

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**DOKTORA TEZİ**

**YEMEKLİK OLEOJELLERİN HAZIRLANMASI**  
**ve GIDA ÜRÜNÜ OLARAK**  
**KULLANIMLARININ ARAŞTIRILMASI**  
**Mustafa ÖĞÜTCÜ**  
**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Tezin Sunulduğu Tarih:26/06/2014**

**Tez Danışmanı:**  
**Doç. Dr. Emin YILMAZ**

**ÇANAKKALE**

Mustafa ÖĞÜTCÜ tarafından Doç.Dr. Emin YILMAZ yönetiminde hazırlanan ve **26/06/2014** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Yemeklik Oleojellerin Hazırlanması ve Gıda Ürünü Olarak Kullanımlarının Araştırılması**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

Doç. Dr. Emin YILMAZ

.....

**Başkan**

Prof. Dr. İsmet KAYA

.....

**Üye**

Prof. Dr. Cengiz CANER

.....

**Üye**

Prof. Dr. Yusuf DİLGİN

.....

**Üye (5 üyeli jürilerde)**

Doç Dr. Ümit GEÇGEL

.....

**Üye (5 üyeli jürilerde)**

Sıra No:.....

Hazırlanan bu doktora tezi **TUBİTAK-COST** (Proje No:112O038) ikili işbirlikleri tarafından COST FA1001-The Application of Innovative Fundamental Food-Structure-Property Relationship to the Design of Food for Health, Wellness and Pleasure Action kapsamında desteklenmiştir.

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

Mustafa ÖĞÜTCÜ

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam **Doç. Dr. Emin YILMAZ**' a;

Çalışma süresince bilgi ve tecrübeleri ile daima yanımda olan Sayın **Prof. Dr. Cengiz CANER** ve **Prof. Dr. İsmet KAYA** 'ya, jüri üyeleri Sayın **Prof. Dr. Yusuf DİLGİN** ve **Doç. Dr. Ümit GEÇGEL**'e;

Örneklerin, PLM görüntüleri için Sayın **Yrd. Doç. Dr. Ayten ÇALIK**'a, GC-MS ölçümleri için Sayın **Doç. Dr. Yonca Karagül YÜCEER**'e, FT-IR ve Kalori ölçümleri için **Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÇOBİLTUM)**'ne, XRD ölçümleri için **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü**'ne ve NMR ölçümleri için **Trakya Birlik Entegre Tesisleri (Çorlu)**'ne;

Çalışmamda bana yardımcı olan arkadaşlarım **Arş. Gör. Riza TEMİZKAN**, **Arş. Gör. Onur GÜNEŞER**, **Dr. Kevser TEMİZKAN** ve **Yrd. Doç Dr. Mehmet YILDIRIM**'a;

Manevi destekleri ile bana güç veren dostlarım **Yrd. Doç. Dr. M. Seçkin ADAY**, **Yrd. Doç. Dr. Nazan ARİFOĞLU**, **Arş. Gör. Murat BERBER** ve **Arş. Gör. M. Burak BÜYÜKCAN**'a;

Hayatımın her evresinde bana destek olan babam **Mehmet ÖĞÜTCÜ** annem **Şennur ÖĞÜTCÜ** ve kardeşim **Merve ÖĞÜTCÜ**'ye;

Tüm zorlukları benimle göğüsleyen eşim **Hatice ÖĞÜTCÜ** ve biricik kızım **Hira ÖĞÜTCÜ**'ye;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa ÖĞÜTCÜ

Çanakkale, Haziran 2014

## SİMGELER VE KISALTMALAR

BY	Balık yağı
FY	Fındık yağı
NY	Nar çekirdek yağı
ZY	Natürel zeytinyağı
AM	Ayçiçek mumu
BM	Balmumu
CM	Carnauba mumu
MG	Monogliserit
KM	Kahvaltılık margarin
MM	Mutfak Margarini
FŞ	Fırıncılık şorteningi
Kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde oranı
dak	Dakika
s	Saniye
YBK	Yağ bağlama kapasitesi
KOZ	Kristal oluşum zamanı
KYİ	Katı yağ içeriği
MJK	Minimum jel oluşturma konsantrasyonu
SYA	Serbest yağ asitliği
IS	İyot sayısı
PD	Peroksit değeri
IS	İnternal standart
O.İ.T.	Oksidatif indüksiyon zamanı
Å	Amstrong
$\Delta H_m$ ; $\Delta H_c$	Ergime: Kristalizasyon Entalpisi
°C	Santigrad derece
Mek	Milieşdeğer
KNT	Kontrol
TY	Ticari tereyağ
$T_m$ ; $T_c$	Ergime; Kristalizasyon sıcaklığı

## ÖZET

### YEMEKLİK OLEOJELLERİN HAZIRLANMASI ve GIDA ÜRÜNÜ OLARAK KULLANIMLARININ ARAŞTIRILMASI

Mustafa ÖĞÜTCÜ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman : Doç. Dr. Emin YILMAZ

26/06/2014, 299

Bu tez çalışmasında, balık yağı (BY), fındık yağı (FY), nar çekirdek yağı (NY) ve natürel zeytinyağı (ZY) ile %3, 7 ve 10 katım oranlarında Monoglisericid (MG), Ayçiçek mumu (AM), Carnauba mumu (CM) ve Balmumu (BM) kullanılarak yemeklik yağ oleojelleri üretilmiştir. Zeytinyağı ve fındık yağı ile %5 oranında AM ve BM kullanılarak biyo-aktif bileşenlerce zenginleştirilmiş ( $\beta$ -karoten, vitamin A ve D) ve aromatize edilmiş (çilek, muz ve tereyağ) oleojeller ile emülsiyon oleojelleri de geliştirilmiştir. Üretilen oleojellerin 90 gün boyunca 4 ve 20 °C depolamadaki stabiliteleri izlenmiştir. Ayrıca, üretilen oleojellerin duyuşal değeriendirilmesi, tüketici testleri ve kurabiye üretimindeki kullanımları da araştırılmıştır.

Genel olarak üretilen oleojellerin 20 ve 35 °C’de ölçülen katı yağ içeriklerinin eklenen organojelatör konsantrasyonuna bağı arttığı belirlenmiştir. Eklenen organojelatör çeşidine ve oranına göre ergime ve kristalizasyon sıcaklıklarının değıştiğı saptanmıştır. Termal özellikler bakımından %3 ve 7 konsantrasyonlarında BM ve MG içeren yemeklik oleojeller ile % 5 BM içeren aromatize oleojellerin, kahvaltılık margarinlere (KM) benzer oldukları saptanmıştır. İlave edilen organojelatör konsantrasyonu arttıkça sertlik ve yapışkanlık değeriilerinin yükseldiğı görülmüştür. Özellikle %7 BM, MG ve %3 AM içeren yemeklik oleojeller ile %5 BM ve AM katkı aromatize oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değeriilerinin KM örneğine benzer olduğı belirlenmiştir. Oleojel örneklerinde görülen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki XRD piklerinin sürülebilir ürünlerde arzu edilen  $\beta$ ’ polimorfik formuna benzer olduğı saptanmıştır. Genel olarak mumların iğne benzeri ve MG’in ise gül benzeri kristaller oluşturduğı gözlenmiştir. Tüketici testleri sonucunda özellikle tereyağ aromalı fındık yağı-balmumu oleojellenin tereyağ benzeri ürün olarak tüketiciler tarafından

kabul edildiği belirlenmiştir. Yine fındık yağı ile AM ve BM kullanılarak üretilen oleojellerden üretilen kurabiyelerin fırıncılık şorteningi ile üretilen kurabiyeler ile benzer özellikler taşıdığı belirlenmiştir. Sonuç olarak üretilen oleojellerin kahvaltılık sürülebilir yağ benzeri ve fırıncılık şorteningi olarak başarıyla kullanılabilceği belirlenmiştir. Yenebilir oleojel ürünlerinin gıda ürünlerinde kullanımlarına dair yeni çalışmalara ihtiyaç belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Oleojel, Balmumu, Ayçiçek mumu, Stabilite, X-ışınları diffraktometresi, Nükleer Manyetik Rezonans, Termal zellikler, Tekstür, Duyusal analiz.

## ABSTRACT

### PREPARATION OF EDIBLE OLEOGELS AND EVALUATION OF THEIR FOOD PRODUCT USABILITIES

Mustafa ÖĞÜTCÜ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Doctoral Dissertation in Food Engineering

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Emin YILMAZ

26/06/2014, 299

In this thesis study, edible oleogels of fish oil (FO), hazelnut oil (HO), pomegranate seed oil (PO), and virgin olive oil (OO) with the organogelators of monoglyceride (MG), sunflower wax (SW), carnauba wax (CW) and beeswax (BW) at the addition levels of 3, 7 and 10% were produced. Enriched ( $\beta$ -carotene, Vitamins A and D) and aromatized (strawberry, bananas, butter) oleogels of olive oil and hazelnut oil with SW and BW at 5% addition level were produced, in addition to the emulsion oleogel samples. Storage stabilities of the oleogels were monitored at 4 and 20 °C for 90 days. Furthermore, sensory evaluation, consumer tests and application in cookie production for the developed oleogels were accomplished.

In general, the solid fat content of the oleogels measured at 20 and 35 °C were dependent on the concentrations of the organogelators added. Depending on the organogelator kind and amounts, the melting and crystallization temperatures of the oleogels were changed. It was shown that the 3 and 7% BW and MG containing oleogels and breakfast margarine (BM), and of aromatized 5% BW oleogels and breakfast margarine were very similar in terms of thermal properties. The hardness and stickiness values of the oleogels were enhanced as the addition level of the organogelators increased. Especially the hardness and stickiness values of the 7% BW and MG containing, and 3% SW containing aromatized oleogels were similar to BM sample. Peaks at the 4.10 and 3.70 Å measured in the oleogel samples were analogous to the  $\beta'$  polymorph which is the desired form in spreadable fats. Usually the waxes produced pin-like crystals, while MG crystals were rosette-like. Consumer preference tests have shown that butter flavored hazelnut oil-beeswax oleogel was highly acceptable. Furthermore, the product properties of the cookies prepared with



SW and BW oleogels were quite the same with those produced with standard bakery shortening. In conclusion, the produced oleogels can successfully be used as spreadable breakfast products and bakery shortenings. New research needs for applications of the edible oleogels in different food products were determined.

**Keywords:** Oleojel, Beeswax, Sunflower wax, Stability, X-ray diffraction, Nuclear Magnetic Resonans, Thermal properties, Texture, Sensory analysis.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
BÖLÜM 1 - GİRİŞ.....	2
1.1. Triaçilgliserol (TAG) Kolloidal Kristal Ağ Yapısı .....	2
1.2. Katı (Sert) Yağ Üretim Teknolojileri .....	4
1.3. Organojel Üretim Teknolojisi .....	5
1.4. Sıvı Yağlarının Yapılandırılmasında Kullanılan Organojelatörler .....	7
1.4.1. $\gamma$ -Orizanol ve fitosteroller .....	7
1.4.2. Sorbitan monostearat .....	8
1.4.3. Seramidler .....	8
1.4.4. Mono ve digliseridler .....	8
1.4.5. Yağ asitleri ve yağ alkolleri.....	9
1.4.6 Sorbitan tristearat ve lesitin .....	9
1.4.7. Mumlar .....	10
1.4.7.1. Ayçiçek mumu (vaksı) .....	11
1.4.7.2. Balmumu.....	11
1.4.7.3 Carnauba mumu (vaksı).....	12
1.5. Emülsiyon Organojel Sistemleri .....	12
1.6. Organojeller ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Olanakları .....	14
BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	15
2.1. Mum Organogelatörleriyle Üretilen Oleojeller.....	15
2.2. Doymuş Monogliseridlerle Üretilen Oleojeller .....	20
2.3. Emülsiyon-oleojellleri .....	24
2.4. Oleojellerin Gıdalardaki Kullanımları.....	26
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM.....	31

3.1. Materyaller .....	31
3.2. Yöntemler .....	32
3.2.1. Farklı likit yağ stokları ve oleojelatörler kullanılarak yemeklik oleojellerin hazırlanması ve özelliklerinin belirlenmesi .....	32
3.2.2. Biyo-aktif bileşenler ve aroma maddeleri içeren katkılı oleojel ürünlerinin geliştirilmesi.....	34
3.2.3. Emülsiyon Oleojellerinin Hazırlanması ve Karakterizasyonu .....	36
3.2.4. Optimum özelliklerdeki oleojellerin, kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak ve fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması .....	38
3.2.4.1. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak aromatize balık yağı oleojellerinin hazırlanması.....	38
3.2.4.2. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak rafine fındık ve natürel zeytinyağı oleojellerinin hazırlanması.....	38
3.2.4.3. Rafine fındık yağı oleojellerinin fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması.....	39
3.3. Metotlar .....	40
3.3.1. Fiziksel Analizler .....	41
3.3.1.1. Minimum Jel Oluşturma Konsantrasyonu (%MJK) .....	41
3.3.1.2. Kristalizasyon Zamanı (KOZ) Ölçümü .....	41
3.3.1.3. Yağ Bağlama Kapasitesi (%YBK) Ölçümü .....	42
3.3.1.4. Santrifüj Stabilite Testi .....	42
3.3.1.5. Nem Miktarı .....	42
3.3.1.6. Su aktivitesi (aw) .....	42
3.3.1.7. En, boy, kalınlık ölçümü .....	43
3.3.1.8. Ağırlık ölçümü.....	43
3.3.1.9. pH tayini.....	43
3.3.1.10. Renk Ölçümü.....	43
3.3.2. Kimyasal analizler .....	43
3.3.2.1. İyot sayısı .....	43
3.3.2.2. Serbest yağ asitliği.....	44
3.3.2.3. Yağ tayini ve yağ ekstraksiyonu.....	44
3.3.2.4. Toplam Polar Antioksidan Aktivite Ölçümü .....	45
3.3.2.5. Oksidasyon Derecesinin Belirlenmesi .....	46

3.3.3. Enstrümental Analizler .....	46
3.3.3.1. NMR ile katı yağ içeriği (% SFC) ölçümü .....	46
3.3.3.2. FT-IR Spektroskopisi.....	47
3.3.3.3. GC-MS ile Aroma Profillerinin Belirlenmesi .....	49
3.3.3.4. Kalori Ölçümü .....	50
3.3.4. Yapısal Analizler .....	50
3.3.4.1. X-Işımları Kırınım Deseni Analizi (XRD) .....	50
3.3.4.2. Polarize Işık Mikroskopisi (PLM) Görüntüsü.....	50
3.3.4.3. Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi.....	50
3.3.5. Termal Analizler .....	52
3.3.5.1. DSC ile Termal Özelliklerin Belirlenmesi ve Oksidatif İndüksiyon Zamanı Ölçümü.....	52
3.3.6. Duyusal Analizler .....	54
3.3.6.1. Duyusal Tanımlama Testi (QDA) .....	54
3.3.6.2. Oleojellerde tüketici beğeni testi (5- noktalı hedonik test) .....	58
3.3.6.3. Kurabiyelerde Tüketici Beğeni Testi (5-noktalı Hedonik test).....	60
3.3.6.4. Lezzet/Tekstür Profil Analizi (LPA). .....	61
3.3.7. İstatistiksel Analizler .....	64
<b>BÖLÜM 4 - ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>66</b>
4.1. Kontrol Grubu .....	66
4.2. Farklı likit yağ stokları ve oleojelatörler kullanılarak yemeklik oleojellerin hazırlanması ve özelliklerinin belirlenmesi.....	74
4.2.1. Balık yağı oleojelleri.....	74
4.2.2. Fındık yağı oleojelleri .....	96
4.2.3 Nar çekirdek yağı oleojelleri .....	116
4.2.4. Natürel zeytinyağı oleojelleri .....	136
4.3. Biyo-aktif bileşenler ve aroma maddeleri içeren katkılı oleojel ürünlerinin geliştirilmesi .....	160
4.4. Emülsiyon Oleojelleri.....	206
4.5. Optimum özelliklerdeki oleojellerin, kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak ve fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması.....	218
4.5.1. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak aromatize balık yağı oleojellerinin hazırlanması.....	218

4.5.2. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak rafine fındık yağı ve natürel zeytinyağı oleojellerinin hazırlanması.....	228
4.5.3. Rafine fındık yağı oleojellerinin fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması.....	244
BOLUM 5 - SONUÇ VE ÖNERİLER.....	253
KAYNAKLAR .....	261
ÖZGEÇMİŞ .....	xxii

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. 1. Kolloidal kristal ağ oluşumunda yapısal hiyerarşi (Tang ve Marangoni, 2006).....	3
Şekil 1. 2. Organojel oluşumunun şematik olarak gösterimi. ....	6
Şekil 3. 1. Çalışma kapsamında geliştirilen balık yağı oleojelleri. ....	33
Şekil 3. 2. Çalışma kapsamında geliştirilen fındık yağı oleojelleri.....	33
Şekil 3. 3. Çalışma kapsamında geliştirilen nar çekirdek yağı oleojelleri.....	34
Şekil 3. 4. Çalışma kapsamında geliştirilen nar çekirdek yağı oleojelleri.....	34
Şekil 3. 5. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize fındık ve natürel zeytinyağı oleojelleri. ....	35
Şekil 3. 6. Çalışma kapsamında geliştirilen zeytinyağı ve balmumu temelli emülsiyon oleojelleri. ....	37
Şekil 3. 7. Organojel emülsiyonlarına ait üretim akış şeması. ....	37
Şekil 3. 8. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak natürel zeytinyağı oleojelleri. ....	39
Şekil 3. 9. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak rafine fındık yağı oleojelleri. ....	39
Şekil 3. 10. Çalışmada üretilen kurabiye örnekleri. ....	40
Şekil 3. 11. Toplam antioksidan aktivite tayini için oluşturulan Trolox standart eğrisi. ....	45
Şekil 3. 12. Oleojel üretiminde kullanılan yağlara ait FT-IR spektrumları, (a) Balık yağı (b) Fındık yağı (c) Nar Çekirdek yağı (d) Natürel Zeytinyağı.....	47
Şekil 3. 13. Oleojel üretiminde kullanılan jel ajanlarına ait FT-IR spektrumları, a) Balmumu (b) Carnauba mumu (c) Monogliserid (d) Ayçiçek mumu.....	48
Şekil 3. 14. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin tekstürel özelliklerine ait örnek ölçüm grafiği. ....	51
Şekil 3. 15. Çalışmada üretilen kurabiye örneklerinin tekstürel özelliklerine ilişkin örnek ölçüm grafiği. ....	52
Şekil 3. 16. Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait örnek differansiyel taramalı kalorimetre termogramı. (CV: Carnauba vaksı, ZY:Zeytinyağı, MG:Monogliserid, ZC7 ve ZM7: Oloejel örnekleri). ....	53

Şekil 3. 17. Çalışmada üretilen balık yağı oleojellerine ait oksidatif indüksiyon zamanı örnek termogramı (a) Balık yağı (b) Balık yağı-Balmumu oleojeli (c) Limon aromalı balık yağı –Balmumu oleojeli. ....	54
Şekil 3. 18. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellere ait duyuşal tanımlayıcı analiz skalası. ....	57
Şekil 3. 19. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin tüketici beğeni testine ilişkin değerlendirme formu. ....	58
Şekil 3. 20. Çalışma kapsamında geliştirilen oleojellere uygulanan anket formu. ....	59
Şekil 3. 21. Çalışma kapsamında üretilen kurabiye örneklerinin tüketici beğeni testi skalası. ....	60
Şekil 3. 22. Çalışmada üretilen kurabiye örneklerinin lezzet/profil analizi değerlendirme skalası. ....	64
Şekil 4. 1. Balık yağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri. (a) BB3 (b) BB7 (c) BB10 (d) BC7 (e) BC10 (f) BM3 (g) BM7 (h) BM10 (i) BS3 (j) BS7 (k) BS10. ....	81
Şekil 4. 2. Çalışma kapsamında üretilen balık yağı oleojellerinin FT-IR spektrumları. ....	84
Şekil 4. 3. Fındık yağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri. (a) FB7 (b) FB10 (c) FC7 (d) FC10 (e) FM3 (f) FM7 (g) FM10 (h) FS3 (i) FS7 (j) FS10. ....	102
Şekil 4. 4. Çalışmada üretilen rafine fındık yağı oleojellerinin FT-IR spektrumları. ....	105
Şekil 4. 5. Nar Çekirdek yağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri. (a) NB3 (b) NB7 (c) NB10 (d) NC7 (e) NC10 (f) NM3 (g) NM7 (h) NM10 (i) NS3 (j) NS7 (k) NS10. ....	122
Şekil 4. 6. Çalışmada üretilen nar çekirdek yağı oleojellerine ait FT-IR spektrumları. ....	125
Şekil 4. 7. Natürel zeytinyağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri. (a) ZB3 (b) ZB7 (c) ZB10 (d) ZC7 (e) ZC10 (f) ZM3 (g) ZM7 (h) ZM10 (i) ZS3 (j) ZS7 (k) ZS10. ....	142
Şekil 4. 8. Natürel zeytinyağı oleojellerine ait FT-IR spektrumları. ....	145
Şekil 4. 9. Çalışma kapsamında üretilen biyo aktif bileşen içeren aromatize oleojeller ile kahvaltılık margarin örneğinin FT-IR spektrumları. ....	165
Şekil 4. 10. Emülsiyon organojellerinin polarize ışık mikroskobu görüntüleri, (a) EM1 (b) EM2 (c) EM3 (d) EM4 (Taze örnekler) ....	208

Şekil 4. 11. Emülsiyon organojellerinin polarize ışık mikroskobu görüntüleri, (a) EM1 (b) EM2 (c) EM3 (d) EM4 (Oda sıcaklığında 90 gün depolama sonrası) .....	208
Şekil 4. 12. Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları; (a)EM1, (b) EM2,(c) EM3 ve (d) EM4.....	210
Şekil 4. 13. Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerine ve kahvaltılık margarin örneğine ait FT-IR spektrumları.....	217
Şekil 4. 14. Aromatize balık yağı oleojellerinin tüketici beğeni testi sonuçları, (a) KNT; sade balık yağı oleojeli, (b)BBL, Limon aromalı balık yağı oleojeli, (c)BBC, Çilek aromalı balık yağı oleojeli. ....	227
Şekil 4. 15. Tereyağ ikamesi olarak geliştirilen tereyağ aromalı fındık yağı oleojellerinin tüketici beğeni testi sonuçları; FB: Tereyağ aromalı balmumu-fındık yağı oleojeli, FS: Tereyağ aromalı balmumu-fındık yağı oleojeli, TY: Ticari tereyağ örneği. ....	240
Şekil 4. 16. Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen zeytinyağı oleojellerinin tüketici beğeni testi sonuçları; ZB: Natürel zeytinyağı-balmumu oleojeli, ZS:Natürel zeytinyağı ayçiçeği mumu oleojeli, KM:Ticari kahvaltılık margarin örneği.....	242
Şekil 4. 17. Tereyağ aromalı fındık yağı ve zeytinyağı oleojellerinin tüketici anketi sonuçları; FB:Tereyağ aromalı fındık yağı-balmumu oleojeli, ZB:Natürel zeytinyağı-balmumu oleojeli.....	243
Şekil 4. 18. Oleojel kullanılarak üretilen kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçları; FB: Fındık yağı-(%5)balmumu oleojeli ile üretilen kurabiye örnekleri, FS: Fındık yağı-(%5)balmumu oleojeli ile üretilen kurabiye örnekleri, KT: Ticari fırıncılık şorteningi ile üretilen kurabiye örnekleri.....	250



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 1. 1. Lipit oleojellerinin oluşturulmasında kullanılan organojelatörler ve oluşturdukları yapı blokları (Marangoni ve Garti, 2011).....	6
Çizelge 3. 1. Oleojel üretiminde kullanılan jel ajanlarının üretici firmalar tarafından sağlanan spesifikasyonları. ....	32
Çizelge 3. 2. Çalışmada kullanılan yemeklik yağlar ve oleojelatörlere ilişkin termal özellikler. ....	32
Çizelge 3. 3. Çalışmada oluşturulan oleojellerin formülasyonları ve örnek kodları. ....	33
Çizelge 3. 4. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellere ait formülasyonlar ve örnek kodları. ....	35
Çizelge 3. 5. Çalışma kapsamında hazırlanan emülsiyon oleojellerinin formülasyonları. ....	36
Çizelge 3. 6. Çalışmada üretilen kurabiyelere ait formülasyonlar. ....	40
Çizelge 3. 7. Panelin belirlediği ve QDA testinde kullanılan duyuusal tanımlayıcı terimler ve referansları. ....	55
Çizelge 4. 1. Kontrol grubu olarak kullanılan ticari kahvaltılık margarin, mutfak margarinini ve şortening örneklerinin.....	67
Çizelge 4. 2. Kontrol grubu olarak kullanılan ticari kahvaltılık margarin, mutfak margarinini ve şortening örneklerinin X- ışınları kırınım deseni sonuçları (Ort. $\pm$ Sd). ....	68
Çizelge 4. 3. 4 °C’de depolanan kontrol grubu örneklerinin renk, peroksit ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd).....	70
Çizelge 4. 4. 20 °C’de depolanan kontrol grubu örneklerinin renk, peroksit ve tekstürel özellikleri(Ort. $\pm$ Sd).....	72
Çizelge 4. 5. Balık yağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	75
Çizelge 4. 6. Balık yağı oleojellerine ait termal parametreler (Ort. $\pm$ Sd). ....	78
Çizelge 4. 7. Balık yağı oleojellerine ait X-ışınları kırınım deseni sonuçları.....	83
Çizelge 4. 8. 4 °C’ de depolanan balık yağı oleojellerinin depolama süreci boyunca belirlenen bazı fizikokimyasal ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd).....	86
Çizelge 4. 9. 20 °C’ de depolanan balık yağı oleojellerinin depolama süresi boyunca belirlenen bazı fiziko-kimyasal ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd).....	91

