KMY olduğu belirlenmiştir. Depolama başlangıcında KHY, KMY ve EMU örnekleri arasında farklılık bulunmamıştır (p>0.05). 15. ve 30. günlerde KMY örneğinin sahip olduğu kroma değerinin diğer sosis örneklerinden istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). 15. günde en az kroma değerine sahip örneklerin EHY ve OLE olduğu, 30. günde ise OHY örneğinin en düşük

kroma değerini gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). 60. günde en yüksek kroma değerine sahip olan KMY örneği EMU ile benzerlik gösterirken ( $p>0.05$ ), OHY ve EHY nin en düşük  $C^*$  değerine sahip olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ). Depolama sonunda, en yüksek kroma değerinin KMY, OLE ve EMU örneklerinde ölçüldüğü ve kendi aralarında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). En düşük kroma değeri ise KHY örneğinde tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).



Şekil 4.28. Sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait  $C^*$  değerlerinin depolama süresince değişimi

90 günlük depolama süresince, sosis örneklerinin dış yüzeylerine ait kroma değerleri  $24.47\pm 1.28$  ile  $30.10\pm 1.32$  arasında değişmiştir (Şekil 4.28.). KMY örneğinin dış yüzey kroma değeri ile depolama süresi arasındaki ilişki, istatistiki açıdan anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Diğer tüm örneklerin kroma değerlerinde, depolamanın farklı günlerinde artmalar/azalmalar görülmüştür. Bu dalgalanmalara rağmen, tüm örneklerin depolamaya başlandığındaki kroma değerleri ile depolamanın son gününde görülen değerler arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).



Şekil 4.29. Sosis örneklerinin iç kesitlerine ait C\* değerlerinin depolama süresince değişimi

Örneklerin iç kesit C\* değerleri ise depolama boyunca  $23.86 \pm 1.42$  ile  $28.52 \pm 1.00$  arasında değişen değerlerde ölçülmüştür (Şekil 4.29.). KMY, EHY ve EMU örneklerinin iç kesit kroma değerlerinin depolama süresinden etkilenmediği belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). OHY örneğinin iç kesitine ait C\* değeri depolamanın 15. gününde en yüksek değere çıkmış, 60. gününde ise depolamanın en düşük değerine sahip olmuştur. Depolamanın 0. ve 90. günlerinde ölçülen C\* değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Depolamaya yüksek C\* değeri ile başlayan KHY örneğinin, 15., 30. ve 60. günlerde benzer C\* değerleri ( $p > 0.05$ ) gösterdiği ve depolama sonunda örneğe ait C\* değerinin azaldığı belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). OLE örneğinin iç kesit kroma değeri, depolama boyunca sabit bir değişim göstermemiştir. Örneğe ait depolama sonunda ölçülen kroma değerinin, depolama başlangıcındaki değerden önemli düzeyde büyük olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

#### 4.5.6.6. $\Delta E^*$ Değeri

Genel renk farkını belirtmek için kullanılan  $\Delta E^*$  değeri, iki renk arasındaki uyumsuzluk derecesini belirtmektedir. 6.0'dan yüksek değerler, orta derece renk uyumsuzluğunu ifade ederken, bu değer 12.0 seviyelerinde olması aradaki farkın çok

belirgin olduğunu göstermektedir (Saláková, 2012).  $\Delta E^*$  değeri hesaplanırken,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin, kontrol olarak kullanılan örneğin aynı değerleri ile arasındaki fark temelinde işlem yapılmaktadır. Mevcut çalışmada iki tane kontrol grubu olması nedeniyle, sosis örneklerine ait  $\Delta E^*$  değerleri, hayvansal yağlı kontrol grubuyla aradaki renk farkını ifade eden  $\Delta E^*_{KHY}$  ve mısır yağlı kontrol grubuyla aradaki renk farkını ifade eden  $\Delta E^*_{KMY}$  olarak, iki şekilde ifade edilmiştir. Sosis örneklerinin depolama boyunca değişen, dış yüzey ve iç kesitlerine ait kontrol gruplarıyla aralarındaki genel renk farkını belirten  $\Delta E^*$  değerleri Tablo 4.26’da verilmiştir.

Tablo 4.26. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerine ait depolama süresince belirlenen dış yüzey ve iç kesit  $\Delta E^*$  değerleri

Örnekler	$\Delta E^*_{KHY}$ dış yüzey					$\Delta E^*_{KMY}$ dış yüzey					
	Depolama süresi (gün)										
	0	15	30	60	90	0	15	30	60	90	
OHY	5.93	1.50	2.11	2.62	3.33	9.02	3.49	5.02	9.85	4.96	
EHY	5.15	3.87	2.18	3.22	6.36	7.97	6.44	5.34	11.66	7.82	
OLE	5.93	3.44	3.50	2.44	4.96	8.74	5.75	5.10	10.79	5.81	
EMU	10.66	8.53	5.61	5.52	7.61	13.94	10.99	7.33	13.72	8.84	
	$\Delta E^*_{KHY}$ iç kesit					$\Delta E^*_{KMY}$ iç kesit					
	OHY	2.39	2.26	12.08	3.54	2.19	5.91	5.59	6.00	8.52	6.71
	EHY	3.62	4.66	12.26	3.61	2.44	9.04	8.68	4.92	8.32	6.25
	OLE	5.66	5.68	10.45	3.19	3.42	11.14	9.56	3.55	4.99	5.55
	EMU	8.26	7.32	12.70	8.34	6.03	13.69	10.67	5.31	12.23	9.32

KHY: Hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; KMY: Mısır yağı ile oluşturulan sosis; OHY: Oleojel ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; EHY: Oleojel emülsiyonu ve hayvansal yağ ile oluşturulan sosis; OLE: Oleojel ile oluşturulan sosis; EMU: Oleojel emülsiyonu ile oluşturulan sosis

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değerleri 12.0’den yüksek durumlarda, gözle görülebilir derecede renk değişiklikleri var olduğu kabul edilmektedir (Savadkoohi vd, 2014). Sosis örneklerinin dış ve iç kesitlerine ait, her iki kontrol grubuna (KHY ve KMY) göre hesaplanmış genel renk farkları 1.50 ile 13.94 arasında değişmiştir. Özellikle depolamanın 30. gününde tüm sosislerin iç kesit renk değerleri ile KHY örneğinin iç kesit renk değerleri arasındaki fark ( $\Delta E^*_{KHY}$  iç kesit ) oldukça yüksek çıkmıştır. Depolama süresince dış yüzey renginde KHY örneğine en benzer değer 15. günde OHY örneğinde, iç kesit renginde KHY örneğine en yakın değer ise 90. günde yine OHY örneğinde tespit edilmiştir. KHY örneği ile arasındaki fark en yüksek çıkan sosis örneği ise EMU olarak belirlenmiştir. En yüksek fark dış yüzey renginde 0. günde, iç kesit renginde ise 30. günde saptanmıştır.

Sosis dış yüzeylerine ait  $\Delta E^*$  değerlerine bakıldığında, oleojel ve/veya oleojel emülsiyonlu tüm sosisler ile mısır yağı kullanılarak oluşturulmuş kontrol örneğinin farkı, hayvansal yağlı kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuştur.  $\Delta E^*$  değerleri istatistiki olarak değerlendirilemeseler de, 15., 30. ve 90. günlerde en az  $\Delta E^*$  değeri gösteren OHY örneği olmuştur. Genel renk farkı açısından değerlendirildiğinde, OHY örneğinin dış yüzey renginin hayvansal yağlı kontrol grubuna en yakın örnek olduğu söylenebilir.

İç kesitlere ait genel renk farkları değerlendirildiğinde, depolamanın 30. günü hariç tüm günlerde, tüm sosis örneklerinin genel renk değerleri KHY örneğine daha yakın bulunmuştur. Depolamanın 0., 15. ve 90. günlerinde, OHY örneğinin KHY örneği ile en düşük renk farkına sahip sosis numunesi olduğu belirlenmiştir.

#### 4.5.7. Pearson Korelasyon Analizi

Pearson korelasyon katsayısı ( $r$ ), iki değişkeni arasındaki doğrusal ilişkinin bir ölçüsüdür. Korelasyon katsayısı değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir. Pozitif korelasyon katsayısı değerleri, bir değişkenin başka bir değişkenle doğru orantılı olarak artma veya azalma eğilimini gösterir. Katsayının negatif olması ise, bir değişken değerinin artmasının diğer değişkenin azalması ile ilişkili olduğunu veya tam tersi bir durumu ifade etmektedir. Sıfıra yakın korelasyon katsayıları, değişkenler arasında düşük bir ilişki olduğunu gösterirken, -1 veya +1'e yakın olanlar iki değişken arasında güçlü bir doğrusal ilişki olduğunu belirtmektedir (Kirch, 2008).

Pearson korelasyonu analizi, depolama boyunca takip edilen parametrelerle sosis çeşitleri ve depolama süresi arasında ilişkiyi (pozitif veya negatif),  $p < 0.05$  ve  $p < 0.01$  düzeyinde göstermektedir (Tablo 4.27. ve Tablo 4.28.).

Sosis çeşidi ile TBARS değerleri, iç kesit ( $C^*_{iç}$ ) ve dış yüzey kroma ( $C^*_{dış}$ ) değerleri arasında herhangi bir ilişki olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Bununla birlikte, sosis çeşidi ile pH ve ambalaja sızıntı miktarı arasında  $p < 0.05$  düzeyinde; su aktivitesi, pişirme kaybı, iç kesit ve dış yüzey kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri arasında ise  $p < 0.01$  düzeyinde negatif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Sosis çeşidinin pozitif ilişkili olduğu parametreler olan serbest yağ asitliği, konjuge dien, iç kesit ve dış yüzeylere ait  $L^*$ ,  $b^*$  ve  $h^\circ$  değerlerinin hepsinin ilişki düzeyi  $p < 0.01$  olarak saptanmıştır.

Depolama süresi ile aralarında hiçbir ilişki bulunmayan parametrelerin, TBARS, konjuge dien, ambalaja sızıntı miktarı, dış yüzeye ait  $h^\circ$ , iç kesite ait  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$

değerleri olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Depolama süresi ile su aktivitesi ve pişirme kaybı arasında  $p<0.01$  düzeyinde negatif ilişki saptanmıştır. Depolama süresi ile iç kesit ve dış yüzey  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri arasında  $p<0.05$  düzeyinde; pH değeri ve dış yüzeye ait  $b^*$  ve  $C^*$  değerleri arasında ise  $p<0.01$  düzeyinde pozitif ilişki tespit edilmiştir.



Tablo 4.27. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerinin depolama süresince belirlenen bazı özelliklerine ait pearson korelasyon analizi

Sosis	Depolama	pH	a <sub>w</sub>	TBARS	SYA	KD	PK	ASM
Sosis	1	-0.202*	-0.414**	0.027	0.283**	0.812**	-0.365**	-0.306*
Depolama	1	0.779**	-0.477**	-0.124	-0.174	0.101	-0.452**	0.032
pH	1	1	-0.154	-0.017	-0.376**	-0.119	-0.283**	0.194
a <sub>w</sub>	1	1	1	-0.223*	0.069	-0.340**	0.252*	0.042
TBARS	1	1	1	1	-0.054	0.005	0.106	0.241
SYA	1	1	1	1	1	0.237*	-0.031	0.078
KD	1	1	1	1	1	1	-0.333*	-0.460**
PK	1	1	1	1	1	1	1	0.009
ASM	1	1	1	1	1	1	1	1

\*p<0.05, \*\*p<0.01

Tablo 4.28. Farklı formülasyonlara sahip sosis örneklerinin depolama süresince belirlenen renk özelliklerine ait pearson korelasyon analizi

Sosis	Depolama	L*diş	a*diş	b*diş	C*diş	h°diş	L*iç	a*iç	b*iç	C*iç	h°iç
Sosis	1	0.536**	-0.607**	0.585**	-0.062	0.804**	0.571**	-0.511**	0.751**	0.058	0.686**
Depolama	1	0.236*	0.241*	0.344**	0.338**	0.127	0.178*	0.155*	-0.060	0.095	-0.104
L*diş	1	1	-0.487*	0.206-	-0.244*	0.556**	0.674**	-0.600**	0.270**	-0.296**	0.397**
a*diş	1	1	1	-0.080	0.653**	-0.682**	-0.347**	0.415**	-0.484**	0.004	-0.492**
b*diş	1	1	1	1	0.526**	0.666**	0.364**	-0.124	0.453**	0.167	0.309**
C*diş	1	1	1	1	1	-0.116	-0.129	0.322**	-0.033	0.205*	-0.184
h°diş	1	1	1	1	1	1	0.549**	-0.436**	0.583**	0.022	0.539**
L*iç	1	1	1	1	1	1	1	-0.651**	0.369**	-0.313**	0.517**
a*iç	1	1	1	1	1	1	1	1	-0.146	0.711**	-0.615**
b*iç	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.511**	0.638**
C*iç	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.064
h°iç	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

\*p<0.05, \*\*p<0.01

## 5. SONUÇ

Çalışmanın ilk aşamasında  $\gamma$ -orizanol ve  $\beta$ -sitosterol karışımının farklı konsantrasyonları kullanılarak, yenilebilir mısır yağı oleojeli hazırlanmıştır. Hazırlanan oleojellerin özellikleri farklı yöntemler kullanılarak karakterize edilmiştir. Kullanılan oleojelatör miktarı arttıkça, oleojellerin erime noktalarının arttığı tespit edilmiştir. Renk özelliklerinden  $L^*$  değerinin, kullanılan oleojelatör miktarı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Oksidatif özellikleri belirten peroksit sayısı ve konjuge dien değerleri açısından, kontrol grubu olarak kullanılan mısır yağı ile oleojeller arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). FTIR analizi, oleojel bileşenleri arasında hiçbir kimyasal etkileşim olmadığını ve jel ağı yapısının moleküllerin kendiliğinden organize olması ile ortaya çıktığını göstermiştir. Yapılan tekstür profil analizi sonucunda, oleojellerin toplam sterol konsantrasyonu arttıkça, sertlik değerlerinin de arttığı ortaya konulmuştur. Oluşturulan oleojel örneklerinin oksidatif özellikleri, peroksit sayısı ve konjuge dien miktarları ölçülerek 60 gün boyunca takip edilmiştir. %15'lik oleojel hariç diğer tüm oleojellerin 60 günlük +4 °C'lik depolamada oksidatif olarak stabil olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, mısır yağı ile  $\gamma$ -orizanol ve  $\beta$ -sitosterol'ün spesifik bir kombinasyonu ile katı yağ benzeri yenilebilir bir oleojel hazırlanabildiğini göstermiştir.

İkinci aşamada, %10 oleojelatör ile oluşturulan oleojel ve bu oleojel kullanılarak hazırlanan oleojel emülsiyonunun, Frankfurter tipi sosiste hayvansal yağ yerine kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla oleojel ve oleojel emülsiyonunu %50 ve %100 oranda içeren sosis örnekleri üretilmiştir. Kontrol örneği olarak tamamen hayvansal yağ ile formüle edilmiş sosis kullanılmıştır. Sosis örneklerinin yağ asidi bileşimleri, çalışmanın temel amaçlarından biri olan emülsiyon tipi et ürünlerindeki doymuş yağ asidi miktarının, oleojel kullanımı ile azaltılabileceğini göstermiştir. Oleojel ve oleojel emülsiyonlarının kullanıldığı tüm sosis örneklerinin doymuş yağ asidi miktarlarının, hayvansal yağlı kontrol grubuna kıyasla önemli derecede düşük, toplam doymamış yağ asidi miktarlarının ise yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Bununla birlikte beslenme önerilerine göre 0.45'in üzerinde olması gereken çoklu doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranı ( $\Sigma$ PUFA/ $\Sigma$ SFA) da oleojel ve emülsiyonun kullanılması ile önemli miktarda artarak ( $p<0.05$ ), 1.0'in üstüne olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Sosislerin tekstür özellikleri yedi farklı tekstürel parametre ile değerlendirilmiştir. Sertlik, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik özellikleri değerlendirildiğinde, tamamen oleojel ile hazırlanmış sosis örneğinin (OLE) tüm tekstürel parametrelerde, kontrol örneğine benzer olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Bu durum,  $\gamma$ -orizanol+ $\beta$ -sitosterol karışımı ile oluşturulmuş mısır yağı olejelinin, Frankfurter tipi sosislerde hayvansal yağ yerine tamamen kullanıldığında, sosisin tekstürel kalitesini etkilemeyeceğini ortaya koymuştur.

10 farklı panelist tarafından gerçekleştirilen duyu analizde, sosis örnekleri dış ve iç kesit görünüşü, dış ve iç kesit renk, sululuk-sertlik, lezzet, hissedilen yabancı lezzet ve genel kabul edilebilirlik gibi özelliklerle değerlendirilmiştir. Hayvansal yağlı kontrol grubu, en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı almış olmakla beraber, oleojelin tamamen (OLE) ve %50 oranında (OHY) kullanıldığı örneklerle, %50 oranında oleojel emülsiyonu içeren örnek (EHY) kontrol grubuyla benzer genel kabul edilebilirlik puanı almıştır ( $p>0.05$ ). Ayrıca tüm sosis örnekleri oldukça düşük yabancı lezzet puanı almıştır. Bu durum, oleojel ve oleojel emülsiyonunun, sosis örneklerinde duyu olarak herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadığını göstermektedir.

90 gün boyunca +4 °C'de depolanan sosis örneklerinin, bazı özellikleri takip edilmiştir. Gıdaların raf ömrü değerlendirilmelerinde kullanılan su aktivitesinin, tüm sosis örnekleri için depolama boyunca sabit kaldığı veya azaldığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen tüm sosis örneklerinin pH değerlerinin depolamanın son gününde ilk gün değerlerine göre artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). 90 günlük depolama sonunda, ambalaja sızıntı miktarında artış görülen tek sosis örneği, %50 oranında oleojel içeren örnek (OHY) olmuştur ( $p<0.05$ ). Diğer tüm örneklerin 3 aylık süre sonundaki ambalaja sızıntı miktarları, üretim günü (0. gün) tespit edilen miktarlarla aynı bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Sonuçlar, oleojel veya oleojel emülsiyonu kullanımının, Frankfurter tipi sosiste emülsiyon oluşumu ve stabilitesine negatif bir etkisi olmadığını ortaya koymuştur.

Sosis örneklerinde depolama süresince gerçekleşen lipid oksidasyonunu belirlemek için, örneklerin serbest yağ asidi, konjuge dien ve malondialdehit (TBARS analizi) miktarları belirlenmiştir. 90 günün sonunda örneklerin serbest yağ asidi ve malondialdehit miktarlarında önemli bir artış olmadığı belirlenmiştir. Sadece, oleojeli tamamen (OLE) ve

%50 (OHY) oranda içeren sosislerin konjuge dien miktarları depolama sonunda anlamlı derecede artmıştır ( $p<0.05$ ). Oksidatif stabilite sonuçları, vakum paketlenmiş oleojel ve oleojel emülsiyonu içeren sosis örneklerinin 4 °C'de 90 güne kadar depolandığında, örneklerin lipid oksidasyonu seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir ( $p>0.05$ ).