Çizelge 4. 10. Rafine fındık yağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (Ort. $\pm$ Sd).....	96
Çizelge 4. 11. Rafine fındık yağı oleojellerine ait termal özellikler (Ort. $\pm$ Sd). ....	99
Çizelge 4. 12. Fındık yağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları. ....	104
Çizelge 4. 13. 4 °C' de 90 gün boyunca depolanan fındık yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	107
Çizelge 4. 14. 20 °C' de 90 gün boyunca depolanan fındık yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	112
Çizelge 4. 15. Nar çekirdek yağı oleojellerine ait bazı fiziko-kimyasal özellikler (Ort. $\pm$ Sd).....	116
Çizelge 4. 16. Nar çekirdek yağı oleojellerine ait termal özellikler (Ort. $\pm$ Sd). ....	119
Çizelge 4. 17. Nar çekirdek yağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları.....	123
Çizelge 4. 18. 4°C' de 90 gün boyunca depolanan nar çekirdek yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	127
Çizelge 4. 19. 20°C' de 90 gün boyunca depolanan nar çekirdek yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	132
Çizelge 4. 20. Natürel zeytinyağı oleojellerine ait bazı fiziko-kimyasal özellikler (Ort. $\pm$ Sd).....	136
Çizelge 4. 21. Natürel zeytinyağı oleojellerine ait termal özellikler (Ort. $\pm$ Sd). ....	139
Çizelge 4. 22. Natürel zeytinyağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları.....	144
Çizelge 4. 23. 4°C' de 90 gün boyunca depolanan natürel zeytinyağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	147
Çizelge 4. 24. 20°C' de 90 gün boyunca depolanan natürel zeytinyağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	152
Çizelge 4. 25. Farklı yağlarda sabit konsantrasyonda (%10) farklı oleojelatörler ile oluşturulan oleojellerin bazı fiziko-kimyasal, tekstürel ve termal özellikleri (Ort. $\pm$ Sd). ....	158
Çizelge 4. 26. Biyo aktif bileşen içeren aromatize oleojeller ile kahvaltılık margarin grubu örneklere ilişkin fizikokimyasal ve yapısal özellikler (Ort. $\pm$ Sd). ....	162
Çizelge 4. 27. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojeller ile kahvaltılık margarin örneklerine ait termal özellikler (Ort. $\pm$ Sd). ....	167

Çizelge 4. 28. 4°C' de 90 gün boyunca depolanan biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellerin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd).....	170
Çizelge 4. 29. 20°C' de 90 gün boyunca depolanan biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellerin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd).....	177
Çizelge 4. 30. Biyo-aktif bileşen içeren fındık yağı-balmumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları (µg/kg) (Ort.±Sd). ....	185
Çizelge 4. 31. Biyo-aktif bileşen içeren fındık yağı-ayçiçek mumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları (µg/kg) (Ort.±Sd). ....	188
Çizelge 4. 32. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellerde tespit edilen bazı uçucu bileşenlerin eşik değeri ve duyuşal tanımları. ....	192
Çizelge 4. 33. Biyo-aktif bileşen içeren natürel zeytinyağı-balmumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları (µg/kg) (Ort.±Sd). ....	193
Çizelge 4. 34. Biyo-aktif bileşen içeren natürel zeytinyağı-ayçiçek mumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları (µg/kg) (Ort.±Sd). ....	196
Çizelge 4. 35. Biyo- aktif bileşen içeren aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin görünüş, tekstür ve ağız hissi özelliklerine .....	200
Çizelge 4. 36. Biyo- aktif bileşen içeren aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin tat ve koku özelliklerine ilişkin tanımlayıcı duyuşal analiz sonuçları (Ort±SE; Me).....	202
Çizelge 4. 37. Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerine ait termal ve fiziko-kimyasal özellikler (Ort±Sd). ....	206
Çizelge 4. 38. Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerin X-ışınları kırınım deseni sonuçları. ....	210
Çizelge 4. 39. Emülsiyon oleojellerinin ve kahvaltılık margarin örneğinin 4 °C'de depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değerleri ve tekstürel özellikleri (Ort.±Sd). ....	212

Çizelge 4. 40. Emülsiyon oleojellerinin ve kahvaltılık margarin örneğinin 20 °C’de depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değeri ve tekstürel özellikleri (Ort.±Sd).....	214
Çizelge 4. 41. Çalışma kapsamında geliştirilen balık yağı ve aromatize balık yağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal ve termal özellikleri (Ort±Sd).....	220
Çizelge 4. 42. Çalışma kapsamında geliştirilen aromatize balık yağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları. ....	220
Çizelge 4. 43. Aromatize balık yağı oleojellerinin 4 °C’de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk, peroksit ve oksidatif indüksiyon zamanı değerleri (Ort±Sd).....	224
Çizelge 4. 44. Aromatize balık yağı oleojellerinin 4 °C’de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen tekstürel özellikleri (Ort±Sd). ....	224
Çizelge 4. 45. Fındık yağı ve zeytinyağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (Ort.±Sd). ....	229
Çizelge 4. 46. Sürülebilir yağ olarak geliştirilen fındık ve zeytinyağı oleojellerinin termal özellikleri (Ort±Sd). ....	232
Çizelge 4. 47. Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen fındık yağı ve zeytinyağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları. ....	233
Çizelge 4. 48. Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen fındık ve zeytinyağı oleojellerinin tekstürel özellikleri (Ort.±Sd). ....	234
Çizelge 4. 49. Tereyağ ikamesi olarak geliştirilen tereyağ aromalı fındık yağı oleojellerinin duyuşal tanımlayıcı analiz sonuçları (Ort.±SE; Me). ....	237
Çizelge 4. 50. Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen zeytinyağı oleojellerinin duyuşal tanımlayıcı analiz sonuçları (Ort.±SE; Me). ....	238
Çizelge 4. 51. Oleojel kullanılarak üretilen kurabiye örneklerinin bazı fizyokimyasal özellikleri (Ort.±Sd). ....	245
Çizelge 4. 52. Oleojel kullanılarak üretilen kurabiyelerin 30 günlük depolama süreci boyunca belirlenen tekstürel özellikleri ve nem değerleri (Ort±Sd). ....	247
Çizelge 4. 53. Oleojel kullanılarak üretilen kurabiye örneklerinin lezzet/doku profil testi sonuçları (Ort±SE; Me). ....	249

## BÖLÜM 1

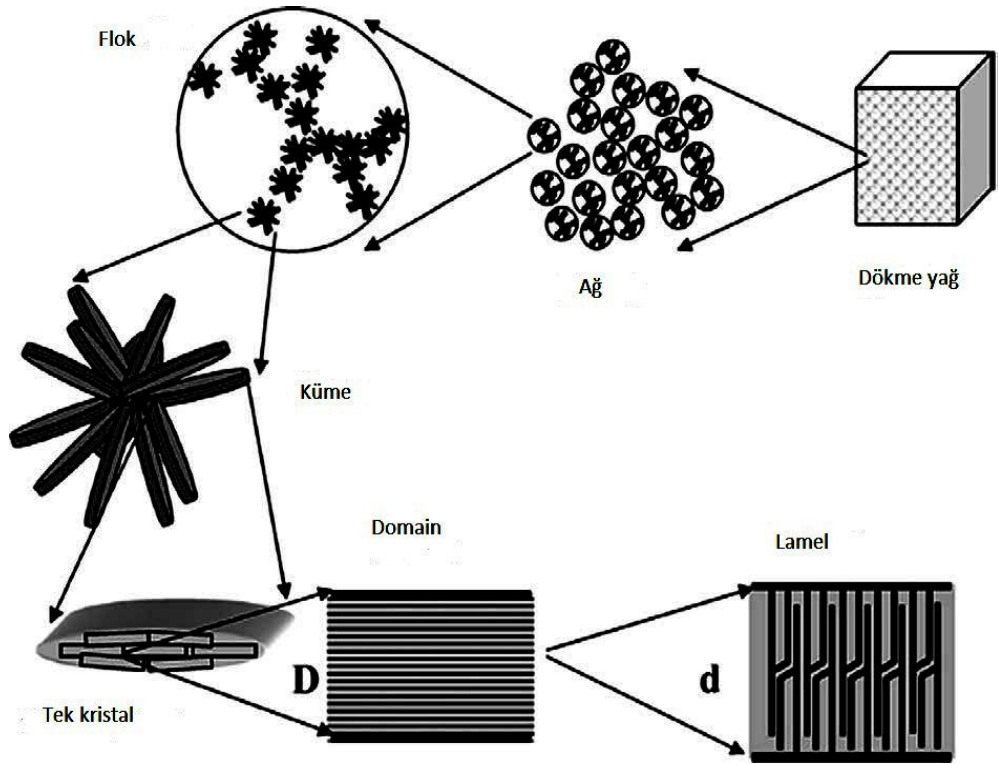
### GİRİŞ

Yemelik yağlar oda sıcaklığındaki yapısal özelliklerine göre likit, yarı-katı ve katı (sert) olarak sınıflandırılmaktadırlar. Yağların bu fiziksel durumları, onların temel özelliklerini belirlediği gibi, kullanım alanlarını da belirlemektedir. Örneğin oda sıcaklığında tamamen likit yağlar salata yağı olarak, kolay sürülebilir formdaki katı yağlar kahvaltılık sürülebilir margarin olarak ve yağ içeriği yüksek daha sert yapıdaki yağlar (margarinler ve şorteningler) fırıncılık ürünlerinin (kurabiyeler, kekler, pastalar vb.) vazgeçilmez bileşenleri olarak göze çarpmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde yağların, nişasta ile birlikte bayatlamayı geciktirici, gaz tutucu, kabartma ajanı, tekstürel özellikleri iyileştirici ve aroma kazandırma gibi elzem görevlerde rol aldıkları bilinmektedir. Günümüzde giderek artan hızlı yaşam koşulları insanları dengeli beslenmeden uzaklaştırmakta ve hazır yiyeceklere yönelmektedir. Artan stres ile birlikte dengesiz beslenmenin bir sonucu olarak insanlarda obezite, kalp damar rahatsızlıkları, sindirim sistemi rahatsızlıkları gibi hastalıklar meydana gelmektedir. Bu rahatsızlıkların baş sorumlusu olarak daha çok diyetle tüketilen katı yağlar görülmektedir. Bunun bir sonucu olarak insanlar yağsız diyetlere başvurmakta ve kontrolsüz diyetler neticesinde sağlık açısından daha büyük problemler meydana gelmektedir. Oysaki katı ve sıvı yağlar insan beslenmesinde temel bileşen olarak yer almaktadır. Yağlar, enerji kaynağı olmaları, esansiyel yağ asitlerini içermeleri, yağda çözünen vitaminlerin taşıyıcısı olmaları, lezzet vermeleri gibi önemli özelliklerinin yanı sıra elde edilen gıda ürünlerinin bir bileşeni olarak ürüne arzu edilen yapısal özelliklerin kazandırılmasında da önemli rol oynamaktadır. Ayrıca yağlar içerdikleri esansiyel yağ asitleri sayesinde insan metabolizmasında önemli görevleri bulunan prostoglandinler ve lökotrienler gibi lokal hormonlarının sentezinde, zeka ve üreme organlarının gelişiminde rol almak gibi önemli görevleri üstlenmektedirler. Tüm bu olumlu yönleri göz önünde bulundurulduğunda yağsız bir diyetin düşünülmemeyeceği ve diyetle sağlıklı yağlara yer verilmesinin zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

#### **1.1. Triaçilgliserol (TAG) Kolloidal Kristal Ağ Yapısı**

Bir yağın oda sıcaklığındaki fiziksel durumunu birincil derecede yağ asidi bileşimi belirlemektedir. Genellikle daha doymuş ve uzun hidrokarbon zincirine sahip yağ asitlerinden oluşmuş yağlar, doymamış eşdeğerlerine ve kısa zincir uzunluğuna sahip yağ

asitlerinden oluşmuş yağlara göre fiziksel olarak daha katı olmaktadır. Ayrıca doymamış yağ asitlerinde *trans* izomerler, *cis* eşdeğerlerine göre 20-30 °C daha yüksek ergime noktasına ya da daha fazla katılığa sahiptirler. Yağ asitlerinin trigliserit molekülündeki konfigürasyonu da ergime noktası üzerine etkilidir. Genel olarak katı yağların, sıvı yağlara göre oksidatif stabilitelerinin yüksek olması ve bazı fonksiyonel özelliklere sahip olmaları gibi üstünlükleri bulunmaktadır (Nas, 2001). Katı yağların sürülebilirlik, plastiklik, elastikiyet gibi fonksiyonel özellikleri gıda uygulamalarında önemli rol oynamakta ve son ürünün lezzet ve raf ömrü üzerinde belirleyici olmaktadır (Dassanayake ve ark., 2011). Lipit temelli birçok gıda ürününün yapısı yüksek ergime noktasına sahip triaçilgliserolden (TAG) oluşan kristal ağ yapısından kaynaklanmaktadır. Yüksek ergime noktasına sahip doymuş ve *trans* TAG'lerin soğutulması ile çözünürlükleri sınırlandırılmakta ve kovalent olmayan güçlerle birlikte etkileşime girerek kristal yapıları büyümekte, böylece kristal sürekli ağ formu oluşmaktadır. Kristalizasyon ile TAG'ler yağ kristalleri oluşturmak üzere ve daha sonra bu yağ kristalleri koloidal jel formuna benzer biçimde etkileşimde bulunarak kümelenmektedir. Bu kümeler flok içinde toplanmakta son makroskobik ağ ile bu flok formları arasında zayıf bir bağ meydana gelmektedir. Koloidal yağ kristal ağı oluşumu Şekil 1.1' de gösterilmiştir (Pernetti ve ark., 2007a; Rogers ve ark., 2009).



Şekil 1. 1. Kolloidal kristal ağ oluşumunda yapısal hiyerarşi (Tang ve Marangoni, 2006)

TAG yapısının en büyük avantajı moleküllerin/moleküler konfigürasyonların çeşitliliği ve istenilen fiziksel özelliklerin kazandırılması için moleküllerin kimyasal özellikleri ile işleme koşullarının modifikasyonunun sağlanabilir olmasıdır (Rogers, 2009). Geleneksel yöntemlerle TAG kristal ağ yapısını oluşturmak için, hidrojenasyon, interesterifikasyon, fraksiyonel-kristalizasyon ve karışım hazırlama teknolojileri kullanılmaktadır.

## 1.2. Katı (Sert) Yağ Üretim Teknolojileri

Sıvı halde bulunan veya içerisinde düşük ergime noktasına sahip moleküller bulunduran bir yağdan ergime noktası yüksek, kısmen veya tamamen katı özellikte yağ eldesinde hali hazırda kullanılan hidrojenasyon, interesterifikasyon ve fraksiyonlama gibi tekniklerden yararlanılmaktadır (Marangoni ve Garti, 2011). Katı yağ üretiminde bilinen eski teknolojilerden olan hidrojenasyon, doymamış yağ asitleri karbonları arasındaki çift bağlara hidrojen ilavesi olup, 1902 yılında Wilhelm Normann patenti ile başlamıştır. Ancak bu işlemde sadece yağ asitlerinin doymuş eşdeğerleri üretilmemekte, bunun yanı sıra *cis* izomerlerden *trans* izomerlere yoğun miktarda dönüşüm de sağlanmaktadır (Pernetti ve ark., 2007a). İnteresterifikasyon işlemi bir katalizör yardımı ile yağ asitlerinin ester bağlarından rastgele koparılması, oluşan yağ asitlerinin diğer yağ asitleriyle birlikte bir reaktant havuzu oluşturması ve bu yağ asitlerinin yine olasılık yasalarına bağlı olarak tesadüfi bir şekilde gliserol moleküllerinin karbon atomlarına ester bağları ile bağlanması kademelerini içermektedir (Fauzi ve ark., 2013). Fraksiyonlama ise, kristal yapıda ürünler elde etmek için katı yağ içeriği (doymuş yağ asidi oranı) yüksek olan yağ stoklarını uygun ortamlarda soğutarak kristal ağ yapısını ayırma olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu teknikler ile yağlara plastiklik, elastikiyet ve sürülebilirlik gibi fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır. Bu yapısal özellikler ürüne tüketici tarafından arzu edilen ve beğenilen yapının kazandırılması açısından önemlidir. Ancak bu teknikler ile üretilen yağlar doymuş yağ asidi içeriği yüksek ve belirli miktarda *trans* yağ asidi içermektedir. (Pernetti ve ark., 2007a; Pernetti ve ark., 2007b; Schaink ve ark., 2007; Toro-Vazquez ve ark., 2007; Hughes ve ark., 2009; Rogers ve ark., 2009). Doymuş ve *trans* yağ asitlerinin diyetle fazla miktarda alınması obezite, mutasyonlar, metabolik sendromlar, sindirim sistemi ve kalp-damar rahatsızlıkları gibi birtakım sağlık problemlerine yol açtığı bildirilmiştir. Doymuş ve *trans* yağ asitlerinden kaynaklanan bu olumsuzlukların giderilmesi amacıyla diyetle çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşan yağların tüketilmesi önerilmektedir. Bu amaçla yağların yapılandırılmasında geleneksel TAG yapısına alternatif olarak görülen ve yeni bir teknik olan organojelasyon geliştirilmektedir (Dassanayake ve ark., 2011).

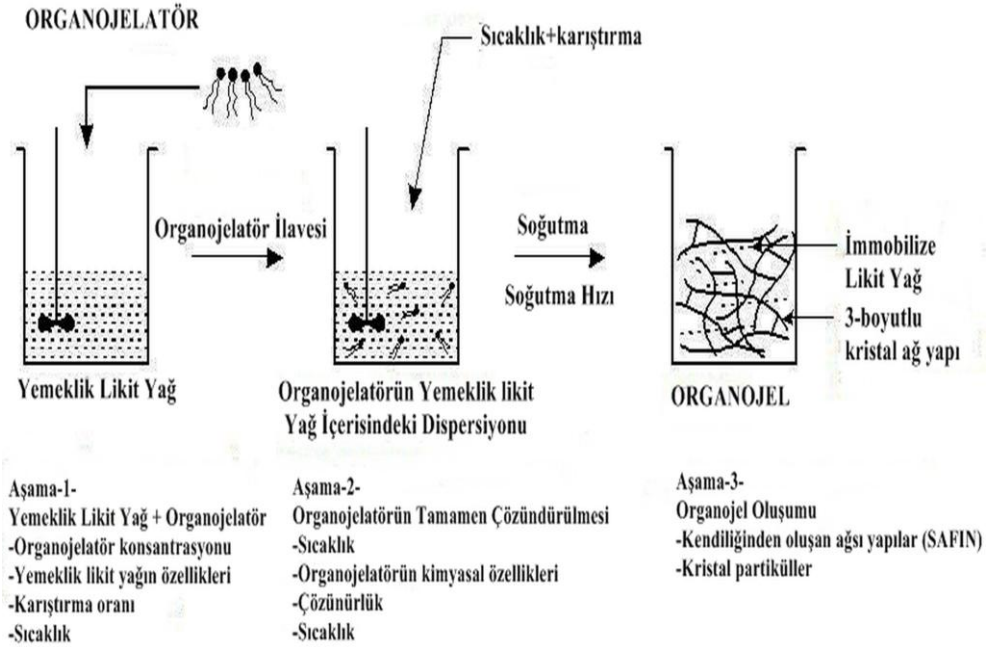
### 1.3. Organojel Üretim Teknolojisi

Jel oluşumun açıklanması ile ilgili literatürde birden fazla tanımlama bulunmaktadır. İlk olarak Thomas Graham (1861) jel yapıyı koloidal bir sistem olarak tanımlamıştır. Dorothy Jordan Lloyd (1926) “jeli tanımlamaktansa, tanımak daha kolaydır” diye bir açıklama getirmiştir. Bungenberg de Jong (1949) sürekli bir fazı (sıvı) tutmak için bir araya getirilmiş koloidal parçacıklardan oluşan katı benzeri bir sistem olarak tanımlamıştır. Hermans (1949), jelatin ve selüloz gibi kuru maddelerin sıvı fazı absorbe ederek şiştikleri bir sistem olarak açıklamıştır. Ayrıca jelin mekanik özelliklerinin katı hale benzer olduğunu, en az iki bileşenden oluşan ve sürekli genişleyen bir koloidal yapı olduğunu bildirmiştir. Daha kompleks bir tanım, Flory (1974) tarafından moleküler dağılımın ve düzenlenmenin yanı sıra molekül içi etkileşimler ile açıklamıştır. Yakın zamanda yapılan bir tanımda jel sistemi, uygun bir çözücü ve jel ajanı maddenin kombinasyonu ile oluşan yüzey gerilimi nedeniyle sıvının hareketsiz olarak, likit yapıda olmasına rağmen katı benzeri özellik gösteren bir sistem olarak adlandırılmıştır (Vintiloiu ve Jean-Christophe, 2007).

Organojeller, termo-geri dönüşümlü üç boyutlu jel ağı içerisinde hapsolmuş organik sıvı olarak adlandırılmaktadır (Hughes ve ark., 2009; Rocha ve ark., 2013) Organojel ajanının kimyasal özelliklerine bağlı olarak, jeller organik çözücü veya likit yağlardan oluşabilmektedir. Literatür verilerine göre organojel üretiminde kullanılan organik sıvının yenilebilir nitelikte bir likit yağ olması durumunda elde edilen yapının “Oleojel” olarak tanımlandığı bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2011). Bu durumda oleojel sıvı yağların likit fazlarından oluşan bir jel olarak tanımlanmaktadır (Dassanayake ve ark., 2011). Organik çözücüler % 0.5–2.0 gibi çok düşük organojelator konsantrasyonunda bile jel oluşturabilmektedirler. Organojelatörler geniş hacimlerdeki sıvıları çeşitli şekillerde (çubuk, tüp, lif ve trombosit) kendi içerisinde toplayarak hareketsiz hale getirebilmektedir. Hem sulu hemde organik çözücülerin jelleşme prosesi esas olarak küçük molekül agregatları veya lifleri arasında meydana gelen etkileşimlere dayanmaktadır (Shapiro, 2011; Marangoni, 2012). Bu ana etkileşimin dışında ikincil etkileşimler olarak H-bağı,  $\pi$ - $\pi$  etkileşimi, uzun alkil zincirlerinin ve elektrostatik güçler arasındaki van der Waals kuvvetleri görülmekte ve bu etkileşimler sonucu oluşan yapının boyutlarının nanometre veya mikrometre arasında olduğu bildirilmiştir (Hughes ve ark., 2009; Kim ve ark., 2010). Organojel oluşumunun şematik olarak gösterimi Şekil 1.2’de verilmiştir. Organojellerin, diğer katı yağlara göre doymuş yağ asidi içeriği düşük, molekül



ağırlığı düşük, *trans* içermeyen, bileşimi likit yağ ile tamamen aynı, jel yapıda ve şeffaf/opak görünüşte olmaları gibi avantajları bulunmaktadır (Schaink ve ark., 2007; Hughes ve ark., 2009; Rogers 2009; Da Pieve ve ark., 2010).



Şekil 1. 2. Organojel oluşumunun şematik olarak gösterimi (Anonim, 2014a'dan adapte edilmiştir.)

Düşük molekül ağırlıklı yapısal ajanların geleneksel TAG kristal yapısına alternatif olarak kullanılması son yıllarda önem kazanmıştır. Yemeklik yağların yapılandırılmasında, 3-boyutlu kristal ağ yapının oluşumu için beş farklı yapı blok sistemi Çizelge 1.1 'de verilmiştir (Marangoni ve Garti, 2011).

Çizelge 1. 1. Lipit oleojellerinin oluşturulmasında kullanılan organojelatörler ve oluşturdukları yapı blokları (Marangoni ve Garti, 2011)

Yapı Bloğu	Organojelatör	Ağ Yapı
Kristal Partiküller	Yağ Asitleri, Mum esterleri, Seramidler	Kolloidal kristal TAG'ler yağ içerisine hapsedilmektedir.
Kendiliğinden Oluşan Ağı Yapılar (SAFIN)	Fitosteroller ve Orizanol, Risinoleik asit, 12-hidroksisteirik asit	Tek boyutlu kristal fiberler birbirleriyle etkileşime girerek 3- boyutlu ağ yapısı oluştururlar.
Polimerler	Etilselüloz	Çapraz bağlı ağlar, H-bağları ve hidrofobik etkileşimler ile stabilize edilmektedir.
Parçacık Doldurulmuş Ağ	Katı veya sıvı yağ içermeyen parçacıklar	Yüksek konsantrasyonlu parçacıklar bir ağ oluşturmak için paketlenmektedir.
Likit Kristal Mezofazlar	Monoaçilgliserol	Moleküllerin yönlendirilmesiyle mezofazlar oluşmaktadır.

#### **1.4. Sıvı Yağlarının Yapılandırılmasında Kullanılan Organojelatörler**

Yemeklik yağların yapılandırılmasında lipit temelli organojelatörler jel davranışlarına göre ikiye ayrılmaktadır. Buna göre kendiliğinden ağı yapı oluşturan (SAFIN) organojelatörler olarak orizanol+fitosteroller, seramidler, sorbitan monostearat ve monogliseridler olarak rapor edilmiştir. Kristal partikül oluşturan organojelatörler ise, yağ asitleri, yağ alkolleri, mum (vaks) esterleri, dikarboksilik asitler, yüksek ergime noktasına sahip triaçilgliseroller, sorbitan tristearat+lesitin ve mumlar olarak bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2011).

##### **1.4.1. $\gamma$ -Orizanol ve fitosteroller**

$\gamma$ -Orizanol ve fitosterollerin %2–4 oranındaki konsantrasyonlarda bitkisel yağlarda organojel oluşturabilme yeteneğine sahip oldukları belirlenmiştir.  $\gamma$ -Orizanol ve fitosterollerden oluşan karma yapının 7.2 nm çapında içi boş tüp biçiminde olduğu bildirilmiştir.  $\gamma$ -Orizanol ve  $\beta$ -sitosterolden oluşan karışımın yarı saydam, sert, termodönüşümlü jel oluşturdukları belirtilmiştir. Orizanol ve sitosterol jellerinin sertlik ve yarı saydamlık özelliklerinin orizanol ve sitosterol oranına bağlı olduğu ve karışımda orizanol oranı yükseldikçe bulanıklık düzeyinin düştüğü bildirilmiştir. Orizanole alternatif bileşenin henüz geliştirilemediği ancak benzer bileşenlerin kullanılabileceği rapor edilmiştir. Dihidrokoolesterol, kolesterol,  $\beta$ -sitosterol ve stigmasterol gibi çeşitli sterollerin sürekli ağ oluşturma yeteneğine sahip oldukları saptanmıştır. Jelleşme üzerine hidroksil grubunun yerinin kritik rol oynadığı bildirilmiştir. Hidroksil grubunun çözünürlüğü sınırlandırdığı ve böylece soğutma ile jel moleküllerinde faz ayrımı gerçekleştiği belirtilmiştir. Yine zincirde konjuge olmayan yapının bulunmasının jelleşmeyi hızlandırdığı, ancak birden fazla çift bağ olması durumunda jelleşmenin gerçekleşmediği saptanmıştır. Ayrıca sistem soğutulduğunda sürekli ağ formu içerisinde moleküllerin kümelenmesi ve bundan dolayı mekaniksel olarak sistemin karıştırılması gerektiği vurgulanmıştır. Tüm bunların yanı sıra bitkisel fitosterollerin kan kolesterol düzeyini düşürme yeteneğine sahip oldukları belirtilmiştir (Bot ve Agterof, 2006; Bot ve ark., 2008; Bot ve ark., 2009a; Duffy ve ark., 2009; Sawalha ve ark., 2011). Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda,  $\gamma$ -orizanol ve  $\beta$ -sitosterol oleojelinin diğer jellerin aksine sadece ısıtma, karıştırma ve soğutma ile oluşmadığı, bunlara ek olarak uzun süreli kesme kuvveti veya mekanik karıştırma işleminin gerekli olduğu bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2011).