Sonuç olarak, bu çalışma ile  $\gamma$ -orizanol ile  $\beta$ -sitosterol karışımı kullanılarak oluşturulan mısır yağı oleojeli ve bu oleojeli kullanılarak elde edilen emülsiyonun, emülsiyon tipi et ürünlerinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Oleojel veya oleojel emülsiyonu kullanımı ile, doymuş yağ asidi miktarı az, doymamış yağ asidi miktarı yüksek, duyuşsal olarak tüketiciler tarafından tercih edilebilecek ve tekstürel olarak olumsuz özelliklere sahip olmayan sosis elde edilebildiği tespit edilmiştir. Bundan sonraki çalışmaların, yeni oleojelatör kaynaklarının araştırılmasına yönelik olarak yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adili, L., Roufegarinejad, L., Tabibiazar, M., Hamishehkar, H. and Alizadeh, A. 2020. Development and characterization of reinforced ethyl cellulose based oleogel with adipic acid: Its application in cake and beef burger. *LWT*, 109277.
- Aksu, M. I. 2007. The effect of  $\alpha$ -tocopherol, storage time and storage temperature on peroxide value, free fatty acids and pH of Kavurma, a cooked meat product. *Journal of muscle foods*, 18:4, 370-379.
- Aktaş, N. and Genccelep, H. 2006. Effect of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. *Meat science*, 74:2, 404-408.
- AlHasawi, F. M. and Rogers, M. A. 2013. Ternary Phase Diagram of  $\beta$ -Sitosterol- $\gamma$ -Oryzanol-Canola Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90:10, 1533-1540.
- Alizadeh, L., Abdolmaleki, K., Nayebzadeh, K. and Bahmaei, M. 2019. Characterization of sodium caseinate/Hydroxypropyl methylcellulose concentrated emulsions: Effect of mixing ratio, concentration and wax addition. *International journal of biological macromolecules*, 128, 796-803.
- Álvarez, D., Delles, R., Xiong, Y., Castillo, M., Payne, F. and Laencina, J. 2011. Influence of canola-olive oils, rice bran and walnut on functionality and emulsion stability of frankfurters. *LWT-Food Science and Technology*, 44:6, 1435-1442.
- Andrés, S., Garcia, M., Zaritzky, N. and Califano, A. 2006. Storage stability of low-fat chicken sausages. *Journal of food engineering*, 72:4, 311-319.
- Anonim (2012). Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği. Retrieved from <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120412-7.htm>
- Anonim (2019a). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği. Retrieved from <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm>
- Anonim (2019b). Türk Gıda Kodeksi Gıdalara Vitaminler, Mineraller ve Belirli Diğer Öğelerin Eklenmesi Hakkında Yönetmelik. Retrieved from <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/05/20200507.pdf>
- AOAC 2006a. Official Method of Analysis Proximate Analysis and Calculations Crude Fat. Method 920.39: Association of Official Analytical Communities.
- AOAC 2006b. Official Method of Analysis Proximate Analysis and Calculations Total Nitrogen or Crude Protein. Method 990.03: Association of Official Analytical Communities.
- AOAC 2006c. Official Methods of Analysis Proximate Analysis and Calculations Moisture. Method 934.01: Association of Official Analytical Communities.
- Arellano, M., Norton, I. and Smith, P. 2015. *Specialty oils and fats in food and nutrition*. Elsevier, 241-270.
- Ashkar, A., Laufer, S., Rosen-Kligvasser, J., Lesmes, U. and Davidovich-Pinhas, M. 2019. Impact of different oil gelators and oleogelation mechanisms on digestive lipolysis of canola oil oleogels. *Food Hydrocolloids*, 97, 105218.
- Baek, K. H., Utama, D. T., Lee, S. G., An, B. K. and Lee, S. K. 2016. Effects of replacing pork back fat with canola and flaxseed oils on physicochemical properties of emulsion sausages from spent layer meat. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 29:6, 865.

- Bagherpour, S., Alizadeh, A., Ghanbarzadeh, S., Mohammadi, M. and Hamishehkar, H. 2017. Preparation and characterization of Betasitosterol-loaded nanostructured lipid carriers for butter enrichment. *Food Bioscience*, 20, 51-55.
- Barbut, S. and Marangoni, A. 2019. Organogels use in meat processing–Effects of fat/oil type and heating rate. *Meat science*, 149, 9-13.
- Barbut, S., Marangoni, A. G., Thode, U. and Tiensa, B. E. 2019. Using canola oil organogels as fat replacement in liver pâté. *Journal of Food Science*, 84:9, 2646-2651.
- Barbut, S., Wood, J. and Marangoni, A. 2016a. Effects of organogel hardness and formulation on acceptance of frankfurters. *Journal of Food Science*, 81:9, C2183-C2188.
- Barbut, S., Wood, J. and Marangoni, A. 2016b. Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. *Meat Sci*, 122, 155-162.
- Barbut, S., Wood, J. and Marangoni, A. 2016c. Quality effects of using organogels in breakfast sausage. *Meat Sci*, 122, 84-89.
- Barriuso, B., Astiasarán, I. and Ansorena, D. 2013. A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. *European food research and technology*, 236:1, 1-15.
- Belitz, H., Grosch, W. and Schieberle, P. 1999. Lipids. Chapter 3. *Food chemistry*, 152-236.
- Bemer, H. L., Limbaugh, M., Cramer, E. D., Harper, W. J. and Maleky, F. 2016. Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. *Food Res Int*, 85, 67-75.
- Berasategi, I., García-Íñiguez de Ciriano, M., Navarro-Blasco, Í., Calvo, M. I., Cavero, R. Y., Astiasarán, I. and Ansorena, D. 2014. Reduced-fat bologna sausages with improved lipid fraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94:4, 744-751.
- Bhattacharya, M., Hanna, M. and Mandigo, R. 1988. Lipid oxidation in ground beef patties as affected by time-temperature and product packaging parameters. *Journal of Food Science*, 53:3, 714-717.
- Bin Sintang, M. D., Danthine, S., Brown, A., Van de Walle, D., Patel, A. R., Tavernier, I., Rimaux, T. and Dewettinck, K. 2017. Phytosterols-induced viscoelasticity of oleogels prepared by using monoglycerides. *Food Res Int*, 100:Pt 1, 832-840.
- Bishop, D., Olson, D. and Knipe, C. 1993. Pre-emulsified corn oil, pork fat, or added moisture affect quality of reduced fat bologna quality. *Journal of Food Science*, 58:3, 484-487.
- Blake, A. I. and Marangoni, A. G. 2015. Factors affecting the rheological properties of a structured cellular solid used as a fat mimetic. *Food Research International*, 74, 284-293.
- Bloukas, I. and Honikel, K. 1992. The influence of additives on the oxidation of pork back fat and its effect on water and fat binding in finely comminuted batters. *Meat science*, 32:1, 31-43.
- Bloukas, J., Paneras, E. and Fournitzis, G. 1997. Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat science*, 45:2, 133-144.
- Bolumar, T., LaPeña, D., Skibsted, L. H. and Orlien, V. 2016. Rosemary and oxygen scavenger in active packaging for prevention of high-pressure induced lipid oxidation in pork patties. *Food Packaging and Shelf Life*, 7, 26-33.
- Bot, A. and Agterof, W. G. M. 2006. Structuring of edible oils by mixtures of  $\gamma$ -oryzanol with  $\beta$ -sitosterol or related phytosterols [journal article]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83:6, 513-521.

- Bot, A., den Adel, R. and Roijers, E. C. 2008. Fibrils of  $\gamma$ -Oryzanol +  $\beta$ -Sitosterol in Edible Oil Organogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85:12, 1127-1134.
- Bot, A., Den Adel, R., Roijers, E. C. and Regkos, C. 2009a. Effect of sterol type on structure of tubules in sterol+  $\gamma$ -oryzanol-based organogels. *Food Biophysics*, 4:4, 266-272.
- Bot, A. and Flöter, E. 2011. *Edible oleogels*. Elsevier, 49-79.
- Bot, A., Flöter, E., Lammers, J. and Pelan, E. 2007. *Understanding and controlling the microstructure of complex foods*. Elsevier, 575-599.
- Bot, A., Gilbert, E. P., Bouwman, W. G., Sawalha, H., den Adel, R., Garamus, V. M., Venema, P., van der Linden, E. and Flöter, E. 2012. Elucidation of density profile of self-assembled sitosterol+ oryzanol tubules with small-angle neutron scattering. *Faraday discussions*, 158:1, 223-238.
- Bot, A., Veldhuizen, Y. S. J., den Adel, R. and Roijers, E. C. 2009b. Non-TAG structuring of edible oils and emulsions. *Food Hydrocolloids*, 23:4, 1184-1189.
- Botsoglou, E., Govaris, A., Ambrosiadis, I., Fletouris, D. and Botsoglou, N. 2014. Effect of olive leaf (*Olea europea* L.) extracts on protein and lipid oxidation of long-term frozen n-3 fatty acids-enriched pork patties. *Meat science*, 98:2, 150-157.
- Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis.
- Calligaris, S., Manzocco, L., Valoppi, F. and Nicoli, M. C. 2013a. Effect of palm oil replacement with monoglyceride organogel and hydrogel on sweet bread properties. *Food Research International*, 51:2, 596-602.
- Calligaris, S., Mirolo, G., Da Pieve, S., Arrighetti, G. and Nicoli, M. C. 2013b. Effect of Oil Type on Formation, Structure and Thermal Properties of  $\gamma$ -oryzanol and  $\beta$ -sitosterol-Based Organogels. *Food Biophysics*, 9:1, 69-75.
- Carrancá Palomo, M., Martín Prieto, V. and Kirilov, P. 2017. Colloidal Dispersions of Gelled Lipid Nanoparticles (GLN): Concept and Potential Applications. *Gels*, 3:3, 33.
- Charley, H. and Weaver, C. 1998. *Foods: a scientific approach*. Merrill,
- Chaves, K. F., Barrera-Arellano, D. and Ribeiro, A. P. B. 2018. Potential application of lipid organogels for food industry. *Food Research International*, 105, 863-872.
- Chen, H.-H., Xu, S.-Y. and Wang, Z. 2006. Gelation properties of flaxseed gum. *Journal of food engineering*, 77:2, 295-303.
- Choe, E., Lee, J. and Min, D. B. 2005. Chemistry for oxidative stability of edible oils. *Healthful lipids*, 558-590.
- Choi, J. M., Lee, E. O., Lee, H. J., Kim, K. H., Ahn, K. S., Shim, B. S., Kim, N. I., Song, M. C., Baek, N. I. and Kim, S. H. 2007. Identification of campesterol from *Chrysanthemum coronarium* L. and its antiangiogenic activities. *Phytotherapy Research*, 21:10, 954-959.
- Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Kim, H.-W., Jeong, J.-Y. and Kim, C.-J. 2009. Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat science*, 82:2, 266-271.
- Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Kim, H.-W., Lee, J.-W., Chung, H.-J. and Kim, C.-J. 2010. Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat science*, 84:1, 212-218.

- Cicero, A. and Gaddi, A. 2001. Rice bran oil and  $\gamma$ -oryzanol in the treatment of hyperlipoproteinaemias and other conditions. *Phytotherapy Research*, 15:4, 277-289.
- Commission, E. 2015. Report from the commission to the European Parliament and the Council regarding trans fats in foods and in the overall diet of the Union population.
- Da Pieve, S., Calligaris, S., Co, E., Nicoli, M. C. and Marangoni, A. G. 2010. Shear Nanostructuring of Monoglyceride Organogels. *Food Biophysics*, 5:3, 211-217.
- da Silva, S. L., Amaral, J. T., Ribeiro, M., Sebastião, E. E., Vargas, C., de Lima Franzen, F., Schneider, G., Lorenzo, J. M., Fries, L. L. M. and Cichoski, A. J. 2019. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat science*, 149, 141-148.
- da Silva, T. L. T., Chaves, K. F., Fernandes, G. D., Rodrigues, J. B., Bolini, H. M. A. and Arellano, D. B. 2018. Sensory and Technological Evaluation of Margarines With Reduced Saturated Fatty Acid Contents Using Oleogel Technology. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95:6, 673-685.
- Dassanayake, L. S. K., Kodali, D. R. and Ueno, S. 2011. Formation of oleogels based on edible lipid materials. *Current opinion in colloid & interface science*, 16:5, 432-439.
- Davidovich-Pinhas, M., Barbut, S. and Marangoni, A. 2015. The gelation of oil using ethyl cellulose. *Carbohydrate polymers*, 117, 869-878.
- Davidovich-Pinhas, M., Barbut, S. and Marangoni, A. G. 2016. Development, Characterization, and Utilization of Food-Grade Polymer Oleogels. *Annu Rev Food Sci Technol*, 7, 65-91.
- de Almeida, P. L., de Lima, S. N., Costa, L. L., de Oliveira, C. C., Damasceno, K. A., dos Santos, B. A. and Campagnol, P. C. B. 2015. Effect of jabuticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage. *Meat science*, 110, 9-14.
- de Souza Paglarini, C., de Figueiredo Furtado, G., Honório, A. R., Mokarzel, L., da Silva Vidal, V. A., Ribeiro, A. P. B., Cunha, R. L. and Pollonio, M. A. R. 2019. Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. *Food structure*, 20, 100105.
- De Stefani, E., Boffetta, P., Ronco, A. L., Brennan, P., Deneo-Pellegrini, H., Carzoglio, J. C. and Mendilaharsu, M. 2000. Plant sterols and risk of stomach cancer: a case-control study in Uruguay. *Nutrition and cancer*, 37:2, 140-144.
- De Vogli, R., Kouvonen, A. and Gimeno, D. 2014. The influence of market deregulation on fast food consumption and body mass index: a cross-national time series analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 92, 99-107A.
- Debnath, S., Rastogi, N. K., Krishna, A. G. and Lokesh, B. 2012. Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food. *Food and Bioproducts Processing*, 90:2, 249-256.
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C. and Jiménez-Colmenero, F. 2010. Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112:8, 859-870.
- Demirkesen, I. and Mert, B. 2019. Utilization of beeswax oleogel-shortening mixtures in gluten-free bakery products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96:5, 545-554.



- den Adel, R., Heussen, P. C. and Bot, A. (2010). Effect of water on self-assembled tubules in  $\beta$ -sitosterol+  $\gamma$ -oryzanol-based organogels. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 012025.
- Dickinson, E. 1999. Caseins in emulsions: interfacial properties and interactions. *International Dairy Journal*, 9:3-6, 305-312.
- Dickinson, E. 2006. Structure formation in casein-based gels, foams, and emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 288:1-3, 3-11.
- Dijkstra, A. 2007. *The Lipid Handbook with CD-ROM*. CRC Press, 277-368.
- Doan, C. D., Patel, A. R., Tavernier, I., De Clercq, N., Van Raemdonck, K., Van de Walle, D., Delbaere, C. and Dewettinck, K. 2016. The feasibility of wax-based oleogel as a potential co-structurant with palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118:12, 1903-1914.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W. and Lorenzo, J. M. 2019. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8:10, 429.
- dos Santos Alves, L. A. A., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., dos Santos, B. A., Heck, R. T., Cichoski, A. J. and Campagnol, P. C. B. 2016. Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat science*, 121, 73-78.
- dos Santos, B. A., Campagnol, P. C., Cavalcanti, R. N., Pacheco, M. T., Netto, F. M., Motta, E. M., Celeguini, R. M., Wagner, R. and Pollonio, M. A. 2015. Impact of sodium chloride replacement by salt substitutes on the proteolysis and rheological properties of dry fermented sausages. *Journal of food engineering*, 151, 16-24.
- Downs, S. M., Thow, A. M. and Leeder, S. R. 2013. The effectiveness of policies for reducing dietary trans fat: a systematic review of the evidence. *Bulletin of the World Health Organization*, 91, 262-269h.
- Duffy, N., Blonk, H. C., Beindorff, C. M., Cazade, M., Bot, A. and Duchateau, G. S. 2009. Organogel-based emulsion systems, micro-structural features and impact on in vitro digestion. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86:8, 733-741.
- Durazzo, A., Kiefer, J., Lucarini, M., Camilli, E., Marconi, S., Gabrielli, P., Aguzzi, A., Gambelli, L., Lisciani, S. and Marletta, L. 2018. Qualitative analysis of traditional italian dishes: FTIR approach. *Sustainability*, 10:11, 4112.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. and Wood, J. 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat science*, 42:4, 443-456.
- Estévez, M., Morcuende, D. and Ventanas, S. 2008. Determination of oxidation. *Handbook of processed meat and poultry analysis*, 141-162.
- Faraji, H., McClements, D. J. and Decker, E. A. 2004. Role of continuous phase protein on the oxidative stability of fish oil-in-water emulsions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52:14, 4558-4564.
- Farhoosh, R., Tavakoli, J. and Khodaparast, M. H. H. 2008. Chemical composition and oxidative stability of kernel oils from two current subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85:8, 723.
- Farmer, E. H. 1946. Peroxidation in relation to olefinic structure. *Transactions of the Faraday Society*, 42, 228-236.

- Fayaz, G., Calligaris, S. and Nicoli, M. C. 2019. Comparative Study on the Ability of Different Oleogelators to Structure Sunflower Oil. *Food Biophysics*, 1-8.
- Fayaz, G., Calligaris, S. and Nicoli, M. C. 2020. Comparative study on the ability of different oleogelators to structure sunflower oil. *Food Biophysics*, 15:1, 42-49.
- Fayaz, G., Goli, S. A. H. and Kadivar, M. 2016. A Novel Propolis Wax-Based Organogel: Effect of Oil Type on Its Formation, Crystal Structure and Thermal Properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94:1, 47-55.
- Fayaz, G., Goli, S. A. H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Calligaris, S. and Nicoli, M. C. 2017. Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional chocolate spread. *LWT*, 86, 523-529.
- FDA. (2015). *Final Determination Regarding Partially Hydrogenated Oils*.
- Ferrer-González, B., García-Martínez, I. and Totosaús, A. 2019. Textural properties, sensory acceptance and fatty acid profile of cooked meat batters employing pumpkin seed paste or soybean oil oleogel as fat replacers. *Grasas y Aceites*, 70:3, 320.
- Flaiz, L., Freire, M., Cofrades, S., Mateos, R., Weiss, J., Jiménez-Colmenero, F. and Bou, R. 2016. Comparison of simple, double and gelled double emulsions as hydroxytyrosol and n-3 fatty acid delivery systems. *Food chemistry*, 213, 49-57.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*, 226:1, 497-509.
- Food and Drug Administration, H. 2008. Food labeling: health claims; soluble fiber from certain foods and risk of coronary heart disease. Final rule. *Federal register*, 73:85, 23947.
- Franco, D., Martins, A. J., López-Pedrouso, M., Purriños, L., Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., Pastrana, L. M., Zapata, C. and Lorenzo, J. M. 2019a. Strategy towards Replacing Pork Backfat with a Linseed Oleogel in Frankfurter Sausages and Its Evaluation on Physicochemical, Nutritional, and Sensory Characteristics. *Foods*, 8:9, 366.
- Franco, D., Martins, A. J., López-Pedrouso, M., Cerqueira, M. A., Purriños, L., Pastrana, L. M., Vicente, A. A., Zapata, C. and Lorenzo, J. M. 2019b. Evaluation of linseed oil oleogels to partially replace pork backfat in fermented sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Giacomozzi, A. S., Carrín, M. E. and Palla, C. A. 2018. Muffins elaborated with optimized monoglycerides oleogels: From solid fat replacer obtention to product quality evaluation. *Journal of Food Science*, 83:6, 1505-1515.
- Gibon, V. 2006. *Modifying lipids for use in food*. Elsevier, 201-233.
- Goh, S., Yeong, S. and Wang, C. 1993. Transesterification of cocoa butter by fungal lipases: effect of solvent on 1, 3-specificity. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70:6, 567.
- Gómez-Estaca, J., Pintado, T., Jiménez-Colmenero, F. and Cofrades, S. 2019. Assessment of a healthy oil combination structured in ethyl cellulose and beeswax oleogels as animal fat replacers in low-fat, PUFA-enriched pork burgers. *Food and Bioprocess Technology*, 12:6, 1068-1081.
- Gómez-Estaca, J., Pintado, T., Jiménez-Colmenero, F. and Cofrades, S. 2020. The effect of household storage and cooking practices on quality attributes of pork burgers formulated with PUFA-and curcumin-loaded oleogels as healthy fat substitutes. *LWT*, 119, 108909.