#### **1.4.2. Sorbitan monostearat**

Sorbitan monostearat (SMS), hidrofobik ve non-iyonik surfaktant olarak zeytinyağı, susam ve kanola dâhil olmak üzere bitkisel yağları jelleştirme özelliğine sahip sorbitan ve stearik asit esteridir. Gıda endüstrisinde emülsifiye edici ajan olarak kullanılmaktadır. SMS jelleri kendiliğinden oluşan ağsı yapıda, opak, termo-dönüşümlü, yarı katı ve oda sıcaklığında bir hafta dayanabilen jel yapılarıdır (Rogers, 2009; Murdan ve ark., 1999a ve 1999b).

#### **1.4.3. Seramidler**

Seramidler, lipitlerin polar bileşenleri veya sfingolipidlerin başlıca parçalanma ürünleri olan biyoaktif bileşikler olarak tanımlanabilirler. Seramidlerin %2 konsantrasyon düzeyinde bitkisel yağlarda jel oluşturdukları rapor edilmiştir. Tıpkı TAG'da olduğu gibi çeşitli uzunlukta karbon zincirine, farklı doymunluk derecelerine ve kimyasal yapılara sahip oldukları belirtilmiştir. Seramidlerin gıda bazlı olması, sağlığa negatif bir etkilerinin olmayışı ve kimyasal olarak modifiye edildiğinde fiziksel özelliklerinin değişebilmesi gibi önemli üstünlüklerinin bulunduğu kaydedilmiştir. Ayrıca yapılan fare besleme çalışmalarında sfingolipidlerin ve seramidlerin kan serum kolesterol düzeyini önemli düzeyde düşürdükleri ve serum lipoproteinlerinin kimyasal kompozisyonlarını iyileştirdikleri de saptanmıştır. Ancak seramidler ekonomik ve kolay bulunabilir materyaller olmadıkları için kullanımları oldukça sınırlıdır (Rogers, 2009; Rogers ve ark., 2010).

#### **1.4.4. Mono ve digliseridler**

Mono- ve digliseridler gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan emülgatörler arasında yer almaktadır (O'Brien, 2004). Mono- ve digliseridlerin bitkisel ve hayvansal kaynaklı yenilebilir yağ asitleri ve katı yağların yüksek sıcaklıklarda direkt esterifikasyonu veya yağın gliserol ile trans esterifikasyonu sonucu üretilmektedir. Mono- ve digliseridler hidrofilik (-OH) grubu ve hidrofobik kısımları (yağ asitleri) içerir özellikte olduklarından, hem suda hemde yağda kısmen çözünmektedirler. Yağ/su (Y/S) ara yüzeyinde kuvvetli derecede adsorbe edilmekte ve suyla birlikte kolayca sıvı kristal faz oluşturabilmektedirler. Lipofilik karakterleri ise margarinlerde Su/Yağ (S/Y) tipi emülgatör olarak davranmalarına neden olmaktadır (Zorba, 2001). Monogliseridler hem sulu hemde yağlı sistemlerde yapı ve jel oluşturma yeteneğini sahiptirler. Monogliseridlerin moleküller organizasyonunun

mezofazlar şeklinde oluştuğu ve burada alfa-yarı dengeli kristal jel yapının meydana geldiği bildirilmiştir. Meydana gelen bu  $\alpha$  kristallerin termodinamik olarak stabil olmadığı ve daha stabil form olan  $\beta$  plaka benzeri kristallere dönüştüğü belirtilmiştir (Ojijo ve ark., 2004; Heertje ve ark., 1998; Sein ve ark., 2002; van Duynhoven ve ark., 2005). Bu eşsiz moleküler yönelimin yüksek doymuş içeriğe sahip yağlardakine benzer olarak, iyi bir yapılanma gösterdiği ve tekstürel olarak pürüzsüz bir özellikte olduğu rapor edilmiştir (Ojijo ve ark., 2004). Monogliseridlerin (MG) lipitlerdeki jel oluşturma davranışları tam olarak anlaşılamadığı, ancak monogliserid moleküllerin lipit içerisinde ters bilayer (iki katmanlı) şeklinde düzenlendiği bildirilmiştir. MG jellerinin sertlik ve dayanımı üzerine depolama süresi ve soğutma oranının etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca farklı soğutma oranlarının farklı polimorfik yapıların ortaya çıkmasına sebep olduğu rapor edilmiştir. Düşük soğutma oranında oluşan kristallerin  $\beta$  formunda, yüksek soğutma oranında ise  $\alpha$  formunda olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra  $\beta$  kristallerinden oluşan yapının  $\alpha$  kristallerinden oluşan yapıya göre daha sert organojel oluşturduğu rapor edilmiştir (Ojijo ve ark., 2004; Marangoni ve Garti, 2011).

#### **1.4.5. Yağ asitleri ve yağ alkolleri**

Uzun zincirli yağ asitleri ile yağ alkollerinin tek başına yenilebilir yağların yapısının oluşumunda etkili olmadıkları ve bunların kombinasyonlarının kullanılması halinde yapının oluştuğu belirtilmiştir. Bu kombinasyon sonucu elde edilen jellerin homojen ve %2 kullanım düzeyi üzerinde opak oldukları bildirilmiştir. Yağ asidi ve yağ alkolleri aynı zincir uzunluğuna (16–22 C) sahip olan karışımlarda ve farklı zincir uzunluğundaki yağ alkolleri ile stearik asit karışımlarında jel yapısı gözlemlenmiştir. Bu sistemlerde dikkati çeken önemli bir özellik sinerjistik etkinin asit: alkol oranına bağlı olarak meydana gelmesi olarak belirtilmiştir. Spesifik olarak sistemde, stearik asit: stearyl alkol oranı 3:7 olduğunda sertliğin en yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır. Mikroskopik bulgulara göre karışım formunun iğneye benzer şekilde ve küçük kristallerden oluştuğu bildirilmiştir (Wright ve Marangoni, 2006 ve 2007; Daniel ve Rajesakaran, 2003; Rogers ve ark., 2008; Schaink ve ark., 2007; Perneti ve ark., 2007a; Rogers, 2009; Gandolfo ve ark., 2004; Lupi ve ark., 2013).

#### **1.4.6 Sorbitan tristearat ve lesitin**

Lesitin, bilindiği gibi zwitteriyonik bir fosfolipittir. Lesitin organojel olarak kullanımı 1980'li yılların sonuna doğru olmuştur. Lesitin organojelleri jöle benzeri yapılar

oluşturmaktadır. Lesitin organojel yapısının oluşumu az miktarda suyun doymamış bitkisel yağ içerisine eklenmesi ile oluşan dolaşmış ters miseller içinde hareketsiz hale gelmesi şeklinde açıklanabilmektedir. Lesitin kullanımının en büyük dezavantajı çok dar bir su aktivitesi aralığında çalışmaya imkân vermesi dolayısıyla karmaşık gıda sistemlerine uygulanamaması olarak belirtilmektedir. (Rogers, 2009; Perneti ve ark., 2007a; Tamura ve Ichikawa, 1997; Lee ve ark., 2010).

Sorbitan tristearatın (STS) tek başına bitkisel yağlarda jelleşme ajanı olarak kullanılmadığı bildirilmiştir. Lesitin ile birlikte kullanıldığında etkili bir jel oluşturduğu saptanmıştır. Lesitin ve STS bitkisel yağa eklendiğinde (lesitin: STS oranı 2:3 veya 3:2) STS kristal morfolojik yapısı küresel kompakt kristallerden, iğne şekline benzer kristallere değiştiği saptanmıştır. X-ray difraksiyon verileri lesitin kristal yapıya bir etkisinin olmadığını göstermiştir (Rogers, 2009; Perneti ve ark., 2007a; Perneti ve ark., 2007b; Bot ve ark., 2009).

#### **1.4.7. Mumlar**

Genel olarak mumlar (vakslar) orta zincirli hidrofobik organik maddelerin bir karışımıdır. Mumların yapısında genel olarak yer alan maddeler, hidrokarbonlar yağ asitleri, yağ alkoller, yağ asitleri ve yağ alkollerinin esterleri, sterol esterleri ve ketonlar olarak sayılabilir (Wolfmeier ve ark., 2002; Bennett, 1963). 20 °C’ de plastikten kırılabilir sertliğe kadar değişebilirler ve 40 – 140 °C arasında ergime özelliğine sahiptirler. Bu sıcaklıklarda dekompoze olmazlar ve soğutulduklarında tekrar eski hallerine dönebilirler. Çözünme ve akışkanlık özellikleri sıcaklığa son derece bağlıdır. Mumlar doğal ve sentetik mumlar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Doğal mumlar uygun işlem teknikleriyle doğal kaynaklardan herhangi bir kimyasal işlem olmadan sadece fiziksel tekniklerle üretilebilirler. Dolayısıyla doğal, güvenli ve biyo-kaynaklar olarak kullanılabilirler. Kozmetik, ilaç, gıda ve tüketim ürünlerinde hiçbir sorun olmadan güvenle kullanılmaktadırlar (Endlein ve Peleikis, 2011). Doğal mumlardan farklı duyuşal ve yüzeysel özelliklerde ürünler üretmek de mümkündür. Doğal mumlar da kendi içerisinde, böcek mumları, hayvan mumları, bitkisel mumlar, mikroorganizma mumları ve mineral mumlar olarak beş alt gruba ayrılmaktadır. Mineral mumlara örnek olarak parafin, hayvansal mumlara, balmumu ve bitkisel mumlara örnek olarak Candelilla ve Carnauba mumları sayılabilir (Wolfmeier ve ark., 2002; Bennett, 1963).

Diğer yandan sentetik mumlar bir takım kimyasal reaksiyonlar sonucu üretilmektedir. Bu amaçla kısmi sentetik mumlar yağ asitleri ve yağ alkollerinin esterleri gibi mum benzeri materyallerden sentezleme sonucu, tam sentetik mumlar ise düşük moleküllü mum benzeri maddelerin toplanması ve gerçekleşen bir dizi kimyasal reaksiyon sonucu üretilmektedir. Tam sentetik mumlara butan, etilen ve propen kullanılarak üretilen poliolefin örnek olarak verilebilir (Wolfmeier ve ark., 2002; Warth, 1956).

Mumlar higroskopisite, kayganlık, parlatma, şeffaflık, yapışkanlık ve jelleşme gibi özellikleri nedeniyle birçok endüstri dalında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bennett, 1963). Gıda endüstrisinde mumlar, ekmek ve konfeksiyon ürünlerinde salma ajanı, meyve-sebze ürünlerinde ve peynirde kaplama ajanı, sakız formülasyonlarında köpük önleyici ajan ve aroma tutucu ajan olarak yer almaktadır (Wolfmeier ve ark., 2002 ve FDA, 2014). Gıda ve ilaç idaresi tarafında gıda katkı durum listesinde Balmumu, Carnauba, Candelilla ve Pirinç kepek mumları GRAS statüsünde, Ayçiçeği mumu ise GMP (Good Manufacturing Practice) statüsünde yer almaktadır (FDA, 2014). Burada sadece tez çalışmasında kullanılan ayçiçeği mumu, balmumu ve carnauba mumları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

#### **1.4.7.1 Ayçiçek mumu (vaksı)**

Ayçiçek mumu, *Helianthus annuus* meyvesinin kabuklarının çıkartıldıktan sonra preslenmesi veya solvent ekstraksiyonu yoluyla üretilen ayçiçek yağından degumming ve kışlama işlemleri sonucunda elde edilmektedir. Ayçiçek mumunun kimyasal kompozisyonu yağ alkollerini (C20-C32), yağ asitleri (C20-C28) ve esterlerden (C40-C60) oluşmaktadır. Ayçiçek mumu bitkisel mumlar içerisinde pirinç kepek ve Carnauba mumlarından sonra ergime noktası en yüksek olan mum olarak göze çarpmaktadır. Ayçiçek mumunun belirgin özellikleri olarak mum kristallerinin sert yapıda ağ oluşturması ve yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip olmaları sayılabilmektedir. Bu özellikleriyle ayçiçeği mumu, emülsiyonlarda (Y/S ve S/Y) stabilizatör olarak ve kozmetik, eczacılık, boya ve gıda endüstrisinde diğer bitkisel mumlara alternatif olarak kullanılabilir (Anonim, 2014b).

#### **1.4.7.2. Balmumu**

Balmumu Avrupa sınırları içerisinde *Apis mellifera* L. ve dünyanın diğer bölgelerinde ise *A. cerana* ve *A. Florae* bal arıları tarafından üretilmektedir (Grant, 2005;

EFSA, 2007). Balmumu doymuş ve doymamış düz ve kompleks monoesterler, hidrokarbonlar, serbest yağ asitleri, serbest yağ alkolleri ve diğer minör bileşenlerden oluşmaktadır (Aichholz and Lorbeer, 1999). Balmumu Avrupa Birliği normlarına göre E 901 olarak tanımlanan bir gıda katkı maddesidir (EU, 1995). Ayrıca balmumu Amerika Birleşik devletlerinde GRAS statüsünde olarak tanımlanmıştır (FDA, 2014). Hali hazırda balmumu gıda endüstrisinde parlaticı, aroma tutucu ve kaplama ajanı olarak, sakız, şekerleme, çikolata, çerez, fındık ve meyve sebze ürünlerinde kullanılmaktadır (FDA, 2013b).

#### **1.4.7.3 Carnauba mumu (vaksı)**

Carnauba mumu (CM) özellikle kuzey doğu Brezilya'da kuru iklimde yetişen *Copernicia cerifera Martius* adlı palmye ağacının yapraklarından elde edilen natürel bir mum çeşididir. Bu ağaç kurak iklim dolayısıyla yapısındaki suyu buharlaşma ile kaybolmasını önlemek için yılda 150 g CM salgıladığı bildirilmiştir. CM toplanan yaprakların kurutulması ve sıcak su ile mumun ekstraksiyonu sonucu elde edilmekte ve solvent ekstraksiyonu veya santrifüjleme ile saflaştırılmaktadır (Wolfmeier *et al.*, 2002; Bennett, 1963). Toplanan ağaç yapraklarının yaşlı yada genç olma durumlarına göre dört farklı CM elde edildiği ve bunların kimyasal özelliklerinin birbirlerinden farklı olduğu bildirilmiştir (Warth, 1956).

CM diğer mumlar ile kıyaslandığında yüksek ergime noktasına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu özelliği nedeniyle ergime noktası yükseltici olarak diğer mumlar ile birlikte kullanılabilir. Diğer önemli karakteristik özellikleri sert olması, parlaklık yeteneği, ayırık ve hoş kokuda olması olarak sayılabilmektedir (Wolfmeier *et al.*, 2002; Bennett, 1963).

CM deri, dövme, mum, kozmetik, parlaticı, boya ve mürekkep endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca gıda endüstrisinde parlaticı ajan olarak sakızlar, bulyonlar, yumuşak şekerler ve soslarda aynı zamanda kaplama ajanı olarak kullanılmaktadır (FDA, 2013a).

#### **1.5. Emülsiyon Organojel Sistemleri**

Emülsiyon birbiri ile karışmayan iki ayrı fazdan birisinin diğeri içerisinde küçük damlacıklar halinde dağılması ile oluşan bir karışım olarak tanımlanmaktadır. Emülsiyonlar genellikle yağ ve su gibi iki sıvı faz içermekte olup; dağılmış damlacıklar

dispers veya iç fazı, bu damlacıkları saran diğer sıvı ise sürekli veya dış fazı oluşturmaktadır. Su içerisinde yağ (s/y) tipindeki emülsiyonlarda; yağ, su içerisinde damlacıklar halinde dağılmış olup iç fazı, su ise dış fazı oluşturmaktadır. Yağ içerisinde su (y/s) tipi emülsiyonda ise su ve yağ fazları, (s/y) tipi emülsiyona zıt bir konumda yer almaktadır. Ayrıca havanın su içerisinde dağılımı ile oluşan hava/su tipi emülsiyonlar ile çoklu y/s/y ve s/y/s tipi gıda emülsiyonları da vardır (Zorba, 2001).

Emülsiyonlar doğada fiziksel olarak kararsız halde bulunmaktadır. Emülsiyonların stabilitesi ile ilgili bir teoride, partiküllerin çekim ve itme kuvvetleri arasındaki denge esas alınmaktadır. Çekim kuvvetlerinin (Van der Waals çekim kuvvetleri) emülsiyonun stabilitesini düşürme eğiliminde olmalarına karşın, itme kuvvetleri (benzer elektrik yükündeki çift katmanlar arası elektrostatik itme) dağılmış damlacıkların ayrılışını koruyarak stabiliteyi sağladığı bildirilmiştir. Demülsifikasyona (faz ayrımı) doğru giden emülsifikasyonun iki aşaması, “flokülasyon” ve “birleşme” olarak ifade edilmektedir. Sürekli faz içerisinde dağılmış olan damlacıkların yaklaşmasını önleyerek stabil bir emülsiyon sağlayan maddelere emülsifiye edici ajan veya emülgatör denilmektedir. Emülgatörler, ara yüzey hareketi ile stabilizasyonu sağlayacak olan kimyasal bileşeni ortama veren maddelerdir. Emülgatörler ve stabilizörler sinerjistik etki göstermelerinden dolayı genellikle birlikte kullanılmaktadır. Emülgatör; emülsiyonu kolaylaştırıcı bir ajan, stabilizör ise emülsiyonun bozulmasını önleyici ajan olarak ifade edilmektedir. Emülgatörler, molekülünde yapısal olarak birbirine benzemeyen iki grup (polar/apolar, hidrofobik/hidrofilik, lipofobik/lipofilik, liyofobik/liyofilik) içeren ve amfifilik moleküllere sahip yüzey-aktif maddeler (surfaktan) olarak da ifade edilmektedirler. Bu durum ise emülgatörlerin gerek suda gerekse yağda yeterli derecede çözünmemelerine neden olmaktadır. Bu moleküller ara yüzeydeki serbest enerjiyi minimize etmek için, hidrofilik grupları (-OH ve -CO<sub>2</sub>H) sulu fazla; hidrofobik veya lipofilik grupları ise (genellikle hidrokarbon zincirleri) yağ fazı ile bağlanacak şekilde reaksiyona girmektedirler. Emülsiyon yapılarının oluşumunda elde edilecek emülsiyon türüne göre emülgatör maddelerin seçimi önem arz etmektedir. Bu amaçla HLB sisteminden faydalanılmaktadır. Bu sisteme göre S/Y emülsiyonları için HLB değeri <8; Y/S emülsiyonları için HLB değeri >8 olan emülgatörlerin kullanılması önerilmektedir (Zorba, 2001).

Likit yağların yapılandırılmasında (structuring) emülsiyon işlemlerinin de kullanılabileceği bildirilmiştir. Bazı düşük molekül ağırlıklı organojelator moleküllerin amfifilik doğası nedeniyle, su/yağ emülsiyon yapılarının oluşturulabileceği ve stabilize



edilebileceği rapor edilmiştir. Diğer bir deyişle, bu sistemde sürekli bir jelleşmiş yağ fazı içinde su damlacıklarının immobilize edilmesi mümkün olabilmektedir. Uygun formülasyon ve işlem koşulları ile organojel emülsiyon uygulamasının, düşük yağlı sürülebilir ürünlerin geliştirilmesine, hem hidrofilik hem de hidrofobik biyoaktif bileşiklerin salınımının kontrol edilmesine olanak sağlayacağı belirtilmiştir (Jibry ve ark., 2006; Duffy ve ark., 2009; Bot ve ark., 2011).

### **1.6. Organojeller ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Olanakları**

Yağların gıda endüstrisinde birçok ürünün arzu edilen tekstürünün oluşmasında önemli rol oynadıkları bilinmektedir. Ancak bu arzu edilen tekstürün oluşmasında rol alan yağların kendileride bizzat sorun teşkil edebilmektedirler. Örneğin çikolatanın arzu edilen yapısı polimorfik bir yağ olan kakao yağından ileri gelmektedir. Ancak uygunsuz depolama koşullarına bağlı olarak çikolata kakao yağı, çikolata çiçeklenmesi diye adlandırılan bir soruna yol açmaktadır. Bu sorun stabil  $\beta V$  kristallerinin  $\beta IV$  kristallerine dönüşümünden kaynaklanmakta ve kakao yağı çikolatanın iç yüzeyinden dış yüzeyine göç etmekte ve burada tekrar kristalize olmaktadır (Ghosh ve ark., 2002; Khan ve Rousseau 2006). Genel olarak yağ migrasyonu diye tabir edilen bu sorun şekerleme, helva, ezme, dondurma, bebek mamaları ve bisküvi gibi birçok üründe karşılaşılmaktadır. Bu sorun ürün kalitesini olumsuz etkilemekte dolayısıyla maddi kayıplara yol açmakta ve gıda endüstrisi açısından önlem alınması gereken sorunların başında gelmektedir. Bu amaçla söz konusu ürünlerin formülasyonlarına yüzey aktif maddeler, stabilizörler, hidrokolloidler ve emülgatörler gibi katkı maddeleri eklenmektedir (Choi ve ark., 2007). Ancak bu önlemler yağ migrasyon sorununu tamamen ortadan kaldırmamakla beraber geciktirmekte bunun yanı sıra üreticiye ek maliyet getirmektedir. Yağ migrasyonun önlenmesinde söz konusu ürünlerde yemeklik yağ organojellerinin kullanılmasının bu sorunu çözebileceği düşünülmektedir. Bu amaçla literatürde 12- hidroksisteraik asit ve kanola yağı ile yapılmış bir çalışma bulunmaktadır (Hughes ve ark., 2009). Yine mumlarla üretilen organojellerin dondurma miksinde kullanımları ile ilgili yapılan bir çalışmada başarılı sonuçlar alındığı bildirilmiştir (Zulim Botega ve ark., 2013).

## **BÖLÜM 2**

### **ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Literatürde organojeller, oleojeller, bunların farklı üretim teknikleri, gıda ve gıda-dışı (kimya, çevre, kozmetik, eczacılık gibi) uygulamaları ve farklı analitik yöntemlerin kullanılmasına dair çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak bu tezin konusu ve kapsamıyla doğrudan ilgili literatürün özeti aşağıda tartışılmıştır.

#### **2.1. Mum Organogelatörleriyle Üretilen Oleojeller**

Mumlar birçok bitkisel kaynaktan doğal olarak bulunan uzun karbon (–C) zincirine sahip hidrokarbonlar olarak tanımlanmaktadır. Literatürde bitkisel kökenli mumların organogelatör olarak kullanıldığına dair çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından yapılan konuyla ilgili bir çalışmada aspir yağı ve farklı konsantrasyonlarda (%0.5, 1.0 ve 3.0) Candelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellerin 5 ve 25 °C’de 14 gün depolama süreci boyunca termal ve tekstürel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada sonuç olarak %1 Candelilla mumu içeren oleojelin 5 ve 25 °C’deki katı yağ içerikleri sırasıyla %0.90 ve %0.59, olduğu belirtilmiştir. Yine aynı oleojelin 5 ve 25 °C sırasıyla kesme kuvveti değerleri 370.78 g/mm ve 37.18 g/mm, kristalizasyon sıcaklıkları 35.90 °C ve 39.48 °C, ergime sıcaklıkları ise 49.00 °C ve 51.13 °C olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada %3 Candelilla mumu içeren oleojelin 5 ve 25 °C’deki katı yağ içerikleri sırasıyla %2.57 ve %2.11, olduğu belirtilmiştir. Söz konusu oleojelin 5 ve 25 °C sırasıyla kesme kuvvetine karşı yapılan iş değerleri 2742.98 g/mm ve 1542.15 g/mm, kristalizasyon sıcaklıkları 44.83 °C ve 44.00 °C, ergime sıcaklıkları ise 59.46 °C ve 69.90 °C olarak rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007).

Martini ve ark. (2008) tarafından yapılan konuyla ilgili diğer bir çalışmada susuz süt yağına eklenen farklı oranlarda (%0.25 ve 0.50) ayçiçek yağı mumlarının kristalizasyon davranışı üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada ayçiçeği mumlarının susuz süt yağına eklenmesi neticesinde kristal oluşum zamanının düştüğü, kristalizasyonun daha yüksek sıcaklıkta gerçekleştiği bunun yanı sıra elde edilen yapının yüksek kristalizasyon ve ergime entalpisine sahip olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sonuç olarak yapıya eklenen mumların

lipit kristal ağını ve yapının tekstür, ağız hissi ve pürüzlülük gibi fizikokimyasal karakteristiklerini değiştirdiği vurgulanmıştır (Martini ve ark., 2008).

Morales Rueda ve ark. (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada yüksek triolein içeriğine sahip aspir yağı oleojeli etimi için Candelilla mumu ve saf *n*-alkan olan dotriakontan (C32)' nin oleojelatör olarak kullanıldığı bildirilmiştir. Çalışmada, söz konusu oleojelatörler %1 ve 3 oranlarında aspir yağına eklenerak elde edilen oleojellerin termal ve mekaniksel özelliklerinin karşılaştırıldığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada oleojel oluşumu için iki farklı jel oluşum sıcaklığı (5 ve 25 C) belirlendiği ve iki farklı soğutma oranı (1.0 ve 10.0 C/dak) uygulandığı bildirilmiştir. Çalışmada soğutma oranı ve jel oluşum sıcaklığına bağlı olmaksızın C32 jelatrnn Candelilla mumuna göre daha yüksek çözünürlüğe ve kendiliğinden yapı oluşturma yeteneğine sahip olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, yine oleojelatör türüne bağlı olmaksızın en stabil oleojelin en düşük soğutma oranında ve 5 C jel oluşum sıcaklığında oluştuğu belirtilmiştir. Yine C32 aspir yağı oleojelinin jel oluşum sıcaklığı (45 – 50 C) ve ergime sıcaklığının (45 – 50 C) Candelilla oleojelinin jel oluşum (35 – 40 C) ve ergime sıcaklığına (35 – 40 C) göre daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak aynı jelatör konsantrasyonunda ve zaman, sıcaklık koşullarında elde edilen oleojellerden, C32 jelatr kullanılarak elde edilenin Candelilla mumu kullanılarak elde edilen oleojele göre daha düşük modulus değerine sahip olduğu rapor edilmiştir (Morales-Rueda ve ark., 2009b). Aynı araştırmacılar tarafından yapılan bir diğer çalışmada, Candelilla mumu ve saf *n*-alkan dotriakontan (C32) tarafından geliştirilen aspir yağı oleojellerinin reolojik özellikleri gerçek-aralık (true-gap) sistemi ile değerlendirildiği ve benzer sonuçların alındığı rapor edilmiştir (Morales-Rueda ve ark., 2009a).