- Gómez, M. and Lorenzo, J. M. 2013. Effect of fat level on physicochemical, volatile compounds and sensory characteristics of dry-ripened “chorizo” from Celta pig breed. *Meat science*, 95:3, 658-666.
- Gök, V., Akkaya, L., Obuz, E. and Bulut, S. 2011. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. *Meat science*, 89:4, 400-404.
- Gökalp, H., Kaya, M., Tülek, Y. and Zorba, Ö. 1995. Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fak., Yay:751*.
- Gravelle, A. J., Barbut, S. and Marangoni, A. G. 2012. Ethylcellulose oleogels: Manufacturing considerations and effects of oil oxidation. *Food Research International*, 48:2, 578-583.
- Gravelle, A. J., Barbut, S., Quinton, M. and Marangoni, A. G. 2014. Towards the development of a predictive model of the formulation-dependent mechanical behaviour of edible oil-based ethylcellulose oleogels. *Journal of food engineering*, 143, 114-122.
- Gravelle, A. J., Blach, C., Weiss, J., Barbut, S. and Marangoni, A. G. 2017. Structure and properties of an ethylcellulose and stearyl alcohol/stearic acid (EC/SO:SA) hybrid oleogelator system. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119:11, 1700069.
- Grundy, S. M., Becker, D., Clark, L. T., Cooper, R. S., Denke, M. A., Howard, J., Hunninghake, D. B., Illingworth, D. R., Luepker, R. V. and McBride, P. 2002. Detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *Circulation*, 106:25, 3143-3421.
- Guler, G. O. and Aktumsek, A. 2011. Effect of feeding regime on fatty acid composition and conjugated linoleic acid content of perirenal, omental and tail fat in Akkaraman lambs. *African Journal of Biotechnology*, 10:36, 7099-7108.
- Guntarti, A., Ahda, M. and Kusbandari, A. 2019. Determining fatty acids and halal authentication of sausage. *Journal of Food Science*, 4, 495-499.
- Han, L., Li, L., Li, B., Zhao, L., Liu, G. q., Liu, X. and Wang, X. 2014. Structure and physical properties of organogels developed by sitosterol and lecithin with sunflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91:10, 1783-1792.
- Haumann, B. F. 1994. Tools: hydrogenation, interesterification. *Inform*, 5:6, 668-678.
- Heck, R. T., Saldaña, E., Lorenzo, J. M., Correa, L. P., Fagundes, M. B., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Wagner, R. and Campagnol, P. C. B. 2019. Hydrogelled emulsion from chia and linseed oils: A promising strategy to produce low-fat burgers with a healthier lipid profile. *Meat science*, 156, 174-182.
- Hernandez, E. M. and Kamal-Eldin, A. 2013. *Processing and nutrition of fats and oils*. John Wiley & Sons,
- Hu, F. B., Manson, J. E. and Willett, W. C. 2001. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *Journal of the American college of Nutrition*, 20:1, 5-19.
- Hu, M., McClements, D. J. and Decker, E. A. 2003. Lipid oxidation in corn oil-in-water emulsions stabilized by casein, whey protein isolate, and soy protein isolate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51:6, 1696-1700.
- Hwang, H. S., Phaner, M., Winkler-Moser, J. K. and Liu, S. X. 2018. Oxidation of Fish Oil Oleogels Formed by Natural Waxes in Comparison With Bulk Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120:5, 1700378.

- Hwang, H. S., Kim, S., Singh, M., Winkler-Moser, J. K. and Liu, S. X. 2012. Organogel formation of soybean oil with waxes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89:4, 639-647.
- Hwang, H. S., Singh, M. and Lee, S. 2016. Properties of cookies made with natural wax-vegetable oil organogels. *Journal of Food Science*, 81:5, C1045-C1054.
- IUPAC 1987. Standard Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivatives *International Union of Pure and Applied Chemistry Commission on Oils, Fats and Derivatives* (Vol. 210).
- J Alvarez-Ramirez, J., Vernon-Carter, E., Carrera-Tarela, Y., Garcia, A. and Roldan-Cruz, C. 2020. Effects of candelilla wax/canola oil oleogel on the rheology, texture, thermal properties and in vitro starch digestibility of wheat sponge cake bread. *LWT*, 109701.
- Jang, A., Bae, W., Hwang, H. S., Lee, H. G. and Lee, S. 2015. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food Chem*, 187, 525-529.
- Jeong, Y. and Han, Y. 2019. Effect on the Emulsification Stability and Quality of Emulsified Sausages Added with Wanggasi-Chunnyuncho (*Opuntia humifusa* f. *jeollaensis*) Fruit Powders. *Food Science of Animal Resources*, 39:6, 953.
- Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A., Pintado, T., Solas, M. T. and Ruiz-Capillas, C. 2010. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. *Food Research International*, 43:8, 2068-2076.
- Jimenez-Colmenero, F., Salcedo-Sandoval, L., Bou, R., Cofrades, S., Herrero, A. M. and Ruiz-Capillas, C. 2015. Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44:2, 177-188.
- Johnson, L. A. and Lusas, E. 1983. Comparison of alternative solvents for oils extraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60:2Part1, 229-242.
- Jones, P. J. 1999. Cholesterol-lowering action of plant sterols. *Current atherosclerosis reports*, 1:3, 230-235.
- Ju, Y. H., Clausen, L. M., Allred, K. F., Almada, A. L. and Helferich, W. G. 2004.  $\beta$ -sitosterol,  $\beta$ -sitosterol glucoside, and a mixture of  $\beta$ -sitosterol and  $\beta$ -sitosterol glucoside modulate the growth of estrogen-responsive breast cancer cells in vitro and in ovariectomized athymic mice. *The Journal of nutrition*, 134:5, 1145-1151.
- Jung, D., Oh, I., Lee, J. and Lee, S. 2020. Utilization of butter and oleogel blends in sweet pan bread for saturated fat reduction: Dough rheology and baking performance. *LWT*, 109194.
- Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S. and Bauer, F. 2007. The effect of dried galangal powder and its ethanolic extracts on oxidative stability in cooked ground pork. *LWT-Food Science and Technology*, 40:2, 324-330.
- Katan, M. B., Grundy, S. M., Jones, P., Law, M., Miettinen, T., Paoletti, R. and Participants, S. W. (2003). Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. *Mayo Clinic Proceedings*, Elsevier, 965-978.
- Kayaardı, S. and Gök, V. 2004. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat science*, 66:1, 249-257.
- Kaynakçı, E. and Kılıç, B. 2020. Effect of replacing beef fat with safflower oil on physicochemical, nutritional and oxidative stability characteristics of wieners. *Food Science and Technology*:AHEAD.

- Keenan, D. F., Resconi, V. C., Smyth, T. J., Botinestean, C., Lefranc, C., Kerry, J. P. and Hamill, R. M. 2015. The effect of partial-fat substitutions with encapsulated and unencapsulated fish oils on the technological and eating quality of beef burgers over storage. *Meat science*, 107, 75-85.
- Keeton, J. 1994. Low-fat meat products—technological problems with processing. *Meat science*, 36:1-2, 261-276.
- Kim, C.-J., Kim, H.-W., Hwang, K.-E., Song, D.-H., Ham, Y.-K., Choi, J.-H., Kim, Y.-B. and Choi, Y.-S. 2016. Effects of dietary fiber extracted from pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters. *Korean journal for food science of animal resources*, 36:3, 309.
- Kim, J. Y., Lim, J., Lee, J., Hwang, H. S. and Lee, S. 2017. Utilization of Oleogels as a Replacement for Solid Fat in Aerated Baked Goods: Physicochemical, Rheological, and Tomographic Characterization. *J Food Sci*, 82:2, 445-452.
- Kirch, W. 2008. Pearson's correlation coefficient. *Encyclopedia of Public Health; Springer: Dordrecht, The Netherlands*, 1090-2013.
- Kondjuyan, A., Oilic, S., Portanguen, S. and Gros, J.-B. 2013. Combined heat transfer and kinetic models to predict cooking loss during heat treatment of beef meat. *Meat science*, 95:2, 336-344.
- Kouzounis, D., Lazaridou, A. and Katsanidis, E. 2017. Partial replacement of animal fat by oleogels structured with monoglycerides and phytosterols in frankfurter sausages. *Meat Sci*, 130, 38-46.
- Kris-Etherton, P. M. 2010. Trans-fats and coronary heart disease. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50:S1, 29-30.
- Law, M. 2000. Plant sterol and stanol margarines and health. *Bmj*, 320:7238, 861-864.
- Lee, S. 2018. Utilization of foam structured hydroxypropyl methylcellulose for oleogels and their application as a solid fat replacer in muffins. *Food Hydrocolloids*, 77, 796-802.
- Lemon, D. 1975. An improved TBA test for rancidity new series circular, No: 51. *Halifax, NS, Canada: Halifax-Laboratory*.
- Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F. and Leon, J. 2006. Color measurement in L\* a\* b\* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39:10, 1084-1091.
- Li, L. and Liu, G. 2019. Corn oil-based oleogels with different gelation mechanisms as novel cocoa butter alternatives in dark chocolate. *Journal of food engineering*, 263, 114-122.
- Lim, J., Hwang, H.-S. and Lee, S. 2016. Oil-structuring characterization of natural waxes in canola oil oleogels: rheological, thermal, and oxidative properties. *Applied Biological Chemistry*, 60:1, 17-22.
- Lim, J., Jeong, S., Lee, J., Park, S., Lee, J. and Lee, S. 2017. Effect of shortening replacement with oleogels on the rheological and tomographic characteristics of aerated baked goods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97:11, 3727-3732.
- Lin-Vien, D., Colthup, N. B., Fateley, W. G. and Grasselli, J. G. 1991. *The handbook of infrared and Raman characteristic frequencies of organic molecules*. Elsevier,
- Lin, K., Keeton, J., Gilchrist, C. and Cross, H. 1988. Comparisons of carboxymethyl cellulose with differing molecular features in low-fat frankfurters. *Journal of Food Science*, 53:6, 1592-1595.

- List, G. and Reeves, R. 2005. Dietary guidelines, processing and reformulation for trans reduction. *Trans fat alternatives. AOCS Press, Champaign*, 71-86.
- Liu, J., Verespej, E., Alexander, M. and Corredig, M. 2007. Comparison on the effect of high-methoxyl pectin or soybean-soluble polysaccharide on the stability of sodium caseinate-stabilized oil/water emulsions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55:15, 6270-6278.
- Lorenzo, J. M. and Franco, D. 2012. Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage lipolysis, proteolysis and sensory properties. *Meat science*, 92:4, 704-714.
- Lucas-González, R., Roldán-Verdu, A., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A. and Viuda-Martos, M. 2020. Assessment of emulsion gels formulated with chestnut (*Castanea sativa* M.) flour and chia (*Salvia hispanica* L) oil as partial fat replacers in pork burger formulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100:3, 1265-1273.
- Luruena-Martinez, M., Vivar-Quintana, A. and Revilla, I. 2004. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat science*, 68:3, 383-389.
- Mandu, C., Barrera-Arellano, D., Santana, M. and Fernandes, G. 2020. Waxes used as structuring agents for food organogels: A Review. *Grasas y Aceites*, 71:1, 344.
- Marangoni, A. G. 2004. *Fat crystal networks*. CRC Press,
- Marangoni, A. G. 2012. Organogels: An Alternative Edible Oil-Structuring Method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89:5, 749-780.
- Marangoni, A. G. and Garti, N. 2011. Edible Oleogels. *Edible Oleogels, First Edit, AOCS Press, Urbana, Illinois*, 1-18.
- Marangoni, A. G. and Garti, N. 2018. *Edible oleogels: structure and health implications*. Elsevier,
- Marino, R., Albenzio, M., Della Malva, A., Muscio, A. and Sevi, A. 2015. Nutritional properties and consumer evaluation of donkey bresaola and salami: Comparison with conventional products. *Meat science*, 101, 19-24.
- Martins, A. J., Cerqueira, M. A., Fasolin, L. H., Cunha, R. L. and Vicente, A. A. 2016. Beeswax organogels: Influence of gelator concentration and oil type in the gelation process. *Food research international*, 84, 170-179.
- Martins, A. J., Cerqueira, M. A., Pastrana, L. M., Cunha, R. L. and Vicente, A. A. 2019. Sterol-based oleogels' characterization envisioning food applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99:7, 3318-3325.
- Martins, A. J., Lorenzo, J. M., Franco, D., Pateiro, M., Domínguez, R., Munekata, P. E., Pastrana, L. M., Vicente, A. A., Cunha, R. L. and Cerqueira, M. A. 2020. Characterization of Enriched Meat-Based Pâté Manufactured with Oleogels as Fat Substitutes. *Gels*, 6:2, 17.
- Matheson, A., Dalkas, G., Clegg, P. S. and Euston, S. R. 2018. Phytosterol-based edible oleogels: A novel way of replacing saturated fat in food. *Nutr Bull*, 43:2, 189-194.
- Matheson, A. B., Koutsos, V., Dalkas, G., Euston, S. and Clegg, P. 2017. Microstructure of  $\beta$ -Sitosterol:  $\gamma$ -Oryzanol edible organogels. *Langmuir*, 33:18, 4537-4542.
- Mattice, K. D. and Marangoni, A. G. 2019. Oleogels in Food.

- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M., Bonham, M. P. and Fearon, A. M. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat science*, 84:1, 1-13.
- McClements, D. J. 2015. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC press,
- McGuire, S. 2016. Scientific Report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee. Washington, DC: US Departments of Agriculture and Health and Human Services, 2015. *Advances in nutrition*, 7:1, 202-204.
- McLellan, M., Lind, L. and Kime, R. 1995. Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant Hunter L, a, b data. *Journal of food quality*, 18:3, 235-240.
- Menaa, F., Menaa, A., Tréton, J. and Menaa, B. 2013. Technological approaches to minimize industrial trans fatty acids in foods. *Journal of Food Science*, 78:3, R377-R386.
- Mendilaharsu, M., De Stefani, E., Deneo-Pellegrini, H., Carzoglio, J. and Ronco, A. 1998. Phytosterols and risk of lung cancer: a case-control study in Uruguay. *Lung cancer*, 21:1, 37-45.
- Meng, Z., Guo, Y., Wang, Y. and Liu, Y. 2019. Oleogels from sodium stearoyl lactylate-based lamellar crystals: Structural characterization and bread application. *Food chemistry*, 292, 134-142.
- Meng, Z., Qi, K., Guo, Y., Wang, Y. and Liu, Y. 2018a. Macro-micro structure characterization and molecular properties of emulsion-templated polysaccharide oleogels. *Food Hydrocolloids*, 77, 17-29.
- Meng, Z., Qi, K., Guo, Y., Wang, Y. and Liu, Y. 2018b. Physical properties, microstructure, intermolecular forces, and oxidation stability of soybean oil oleogels structured by different cellulose ethers. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120:6, 1700287.
- Mert, B. and Demirkesen, I. 2016a. Evaluation of highly unsaturated oleogels as shortening replacer in a short dough product. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 477-484.
- Mert, B. and Demirkesen, I. 2016b. Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food Chem*, 199, 809-816.
- Metcalfe, L. and Schmitz, A. 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Analytical Chemistry*, 33:3, 363-364.
- Min, B. and Ahn, D. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A review. *Food Science and Biotechnology*, 14:1, 152-163.
- Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N. and Goli, S. A. H. 2018. Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Res Int*, 108, 368-377.
- Moriano, M. E. and Alamprese, C. 2017. Organogels as novel ingredients for low saturated fat ice creams. *LWT*, 86, 371-376.
- Moschakis, T., Panagiotopoulou, E. and Katsanidis, E. 2016. Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part I): Microstructure and mechanical properties. *LWT*, 73, 153-161.
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J. and Willett, W. C. 2006. Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354:15, 1601-1613.
- Murdan, S. 2005. Organogels in drug delivery. *Expert opinion on drug delivery*, 2:3, 489-505.

- Murdan, S., Gregoriadis, G. and Florence, A. T. 1999. Novel sorbitan monostearate organogels. *Journal of pharmaceutical sciences*, 88:6, 608-614.
- Nichols, D. S. and Sanderson, K. 2003. The nomenclature, structure, and properties of food lipids. *Chemical and functional properties of food lipids*, 29-59.
- Ningtyas, D. W., Bhandari, B., Bansal, N. and Prakash, S. 2017. A tribological analysis of cream cheeses manufactured with different fat content. *International Dairy Journal*, 73, 155-165.
- O'brien, R. D. 2008. *Fats and oils: formulating and processing for applications*. CRC press,
- O'Sullivan, C. M., Barbut, S. and Marangoni, A. G. 2016. Edible oleogels for the oral delivery of lipid soluble molecules: Composition and structural design considerations. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 59-73.
- Ockerman, H. 1985. Emulsifying capacity and stability. *Quality control of post mortem muscle tissue*, 2, 210.
- Oh, I., Lee, J., Lee, H. G. and Lee, S. 2019. Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties. *Food Research International*.
- Oh, I. and Lee, S. 2020. Rheological, microstructural, and tomographical studies on the rehydration improvement of hot air-dried noodles with oleogel. *Journal of food engineering*, 268, 109750.
- Oh, I. K., Amoah, C., Lim, J., Jeong, S. and Lee, S. 2017. Assessing the effectiveness of wax-based sunflower oil oleogels in cakes as a shortening replacer. *LWT*, 86, 430-437.
- Ojijo, N. K., Neeman, I., Eger, S. and Shimoni, E. 2004. Effects of monoglyceride content, cooling rate and shear on the rheological properties of olive oil/monoglyceride gel networks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84:12, 1585-1593.
- Okuro, P. K., Martins, A. J., Vicente, A. A. and Cunha, R. L. 2020. Perspective on oleogelator mixtures, structure design and behaviour towards digestibility of oleogels. *Current Opinion in Food Science*.
- Onacik-Gür, S. and Żbikowska, A. 2019. Effect of high-oleic rapeseed oil oleogels on the quality of short-dough biscuits and fat migration. *Journal of food science and technology*, 1-10.
- Osborn, H. and Akoh, C. 2002. Structured lipids-novel fats with medical, nutraceutical, and food applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 1:3, 110-120.
- Ospina-E, J., Sierra-C, A., Ochoa, O., Pérez-Álvarez, J. and Fernández-López, J. 2012. Substitution of saturated fat in processed meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52:2, 113-122.
- Ostlund Jr, R. E. 2002. Phytosterols in human nutrition. *Annual review of nutrition*, 22:1, 533-549.
- Öğütcü, M. and Yılmaz, E. 2014. Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. *Grasas y Aceites*, 65:3, 040.
- Öğütcü, M., Arifoğlu, N. and Yılmaz, E. 2017. Restriction of oil migration in tahini halva via organogelation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119:9, 1600189.
- Öğütcü, M. and Yılmaz, E. 2014. Characterization of Hazelnut Oil Oleogels Prepared with Sunflower and Carnauba Waxes. *International Journal of food properties*, 18:8, 1741-1755.