Dassanayake ve ark. (2009) tarafından yapılan bir diğer çalışmada zeytinyağı ile pirinç kepek mumu, Carnauba mumu ve Candelilla mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin kristal morfolojileri, termal özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada oleojelatör olarak kullanılan pirinç kepek mumunun, ergime sıcaklığları ve entalpileri sırasıyla 77 - 79 C ve 190.50 J/g, Candelilla mumunun 64 C ve 129.0 J/g, Carnauba mumu için ise 84 C ve 137.60 J/g olarak saptandığı bildirilmiştir. Çalışmada pirinç kepek mumunun 20 - 50 m uzunluğunda iğne benzeri kristallere sahip olduğu, Carnauba ve Candelilla mumunun ise 10 m daha küçük kristallere sahip olduğu rapor edilmiştir. Pirinç kepek mumunun kristal yapısının oleojel oluşumu için diğer mumlara göre daha uygun olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada pirinç kepek mumunun %1.0 oranında

zeytinyağını jelleştirdiği, bu oranın Candelilla mumu için %2.0 ve Carnauba mumu için %4.0 olduğu belirtilmiştir. Yine söz konusu oleojelatör konsantrasyonlarında 20 °C’de zeytinyağında jel oluşum zamanlarının pirinç kepek mumu için 7 – 8 dak, Candelilla mumu için 6 – 7 dak ve Carnauba mumu için 13 – 14 dak olduğu belirtilmiştir. Buna ilaveten Carnauba mumunun %3 ve altındaki konsantrasyonlarda zeytinyağında oleojel oluşumunun gözlemlenmediği bildirilmiştir. Zeytinyağı ile %5 - 10 pirinç kepek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıkları sırasıyla 57.90 °C ve 60.30 °C, ergime sıcaklıkları ise 60.80 °C ve 65.20 °C olarak belirtilmiştir. Çalışmada, %6 ve %10 oranında oleojelatör içeren organojellerin sertlik değerlerinin Carnauba mumu < Candelilla mumu < Pirinç kepek mumu şeklinde sıralandığı rapor edilmiştir. Sonuç olarak, üretilen tüm oleojellerin X-ışınları kırının desenlerinde görülen 41.0 ve 37.0 Å piklerin polimorfik  $\beta'$  formuna benzer olduğu vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009).

Toro-Vazquez ve ark. (2009) tarafından yapılan bir diğer çalışmada aspir yağı ile tripalmitin (%0-1) ve Candelilla mumu (%0-3) kullanılarak elde edilen oleojellerin termomekaniksel özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada tek başına tripalmitinin aspir yağında üç boyutlu ağ yapı oluşumu göstermediği rapor edilmiştir. Candelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellerin ise ergime noktalarının kullanılan oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak 30.5 – 42.5 °C’e aralığında değiştiği bildirilmiştir. Yine çalışmada %3 Candelilla mumu içeren oleojellerin ergime entalpilerinin 2.50 - 3.78 J/g değerleri arasında olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada ayrıca %1 tripalmitin ve %3 Candelilla mumu içeren sistemin G’ modülüs değeri ile akma gerilimi değerinin sadece %3 Candelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Buna göre, çalışmada üretilen oleojellerin katı yağ içeriklerinin sadece %3 Candelilla mumu içeren oleojellerde -5, 15 ve 25 °C’ de sırasıyla %2.62, 2.40 ve 2.22 olduğu bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada %3 Candelilla mumu ve %1 tripalmitin içeren oleojellerin -5, 15 ve 25 °C’ de katı yağ içeriklerinin sırasıyla %3.93, 2.59 ve 2.09 olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca akma gerilimlerinin %3 Candelilla mumu içeren oleojellerde 5, 15 ve 25 °C’de sırasıyla 378.15, 402.97 ve 228.06 Pa olduğu, %3 Candelilla ve %1 tripalmitin içeren oleojellerde -5, 15 ve 25 °C’de sırasıyla 682.04, 932.34 ve 230.98 Pa olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada 15 °C’de ve 25 °C’ de oluşturulan ve %3 Candelilla mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 2.52 K/mm ve 1.49 K/mm olduğu bildirilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2009)

Chopin-Doreteo ve ark. (2011) bir başka çalışmada aspir yağı ile %1 tripalmitin ve %3 Candelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellerin termo-mekaniksel ve yapısal özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışmada durgun koşullar altında üretilen Candelilla mumu aspir yağı oleojellerinin hidrokarbon zincir uzunluğuna eşdeğer uzunlukta ( $L$ ) yanıl dizilim ile ortorombik dik alt hücre yapısı ( $O\Box$ ) gösterdikleri rapor edilmiştir. Çalışmada uygulanan kesme kuvvetinin oleojellerin kristal yapısı ve ergime özellikleri üzerine bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında %3 Candelilla mumu-aspir yağı ile oluşturulan oleojellerin kristalizasyon sıcaklığının  $42.26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kristalizasyon entalpisinin  $2.89\text{ J/g}$ , ergime sıcaklığının  $44.66\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ergime entalpisinin  $1.51\text{ J/g}$  ve katı yağ içeriğinin %2.25 olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada %1 tripalmitin-%3 Candelilla mumu ile oluşturulan oleojelin kristalizasyon sıcaklığının  $42.18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kristalizasyon entalpisinin  $2.91\text{ J/g}$ , ergime sıcaklığının  $40.60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ergime entalpisinin  $3.60\text{ J/g}$ , ve katı yağ içeriğinin %3.60 olduğu bildirilmiştir. Tripalmitin (%1)-Candelilla mumu (%3) içeren oleojellerin sadece Candelilla mumu (%3) içeren oleojellere göre katı yağ içeriği değerlerinin daha yüksek olduğu, bunun bir sonucu olarak Candelilla mumu oleojellerinden daha yüksek elastikliğe ( $G'$ ) sahip olduğu rapor edilmiştir (Chopin-Doreteo ve ark., 2011).

Alvarez-Miltre ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada %3 Candelilla mumu içeren oleojellerin farklı sıcaklıklarda reolojik özellikleri ile katı yağ içerikleri belirlenmiştir. Oleojellerin  $6\text{ }^{\circ}\text{C/dak}$  soğutma oranı ile  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar ve  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğutularak hazırlandığı bildirilmiştir. Çalışmada oleojellere  $30\text{-}600\text{ sa}^{-1}$  oranında kesme kuvveti uygulandığı ve reolojik özelliklerin kesme kuvveti etkisinde ve statik koşullarda belirlendiği rapor edilmiştir. Çalışmada söz konusu şartlarda elde edilen oleojellerin elastik modülüs ( $G'$ ), kayma modülüs ( $G''$ ) ve akma gerilimleri ile katı yağ içeriklerinin belirlendiği vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' den  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar soğutma esnasında kesme kuvveti uygulanan ve  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' den  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye durgun koşullar altında soğutulan olejel örneğinin onarılabilen geniş mikro fibriler yapıda olduğu,  $G'$  ve akma gerilimi değerlerinin statik koşullarda üretilen oleojellere göre daha yüksek bulunduğu rapor edilmiştir (Alvarez-Miltre ve ark., 2012).

Alvarez-Miltre ve ark. (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada aspir yağı ve %3 Candelilla mumunda oluşan dispersiyonun  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar kesme kuvveti etkisinde,  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' den  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar durgun koşullarda soğutulması sonucu oluşturulan oleojellerin reolojik özelliklerinin belirlendiği bildirilmiştir. Çalışmada sonuç olarak kesme kuvveti etkisi altında ve durgun koşullarda olmak üzere iki bölümden oluşan jelleşme

prosesinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile değerlendirilebildiği rapor edilmiştir (Alvarez-Miltre ve ark., 2013).

Hwang ve ark. (2012) tarafından yapılan bir diğer çalışmada oleojelatörün oleojel oluşturmada etki mekanizmasını belirlemek amacıyla bitkisel mumlar (Candelilla, Carnauba, ayçiçek, pirinç kepek) hayvansal mumlar (balmumu) ile soya yağı kullanılarak elde edilen oleojellerin hidrojene bitkisel yağlar, petrol mumları ve gıda bazlı olmayan diğer jel ajanları ile karşılaştırıldığı belirtilmiştir. Çalışmada oleojelatör olarak kullanılan mumlardan en iyi sonuç veren jelatör maddenin ayçiçek mumu olduğu ve %0.5 konsantrasyonda oleojel oluşturabildiği vurgulanmıştır. Soya yağı ile %0.5 – 10.00 gibi farklı konsantrasyonlarda ayçiçek mumu katılarak oluşturulan oleojellerin ergime noktalarının 47 – 65 °C arasında değiştiği bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer oleojelatörlerin soya yağında minimum jel oluşturma konsantrasyonlarının Candelilla mumu için %2, Carnauba mumu için %4, balmumu için %2, pirinç kepek mumu için %1 Japon mumu için %5, dut mumu için >%10 ve şellak mumu için %5 olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca mumların oleojelatör olarak kullanıldığı oleojel sistemlerinde jel oluşumunun kullanılan jelatör maddenin saflığına ve detaylı kompozisyonuna bağlı olduğu rapor edilmiştir. Mum esterlerinin yapısal özelliklerinin jel oluşumunu önemli oranda etkilediği ve kısa alkil zincir uzunluğuna sahip mum esterlerine göre uzun alkil zincirine sahip mum esterlerinin daha iyi jel oluşumu gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada soya yağı ile %1 ile %6 arasında değişen konsantrasyonlarda oluşan sertlik (sıkılık) değerlerinin 20 - 350 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir. Ayrıca geliştirilen soya yağı ayçiçek mumu oleojellerinin sertlik değerlerinin mum konsantrasyonuna ve soğutma oranına bağlı olarak arttığı vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak bitkisel likit yağlar ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin margarin ve shortening gibi *trans* ve doymuş yağ oranı yüksek katı yağların yerine kullanılabilceği rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2012).

Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan konuyla ilgili bir başka çalışmada soya yağı ile %1 - 6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin 35 °C' de %1.0 - 8.0 değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, üretilen oleojellerin katı yağ içeriklerinin 35 °C' de eklenen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı bildirilmiştir. Çalışmada soya yağı ile %2, 4, ve 6 katım oranlarında ayçiçek mumu kullanılarak geliştirilen oleojellerin ergime noktalarının 50 - 70 °C arasında olduğu vurgulanmıştır. Aynı çalışmada soya yağı ile %3 Candelilla ve pirinç kepek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin sertlik değerlerinin 50 - 200 g kuvvet

arasında, %3 ayçiçek mumu ile oluşturulan oleojelin sertlik değerinin ise 150 - 400 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, %5 Candelilla ve pirinç kepek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 200 – 400 g kuvvet arasında, %5 ayçiçek mumu içeren oleojellerin ise sertlik değerlerinin 400 – 600 g kuvvet arasında olduğu rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2013).

Rocha ve ark. (2013) tarafından yapılan bir diğer çalışmada soya yağı ile farklı konsantrasyonlarda şeker kamışı ve candelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellerin termal ve tekstürel özelliklerinin belirlendiği rapor edilmiştir. Çalışmada, %4 oranında şeker kamışı mumu ile üretilen oleojelin kristalizasyon başlangıç sıcaklığının 43.70 °C, kristalizasyon sıcaklığının 40.98 °C ve kristalizasyon entalpisinin 1.96 J/g olduğu, %4 oranında Candelilla mumu ile üretilen oleojelin kristalizasyon başlangıç sıcaklığının 42.95 °C, kristalizasyon sıcaklığının 41.60 °C ve kristalizasyon entalpisinin 4.83 J/g olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, %4 oranında şeker kamışı mumu ile üretilen oleojelin ergime başlangıç sıcaklığının 31.92 °C, ergime sıcaklığının 43.14 °C ve ergime entalpisinin 0.37 J/g olduğu, %4 oranında Candelilla mumu ile üretilen oleojelin ise ergime başlangıç sıcaklığının 31.84 °C ve ergime sıcaklığının 43.64 °C ve ergime entalpisinin 2.38 J/g olduğu belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada, %2 ve %4 oranında şeker kamışı mumu ile üretilen oleojelin sertlik değerinin sırasıyla 0.10 ve 1.65 N olduğu, %2 ve %4 oranında Candelilla mumu ile üretilen oleojelin sertlik değerinin ise sırasıyla 1.75 ve 14.60 olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak Candelilla mumu ile üretilen oleojellerin yapısal özelliklerinin şeker kamışı mumu ile üretilen oleojellerden farklı olduğu ve şeker kamışı mumu oleojellerinin daha geniş kristaller oluşturduğu belirtilmiştir (Rocaha ve ark., 2013).

## **2.2. Doymuş Monoglisidlerle Üretilen Oleojeller**

Monoglisidler (MG) gıda ürünlerinde emülgatör olarak kullanılan polar lipit materyaller olarak bilinmektedir (Dassanayake ve ark., 2011). Monoglisidlerin ısı işlem altında su varlığında oluşturdukları oleojellerin sürülebilir yağ olarak kullanılmakta olduğu bildirilmiştir. MG- su karışımının Kraft (su içindeki amfilik bileşenin ergime noktası) noktası üzerinde ısıtıldığında öncelikli olarak katmanlı faza dönüştüğü belirlenmiştir. Bu işlem altında MG hidrasyona uğrayarak şiştiği ve böylelikle likit kristal ağı arasındaki boşlukları doldurduğu belirtilmiştir. MG oleojellerinin soğutma üzerine olduğu ve MG kristal ağının katmanlı yapı şeklinde büyüyen plaka benzeri MG kristallerinden meydana geldiği rapor edilmiştir (Larson ve ark., 2006).

Su içerisinde MG oleojellerinin polimorfik bir dönüşümü içerdiği buna göre MG'ların katmanlı likit kristal halden ( $L\alpha$ )  $\alpha$ -jel formuna dönüştüğü daha sonra MG jellerinin su içerisinde plaka benzeri  $\beta$ -jel kristallerinden oluşan Koajel yapısını oluşturduğu belirtilmiştir. Jel oluşum mekanizması iki basamaktan oluşmaktadır. Buna göre jel yapısı (a) hızlı soğutma ile MG kristallerinin çekirdek oluşumu neticesinde birincil boşluk doldurma ağı meydana gelmesi (b) daha sonra bu oluşan ağın kristal bilayer katmanları ile takviye edilmesi sonucu oluşmaktadır (Larson ve ark., 2006; Sein ve ark., 2002).

Jel fazının dönüşümü oldukça yavaş bir süreç olup termal, mekanik ve kimyasal uygulamalardan etkilenmektedir. Kayma ve sıcaklık artışı geçiş hızını artırmaktadır. Ayrıca stabil bir jel için iyonik olmayan, anyonik yüzey aktif madde, tuz ve pH miktarlarının önemli olduğu bildirilmiştir. Bu tür diğer yüzey aktif maddeler ya da biyopolimer gibi bileşiklerin ilave edilmesinin geçiş işlemi geciktirdiği belirtilmiştir. Ayrıca yapıya ilave edilen proteinler ile lamel içindeki katmanlar arasındaki elektrostatik etkileşimlerin jel yapısını güçlü bir şekilde stabilize ettiği vurgulanmıştır. A-jel yapısı ile Koajel yapısının özellikle sertlik ve köpük kapasitesi gibi fonksiyonel özelliklerinin farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca her iki fazın farklı yağlı ağız hissi oluşturduğu belirlenmiştir. Koajelin daha yüksek sertlik derecesine sahip olmasından dolayı margariner gibi daha sıkı ürün yapısı istendiğinde tercih edildiği belirtilmiştir. A-jel yapısının ise daha çok krem, jöle ve dondurulmuş tatlılar gibi hava içeren ürünlerde tercih edildiği bildirilmiştir (Heertje ve ark., 1998).

Yağ kristal ağı depolama süreci boyunca birçok değişikliğe uğrayan dinamik bir yapı olarak göze çarpmaktadır. Ojijo ve ark. (2004) yapmış oldukları çalışmada çeşitli işlem koşulları altında MG-zeytinyağı ağlarının çeşitli işlem koşulları altındaki davranışlarını belirlemişlerdir. Çalışmada, MG-zeytinyağı ağları üzerine 25 °C'de depolama sürecinin, mikro yapısal, termal ve reolojik davranışı üzerine etkileri rapor edilmiştir. Depolama süreci boyunca çubuk şeklinde kümelenmiş kristallerin yoğunluğunun arttığı bildirilmiştir. Yine depolama süreci boyunca mikro yapısal elemanların azalması sonucu Koajel ergime sıcaklığı düştüğü belirtilmiştir. Dokuz haftalık depolama süreci boyunca MG-zeytinyağı oleojellerinin sertlik değerlerinde artış olduğu rapor edilmiştir. Sertlik artışına parçalanma sonucu mikro yapısal elemanlarda meydana gelen azalmanın veya sinterleme ve açıl zincirlerinin kapanmasının neden olduğu vurgulanmıştır. Yine çalışmada depolama sürecinin ilk beş haftası boyunca sünme, viskozite ve sertlik değerleri arasında anlamlı bir ilişki gözlemlendiği rapor edilmiştir (Ojijo ve ark., 2004).



Yapılan bir başka çalışmada Tetradekan-MG-Triolein ile oluşturulan üç fazlı sistemin faz davranışlar incelenmiş ve monogliseridlerin liyotropik ve termotropik mezomorfizmlerinin karmaşıklığı gösterilmiştir (Yağmur ve ark., 2005; Yağmur ve ark., 2006). Batte ve ark. (2007a) tarafından yapılan çalışmada MG jel davranışlarının çeşitli sıcaklıklarda farklı mezomorfik fazlar gösterdiği rapor edilmiştir. Çalışmada yağ-su-monostearin karışımlarından, % 2 monostearin ve % 30 su üzerinde bir oleogel oluşturulduğu ve bu oleojelin bir aydan fazla stabilite gösterdiği bildirilmiştir. Geliştirilen oleojel yapısının katı içeriğinin artması sonucu jel yapıdaki zamana bağlı değişimin daha az olduğu vurgulanmıştır. Oleojel yapısının monostearin katmanları tarafından kaplanan yağ damlacıkları sonucu meydana geldiği bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca Kraft noktası üzerinde  $\alpha$ -jel yapısının  $\beta$ -jel yapısına dönüştüğü rapor edilmiştir (Batte ve ark., 2007a).

MG'lar ile ilgili yapılan bir başka çalışmada su fazına %0.2 oranında eklenen tuzun (NaCl) oleojelin ergime noktasını 2 °C düşürdüğü belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada homojenizasyon, soğutma oranı ve homojenizasyon sıcaklığının oleojel yapısının ergime noktası üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir (Batte ve ark.,2007b).

Da Pieve ve ark. (2010) tarafından yapılan bir diğer çalışmada morina karaciğer yağı ve monogliseridler (%5) kullanılarak hazırlanan oleojellerin kristalizasyon davranışları üzerine kesme kuvvetinin etkisi incelenmiştir. Çalışmada morina karaciğer yağı ve monogliseridler 90 °C' de tamamen ergitilmiş daha sonra 15 °C/dak ile 20 °C ye kadar soğutulmuş ve 0 – 2.000 s<sup>-1</sup> oranında değişen kesme kuvveti uygulanmıştır. Elde edilen oleojellerin X- ışınları kırının deseninde belirgin piklerin 46.44, 24.20, 4.55, 4.35, 3.90 Å noktalarında görüldüğü rapor edilmiştir. XRD sonuçlarına göre 4.50 ve 24.20 Å piklerin likit durumdaki triaçilgliserollerin amorf saçılma pikleri ile ilişkili olduğu ve bu yapının %95 oranında jel özelliğine sahip olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada küçük açı bölgesinde 46.44 görülen pikin oleojel sisteminin lamel katmanlarından oluştuğunun göstergesi olduğu rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmada geniş açı bölgesinde 4.55 Å görülen ve bunu takip eden bantlarda görülen çeşitli piklerin  $\beta$ -fazı içerisine monogliserid alifatik zincirinin düzenlenmesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Elde edilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin durgun koşulda elde edilen oleojellerde (0 s<sup>-1</sup>) kesme kuvveti (2,000 s<sup>-1</sup>) uygulanan oleojellere göre daha fazla olduğu belirtilmiştir. Buna göre durgun koşullarda elde edilen oleojelin yağ bağlama kapasitesi yaklaşık %80 ve 2.000 s<sup>-1</sup> kesme kuvveti altında elde edilen oleojelin yağ bağlama kapasitesinin yaklaşık %50 olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, %5 monogliserid ile morina karaciğer yağı kullanılarak

oluşturulan oleojelin statik koşullarda reolojik parametrelerden depolama modülü ( $G'$ ) değerinin 3427.50 Pa, kayıp modülü ( $G''$ ) değerinin 607.20 Pa ve görünür viskozite ( $\eta$ ) değerinin 1.54 olduğu rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2010). Çalışmada sonuç olarak oleojellerin makro, mikro ve nano yapılarının uygulanan kesme kuvvetinden etkilendiği vurgulanmıştır. Ayrıca durgun halde elde edilen oleojelin, kesme kuvveti altında elde edilen oleojellere göre daha stabil, yağ bağlama kapasitesinin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2010).

Da Pieve ve ark., (2011) tarafından yapılan bir başka çalışmada monogliserid oleojellerinin morina karaciğer yağının oksidatif stabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla çalışmada morina karaciğer yağı ile artan oranlarda monogliseridlerden (%5, %7 ve %9) oluşan oleojellerin 40 gün boyunca 20 °C ve 4 °C’ de depolamaya alındığı ve oksidatif stabilitelerinin peroksit sayısı ile takip edildiği bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca oluşturulan oleojellerin termal ve kristal özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada %7 monogliserid içeren oleojelin X-ışınları kırınım desenine göre küçük açı bölgesinde 46,44 Å de görülen pikin oleojel sisteminin lamel katmanlarından oluştuğunun göstergesi olduğu rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmada geniş açı bölgesinde 4.55 Å ve bunu takip eden bantlarda görülen çeşitli piklerin  $\beta$ -fazı içerisine monogliserid alifatik zincirinin düzenlenmesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Ayrıca diğer oleojel örneklerinde de benzer piklerin gözlemediği belirtilmiştir. Çalışmada geliştirilen %5, %7 ve %9 oranında monogliserid katkısıyla üretilen morina karaciğer yağı oleojellerinin ergime noktalarının sırasıyla 49.2, 53.2 ve 54.7 °C olduğu, entalpi değerlerinin ise sırasıyla 9.0, 12.9 ve 17.1 J/g olduğu rapor edilmiştir. Yine çalışmada, %5, 7 ve 9 oranlarında monogliserid içeren balık yağı oleojellerinin reolojik özellikleri 4 ve 20 °C’de belirlenmiş ve 4 °C’de ölçülen reolojik parametre değerlerinin 20 °C’de ölçülen değerlere göre daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca oleojelatör miktarı arttıkça reolojik parametre değerlerinde arttığı belirtilmiştir. Çalışmada depolama süresi sonunda 4 °C’de depolanan örnekleri peroksit değerlerinin 20 °C’de depolanan örneklere göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Yine her iki sıcaklıkta monogliserid konsantrasyonunun oksidatif stabilite üzerine bir etkisinin gözlemlenmediği vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak monogliserid ağının yağın oksidatif stabilitesine iki farklı etkide bulunduğu birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu etkilemediği ancak ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu engellediği rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2011).

Lupi ve ark., (2012) tarafından farklı oleojelatör ve yağ kaynaklarının oleojel üzerine etkisinin araştırıldığı rapor edilmiştir. Bu amaçla, zeytinyağı ile kakao yağı, doğal bitkisel katı yağ stoğu, monogliserid (Myverol) ve yağ alkollerini kullanılarak oleojellerin oluşturulduğu belirtilmiştir. Çalışmada, Myverol miktarının %2 (g/g)'den az olduğu durumda kristalizasyon sıcaklığının katı yağ içeriğine bağlı olarak artış gösterdiği, ancak oleojelatör içeriği artırıldığında kristalizasyon sıcaklığındaki artışın sadece oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, çalışmada, reolojik özelliklerin (G') hem yağ fazından hemde oleojelatör fraksiyonundan etkilendiği rapor edilmiştir (Lupi ve ark., 2012).

### 2.3. Emülsiyon-oleojelleri

Yemeklik likit yağların yapılandırılmasında oleojellerin kullanılarak yağ içinde su ve/veya su içinde yağ emülsiyonları oluşturulabilir. Özellikle yağ içeriği azaltılmak istenen diyet ürünlerin üretilmesinde emülsiyon oleojellerinden yararlanılabileceği belirtilmiştir. Konuyla ilgili literatürde yer alan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Duffy ve ark. (2009) tarafından yapılan konuyla ilgili çalışmada bitkisel yağlardan zeytinyağı, mısır özü yağı ve ayçiçek yağı ile orizanol: sitosterol (4:6, ağırlıkça) karışımı kullanılarak üretilen oleojellerin yağ oranı düşürülmüş Y/S emülsiyonu hazırlamada kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışmada %90 su fazı (Ksantan gum %0.015, Triton X-100 %1.0) ve %10 yağ fazı (yağ: orizanol+fitosterol, 1:1 M/M ) ayrı ayrı olarak hazırlandığı daha sonra su fazı içersine 90 °C'de ergitilmiş yağ fazı eklendiği ve yüksek hızda karıştırıldığı belirtilmiştir. Bu yöntemle elde edilen emülsiyon oleojellerinin mikro yapısal özellikleri ile enzimatik hidroliz hızlarının incelendiği bildirilmiştir. Çalışmada mikro yapısal özelliklerin belirlenmesi amacıyla elektron (SEM ve TEM), polarize ışık mikroskopisi ve X-ışınları diffraktometresinden yararlanıldığı bildirilmiştir. Çalışmada üretilen emülsiyon oleojellerinde iki farklı yapının gözlemlendiği, birinci yapının sürekli su fazı içinde ve yağ fazı dışında iğne benzeri ince uzun kristallerden oluştuğu, ikinci olarak tubular (boru benzeri) yapıların oluştuğu rapor edilmiştir. X-ışınları kırınım deseni sonuçlarına göre oluşan bu boru benzeri yapının yaklaşık 7.0 nm yarıçapında ve duvar kalınlığının 0.8 nm olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada basit *in vitro* enzimatik hidroliz deneyleri sonucunda oleojel emülsiyonun daha düşük bir enzimatik sindirim hızı gösterdiği vurgulanmıştır (Duffy ve ark., 2009).