- Özcan, A. 2008. Kağıt Yüzey Pürüzlülüğünün  $L^* a^* b^*$  değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi.
- Özer, C. O. and Çelegen, Ş. 2020. Evaluation of quality and emulsion stability of a fat-reduced beef burger prepared with an olive oil oleogel-based emulsion. *Journal of Food Processing and Preservation*, e14547.
- Palla, C., Giacomozzi, A., Genovese, D. B. and Carrín, M. E. 2017. Multi-objective optimization of high oleic sunflower oil and monoglycerides oleogels: Searching for rheological and textural properties similar to margarine. *Food structure*, 12, 1-14.
- Panagiotopoulou, E., Moschakis, T. and Katsanidis, E. 2016. Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part II): Implementation in frankfurter sausages. *LWT*, 73, 351-356.
- Pappa, I., Bloukas, J. and Arvanitoyannis, I. 2000. Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. *Meat science*, 56:1, 81-88.
- Park, C., Bemmer, H. L. and Maleky, F. 2018. Oxidative stability of rice bran wax oleogels and an oleogel cream cheese product. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95:10, 1267-1275.
- Park, J.-M. and Kim, J.-M. 2016. Monitoring of used frying oils and frying times for frying chicken nuggets using peroxide value and acid value. *Korean journal for food science of animal resources*, 36:5, 612.
- Patel, A. R. 2015. *Alternative routes to oil structuring*. Springer,
- Patel, A. R. 2017. A colloidal gel perspective for understanding oleogelation. *Current Opinion in Food Science*, 15, 1-7.
- Patel, A. R. 2018. Structuring edible oils with hydrocolloids: Where do we stand? *Food Biophysics*, 13:2, 113-115.
- Patel, A. R., Cludts, N., Sintang, M. D., Lesaffer, A. and Dewettinck, K. 2014a. Edible oleogels based on water soluble food polymers: preparation, characterization and potential application. *Food Funct*, 5:11, 2833-2841.
- Patel, A. R. and Dewettinck, K. 2015. Comparative evaluation of structured oil systems: Shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117:11, 1772-1781.
- Patel, A. R. and Dewettinck, K. 2016. Edible oil structuring: an overview and recent updates. *Food Funct*, 7:1, 20-29.
- Patel, A. R., Rajarethinam, P. S., Grędowska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W. H., Van de Walle, D. and Dewettinck, K. 2014b. Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. *Food & function*, 5:4, 645-652.
- Pathare, P. B., Opara, U. L. and Al-Said, F. A.-J. 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6:1, 36-60.
- Pehlivanoglu, H., Ozulku, G., Yildirim, R. M., Demirci, M., Toker, O. S. and Sagdic, O. 2018. Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low-calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42:6, e13621.
- Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S. and Sagdic, O. 2018. Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production

- and food-based applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58:8, 1330-1341.
- Pereira, A. G. T., Ramos, E. M., Teixeira, J. T., Cardoso, G. P., Ramos, A. d. L. S. and Fontes, P. R. 2011. Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. *Meat science*, 89:4, 519-525.
- Pernetti, M., van Malssen, K., Kalnin, D. and Flöter, E. 2007a. Structuring edible oil with lecithin and sorbitan tri-stearate. *Food Hydrocolloids*, 21:5-6, 855-861.
- Pernetti, M., van Malssen, K. F., Flöter, E. and Bot, A. 2007b. Structuring of edible oils by alternatives to crystalline fat. *Current opinion in colloid & interface science*, 12:4-5, 221-231.
- Philippaerts, A., Jacobs, P. A. and Sels, B. F. 2013. Is there still a future for hydrogenated vegetable oils? *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 52:20, 5220-5226.
- Pietrasik, Z. and Duda, Z. 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat science*, 56:2, 181-188.
- Pintado, T., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Carmona, P. and Jiménez-Colmenero, F. 2016. Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food Science and Technology International*, 22:2, 132-145.
- Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F., Carmona, P. and Herrero, A. M. 2015. Oil-in-water emulsion gels stabilized with chia (*Salvia hispanica* L.) and cold gelling agents: Technological and infrared spectroscopic characterization. *Food chemistry*, 185, 470-478.
- Poyato, C., Ansorena, D., Berasategi, I., Navarro-Blasco, Í. and Astiasarán, I. 2014. Optimization of a gelled emulsion intended to supply  $\omega$ -3 fatty acids into meat products by means of response surface methodology. *Meat science*, 98:4, 615-621.
- Puşçaş, A., Mureşan, V., Socaciu, C. and Muste, S. 2020. Oleogels in Food: A Review of Current and Potential Applications. *Foods*, 9:1, 70.
- Raharjo, S. and Sofos, J. 1993. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. *Meat science*, 35:2, 145-169.
- Raja, R., Vedhavalli, D., Nathan, P. K. and Patra, S. 2017. Growth and Characterization of Adipic Acid Doped Single Crystal. *Int J Cur Res Rev| Vol*, 9:10, 95.
- Rajah, K. K. 2002. *Fats in food technology*. CRC Press,
- Rao, M. 2003. Phase transitions, food texture and structure. *Texture in food*, 1, 36-62.
- Rios, R. V., Pessanha, M. D. F., Almeida, P. F. d., Viana, C. L. and Lannes, S. C. d. S. 2014. Application of fats in some food products. *Food Science and Technology*, 34:1, 3-15.
- Rogers, E. J., Rice, S. M., Nicolosi, R. J., Carpenter, D. R., McClelland, C. A. and Romanczyk, L. J. 1993. Identification and quantitation of  $\gamma$ -oryzanol components and simultaneous assessment of tocopherols in rice bran oil [journal article]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70:3, 301-307.
- Rogers, M. A. 2011. Co-operative self-assembly of cholesterol and  $\gamma$ -oryzanol composite crystals. *CrystEngComm*, 13:23, 7049-7057.
- Rogers, M. A., Bot, A., Lam, R. S. H., Pedersen, T. and May, T. 2010. Multicomponent hollow tubules formed using phytosterol and  $\gamma$ -oryzanol-based compounds: an understanding of their molecular embrace. *The Journal of Physical Chemistry A*, 114:32, 8278-8285.

- Rogers, M. A., Strober, T., Bot, A., Toro-Vazquez, J. F., Stortz, T. and Marangoni, A. G. 2014. Edible oleogels in molecular gastronomy. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2:1, 22-31.
- Rogers, M. A., Wright, A. J. and Marangoni, A. G. 2008. Engineering the oil binding capacity and crystallinity of self-assembled fibrillar networks of 12-hydroxystearic acid in edible oils. *Soft Matter*, 4:7, 1483-1490.
- Rogers, M. A., Wright, A. J. and Marangoni, A. G. 2009. Nanostructuring fiber morphology and solvent inclusions in 12-hydroxystearic acid/canola oil organogels. *Current opinion in colloid & interface science*, 14:1, 33-42.
- Roldán, M., Antequera, T., Hernández, A. and Ruiz, J. 2015. Physicochemical and microbiological changes during the refrigerated storage of lamb loins sous-vide cooked at different combinations of time and temperature. *Food Science and Technology International*, 21:7, 512-522.
- Ross, C. F. and Smith, D. M. 2006. Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 5:1, 18-25.
- Saeidnia, S., Manayi, A., Gohari, A. R. and Abdollahi, M. 2014. The story of beta-sitosterol-a review. *European Journal of Medicinal Plants*, 590-609.
- Sagiri, S. S., Behera, B., Rafanan, R. R., Bhattacharya, C., Pal, K., Banerjee, I. and Rousseau, D. 2014. Organogels as Matrices for Controlled Drug Delivery: A Review on the Current State. *Soft Materials*, 12:1, 47-72.
- Sagiri, S. S., Samateh, M. and John, G. 2018. *Edible Oil Structuring: Concepts, Methods and Applications*. The Royal Society of Chemistry, 23-52.
- Saimaiti, M. and Genççelep, H. 2020. Preventing of Packaging Exudation in Frankfurter Sausages by Using Modified Potato Starch. *Gıda*, 45:5, 894-906.
- Saláková, A. 2012. Instrumental measurement of texture and color of meat and meat products. *Maso international*, 2, 107-114.
- Sant'Anna, V., Gurak, P. D., Marczak, L. D. F. and Tessaro, I. C. 2013. Tracking bioactive compounds with colour changes in foods—A review. *Dyes and Pigments*, 98:3, 601-608.
- Savadkoochi, S., Hoogenkamp, H., Shamsi, K. and Farahnaky, A. 2014. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat science*, 97:4, 410-418.
- Sawalha, H., den Adel, R., Venema, P., Bot, A., Flöter, E. and van der Linden, E. 2012. Organogel-emulsions with mixtures of  $\beta$ -sitosterol and  $\gamma$ -oryzanol: influence of water activity and type of oil phase on gelling capability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60:13, 3462-3470.
- Sawalha, H., Venema, P., Bot, A., Floter, E., Adel, R. D. and van der Linden, E. 2015. The Phase Behavior of gamma-Oryzanol and beta-Sitosterol in Edible Oil. *J Am Oil Chem Soc*, 92:11-12, 1651-1659.
- Sawalha, H., Venema, P., Bot, A., Floter, E. and van der Linden, E. 2011. The Influence of Concentration and Temperature on the Formation of gamma-Oryzanol + beta-Sitosterol Tubules in Edible Oil Organogels. *Food Biophys*, 6:1, 20-25.
- Scharfe, M., Ahmane, Y., Seilert, J., Keim, J. and Flöter, E. 2019. On the effect of minor oil components on  $\beta$ -sitosterol/ $\gamma$ -oryzanol oleogels. *European Journal of Lipid Science and Technology*.

- Senanayake, S. N. and Shahidi, F. 2005. Modification of fats and oils via chemical and enzymatic methods. *Bailey's industrial oil and fat products*.
- Serdaroğlu, M., Öztürk, B. and Uргу, M. 2016. Emulsion characteristics, chemical and textural properties of meat systems produced with double emulsions as beef fat replacers. *Meat science*, 117, 187-195.
- Services, U. D. o. H. H. (2017). Dietary guidelines for Americans 2015-2020. (1510726160). from Skyhorse Publishing Inc.
- Shahidi, F. 1994. *Flavor of meat and meat products*. Springer, 247-266.
- Shahidi, F. and Wanasundara, U. N. 2002. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. *Food lipids: Chemistry, nutrition and biotechnology*, 17, 387-403.
- Si, H., Cheong, L.-Z., Huang, J., Wang, X. and Zhang, H. 2016. Physical Properties of Soybean Oleogels and Oil Migration Evaluation in Model Praline System. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93:8, 1075-1084.
- Singh, A., Auzanneau, F. I. and Rogers, M. A. 2017. Advances in edible oleogel technologies - A decade in review. *Food Res Int*, 97, 307-317.
- Soriano, A., Cruz, B., Gómez, L., Mariscal, C. and Ruiz, A. G. 2006. Proteolysis, physicochemical characteristics and free fatty acid composition of dry sausages made with deer (*Cervus elaphus*) or wild boar (*Sus scrofa*) meat: A preliminary study. *Food chemistry*, 96:2, 173-184.
- Sunil, L., Srinivas, P., Kumar, P. P. and Krishna, A. G. 2015. Oryzanol as natural antioxidant for improving sunflower oil stability. *Journal of food science and technology*, 52:6, 3291-3299.
- Surh, J., Decker, E. A. and McClements, D. J. 2006. Influence of pH and pectin type on properties and stability of sodium-caseinate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 20:5, 607-618.
- Talbot, G. 2011. *Reducing saturated fats in foods*. Elsevier,
- Tanti, R., Barbut, S. and Marangoni, A. G. 2016. Hydroxypropyl methylcellulose and methylcellulose structured oil as a replacement for shortening in sandwich cookie creams. *Food Hydrocolloids*, 61, 329-337.
- Tarté, R., Paulus, J. S., Acevedo, N. C., Prusa, K. J. and Lee, S.-L. 2020. High-oleic and conventional soybean oil oleogels structured with rice bran wax as alternatives to pork fat in mechanically separated chicken-based bologna sausage. *LWT*, 109659.
- Teegala, S. M., Willett, W. C. and Mozaffarian, D. 2009. Consumption and health effects of trans fatty acids: a review. *Journal of AOAC international*, 92:5, 1250-1257.
- Truong, T., Prakash, S. and Bhandari, B. 2019. Effects of crystallisation of native phytosterols and monoacylglycerols on foaming properties of whipped oleogels. *Food Chem*, 285, 86-93.
- Ulbricht, T. and Southgate, D. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338:8773, 985-992.
- Utrilla, M. C., Garcia Ruiz, A. and Soriano, A. 2014. Effect of partial replacement of pork meat with an olive oil organogel on the physicochemical and sensory quality of dry-ripened venison sausages. *Meat Sci*, 97:4, 575-582.
- Uzlaşır, T., Aktaş, N. and Gerçekaslan, K. E. 2020. Pumpkin seed oil as a partial animal fat replacer in bologna-type sausages. *Food Science of Animal Resources*, 40:4, 551.

- Vaclavik, V. A. and Christian, E. W. 2014. *Essentials of food science*. Springer, 323-342.
- Vaclavik, V. A., Christian, E. W. and Christian, E. W. 2008. *Essentials of food science*. Springer, Vasavada, M. N., Dwivedi, S. and Cornforth, D. 2006. Evaluation of garam masala spices and phosphates as antioxidants in cooked ground beef. *Journal of Food Science*, 71:5, C292-C297.
- Verplaetse, A., De Bosschere, M. and Demeyer, D. (1989). Proteolysis during dry sausage ripening. International Congress of Meat Science and Technology, Location: Copenhagen.
- Wang, F. C., Gravelle, A. J., Blake, A. I. and Marangoni, A. G. 2016. Novel trans fat replacement strategies. *Current Opinion in Food Science*, 7, 27-34.
- Wang, X., Xie, Y., Li, X., Liu, Y. and Yan, W. 2018. Effects of partial replacement of pork back fat by a camellia oil gel on certain quality characteristics of a cooked style Harbin sausage. *Meat science*, 146, 154-159.
- Wassell, P., Bonwick, G., Smith, C. J., Almiron-Roig, E. and Young, N. W. G. 2010. Towards a multidisciplinary approach to structuring in reduced saturated fat-based systems – a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 45:4, 642-655.
- Wendt, A., Abraham, K., Wernecke, C., Pfeiffer, J. and Flöter, E. 2017. Application of  $\beta$ -Sitosterol +  $\gamma$ -Oryzanol-Structured Organogel as Migration Barrier in Filled Chocolate Products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94:9, 1131-1140.
- Whitby, C. P. and Onnink, A. J. 2014. Rheological properties and structural correlations in particle-in-oil gels. *Advanced Powder Technology*, 25:4, 1185-1189.
- Willis, W. M., Lencki, R. W. and Marangoni, A. G. 1998. Lipid modification strategies in the production of nutritionally functional fats and oils. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38:8, 639-674.
- Wirth, F. 1988. Technologies for making fat-reduced meat-products. *Fleischwirtschaft*, 68:9, 1153-1156.
- Wójciak, K. M. and Dolatowski, Z. J. 2016. Shelf Life of Organic Roast Pork Enriched with Acid Whey-Plant Extracts Combination. *Journal of food quality*, 39:3, 171-180.
- Wolfer, T. L., Acevedo, N. C., Prusa, K. J., Sebranek, J. G. and Tarté, R. 2018. Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax. *Meat science*, 145, 352-362.
- Woyengo, T., Ramprasath, V. and Jones, P. 2009. Anticancer effects of phytosterols. *European journal of clinical nutrition*, 63:7, 813-820.
- Wright, A. J. and Marangoni, A. G. 2006. Formation, structure, and rheological properties of ricinelaidic acid-vegetable oil organogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83:6, 497-503.
- Xiong, Y., Noel, D. and Moody, W. 1999. Textural and sensory properties of low-fat beef sausages with added water and polysaccharides as affected by pH and salt. *Journal of Food Science*, 64:3, 550-554.
- Yang, S., Li, G., Saleh, A. S. M., Yang, H., Wang, N., Wang, P., Yue, X. and Xiao, Z. 2017. Functional Characteristics of Oleogel Prepared from Sunflower Oil with  $\beta$ -Sitosterol and Stearic Acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94:9, 1153-1164.
- Ye, X., Li, P., Lo, Y. M., Fu, H. and Cao, Y. 2019. Development of novel shortenings structured by ethylcellulose oleogels. *Journal of Food Science*, 84:6, 1456-1464.

- Yilmaz, E. and Ogutcu, M. 2015. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food Funct*, 6:4, 1194-1204.
- Yilmaz, E. and Ögütçü, M. 2015. Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: sensory description and consumer perception. *RSC Advances*, 5:62, 50259-50267.
- Yousefi, A. and Moosavi-Nasab, M. 2014. Textural and chemical attributes of sausages developed from Talang Queenfish (*Scomberoides commersonianus*) mince and surimi. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13:1, 228-241.
- Youssef, M. and Barbut, S. 2010. Physicochemical effects of the lipid phase and protein level on meat emulsion stability, texture, and microstructure. *Journal of Food Science*, 75:2, S108-S114.
- Youssef, M. and Barbut, S. 2011. Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. *Meat science*, 87:4, 356-360.
- Youssef, M. K., Barbut, S. and Smith, A. 2011. Effects of pre-emulsifying fat/oil on meat batter stability, texture and microstructure. *International Journal of Food Science & Technology*, 46:6, 1216-1224.
- Zetzl, A. K., Marangoni, A. G. and Barbut, S. 2012. Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. *Food Funct*, 3:3, 327-337.
- Zhao, M., Lan, Y., Cui, L., Monono, E., Rao, J. and Chen, B. 2020. Physical properties and cookie-making performance of oleogels prepared with crude and refined soybean oil: a comparative study. *Food & function*, 11:3, 2498-2508.
- Zhao, Q., Long, Z., Kong, J., Liu, T., Sun-Waterhouse, D. and Zhao, M. 2015. Sodium caseinate/flaxseed gum interactions at oil–water interface: Effect on protein adsorption and functions in oil-in-water emulsion. *Food Hydrocolloids*, 43, 137-145.
- Zulim Botega, D. C., Marangoni, A. G., Smith, A. K. and Goff, H. D. 2013a. Development of formulations and processes to incorporate wax oleogels in ice cream. *Journal of Food Science*, 78:12, C1845-C1851.
- Zulim Botega, D. C., Marangoni, A. G., Smith, A. K. and Goff, H. D. 2013b. The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. *J Food Sci*, 78:9, C1334-1339.
- Zuta, P., Simpson, B., Zhao, X. and Leclerc, L. 2007. The effect of  $\alpha$ -tocopherol on the oxidation of mackerel oil. *Food chemistry*, 100:2, 800-807.

## ÖZ GEÇMİŞ



Tuğba ELBİR 07.09.1985 tarihinde Zile’de doğdu. Amasya Anadolu Lisesi’ni bitirdikten sonra Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi’nden 2009 yılında mezun oldu. 2012 yılında Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Gıda Teknolojisi A.B.D.’de Yüksek Lisans programını bitirdi. 2012’den bu yana Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

### İletişim Bilgileri

E-mail: [telbir05@hotmail.com](mailto:telbir05@hotmail.com)

Telefon: 0505 453 0403

ORCID ID: 0000-0002-8836-8808