Sawalha ve ark. (2012) tarafından konuyla ilgili bir diğer çalışmada oleojel içeren, su içinde yağ emülsiyonlarının kristal yapıları ve termal özelliklerinin belirlendiği bildirilmiştir. Çalışmada %32 orizanol: sitosterol (60:60; ağırlıkça) karışımı ve ayçiçek yağı ile üretilen oleojellerin yağ fazını oluşturduğu, su fazının (%10) ise farklı sodyum klorür (NaCl) konsantrasyonları (%1 – 25) içerecek şekilde hazırlandığı bildirilmiştir. Elde edilen oleojel emülsiyonlarının kristal yapıları, tekstürel ve termal özelliklerinin analiz edildiği belirtilmiştir. Çalışmada sadece yağ içerisinde orizanol+sitosterol karışımının kendiliğinden tubular yapıda ağ oluşturması sonucunda sert oleojel yapısının meydana geldiği vurgulanmıştır. Ancak emülsiyon sistemi içerisinde suyun fitosterol moleküllerini bağladığı ve monohidrat kristallerinin oluştuğu böylelikle tubular yapının oluşumunun engellendiği ve zayıf bir jel oluşumu gözlemlendiği rapor edilmiştir. Çalışmada artan tuz konsantrasyonunun su aktivitesini düşürdüğü ve hidrasyonu önlediği bildirilmiştir. Ayrıca su fazına eklenen tuzun fitosterol monohidrat oluşumunu engellediği belirtilmiştir. Yüksek tuz konsantrasyonunda su fazı içeren emülsiyon oleojelinin yapısal özellikleri bakımından su içermeyen oleojel yapısına benzediği vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak emülsiyon oleojellerinin tubular mikro yapısının oluşumunda, düşük su aktivitesinin ve düşük polaritede yağ kullanımının etkili olduğu rapor edilmiştir (Sawalha ve ark., 2012).

Toro-Vazquez ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada aspir yağı ile Candelilla mumu ve monogliserid kullanılarak elde edilen oleojellerin ve bu oleojeller ile oluşturulan yağ içinde su emülsiyonlarının termal, tekstürel ve kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Bu amaçla yağ fazının, monogliserid (%0 – 0.5), Candelilla mumu (%0.5 – 4) aspir yağı (yüksek triolein) ve su fazının (%20) sadece sudan oluştuğu bildirilmiştir. Üretilen oleojellerin kristalizasyon sıcaklıklarının 14.20 – 34.20 °C arasında, ergime noktalarının ise 36.20 – 68.90 °C arasında değiştiği belirtilmiştir. Ayrıca üretilen oleojellerin katı yağ içeriklerinin %0.64 – 3.75 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Üretilen emülsiyon oleojellerinde monogliserid ve Candelilla mumu konsantrasyonu arttıkça katı faz içeriğinin de arttığı bildirilmiştir. Çalışmada %3 Candelilla mumu ile oluşturulan ve monogliserid içermeyen emülsiyon oleojelinin sertlik değerinin  $2245.7 \pm 270$  (gfxmm) olduğu, aynı konsantrasyonda Candelilla mumu içeren oleojelin ise sertlik değerinin  $2861.0 \pm 255.0$  (gfxmm) olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca çalışmada polarize ışık mikroskobu görüntülerine dayanarak emülsiyon oleojellerinde monogliserid konsantrasyonunu arttıkça su damlacıklarının boyutunun küçüldüğü belirtilmiştir. Sonuç olarak çalışmada bu etkinin, kısmen MG 'nin ara yüzey etkisi ile ilişkili olduğu, ancak esas

olarak CM tarafından geliştirilen kristal ağı ile su damlacıklarının immobilize edilmesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır (Toro-Vazquez ve ark., 2013).

Patel ve ark. (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada kolza tohumu yağı ve şellak mumu kullanılarak hazırlanan oleojellerin ve oleojel emülsiyonlarının (S/Y) reolojik özelliklerinin analiz edildiği belirtilmiştir. Çalışmada kolza yağı ile farklı oranlarda (%2.0, 4.0 ve 6.0) şellak mumu kullanılarak hazırlanan oleojellerin jelatör konsantrasyonu arttıkça fiziksel dayanıklılığının da arttığı bildirilmiştir. Jelatör konsantrasyonu %2 olan oleojelin G' değeri 1000 Pa, %4 jelatör içeren oleojellerin G' değerinin ise >10000 Pa olduğu belirtilmiştir. Şellak mumu oleojellerinin termo-geri dönüşümlü, histerizis, tiksotropi, kayma incilmesi ve kısmi yapı kurtarma gibi önemli özellikleri gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada birçok oleojelatörün (fitosteroller, monogliseridler ve etilselüloz gibi) su varlığında yapılandırma kabiliyetini kaybettiği vurgulanmıştır. Bu amaçla oleojel yapısı üzerine suyun etkisini belirlemeye yönelik %20 su fazı ve %80 yağ fazı içeren S/Y emülsiyonlarının üretildiği belirtilmiştir. Üretilen emülsiyon oleojellerinde faz ayırımına rastlanmadığı bu durumun şellak mumunun zayıf yüzey aktivitesi sayesinde arabirimler için afinite (ilgi) gösterme eğiliminden kaynaklandığı belirtilmiştir. Emülsiyon oleojelinin stabilitesinin su damlacıklarının kristal ağ içerisinde tutulması ile sterik bariyer oluşturan ve damlacıkların toplanmasını engelleyen ara yüzeyde ince kristallerin birikmesinin bir sonucu olduğu bildirilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, şellak mumu oleojeli temelli S/Y emülsiyonlarının emülgatör, stabilizör gibi ek katkılara ihtiyaç duyulmadan oluşturulabildiği ve bu emülsiyon oleojelinin 4 aya kadar stabilitesini koruduğu vurgulanmıştır (Patel ve ark., 2013).

#### **2.4. Oleojellerin Gıdalardaki Kullanımları**

Yemeklik likit yağların düşük molekül ağırlığına sahip ve kendiliğinden yapı oluşturan oleojelatörler ile yapılandırılması sonucu üretilen oleojellerin kahvaltılık sürülebilir margarin, fırıncılık şorteningi yerine veya fonksiyonelitesi artırılmış gıdaların üretiminde kullanılabileceği bildirilmiştir. Gıda endüstrisinde oleojel uygulamalarına dair literatürde yer alan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Yu ve ark.(2012) tarafından yapılan konuyla ilgili bir çalışmada yüksek biyoerişebilirliğe ve yüksek kurkumin içeriğine sahip gıda bazlı emülsiyon oleojellerinin üretilmesinin amaçlandığı bildirilmiştir. Çalışmada Hindistan cevizi yağı, mısır özü yağı ve kanola yağı ile orta zincirli yağ asitleri ve farklı emülgatörler (Span 20, 40, 60 ve 80)

kullanılarak farklı konsantrasyonlarda kurkumin içeren emülsiyon oleojellerinin üretildiği belirtilmiştir. *In vitro* lipoliz analizleri sonucunda orta zincirli yağ asitlerinin yüksek sindirilme özelliği sayesinde kurkumin biyoerişilebilirliğinin arttığı vurgulanmıştır. Emülsiyon-oleojel yapısına en yüksek kurkumin yüklemesinin orta zincirli triaçilgliserol (MCT) ile birlikte Span 20 kullanılan örneklerde olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada oleojelator olarak kullanılan MCT'nin GRAS (genel olarak güvenli kabul edilen) statüsünde olduğu ve gıda bazlı oleojellerin üretiminde kullanılabileceği bunun yanı sıra yapıya yüklenen kurkuminlerin oleojel yapısında herhangi bir deformasyon oluşturmadığı bildirilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, geliştirilen oleojelin kurkuminoidlerin ağız yoluyla alımında kullanılmak üzere fonksiyonel bir gıda ürünü olduğu vurgulanmıştır (Yu ve ark., 2012).

Zulim Botega ve ark. (2013) tarafından yapılan bir diğer çalışmada yüksek oleik asit içeren Ayçiçek yağı (%90) ile pirinç kepek mumu (%10) ve emülgatör (%80 mono- ve digliserid, %20 polisorbat 80) kullanılarak üretilen oleojellerin dondurmada katı yağ ikamesi olarak kullanım potansiyelinin araştırıldığı belirtilmiştir. Çalışmada kontrol grubu olarak süt yağı ve yüksek oleik içeriğine sahip ayçiçek yağından elde edilen dondurmaların kullanıldığı bildirilmiştir. Üretilen dondurmalarda yağ damlacıklarının boyutlarının 11.30 – 1.05 µm arasında değiştiği ve oleojel içeren dondurmalarda emülgatör oranı arttıkça yağ damlacıklarının boyutunun büyüdüğü vurgulanmıştır. Yine oleojel içeren dondurmaların havalandırma (overrun) değerlerinin %58.30 olduğu ve bu değerın süt yağı içeren dondurma örneklerinden düşük (%73.10), sıvı yağ içeren dondurma örneklerinden yüksek (%32) olduğu bildirilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, oleojel kullanılarak üretilen dondurmaların sıvı yağ ile üretilen dondurmalarından daha iyi görünüş ve tekstürel özelliklere sahip olduğu ancak bu sonuçların erime noktasına yansımadağı rapor edilmiştir (Zulim Botega ve ark., 2013).

Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan bir diğer çalışmada soya yağı ile %1-6 arasında değişen oranlarda ayçiçek, pirinç kepek ve Candelilla mumu kullanılarak oluşturulan oleojeller ile margarin üretimi gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Üretilen margarinin %80 oleojel (yağ fazı) ve %20 su fazı (yağsız süt) ile oluşturulduğu rapor edilmiştir. Candelilla mumu kullanılarak üretilen margarinlerde faz ayrımı görüldüğü bildirilmiştir. Çalışmada, kontrol grubu olarak kullanılan ticari sürülebilir ürünlerin ve ticari margarin örneklerinin ergime noktalarının 25 – 40 °C arasında değiştiği, %1 - 6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu içeren oleojellerin ise ergime noktalarının 30 -

60 °C arasında değiştiği rapor edilmiştir. Margarin üretiminde kullanılan oleojelin, oleojelatör içeriğindeki artışa bağlı olarak üretilen oleojel-margarinlerinin ergime noktalarının yükseldiği vurgulanmıştır. %1 – 6 arasında değişen oranlarda oleojelatör içeriği ile üretilen oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin 35 °C'de %1.0 - 8.0 değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, üretilen oleojellerin katı yağ içeriklerinin 35 °C'de eklenen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı fakat sıcaklık değişimlerinden etkilenmediği bildirilmiştir. Çalışmada %6 ayçiçek mumu içeren oleojelin kullanıldığı margarinin sertlik değerinin 400 – 500 g kuvvet arasında, aynı oranda pirinç kepek mumu ile üretilen oleojelin kullanıldığı margarinin sertlik değerinin ise 10 – 100 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, margarin üretiminde yağ fazı olarak kullanılan oleojelin oleojelatör içeriği arttıa, margarin örneklerinin sertlik değerlerinin de arttığı belirtilmiştir. Çalışmada, %2 ayçiçek mumu içeren oleojelden üretilen margarinin sertlik değerinin ticari sürülebilir ürünler ile benzer olduğu ve %10 ayçiçek mumu içeren oleojelden üretilen margarinin ise sertlik değerinin ticari margarin örneği ile benzer olduğu bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca kontrol grubu olarak kullanılan sürülebilir örneklerin sertlik değerlerinin 23.20 - 58.80 g kuvvet arasında değiştiği, ticari margarin grubu örneklerinin sertlik değerlerinin ise 1707.60 - 2056.80 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2013).

Calligaris ve ark., (2013) tarafından yapılan konuyla ilgili diğer bir çalışmada palm yağı ve ayçiçek yağı (kontrol grubu) yerine kullanılan MG (monogliserid) hidro ve oleojellerinin ekmek kalitesi üzerine etkileri incelendiği rapor edilmiştir. Çalışmada, palm yağı ile elde edilen ekmeklerin özgül hacim değerlerinin kontrol grubu için 3.09 cm<sup>3</sup>/g palm-MG oleojeli için ise 3.29 cm<sup>3</sup>/g ve MG hidrojelini için 3.32 cm<sup>3</sup>/g olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, ayçiçek yağı ile elde edilen ekmeklerin özgül hacim değerlerinin kontrol grubu için 2.41 cm<sup>3</sup>/g ve MG-ayçiçek oleojeli için 2.38 ve MG hidrojelini için ise 3.17 cm<sup>3</sup>/g olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada, ekmeklerin sıklık değerlerinin kontrol grubu için 1.56 N, palm-MG oleojeli için 1.05 N ve MG-hidrojelini için ise 0.78 N olduğu rapor edilmiştir. Yine ayçiçek yağı ile üretilen ekmeklerin sıklık değerinin 1.44 N, ayçiçek-MG oleojeli için 1.28 ve ayçiçek MG-hidrojelini için ise 0.78 olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sonuç olarak benzer raf ömrü ve duyusal özellikleri sağlayacak doymuş yağ içeriği azaltılmış ürünlerin geleneksel fırıncılık yağları yerine kullanımının araştırılması gereken konular olduğu vurgulanmıştır.

Patel ve ark. (2014) tarafından yapılan diğerk bir çalışmada şellak mumu ile üretilen emülsiyon oleojellerinin a) emlğatr içermeyen kahvaltılık sürülebilir margarin olarak b) ikolata miksinde yağ bağlayıcı ikamesi olarak c) kek üretiminde ise fırıncılık şorteningi olarak kullanım potansiyellerinin araştırıldığı belirtilmiştir. Çalışmada %60 su oranı içeren yağ içinde su emülsiyonlarının emlğatr madde ilavesine gerek duyulmadan hazırlandığı bildirilmiştir. Kontrol grubu olarak sadece palm yağı ve palm yağı (%27) ile şellak oleojeli kullanılarak hazırlanan çikolata miksinde 30 C’ de 4 hafta depolama süresince yağ migrasyonunun gözlemlenmediği rapor edilmiştir. Ticari şorteningi ve şellak olejeli kullanılarak üretilen keklerin tekstürel özelliklerinin oldukça benzer olduğu vurgulanmıştır. Ticari şortening ile üretilen keklerin sertlik değerinin 4.05 N, iğnenebilirlik değerinin ise 1.33 olduğu, olejel ile üretilen keklerin sertlik değerinin 3.48 N, iğnenebilirlik değerinin ise 2.23 olduğu belirtilmiştir. Üretilen keklerde yapılan karşılaştırmalı duysal analiz ile 20 kişiden oluşan panele ‘‘hacim’’, ‘‘gözenek boyutu’’, ‘‘nemlilik’’, ‘‘kırintılı yapı’’, ‘‘süngerimsi yapı’’ ve ‘‘yapışkanlık’’ gibi özelliklerin sorulduğu bildirilmiştir. şellak emülsiyon oleojeli ile üretilen keklerin ticari şortening ile üretilen keklere göre daha yüksek duysal skorlar aldığı vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak bitkisel sıvı yağlar ve şellak mumu kullanılarak üretilen oleojellerin, kahvaltılık sürülebilir margarin, çikolata formülasyonlarında yağ bağlama ajanı ve fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilieceği rapor edilmiştir (Patel ve ark., 2014).

Yapılan bu tez çalışması ile;

- Farklı yemeklik yağlar (balık yağı, rafine fındık yağı, natürel sızma zeytinyağı ve nar çekirdek yağı) ile farklı oleojelatörler (ayçiçek mumu, balmumu, Carnauba mumu ve monogliserid) kullanılarak yenilebilir lipit oleojellerinin geliştirilmesi,
- Geliştirilen oleojellerin üç ay süreyle oda ve buzdolabı sıcaklığındaki stabilitelerinin izlenmesi,
- Seçilen en optimum özellikteki oleojellerin biyo-aktif bileşenlerce (beta-karoten, Vitamin E ve D) zenginleştirilmesi ve farklı aromalar (ilek, muz ve tereyağ ile aromatize edilmesi,
- Biyo aktif bileşenlerce zenginleştirilen ve aromatize edilen oleojellerin depolama stabilitelerinin ve ürün karakterlerinin belirlenmesi,



- Hidrokolloid ve balmumu organojelatörü içeren, natürel zeytinyağı-su emülsiyon organojellerinin geliştirilmesi,
- Geliştirilen emülsiyon organojellerinin ürün özelliklerinin ve depolama stabilitelerinin belirlenmesi,
- Optimum özellikleri taşıyan ve beğenilen oleojellerin kahvaltılık margarin ve sürülebilir alternatif yağ olarak duyuşal özelliklerinin ve tüketici beğenilerinin belirlenmesi,
- Seçilen bazı oleojeller kullanılarak hazırlanan kurabiyelerin kontrole karşı, kalite özelliklerinin ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyaller

Çalışmada kullanılan Carnauba mumu, Balmumu ve Ayçiçek mumları Kahlwax Co. (Kahl GmbH & Co., Trittau, Germany) ve Monomuls® 90-35 Doymuş Mono-Gliserid, BASF Co. (Illertissen, Germany) şirketlerinden satın alınmıştır. Söz konusu mumlara ve mono-gliseride ait spesifikasyonlar Çizelge 3.1’de verilmiştir. Balık yağı (100 g üründe; 91.2 g yağ, 17.9 g doymuş, 48.2 g tekli doymamış ve 25.1 g çoklu doymamış 7% EPA, 10% DHA, 4% diğer omega yağ asitleri (toplamda minimum %21 omega), 850 IU/g vitamin A ve 70 IU/g vitamin D), soğuk pres Nar Çekirdek yağı (2.40% palmitik, 1.87% stearik, 4.68% oleik, 5.25% linoleik, 74.97% punisik, 6.03%  $\alpha$ -eleostearik, 3.34% katalpik, 0.30% araşhidik, 0.42% gadoleik ve 0.23% behenik asit), Natürel Sızma Zeytinyağı (%13.70 palmitik, %1.20 palmitoleik, %2.50 stearik, %71.10 oleik, %10.25 linoleik, %0.60 linolenik, %0.90 araşhidik) ve Rafine Fındık yağı (%0.03 miristik, %5.87 palmitik, %0.2 palmitoleik, %2.64 stearik, %82.7 oleik, %9.50 linoleik, %0.07 linolenik, %0.13 araşhidik ve %0.02 behenik asit) marketlerden temin edilmiştir. Biyo-aktif bileşenler Vitamin E ve Vitamin D (Doğa İlaç Hammaddeleri Ltd. Şti. İstanbul), ve beta-Karoten (Allied Biotech, Tayvan), limon, çilek, muz ve tereyağ aromaları Aromsa A.Ş.’den (AROMSA Besin Aroma ve Katkı Maddeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Türkiye) satın alınmıştır. Gıda kalitesinde Ksantan sakızı (Xanthan Gum) Neimenggu Fufeng Biotechnology Co. (Pekin, Çin) Firmasından ve emülgatörler (Tween20, Tween 80) Sigma Chem. Co. (St. Louis, MO, USA) temin edilmiştir. Örneklerin analizinde kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıkta olup, Sigma Chem. Co. (St. Louis, MO, USA) ve Merck Co. (Darmstadt, Germany) şirketlerinden satın alınmıştır.

Çalışmada, ayrıca kontrol grubu olarak piyasadan satın alınan farklı markalarda ticari mutfak margarini (Margarin - “%70” yağlı; %70 bitkisel yağ karışımının; %30’ u doymamış ve %39.3’ ü doymuş yağ asitleri, *trans* yağ asidi içeriği < %0.7), ticari kahvaltılık margarin (Margarin - “%59” yağlı; 59% bitkisel yağ karışımının, %20’si tekli-doymamış, %15’ i çoklu-doymamış, %24 doymuş yağ asitleri, *trans* yağ içeriği < %1) ve ticari fırıncılık şorteningi (Margarin; %80 ≤ Yağ ≤ %90) ile ticari tereyağı (süt yağlı margarin; %82 süt yağı) kullanılmıştır.

**Çizelge 3. 1.** Oleojel üretiminde kullanılan jel ajanlarının üretici firmalar tarafından sağlanan spesifikasyonları

Oleojelatör	Asit Değeri (mg KOH/g)	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sabunlaşma Değeri (mg KOH/g)	Ergime Noktası (°C)	Toksikoloji Bilgisi
<b>Balmumu (E 901)</b>	17-24	0	87-104	62-65	Gıda Katkısı GRAS (FDA184.1973)
<b>Carnauba (E 903)</b>	2-7	0	78-95	82-86	Gıda Katkısı GRAS (EC95-2, EC 96/77 ve FDA 184.1973)
<b>Ayçiçek Monoglisericid (E 471)</b>	2-8 0-3	0 0-1	75 - 95 90-100	74-80	GMP Gıda Katkısı GRAS (US FDA No. 21 CFR 184.1505)

**Çizelge 3. 2.** Çalışmada kullanılan yemeklik yağlar ve oleojelatörlere ilişkin termal özellikler

Örnek	Kristalleşme			Ergime		
	Onsetc (°C)	Pik(Tc) (°C)	ΔHc (J/g)	Onsetm (°C)	Pik(Tm) (°C)	ΔHm (J/g)
<b>Balık yağı</b>	-11.24 ± 0.00	-13.83 ± 0.00	-4.77 ± 0.00	-26.95 ± 0.18	-18.07 ± 0.36	40.74 ± 1.22
<b>Fındık yağı</b>	-19.35 ± 0.00	-22.50 ± 0.00	-0.75 ± 0.00	-16.70 ± 0.38	-8.92 ± 0.42	66.26 ± 5.53
<b>Nar Ç. Yağı</b>	-11.09 ± 0.00	-16.26 ± 0.00	-1.93 ± 0.00	-25.00 ± 0.06	-23.54 ± 0.00	0.57 ± 0.03
<b>N. Zeytinyağı</b>	-13.99 ± 0.00	-17.38 ± 0.00	-6.32 ± 0.00	-12.65 ± 1.46	-3.96 ± 0.44	71.36 ± 1.13
<b>Balmumu</b>	60.76 ± 0.03	58.28 ± 0.18	-171.29 ± 8.32	51.98 ± 0.38	63.15 ± 0.17	174.45 ± 6.17
<b>Carnauba mumu</b>	77.87 ± 0.09	75.04 ± 0.50	-183.81 ± 3.99	67.89 ± 0.60	81.04 ± 0.09	182.15 ± 7.09
<b>Monoglisericid</b>	11.16 ± 0.89	10.14 ± 0.12	-23.27 ± 3.08	10.62 ± 0.10	13.20 ± 0.02	24.20 ± 1.04
<b>Fraksiyon II</b>	63.83 ± 0.03	61.17 ± 0.02	-105.71 ± 9.47	61.72 ± 0.15	65.83 ± 0.19	103.97 ± 6.42
<b>Ayçiçek mumu</b>	74.05 ± 0.13	69.27 ± 0.16	-197.40 ± 6.66	68.78 ± 0.14	76.30 ± 0.03	199.68 ± 9.22

## 3.2. Yöntemler

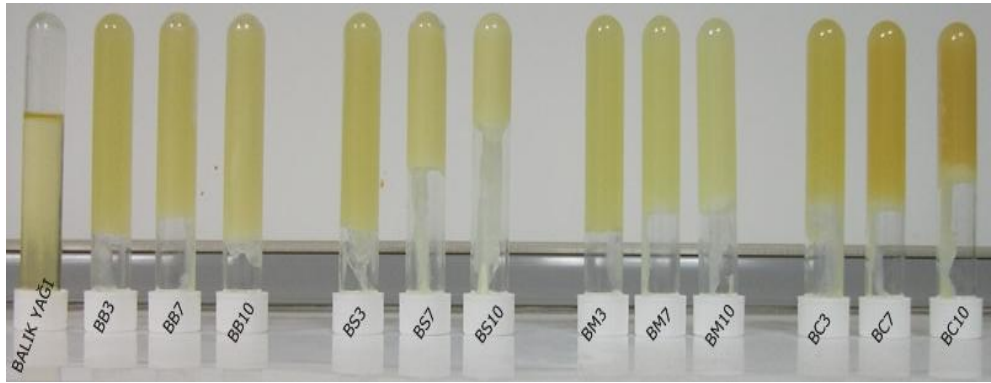
### 3.2.1. Farklı likit yağ stokları ve oleojelatörler kullanılarak yemeklik oleojellerin hazırlanması ve özelliklerinin belirlenmesi

Oleojel oluşumu için, 90 °C’ deki su banyosunda tamamen ergitilen doymuş monoglisericid ve mumlar (Ayçiçek, Balmumu ve Carnauba mumu), aynı sıcaklıktaki yağlar (balık, fındık, nar çekirdek ve natürel zeytinyağı) ile belirlenen oranlarda (%3, %7 ve %10) homojen şekilde karıştırılmıştır. Daha sonra elde edilen bu homojen likit karışım steril 100 g’lık kaplara her bir kaba 50 g oleojel olacak şekilde doldurulmuş ve kaplar kapatılmıştır. Oleojel oluşumu için örnekler 24 saat boyunca oda sıcaklığında ve 4 °C’ de buzdolabında bekletilmiş ve aynı sıcaklıklarda 3 ay boyunca depolamaya alınmıştır. Çalışma için üretilen oleojel örneklerine ilişkin oluşturulan örnek kodları ve formülasyonları Çizelge 3.3’de

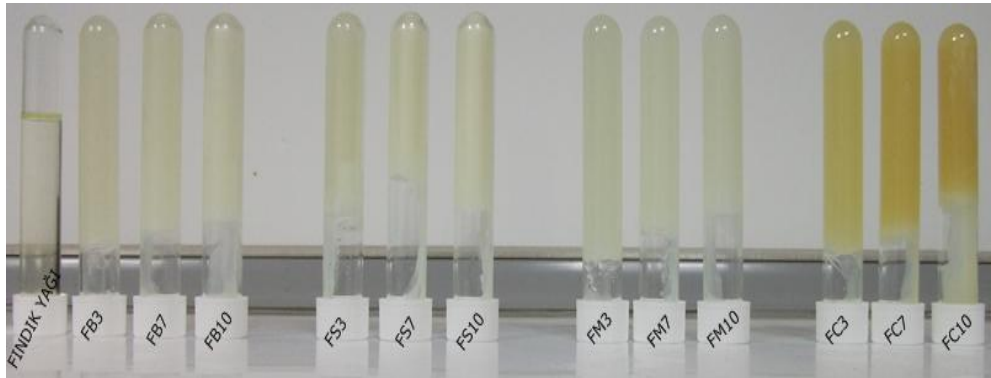
verilmiştir. Veri tablolarında da bu kodlar kullanılmıştır. Çalışma iki tekerrürlü olarak planlanmış ve örnekler için planlanan tüm analizler her tekerrürde iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 3. 3.** Çalışmada oluşturulan oleojellerin formülasyonları ve örnek kodları

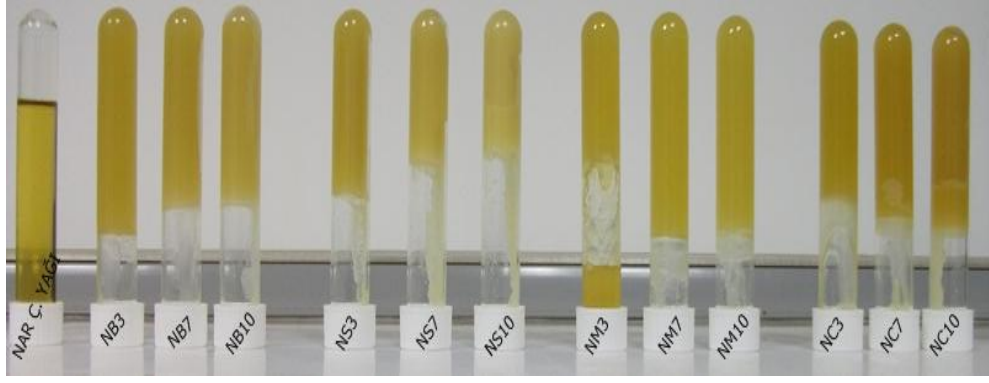
Yağlar	Ayçiçek Mumu			Balmumu			Carnauba Mumu			Monogliserid		
	%3	%7	%10	%3	%7	%10	%3	%7	%10	%3	%7	%10
Balık Yağı	BS3	BS7	BS10	BB3	BB7	BB10	BC3	BC7	BC10	BM3	BM7	BM10
Fındık Yağı	FS3	FS7	FS10	FB3	FB7	FB10	FC3	FC7	FC10	FM3	FM7	FM10
Nar Ç. Yağı	NS3	NS7	NS10	NB3	NB7	NB10	NC3	NC7	NC10	NM3	NM7	NM10
Zeytinyağı	ZS3	ZS7	ZS10	ZB3	ZB7	ZB10	ZC3	ZC7	ZC10	ZM3	ZM7	ZM10



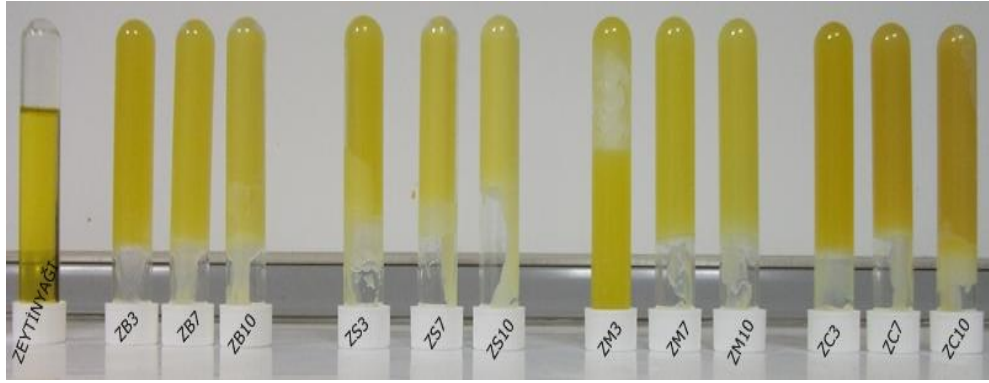
**Şekil 3. 1.** Çalışma kapsamında geliştirilen balık yağı oleojelleri



**Şekil 3. 2.** Çalışma kapsamında geliştirilen fındık yağı oleojelleri



Şekil 3. 3. Çalışma kapsamında geliştirilen nar çekirdek yağı oleojelleri



Şekil 3. 4. Çalışma kapsamında geliştirilen nar çekirdek yağı oleojelleri

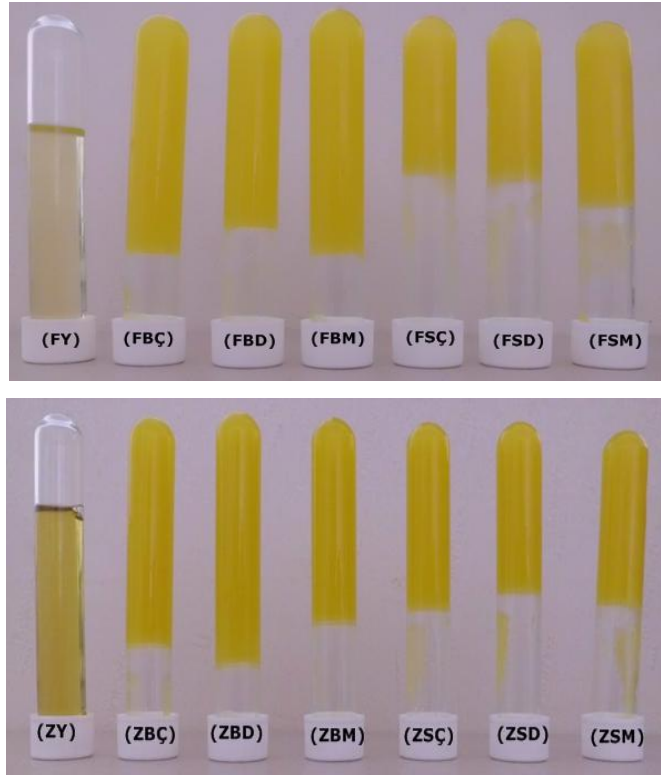
### 3.2.2. Biyo-aktif bileşenler ve aroma maddeleri içeren katkı oleojel ürünlerinin geliştirilmesi

Aromatize oleojel oluşumu için, 90 °C' deki su banyosunda tamamen ergitilen ayçiçeği ve balmumu mumları, aynı sıcaklıktaki yağlar (natürel zeytinyağı ve rafine fındık yağı) ile belirlenen oranda (%5) homojen şekilde karıştırılmıştır. Yine aynı sıcaklıkta belirlenen miktarda (Çizelge 3.4) biyo-aktif bileşenler (Vit. E, Vit. D ve beta Karoten) ile aromalar (muz, çilek ve tereyağ) ergimiş haldeki sıcak karışıma ilave edilmiştir. Oleojel oluşumu için örnekler 24 saat boyunca oda sıcaklığında ve 4 °C'de buzdolabında bekletilmiş ve aynı sıcaklıklarda 3 ay boyunca depolamaya alınmıştır. Daha sonra elde edilen bu homojen likit karışım steril 100 g'lık kaplara her bir kaba 50 g oleojel olacak şekilde doldurulmuş ve kaplar kapatılmıştır. Çalışma için üretilen aromatize oleojel örneklerine ilişkin oluşturulan kompozisyonlar ve örnek kodları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Veri tablolarında da bu kodlar kullanılmıştır. Çalışma tekerrürlü olarak planlanmış ve örnekler için planlanan tüm analizler her tekerrürde iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 3. 4.** Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellere ait formülasyonlar ve örnek kodları

Örnek kodu	Yağlar		Organojelatörler		Biyo-Aktif Bileşenler			Aromalar		
	Fındık yağı (%)	Zeytinyağı (%)	Ayçiçek mumu (%)	Balmumu (%)	Vit. E (mg/kg)	Vit. D (mg/kg)	beta-Karoten (mg/kg)	Çilek (%)	Tereyağ (%)	Muz (%)
<b>FBC</b>	95	-	-	5.00	500	500	25	0.5	-	-
<b>FBD</b>	95	-	-	5.00	500	500	25	-	0.5	-
<b>FBM</b>	95	-	-	5.00	500	500	25	-	-	0.5
<b>FSC</b>	95	-	5.00	-	500	500	25	0.5	-	-
<b>FSD</b>	95	-	5.00	-	500	500	25	-	0.5	-
<b>FSM</b>	95	-	5.00	-	500	500	25	-	-	0.5
<b>ZBÇ</b>	-	95	-	5.00	500	500	25	0.5	-	-
<b>ZBD</b>	-	95	-	5.00	500	500	25	-	0.5	-
<b>ZBM</b>	-	95	-	5.00	500	500	25	-	-	0.5
<b>ZSC</b>	-	95	5.00	-	500	500	25	0.5	-	-
<b>ZSD</b>	-	95	5.00	-	500	500	25	-	0.5	-
<b>ZSM</b>	-	95	5.00	-	500	500	25	-	-	0.5



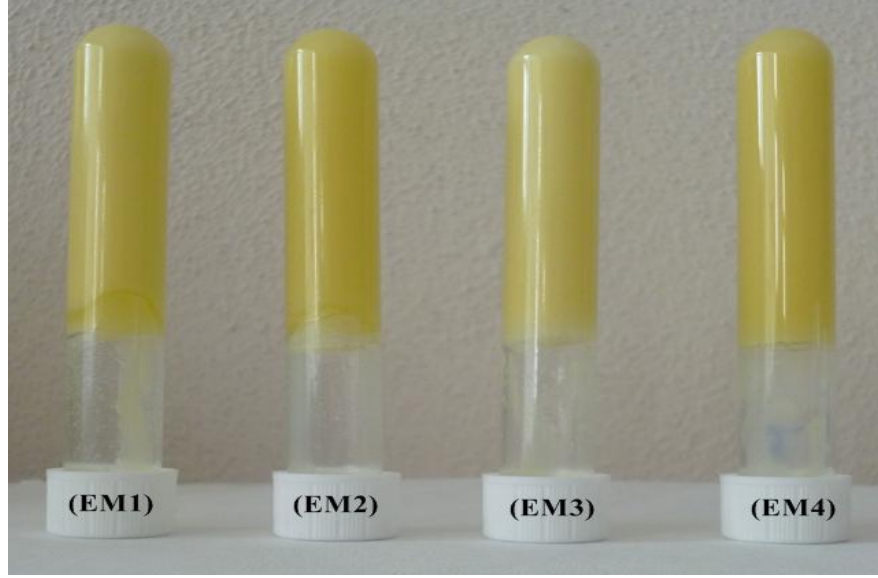
**Şekil 3. 5.** Biyo-aktif bileşen içeren aromatize fındık ve natürel zeytinyağı oleojelleri

### 3.2.3. Emülsiyon Oleojellerinin Hazırlanması ve Karakterizasyonu

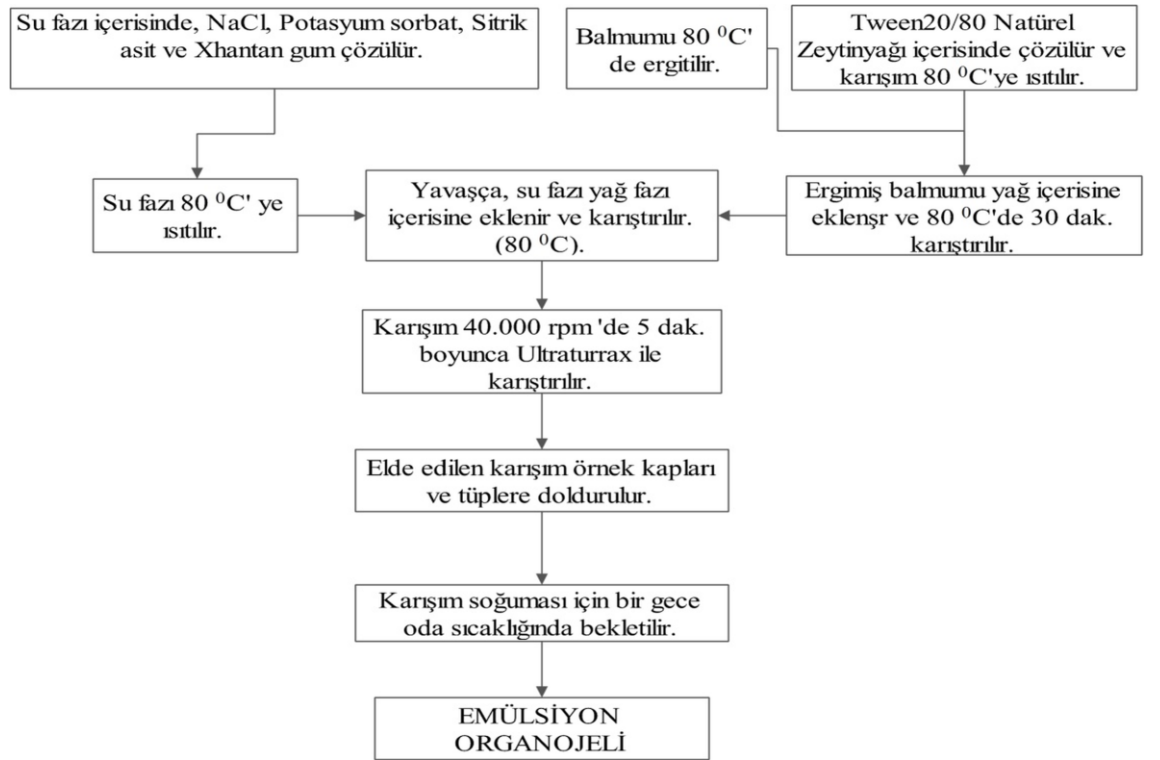
Çizelge 3. 5. Çalışma kapsamında hazırlanan emülsiyon oleojellerinin formülasyonları

Örnekler	Yağ Fazı				Su Fazı					Toplam Miktar
	Yağ (g)	Balmumu (g)	Tween20 (g)	Tween80 (g)	Su (g)	NaCl (g)	Potasyum Sorbat (g)	Sitrik Asit (g)	Ksantan Gum (g)	
EM1	84.00	4.50	-	1.50	9.20	0.50	0.20	0.10	-	100
EM2	84.50	4.50	1.00	-	8.70	0.50	0.20	0.10	0.50	100
EM3	67.75	3.75	-	3.50	24.20	0.50	0.20	0.10	-	100
EM4	70.25	3.75	1.00	-	23.20	0.50	0.20	0.10	1.00	100

Emülsiyon oleojellerinin oluşturulmasında HLB değeri farklı emülgatörler Sorbitan tristearate (Span 65), Glycerol monostearate, Sorbitan monostearate, (Span 60), Soya lesitini ile hidrokolloidler (Gum arabik, Ksantan gum ve Keçiboynuzu zamkı) kullanılarak farklı formülasyonlarda birçok denemeler yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda elde edilen emülsiyon organojellerinden optimum özellikleri taşıyan ve stabil olan formülasyonlar belirlenmiş (Çizelge 3.5) ve üretilmiştir. Üretilen emülsiyon-oleojel ürünleri Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Buna göre, emülsiyon oleojellerinin üretimi için öncelikli olarak su ve yağ fazları ayrı ayrı hazırlanmıştır. Su fazı; Sodyum klorür (NaCl), Potasyum sorbat ( $C_6H_7KO_2$ ), Sitrik asit ( $C_6H_8O_7$ ) ve Ksantan gum içermektedir. Yağ fazı ise; emülgatör, balmumu ve naturel zeytinyağından oluşmaktadır. Öncelikle yağ fazı ve su fazı 80 °C' ye kadar ısıtılmış sonra izotermal koşullarda yavaşça su fazı, yağ fazı içerisine eklenmiştir. Elde edilen karışım 40.000 rpm' de 5 dak boyunca karıştırılmıştır. Son olarak emülsiyon oleojel oluşumu için karışım oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Emülsiyon oleojel oluşumuna ait detaylı üretim akış şeması Şekil 3.7' de verilmiştir. Daha sonra elde edilen likit karışım steril 100 g' lık kaplara her bir kaba 50 g emülsiyon oleojeli olacak şekilde doldurulmuş ve kaplar kapatılmıştır. Elde edilen örnekler 90 gün boyunca oda sıcaklığında ve buzdolabı sıcaklığında olmak üzere iki farklı sıcaklıkta depolamaya alınmıştır.



Şekil 3. 6. Çalışma kapsamında geliştirilen zeytinyağı ve balmumu temelli emülsiyon oleojelleri



Şekil 3. 7. Organojel emülsiyonlarına ait üretim akış şeması



### **3.2.4. Optimum özelliklerdeki oleojellerin, kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak ve fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması**

Bu amaçla, analiz sonuçlarından elde edilen verilere dayanarak, balık yağı, fındık yağı ve natürel zeytinyağı ile ayçiçek mumu ve balmumu seçilmiş ve bu materyaller kullanılarak hazırlanan oleojeller incelenmiştir.

#### **3.2.4.1 Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak aromatize balık yağı oleojellerinin hazırlanması**

Aromatize oleojel oluşumu için, 90 °C' deki su banyosunda tamamen ergitilen balmumu, aynı sıcaklıktaki balık yağı ile belirlenen oranda (%5) homojen şekilde karıştırılmıştır. Yine aynı sıcaklıkta limon ve çilek aromaları karışıma ilave edilmiştir. Oleojel oluşumu için örnekler 24 saat boyunca 4 °C' de buzdolabında bekletilmiştir. Daha sonra elde edilen likit karışım steril 100 g'lık kaplara her bir kaba 50 g emülsiyon oleojeli olacak şekilde doldurulmuş ve kaplar kapatılmıştır. Çalışma tekerrürlü olarak planlanmış ve örnekler için planlanan tüm analizler her tekerrürde iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örnek 90 gün boyunca oda sıcaklığında ve buzdolabı sıcaklığında olmak üzere iki farklı sıcaklıkta depolamaya alınmıştır.

#### **3.2.4.2. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak rafine fındık ve natürel zeytinyağı oleojellerinin hazırlanması**

Oleojel oluşumu için, 90 °C' deki su banyosunda tamamen ergitilen mumlar (Ayçiçek mumu ve Balmumu), aynı sıcaklıktaki yağlar (rafine fındık ve natürel zeytinyağı) ile belirlenen oranlarda (%5) homojen şekilde karıştırılmıştır. Oleojel oluşumu için örnekler 24 saat boyunca 4 °C' de buzdolabında bekletilmiştir. Daha sonra elde edilen likit karışım steril 250 g'lık kaplara her bir kaba 175 g oleojel olacak şekilde doldurulmuş ve kaplar kapatılmıştır. Çalışma iki tekerrürlü olarak planlanmış ve örnekler için planlanan tüm analizler her tekerrürde iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 8. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak natürel zeytinyağı oleojelleri



Şekil 3. 9. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak rafine fındık yağı oleojelleri

### 3.2.4.3. Rafine fındık yağı oleojellerinin fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması

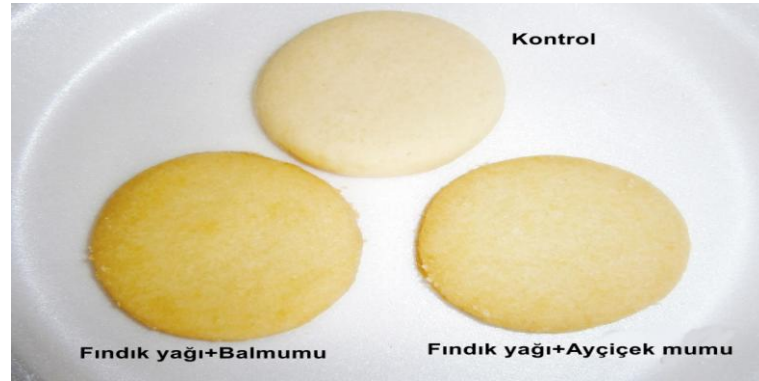
Çalışmada elde edilen optimum özellikteki oleojellerin fırıncılık şorteningi olarak potansiyellerini belirlemek üzere bileşimi standart ticari kurabiye karışımı ile elde edilen kurabiyeler kullanılmıştır. Bu amaçla kurabiyeler, kontrol grubu olarak ticari bir şortening ve rafine fındık yağı oleojelleri kullanılarak üretilmiştir. Kurabiye formülasyonunda şortening olarak yer alan rafine fındık yağı oleojellerinin hazırlanması için, 90 °C'deki su banyosunda tamamen eritilen ayçiçeği ve balmumu mumları (%5), aynı sıcaklıktaki rafine fındık yağı (%95) ile belirlenen oranlarda homojen şekilde karıştırılmıştır. Oleojel oluşumu için örnekler 24 saat boyunca 4 °C'de buzdolabında bekletilmiştir. Hazırlanan kurabiyelere ait formülasyon Çizelge 3.6'da verilmiştir. Kurabiyelerin formülasyonlarındaki farklılıklar hariç diğer tüm deney koşulları (pişirme hızı, süresi ve sıcaklığı vs.) kontrollü ve eşit olarak hazırlanmıştır. Buna göre tüm üretimlerde kurabiye

hamuru 10 dak boyunca yoğrulmuş, 4 mm kalınlığında ve 8 cm çapında kurabiye kalıplarına koyularak 175 °C'de 15 dak pişirilmiştir. Çalışma tekerrürlü olarak planlanmış ve örnekler için planlanan tüm analizler her tekerrürde iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 3. 6.** Çalışmada üretilen kurabiyelere ait formülasyonlar

<b>Bileşenler (%)</b>	<b>*Kontrol (g)</b>	<b>**Oleojel -1- (g)</b>	<b>***Oleojel- 2- (g)</b>
<sup>1</sup> <b>Kurabiye Karışımı</b>	68.77	68.77	68.77
<b>Homojenize Yumurta</b>	7.15	7.15	7.15
<b>*Margarin</b>	24.07	-	-
<b>**Fındık yağı + Ayçiçek mumu</b>	-	<b>24.07</b>	-
<b>***Fındık yağı + Balmumu</b>	-	-	<b>24.07</b>

<sup>1</sup>Buğday unu, şeker, maltodekstrin, mısır nişastası, kabartma tozu, tuz.



**Şekil 3. 10.** Çalışmada üretilen kurabiye örnekleri

### 3.3. Metotlar

Geliştirilen tüm taze yemeklik yağ ve biyoaktif bileşen içeren aromatize oleojel örneklerinde, minimum jel oluşturma konsantrasyonu (MJK), kristal oluşum zamanı (KOZ), yağ bağlama kapasitesi (YBK), polarize ışık mikroskopisi (PLM), X-ışınları kırınım desenleri (XRD), nükleer manyetik rözenans spektroskopisi (NMR) ile katı yağ içeriği (KYİ), Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FT-IR), Differansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) ile termal özelliklerin belirlenmesi gibi analizler ortak

olarak yapılmıştır. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize taze oleojel örneklerinde yukarıda sayılan analizlerden farklı olarak gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi (GC-MS) ile aroma profilleri, duyuusal tanımlama testi (QDA) ile duyuusal özellikleri belirlenmiştir. Emülsiyon oleojel örneklerinde ise farklı olarak santrifüj stabilite testi (SS) taze örneklerde yapılmıştır. Depolama süresi boyunca tüm oleojel örneklerinde ortak olmak üzere tekstürel özelliklerin belirlenmesi, renk ölçümü ve oksidasyon derecesinin belirlenmesi (peroksit sayısı) gibi analizler yapılmıştır. Depolama sürecinde farklı olarak aromatize oleojellerde, toplam antioksidan kapasite ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak değerlendirilmesi amacıyla üretilen balık yağı oleojellerinde, farklı olarak depolama süresi boyunca DSC ile oksidatif indüksiyon zamanı (OİT) belirlenmiştir. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak değerlendirilmesi amacıyla üretilen fındık ve zeytinyağı oleojellerinde farklı olarak kalori analizi, iyot sayısı (IV), serbest yağ asitliği (SYA) ve duyuusal özelliklerin belirlenmesi amacıyla duyuusal tanımlayıcı analiz (QDA), tüketici testi, tüketici anketi gibi analizler sadece taze örneklerde uygulanmıştır. Üretilen oleojellerin fırıncılık şorteningi olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesine yönelik üretilen kurabiyelerde, pH ölçümü, nem miktarı, yağ miktarı, kül, kalori ölçümü, ağırlık ve şekil ölçümleri ile duyuusal özelliklerin belirlenmesi amacıyla tüketici beğeni testi ve lezzet tekstür profil analizi (LPA) sadece taze örneklerde gerçekleştirilmiştir.

### **3.3.1. Fiziksel Analizler**

#### **3.3.1.1. Minimum Jel Oluşturma Konsantrasyonu (%MJK)**

Jel oluşumu sağlayan minimum jelatör konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla 90 °C’ deki su banyosunda tamamen ergitilen doymuş mono-gliserid ve mumlar, aynı sıcaklıktaki yağlar ile belirlenen oranlarda (%1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10) homojen şekilde karıştırılarak tüplere alınmıştır. Örnek içeren tüplerin 90° çevrilerek paralel hale getirildiklerinde akışın olmadığı minimum konsantrasyon olarak kaydedilmiştir (Hwang ve ark., 2012). Oleojel örneklerinin MJK ölçümleri sadece taze örneklerde yapılmıştır.

#### **3.3.1.2. Kristalizasyon Zamanı (KOZ) Ölçümü**

Kristalizasyon zamanı ölçümü (KOZ) için, jel içeren tüpler su banyosunda 90 °C’ de tamamen ergitilmiş ve 2 saat boyunca su banyosunda bekletilerek sıcaklığın sabitlenmesi beklenmiştir. Daha sonra su banyosundan oda sıcaklığına çıkartılmış ve jelleşmenin tam

oluştugu zaman gözlemlenmiştir. Kristalizasyon süresi tüplerin 90° çevrilerek paralel hale getirildiklerinde akışın durduğu süre olarak kaydedilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Oleojel örneklerinin KOZ ölçümleri sadece taze örneklerde yapılmıştır.

### 3.3.1.3. Yağ Bağlama Kapasitesi (%YBK) Ölçümü

Yağ bağlama kapasitesi ölçümü için, 90 °C'deki su banyosunda tam olarak ergitilmiş oleojel örnekleri tarası alınmış eppendorf tüplerine (a) yaklaşık 1 ml miktarında aktarılmıştır. Örnek içeren eppendorf tüpleri jelleşme için 1 saat süreyle +4 °C'de bekletilmiştir. Jel oluşumundan sonra tekrar tartıma alınan eppendorf tüpleri (b), (epp. tüpü + örnek) 20 °C'de 15 dk. süreyle 10.000 rpm hızla santrifüj edilmiştir. Santrifüjden alınan örnekler ters çevrilerek 3 dk boyunca drenaj işlemi uygulanmıştır. Drenaj işleminden sonra örnekler tekrar tartıma alınmış (c) ve yağ bağlama kapasitesi (%YBK) eşitlik (3.1) yardımıyla hesaplanmıştır. Oleojel örneklerinin YBK ölçümleri sadece taze örneklerde yapılmıştır (Da Pieve ve ark., 2010).

$$\%Serbest\ Yağ = \frac{(b - a) - (c - a)}{(b - a)} \times 100 \quad \%YBK = 100 - \%Serbest\ Yağ \quad (3.1)$$

### 3.3.1.4. Santrifüj Stabilite Testi

Bu amaçla falcon tüplerine 5 g emülsiyon organojel örneği alınmış ve buzdolabı sıcaklığında bir gün şartlandırıldıktan sonra oda sıcaklığında 1300 g'de 15 dakika santrifüj edilmiş ve sonrasında emülsiyonun kırılıp, kırılmadığı kontrol edilmiştir. Bu testte dayanıklı olan örnekler pozitif (+) (stabil) olarak değerlendirilmiştir (Morais ve ark., 2006).

### 3.3.1.5. Nem Miktarı

Kurabiye örneklerinin nem miktarları başlangıçta ve depolama süresince (0., 10., 20. ve 30. Gün) IR nem analiz cihazı (Ohaus, MB45) kullanılarak iki paralel olacak şekilde belirlenmiştir (Öğütücü ve ark., 2008).

### 3.3.1.6. Su aktivitesi (aw)

Su aktivitesi, ±0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm probu (Testo-AG 400) kullanılarak belirlenmiştir (Filipcev ve ark., 2011).

### **3.3.1.7. En, boy, kalınlık ölçümü**

En (mm), boy (mm) ve kalınlık (mm) ölçümleri rastgele seçilen yirmi adet kurabiyede kumpasla yapılmıştır ve sonuçlar 10 ölçümün ortalaması olarak verilmiştir (Sertakan, 2006).

### **3.3.1.8. Ağırlık ölçümü**

Hassas terazi kullanılarak kurabiyeler fırından çıktıktan ve 30 dakika soğutulduktan sonra ağırlık ölçümleri yapılmıştır ve sonuçlar g üzerinden 10 ölçümün ortalaması olarak verilmiştir (Sertakan, 2006).

### **3.3.1.9. pH tayini**

Ölçümün esası, pH metre elektrotunun içindeki sıvı ile kurabiye numunesinden hazırlanan sıvı arasındaki potansiyel farkının ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır. 150 ml'lik behere 25 g kurabiye tartılarak, saf su ile 100 ml ye tamamlanarak iyice karıştırıldıktan sonra pH metre elektrodu çözeltiliye daldırılarak pH ölçümü gerçekleştirilmiştir (AOAC, 2000).

### **3.3.1.10. Renk Ölçümü**

Çalışmada üretilen oleojellerin ve kuarabiyelerin renk ölçümleri Minolta CR-400 cihazı (Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan) ile CIE lab standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu standartta L parlaklık/koyuluk, a\* kırmızılık (+) / yeşillik (-), b\* sarılık (+) / mavilik (-) değerlerini ifade etmektedir (Öğütçü ve ark., 2008). Oleojel örneklerinin renk ölçümleri depolama süresi boyunca 0., 30., 60. ve 90. günlerde gerçekleştirilmiştir.

## **3.3.2. Kimyasal analizler**

### **3.3.2.1. İyot sayısı**

İyot sayısı, yağların doymamışlık derecelerinin bir ölçüsü olup uygulamada ağırlık olarak 100 g yağ tarafından absorbe edilen iyodun ağırlığı olarak belirtilmektedir. İyot sayısı analizi AOCS Cd1-25'e göre yapılmıştır (AOCS, 1998). Örneklerin iyot sayısı değerleri eşitlik (3.2) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$IS = \frac{(V_2 - V_1)}{m} \times 1.269 \quad (3.2)$$

$V_2$ = Şahit için harcanan 0.1 N sodyum tiosülfat çözeltisi (mL)

$V_1$ = Örnek için harcanana 0.1 N sodyum tiosülfat çözeltisi (mL)

$m$ = Örnek ağırlığı (g)

### 3.3.2.2. Serbest yağ asitliği

Analizin esas bir çözücü karışımında (dieterler: etanol, 50:50, v/v) çözümlenerek hazırlanmış numunenin etanolde hazırlanmış ayarlı potasyum hidroksit çözeltisi ile titrasyonu esasına dayanmaktadır. Serbest yağ asitleri % oleik/linoleik asit cinsinden tespit edilmiştir (AOCS, 1998).

İncelenen örneklerin serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde AOCS (Cd-3a-63) sayılı metot uygulanacaktır. Yüzde serbest yağ asitliği, yağlarda bağlı olmayan yağ asitleri toplamının oleik/linoleik asit yüzdesi olarak belirtilmiştir. 250 ml'lik erlene 5 g yağ tartılmış ve üzerine 50 ml benzen-alkol fenolfitalein karışımı ilave edilerek karışım 0,05 N KOH çözeltisi ile hafif pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon çözeltisinin sarfiyatı mL olarak tespit kayda geçirilmiştir. Aynı işlem numune katılmaksızın (Kör Deneme) yapılarak kör denemede harcanan titrasyon çözeltisi miktarı numuneli titrasyonun sarfiyatından çıkarılmak suretiyle örneklere ait serbest yağ asitliği değerleri eşitlik (3.3) yardımıyla hesaplanmıştır (AOCS, 1998).

$$\%S.Y.A \text{ (oleik asit cinsinden)} = \frac{282 \times 0.05 \times V}{m} \text{ veya}$$

$$\text{Asit Sayısı (mgKOH/g)} = \left(\frac{V}{m}\right) \times 5.60 \quad (3.3)$$

$V$ = Titrasyonda harcanan 0,05 N KOH miktarı (mL)

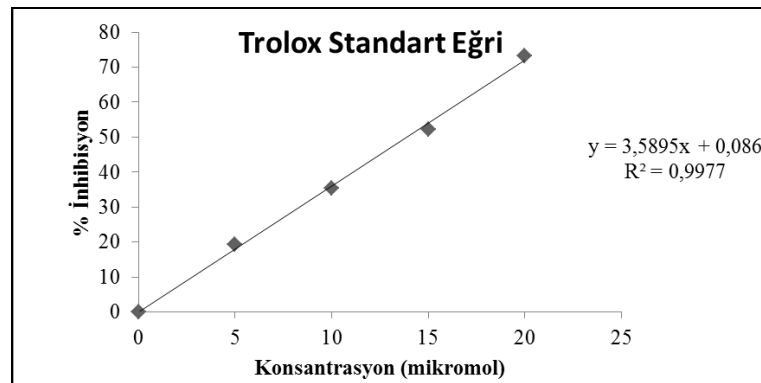
$m$ = Numune tartımı (g)

### 3.3.2.3. Yağ tayini ve yağ ekstraksiyonu

Yağ tayininde esas örnekteki yağı çözücü bir madde ile almak, sonra bu maddeyi buharlaştırmak suretiyle ayırmak ve kalan yağ miktarını tespit etmektir. Araştırma materyali kurabiyeler porselen havanlarda dövülerek toz haline getirilmiş % yağ tayini AOCS (Ai 3-75) göre yapılmıştır (AOCS,1998).

### 3.3.2.4. Toplam Polar Antioksidan Aktivite Ölçümü

*Ekstraksiyon işlemi;* alınan 1 g oleojel örneği 5 ml hekzan içerisinde tamamen çözülüp üzerine 5 ml metanol: su (80:20) karışımı eklenip 10 dak boyunca vortekslendikten sonra 3500 rpm'de 10 dak +4 °C'de santrifüj edilmiştir. Santrifüjden alınan tüpler içerisindeki berrak sıvı alınarak örneklerin toplam antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir (Papoti ve Tsimidou 2009). Örneklerinin antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla TEAC (trolox equivalent antioksidan kapasitesi) yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin esası yeşil renkli stabil bir bileşik olan ABTS [2.2-Azinobis-(3-Etibenzotiozidin-6-Sulfonik asit)] radikalinin indirgenmesi sonucu renkte oluşan azalmanın spektrofotometrik olarak ölçülmesine dayanmaktadır. Antioksidan standardı olarak ise bir E vitamini analogu olan Trolox kullanılmış ve son konsantrasyon 5-20 µm olacak şekilde %80 etanol yardımıyla trolox standartları hazırlanmış ve standart eğrinin çizimi için kullanılmıştır. Radikal çözeltisine (1000 µl) farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart çözeltileri ekledikten sonra 6 dakika boyunca çözelti renginde meydana gelen azalma spektrofotometrik olarak ölçülerek bu süre sonunda kaydedilen % inhibisyon değerleri konsantrasyona karşı grafiğe aktarılarak Trolox standart eğrisi çizilmiştir. Trolox standart eğrisi Şekil 3.11'de verilmiştir. Analize alınan örneklerin antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla radikal çözeltisine üç farklı hacimde örnek ekstraktı eklendikten sonra 6 dakika boyunca çözelti renginde meydana gelen azalma spektrofotometrik olarak ölçülüp yine aynı şekilde başlangıç ve 6. dak sonunda okunan absorbans değerleri arasındaki farktan % inhibisyon değeri hesaplanarak Trolox standart eğrisi (regresyon denklemi) yardımıyla örneklerinin TEAC değerleri (µmol TE/g örnek) tespit edilmiştir (Re ve ark., 1999).



Şekil 3. 11. Toplam antioksidan aktivite tayini için oluşturulan Trolox standart eğrisi



### 3.3.2.5. Oksidasyon Derecesinin Belirlenmesi

Peroksit sayısı ölçümünde, asetik asit ve kloroform karışımı içinde çözülmüş numunenin, potasyum iyodür çözeltisi ile reaksiyonu sonucu açığa çıkan iyodun ayarlı sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titrasyonu esasına dayanan yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir (AOCS, 1980). Olejel örneklerinin peroksit sayısı ölçümleri depolama süresi boyunca 0., 30., 60. ve 90. günlerde gerçekleştirilmiştir.

İncelenen örneklerin peroksit sayısının belirlenmesinde AOCS (Cd 8–53) metot uygulanmıştır. Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1000 g yağ numunesinde bulunan ve deney koşullarında potasyum iyodürü oksitleyen peroksit oksijenin, milieşdeğergram olarak miktarının tayin edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Numunelerden elde edilen yağlardan 2'şer g hassas olarak tartılarak 2:3 kloroform:asetik asit ilave edilerek çözüldükten sonra iyice çalkalanarak yağı çözünmesi sağlanmıştır. 1 mL doymuş potasyum iyodür eklendikten sonra, 5 dak ışıktan uzak bir yerde bekletilmiş ve daha sonra 75 mL distile su ilave edilerek tekrar kuvvetlice çalkaladıktan sonra 2-3 damla %1'lik nişasta çözeltisi damlatılan örnekler 0,01 N Sodyum tiyo sülfat ile mavi renk kaybolana kadar titre edilmiştir. Aynı şekilde numunesiz kör deneme yaparak titrasyon sarfiyatı tespit edilerek ve elde edilen değerler eşitlik (3.4)'de belirtilen formüle yerleştirilerek örneklere ait peroksit sayısı değerleri hesaplanmıştır (AOCS, 1980).

$$P. S. = \frac{(V_1 - V_0) \times N}{T \times 1000} \quad (3.4)$$

V<sub>1</sub>= Numune için harcanan Sodyum tiyosülfat çözeltisi, (mL)

V<sub>0</sub>= Kör deneme için harcanan Sodyum tiyosülfat çözeltisi, (mL)

N = Sodyum tiyosülfat çözeltisi normalitesi

T = Numune tartımı (g)

### 3.3.3. Enstrümental Analizler

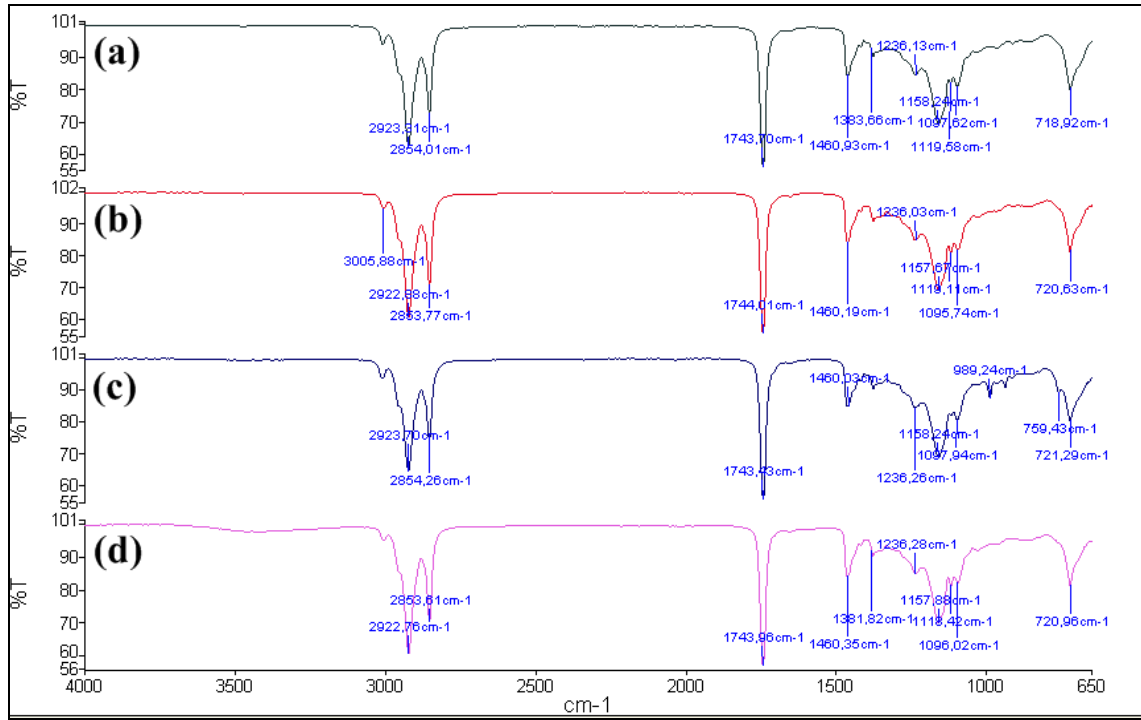
#### 3.3.3.1. NMR ile katı yağ içeriği (% SFC) ölçümü

Tüm olejel örnekleri 90 °C'deki su banyosunda tamamen ergitilmiştir. Ergitilen örnekler NMR tüplerine 3.5 ml hacminde alınmıştır. Tüpe alınan örnekler 1 saat boyunca 0 °C'deki su banyosunda şartlandırıldıktan sonra, 20 °C'deki ölçümler için 30 dak 20 °C'deki su banyosunda 35 °C'deki ölçümler için 30 dak 35 °C'deki su banyosunda bekletilmiştir. NMR cihazının kalibrasyonu %0, %31 ve %73.5 katı yağ içeriğine sahip solüsyonlar kullanılarak yapılmıştır. Hazırlanan numunelerin %SFC ölçümleri NMR (Bruker NMR

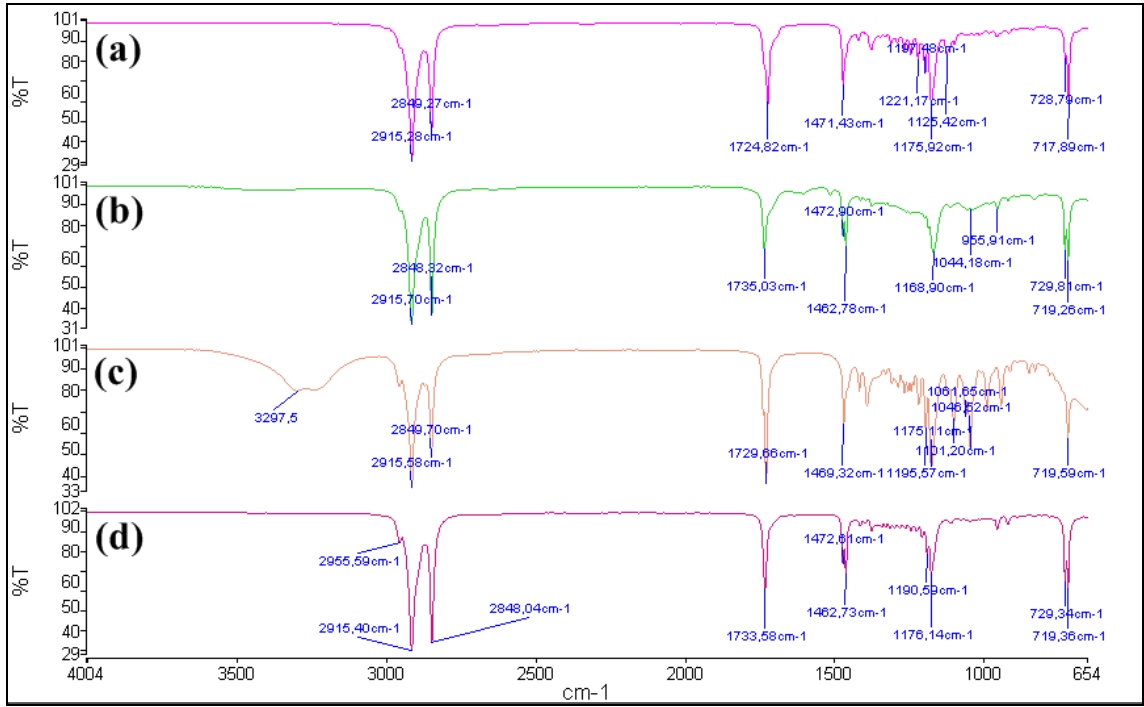
Analyzer mq20 The Minispec, Bruker Optics, Inc.) cihazı ile TS EN ISO 8292 metoduna göre gerçekleştirilmiştir (ISO, 2012). Oleojel örneklerinin SFC ölçümleri sadece taze örneklerde yapılmıştır.

### 3.3.3.2. FT-IR Spektroskopisi

Oluşturulan tüm oleojellerin, FT-IR spektrumları Perkin-Elmer FT-IR Spectrum One (Perkin Elmer. Inc.. USA) ile birlikte ATR aksesuarı kullanılarak  $650\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$  aralığında  $4\text{ cm}^{-1}$  rezolusyonda belirlenmiştir. Oleojel örneklerinin FT-IR ölçümleri sadece taze örneklerde yapılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan yağlara ait FT-IR spektrumları Şekil 3.12'de, oleojelatörlere ait FT-IR spektrumları ise Şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3. 12. Oleojel üretiminde kullanılan yağlara ait FT-IR spektrumları, (a) Balık yağı (b) Fındık yağı (c) Nar Çekirdek yağı (d) Natürel Zeytinyağı



**Şekil 3. 13.** Oleojel üretiminde kullanılan jel ajanlarına ait FT-IR spektrumları, a) Balmumu (b) Carnuba mumu (c) Monogliserid (d) Ayçiçek mumu

Yağlarda FT-IR spektrumunun, fonksiyonel grup bölgesi, çift bağ gerilimi bölgesi, diğer bağlar, deformasyonlar ve bükülme bölgeleri ve parmak izi bölgesi gibi dört temel alandan oluştuğu bildirilmiştir. Buna göre birincil (fonksiyonel grup) alanda yer alan bantlardan  $3009\text{ cm}^{-1}$  yer alan bantın *cis* çift bağındaki ( $=C$ ) C-H germe titreşimini,  $2925\text{ cm}^{-1}$ ,  $2854\text{ cm}^{-1}$  bölgelerinde yer alan bantların alifatik  $CH_2$  grubunun simetrik ve asimetrik germe titreşimini,  $2962\text{ cm}^{-1}$ ,  $2872\text{ cm}^{-1}$  yer alan bantların ise alifatik  $CH_3$  grubunun simetrik ve asimetrik germe titreşimini belirttiği rapor edilmiştir. İkinci bölgede (çift bağların oluşturduğu gerilimler) yer alan bantlardan  $1746\text{ cm}^{-1}$  trigliseridlerin ester karbonil fonksiyonel gruplarını,  $1700\text{ cm}^{-1}$  serbest yağ asitlerini,  $1654\text{ cm}^{-1}$  *cis*-olefinlerin  $C=C$  germe titreşimlerini belirttiği vurgulanmıştır. Üçüncü bölgede (diğer bağlar ve deformasyonlar) ise  $1465\text{ cm}^{-1}$  yer alan bantın  $CH_2$  ve  $CH_3$  alifatik gruplarının bükülme titreşimlerini,  $1418\text{ cm}^{-1}$  yer alan bantın CH bağlarının *cis*-disübstitüe olefinlerin sallanan titreşimlerini,  $1397\text{ cm}^{-1}$  yer alan bantın CH *cis*-olefinik grupların düzlem içinde eğilme titreşimlerini ve  $1377\text{ cm}^{-1}$  yer alan bantın ise  $CH_2$  gruplarının bükülme titreşimlerini gösterdiği bildirilmiştir. Dördüncü (parmak izi bölgesi) bölgede ise  $1238\text{ cm}^{-1}$ ,  $1163\text{ cm}^{-1}$  yer alan bantların C-O ester gruplarının titreşimlerini ve  $723\text{ cm}^{-1}$  çakışan  $CH_2$  gruplarının sallanan titreşimleri ile *cis*-disübstitüe olefinlerin düzlem dışı titreşimlerini gösterdiği rapor

edilmiştir (Vlachos ve ark., 2006). Literatürde bitkisel yağlarda 3100-4000 cm<sup>-1</sup> arasındaki bölgede herhangi bir kızılötesi absorpsiyon bandına rastlanılmadığı belirtilmiştir (Poiana ve ark., 2012). Bunun yanı sıra, 3000-3500 cm<sup>-1</sup> arasında yer alan bölgede görülen kızılötesi absorpsiyon bantlarının hücre içi ve dışı H-bağları ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (den Adel ve ark., 2010).

### 3.3.3.3. GC-MS ile Aroma Profillerinin Belirlenmesi

Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellerinde uçucu bileşenlerin elde edilmesinde katı-faz mikro ekstraksiyon (solidphase microextraction, SPME) tekniği kullanılmıştır. Buna göre 3 g oleojel örneği aroma maddelerinin belirlenmesi için özel renkli şişelere alınarak 40 °C deki su banyosunda 20 dak bekletilmiştir. Süre sonunda su banyosundan alınan örnekler üzerine Supelco 57348, 2 cm, 50/30 µm, DVB/Carboxen/PDMS Stable-Flex fiber yerleştirilerek 20 dk boyunca aroma maddelerinin fiberde tutunması sağlanmıştır. Uçucu bileşenler daha sonra gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi (GC-MS) Nonpolar HP5 MS column (30-m × 0.25-mm i.d. × 0.25-µm film thickness, J&W Scientific, Folsom, CA) ile analiz edilmiştir. GC-MS sistemi bir HP 6890 GC ve 7895C Kütle Seçici Dedektöründe (Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA) oluşmaktadır. GC fırın sıcaklığı 38 °C de 1 dak ve 40 °C den 220 °C ye 5 °C/dak hızla git ve 2 dak bekle şeklinde programlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum 1,2 mL/dak akış hızıyla kullanılmıştır. MSD koşulları ise şöyledir: kapiler direkt arayüz sıcaklığı, 280°C; iyonizasyon enerjisi, 70 eV; kütle aralığı, 35 to 350 amu; tarama hızı, 4.45 scans/sn. Aroma bileşenlerinin tanımlanması için bilinmeyen bileşenlerin kütle spektralleri, National Institute of Standards and Technology (NIST, 2008), Wiley Registry of Mass Spectral Data, 7th Edition (Wiley, 2005) veri bankasındakilerle karşılaştırılmıştır. Maddelerin kantitasyonu, aşağıdaki eşitlikte verilen formüle göre (Avşar ve ark., 2004) hesaplanmıştır. Metil pentanoik asit ve 2-metil-3-heptenon, asit ve nötral-bazik karakterli bileşenler olarak, örneklere daha önce iç standart (Internal Standard, IS) eklenmiştir.

Ortalama bileşen miktarı;

$$\left(\frac{\mu\text{g}}{\text{kg}}\right) = \frac{(\text{IS konsantrasyonu} \times \text{bileşenin pik alanı})}{\text{IS pik alanı}} \quad (3.5)$$

Tanımlanan uçucu bileşenlerin kovat indeksleri (RI) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Hübschmann, 2009).

$$I = 100 X \left[ n + (N - n) x \frac{tr(bilinmeyen) - tr(n)}{tr(N) - tr(n)} \right] \quad (3.6)$$

I= Kovat Geliş İndeksi

n= Küçük n-alkan C ' sayısı

N= Büyük n -alkan C' sayısı

tr= Geliş süresi

### 3.3.3.4. Kalori Ölçümü

Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin kalori tayini Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda hizmet alımı ile gerçekleştirilmiştir. Analiz Leco AC-350 Bomba kalorimetresi kullanılarak yapılmıştır.

### 3.3.4. Yapısal Analizler

#### 3.3.4.1. X-Işınları Kırınım Deseni Analizi (XRD)

Örneklerin kırınım desenleri oda sıcaklığında *RIGAKU* marka *D-MAX RINT 2200* model (Rigaku Int. Corp., Tokyo, Japan) toz difraktometre sisteminde ve bakır radyasyonu [ $\lambda$  (CuK $\alpha$ ) = 1.54056 Å voltaj 40 kV akım 40 mA] kullanılarak  $2\theta = 2.0 - 50^\circ$  tarama aralığında 0.02 basamak ve 2 °/dak tarama hızında gerçekleştirilmiştir. Data analizi MDI Jade 7 Materials Data Inc. (Livermore, CA, USA) programıyla gerçekleştirilmiştir. Oleojel örneklerinin XRD ölçümleri sadece taze örneklerde yapılmıştır.

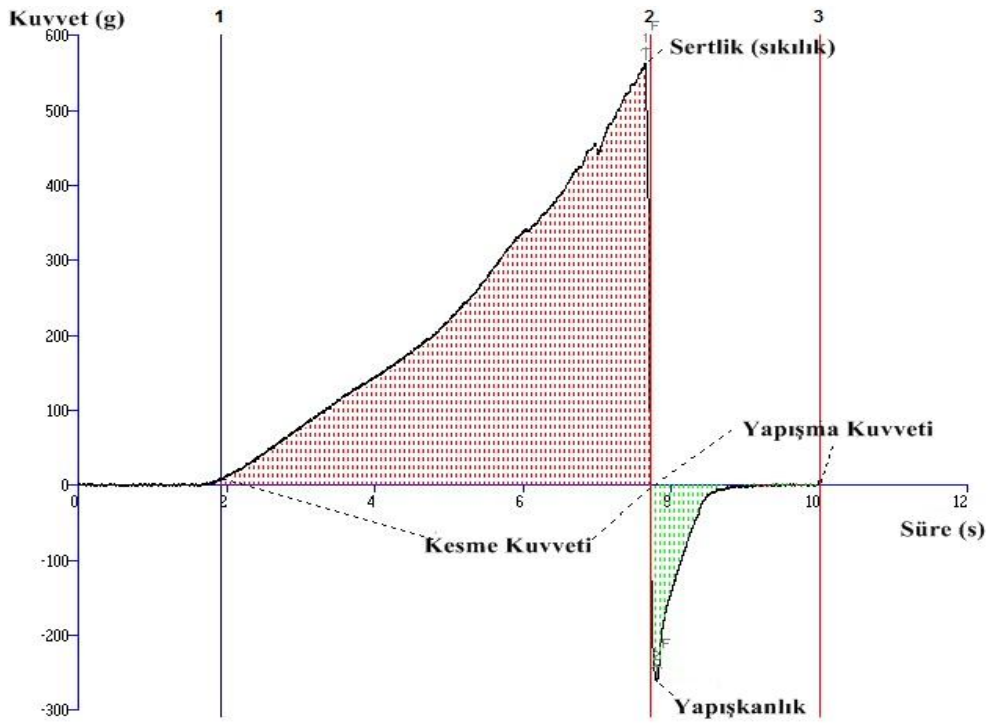
#### 3.3.4.2. Polarize Işık Mikroskopisi (PLM) Görüntüsü

Lam üzerine alınan jel örnekleri tamamen ergiyinceye kadar ısıtılmış daha sonra 45° açıyla lam üzerine lamel yardımıyla yayılan örnekler lamel ile kapatılmıştır. Jel oluşumu için 1 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilen örnekler Olympus BX 51 polarize ışık mikroskobu (Olympus Optical Co., Ltd., Japan) altında incelenmiştir. Mikroskop görüntüleri Olympus BX 51 polarize ışık mikroskobunun CCD kamera ekipmanı (Canon) kullanılarak çekilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007; Dassanayake ve ark., 2009). Oleojel örneklerinin PLM görüntüleri sadece taze örneklerde alınmıştır.

#### 3.3.4.3. Tekstürel Özelliklerin Belirlenmesi

Oluşturulan tüm oleojellerin tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde TA-XT2i Tekstür Analizer (Stable Micro Systems Ltd, Godalming, Surrey, England) cihazı kullanılmıştır. Belirli bir seviyede steril idrar kaplarına konulan örneklerin tekstürel özellikleri 45° akrilik konik prob kullanılarak "Measure Force in Compression"

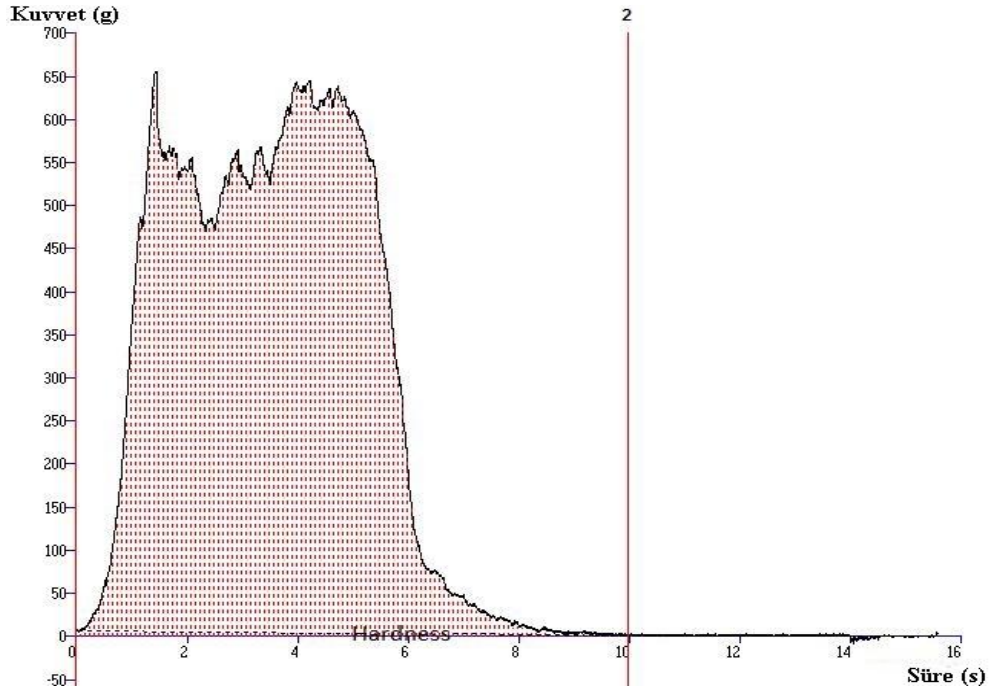
yöntemiyle (Test hızı: 3.0mm/sn, Test sonrası hız:10 mm/s ve Mesafe; 23 mm) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen grafiklerden cihazın yazılım programı yardımıyla “sertlik (sıkılık)”, “kesme kuvveti”, “yapışkanlık” ve “yapışma kuvveti” gibi örneklere ait tekstürel özellikler hesaplanmıştır (Moskowitz, 1987). TA-XT2 cihazı ile yapılan ölçümlerde önce belli bir derinliğe kadar prob sokulmuş ve daha sonra belli bir kuvvet uygulanarak geri çekilmiştir. Böylece, iki fazlı bir veri grafiği elde edilmiştir. Pozitif yöndeki uygulanan gücün en uç noktası ‘sertlik’ olarak, bu eğrinin altındaki alan ‘kesme kuvveti’ olarak ve geri çekme esnasında uygulanan negatif yönlü güç ‘yapışkanlık’ ve bu eğrinin altında kalan alan ise ‘yapışma kuvveti’ olarak ölçülmüştür. Oleojel örneklerinin TA-XT2 cihazı ölçümlerine ait örnek veri grafiği Şekil 3.14’ te gösterilmiştir (Moskowitz, 1987).Oleojel örneklerinin tekstürel ölçümleri depolama süresi boyunca 0., 30., 60. ve 90. günlerde gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3. 14.** Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin tekstürel özelliklerine ait örnek ölçüm grafiği

Üretilen kurabiyelerin tekstürel özellikleri Tekstür analizi doku ölçer cihaz (TA-XT2 Plus) ile 2 mm çapında silindirik prob kullanılarak belirlenmiştir. Test parametreleri; test öncesi hız 3.0 mm/s, test hızı 0.5 mm/s, test sonrası hız 10 mm/s, mesafe 7 mm, tetikleme kuvveti 20 g olarak belirlenmiş ve 30 kg'lık yük hücresi kullanılmıştır. “Sertlik” değerleri

maksimum pik kuvvetinden, “kırılma (gevreklik)” ise örneklerin kırılma mesafesinden (Şekil 3.15) hesaplanmıştır (Moskowitz, 1987; Piga ve ark., 2005).



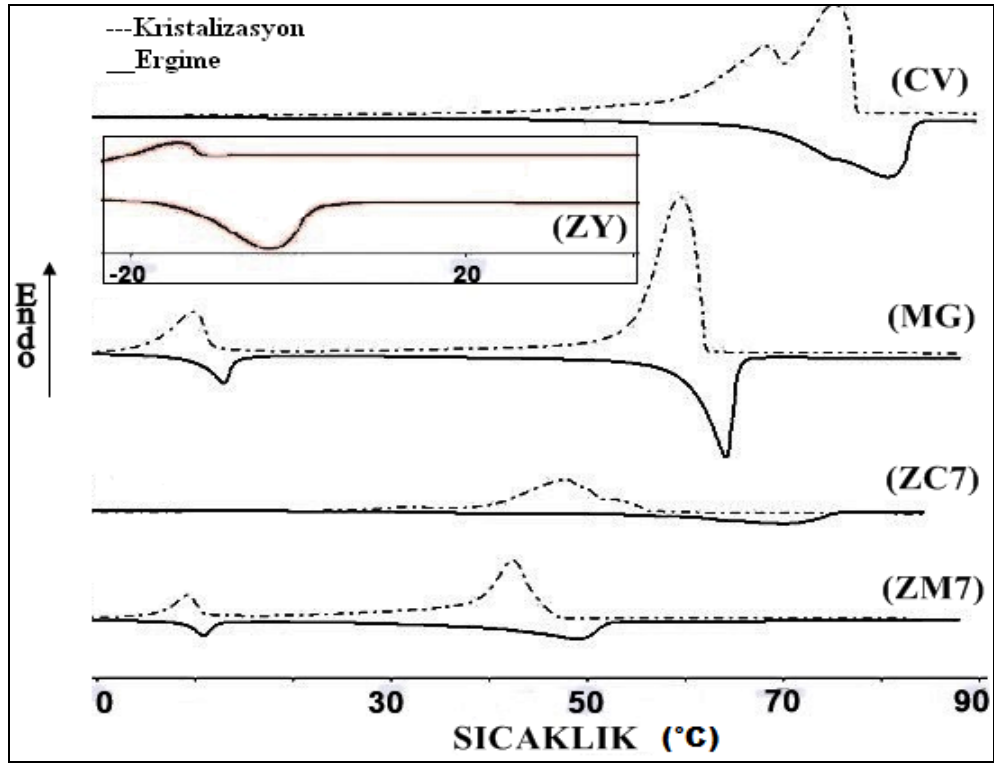
Şekil 3.15. Çalışmada üretilen kurabiye örneklerinin tekstürel özelliklerine ilişkin örnek ölçüm grafiği

### 3.3.5. Termal Analizler

#### 3.3.5.1. DSC ile Termal Özelliklerin Belirlenmesi ve Oksidatif İndüksiyon Zamanı Ölçümü

Oluşturulan tüm oleojel örneklerinin dinamik kristalizasyon ve ergime gibi termal özelliklerinin belirlenmesinde diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile (Perkin-Elmer DSC 4000 serisi, USA) ölçümler yapılmaktadır. Oleojel örneklerinden yaklaşık 5-7 mg arasında örnek alüminyum panlara tartılıp, daha sonra bu panlar kapatılmıştır. Oleojel içeren panlar cihazın örnek hücreğine koyularak önce 140 °C'ye 10 °C/dk ile ısıtılmış, sonra -20 °C'ye 10 °C/dak ile soğutulmuş bu sıcaklıkta kristalizasyonun tam anlamıyla gerçekleşmesi için 3 dak bekletilmiştir. Daha sonra örnekler tekrar 100 °C'ye 5 °C/dak ile ısıtılıp elde edilen termogramdan ergime sıcaklıkları ( $T_m$ ) ergime entalpileri ( $\Delta H_m$ ) ile kristalizasyon sıcaklıkları ( $T_c$ ) ve kristalizasyon entalpileri ( $\Delta H_c$ ) cihazın yazılım programı (Pyris1 Manager) kullanılarak hesaplanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Bu araştırma kapsamında analiz edilen oleojellere ilişkin örnek DSC termogramı Şekil 3.16'da verilmiştir. Oleojel örneklerinin DSC ölçümleri sadece taze örneklerde yapılmıştır.

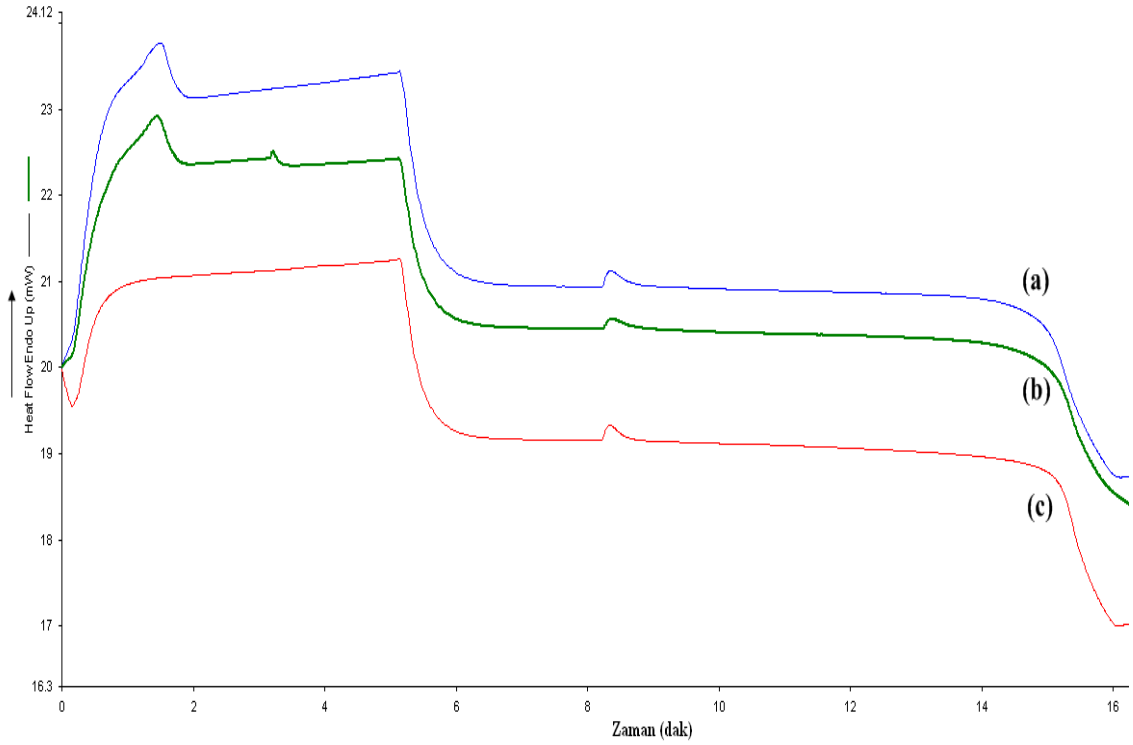




**Şekil 3. 16.** Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait örnek differansiyel taramalı kalorimetre termogramı. (CV: Carnauba vaksı, ZY:Zeytinyağı, MG:Monogliserid, ZC7 ve ZM7: Olejel örnekleri)

Balık yağı ve balık yağı oleojellerinin oksidatif indüksiyon zamanı Perkin-Elmer DSC 4000 kalorimetresi kullanılarak yapılmıştır. Cihaz kalibrasyonu saf İndiyum ve Çinko ile yapılmış ve baseline, açık aliminyum pan ile oluşturulmuştur. Daha sonra  $5.0 \pm 0.3$  mg yağ/olejel örnekleri ağız açık olarak aliminyum panlara tartılmış cihazın numune bloğuna yerleştirilmiştir. Örnekler  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dak}$  ile %99.99 saflıkta  $50.00\text{ ml}/\text{dak}$  nitrojen atmosferinde ısıtılmıştır. Sıcaklık  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaştığında  $50\text{ ml}/\text{dak}$  %99.99 saflıkta oksijen atmosferinde izotermal koşullarda analize devam edilmiştir. Thermogram üzerinde cihazın yazılım programı (Pyris1 Manager) kullanılarak, baseline çizgisi ve kırılma anının tanjantları alınarak sonuçlar indüksiyon zamanı (dak) olarak kaydedilmiştir (Tan ve ark., 2002). Çalışma kapsamında analiz edilen oleojellere ilişkin örnek oksidatif indüksiyon zamanı ölçümleri Şekil 3.17'de verilmiştir.





**Şekil 3. 17.** Çalışmada üretilen balık yağı oleojellerine ait oksidatif indüksiyon zamanı örnek termogramı (a) Balık yağı (b) Balık yağı-Balmumu oleojeli (c) Limon aromalı balık yağı –Balmumu oleojeli

### 3.3.6. Duyusal Analizler

#### 3.3.6.1. Duyusal Tanımlama Testi (QDA)

Aromatize olejel örneklerinin duysal kantitatif tanımlama analizi (QDA) için standart QDA (Kantitatif Tanımlama Analizi) metodolojisi (Meilgaard, 1999) kullanılmıştır. Daha önce muhtelif örneklerin analizinde QDA panelinde yer almış 8 kişi panelist olmaya uygunlukları belirlendikten sonra gönüllü olarak QDA testi için panelist olarak seçilmişlerdir. Bunlardan dördü bayan ve dördü baydır ve yaşları 25–45 arasında değişmektedir. Panelistlere en az 4'er saatlik 3 oturum olacak şekilde eğitim verilmiştir. Bir yuvarlak masa etrafında önce panelistlere testin uygulanışı, dikkat edilmesi gereken hususlar anlatılmış ve daha sonra farklı yağlar ve farklı aromalar kullanılarak üretilmiş olejel örnekleri kullanılarak terminoloji geliştirilmiştir. Panel liderinin sadece moderatör olduğu oturumlarda, panel oleojelleri tanımlayacak ortak terminolojiyi ve bunların referanslarını oluşturmuşlardır. Daha sonraki oturumlarda 10 cm'lik skala üzerinde tayin edilen duysal tanımlayıcı terimlerin şiddetlerini ölçmeye yarayacak standart referans materyalleri (gıda maddeleri, kimyasal çözeltiler ve diğer materyaller) kullanılarak panel

eğitimi minimum standart hata seviyesine kadar devam etmiştir. Çalışmada kullanılan skala Şekil 3.18'de verilmiştir. Bu araştırmada kullanılan oleojel QDA terimleri, tanımları ve referans maddeleri izelge 3.7'de gösterilmiştir. Her bir oturumda panelistlere 3-harf ile kodlanmış 3-6 adet örnek 100 ml steril ve Şeffaf kapalı kaplar içerisinde sunulmuştur. Oleojel rnekleri panele sunulmadan önce oda sıcaklığında olacak Şekilde bekletilmiştir. Örneklerle beraber panelistlerin duyularını dinlendirmek ve tazelemeleri için tükürme kabı, su, tuzsuz kraker ve bir dilim elma verilmiştir. Örnekler rastgele düzeninde iki defa olmak üzere tüm panelistlerce test edilmiştir (Meilgaard, 1999).

**Çizelge 3. 7.** Panelin belirlediği ve QDA testinde kullanılan duyusal tanımlayıcı terimler ve referansları

<b>zellik</b>	<b>Tanım</b>	<b>Referanslar</b>
<b><u>Görünüş zellikleri</u></b>		
<b>Pürüzlülük</b>	Kesit Yüzey düzgünlüğü	Kumlu Yapı
<b>Parlaklık</b>	Mat değil. parlaklığın derecesi.	Likit yağ Şortening. labne ve tereyağ yapıları
<b>Homojenlik</b>	Yapı farklılıkları	
<b><u>Doku zellikleri</u></b>		
<b>Sıklık</b>	Bıçağa karşı gösterilen direnç	Kahvaltılık sürülebilir krem peynir
<b>Bıçağa sıvanma</b>	Bıçağa sıvanma seviyesi	Tereyağı ve Krem peynir
<b>Srlebilirlik</b>	Bıçak ile ekmek stne yayılma kolaylığı	Krem peynir
<b>Likitleşme</b>	Srldkten sonra Ne kadar akışkan	Likit yağ ve margarin
<b><u>Koku zellikleri</u></b>		
<b>Meyve</b>	Likit yağdan gelen meyve aroması	Zeytin ve Fındık
<b>Katılmış Aroma</b>	Aromatize edilmesi iin katılan aroma	Muz. ilek. ve diasetil
<b>Tatlı Aromatik</b>		Bal
<b>Ransit</b>	Acılaşmış yağ aroması	Eski yağ
<b><u>Lezzet zellikleri</u></b>		
<b>Tatlı</b>	Şeker tadı	%5 Şeker zeltisi (max.)
<b>Acı</b>	Acı biber tadı	Kafein %0.05/%0.1
<b>Yağlı</b>		Sade yağ
<b>Mumsu</b>		Parafin
<b><u>Ağız zellikleri</u></b>		
<b>Ergime Hızı</b>	Ağızda ergime hızı	Mutfak margarini/likit yağ
<b>Kumluluk</b>	Ağızda hissedilen pütürlülük	Ergitilip soğutulmuş tereyağı
<b>Kaplama</b>	Yutmadan sonra dilde kalan tabaka seviyesi	Şortening/Likit yağ

### Görünüş Özellikleri;

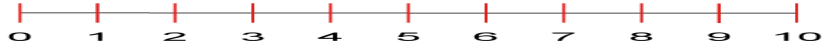
Pürüzlülük (Kesit Yüzey düzgünlüğü, Kumlu Yapı)



Parlaklık (Mat değil, parlaklığın derecesi, Likit yağ)



Homojenlik (Yapı farklılıkları, Şortening, labne ve tereyağ yapıları)

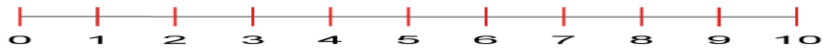


### Doku Özellikleri

Sıklık (Bıçağa karşı gösterilen direnç Kahvaltılık sürülebilir krem peynir)



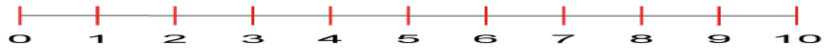
Bıçağa sıvanma (Bıçağa sıvanma seviyesi, Tereyağı ve Krem peynir)



Sürülebilirlik (Bıçak ile ekmek üstüne yayılma kolaylığı, Krem peynir)

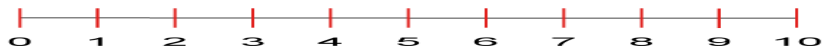


Likitleşme (Sürüldükten sonra Ne kadar akışkan, Likit yağ ve margarin)



### Koku Özellikleri

Meyve (Likit yağdan gelen meyve aroması, Zeytin ve Fındık)



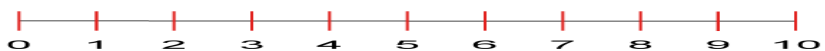
Katılmış Aroma (Aromatize edilmesi için katılan aroma, Muz, Çilek, ve diasetil)



Tatlı Aromatik (Bal)



Ransit (Acılaşmış yağ aroması, Eski yağ)



Şekil 3.18. Devamı

### Lezzet Özellikleri

Tatlı (Şeker tadı, %5 şeker çözeltisi (max.))



Acı (Acı biber tadı, Kafein %0.05/%0.1)



Yağlı (Sade yağ)



Mumsu (Parafin)

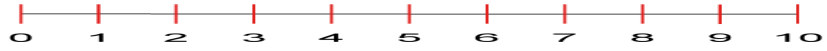


### Ağız Özellikleri

Ergime Hızı (Ağızda ergime hızı, Mutfak margarini/likit yağ)



Kumluluk (Ağızda hissedilen pütürlülük, Ergitilip soğutulmuş tereyağı)



Kaplama (Yutmadan sonra dilde kalan tabaka seviyesi, Şortening/Likit yağ)



Şekil 3. 18. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellere ait duyusal tanımlayıcı analiz skalası

### 3.3.6.2. Oleojellerde tüketici beğeni testi (5- noktalı hedonik test)

Bu amaçla seçilen ve üretilen oleojel ürünlerinde tüketici kabul edilebilirliğini ortaya koymak amacıyla bu tür ürünlerin düzenli tüketicisi olduklarını belirlediğimiz 100 tüketici ile 5-noktalı hedonik skala kullanılarak kontrole (ticari bir kahvaltılık margarin) karşı duyuşal değerlendirme testi uygulanmıştır. Tüketiciler tarafından ürüne özü kalite kriterleri (görünüş, renk, doku, sürülebilirlik, lezzet) değerlendirilmiştir. Skalada 5 ‘‘çok fazla beğendim’’ ve 1 ‘‘hiç beğenmedim’’ olarak ifade edilmiştir. Tüketici beğeni testine ilişkin değerlendirme formu Şekil 3.19’da gösterilmiştir (Lumor ve ark., 2010).

Ad soyad																
Tarih																
Duyusal Özellik	Görünüş/Renk			Yapı/Doku			Tat/Lezzet			Ekmeğe Sürülebilirlik			Tüm İzlenim			
Ürün Kodu																
Çok beğendim (5)																
Beğendim (4)																
Sınırdadır (3)																
Beğenmedim (2)																
Hiç Beğenmedim (1)																

#### A. Görünüş

1. Rengi; Beyaz veya sarımsı renkte olması. 2. Parlaklığı; Parlak olmalı. 3. Yüzey düzgünlüğü; Yüzeyi pürüzsüz olmalı.

#### B. Yapı (doku)/Ağız ile Kontrol

1. Ağızda kolay erimesi. 2. Ağızda mumsu bir tat bırakması.

#### C. Ekmeğe Sürülebilirlik

Bıçakla alındıktan sonra ekmeğ üzerine kolayca sürölüp sürülemediğinin kontrolü.

#### D. Lezzet

Yabancı, hoşa gitmeyen koku ve tat içermemelidir.

**Şekil 3. 19.** Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin tüketici beğeni testine ilişkin değerlendirme formu

**Anket:** düzenli tereyağı ve margarin tüketicisi olduğunu belirten en az 150 tüketiciye çalışmada üretilen oleojellerin ticari potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla anket düzenlenmiştir. Ankette tüketicilere fındık yağı, balmumu ve tereyağı aroması içeren oleojel ile natürel zeytinyağı balmumu içeren oleojel ürününü satın alıp almayacakları sorulmuştur. Düzenlenen anketlere ilişkin formlar Şekil 3.20' de verilmiştir.

Sayın Katılımcı;

Size sunulan sadece **Fındık yağı, Balmumu ve Tereyağ Aroması** kullanılarak geliştirilmiş yeni bir üründür. Amacımız, tereyağına alternatif olabilecek bir yeni ürün geliştirmektir. Ürün içerisinde herhangi bir katkı maddesi bulunmamaktadır ve tamamen güvenli bir üründür. Size sunulan ürünü tadınız, koklayınız ve aşağıdaki soruyu yanıtlayınız.

- 1) Kesinlikle satın alırım
- 2) Bir kere deneyip, sonra karar veririm
- 3) Kesinlikle satın almam
- 4) Fikrim yok

Sayın Kayılımcı;

Size sunulan sadece **Natürel Zeytinyağı ve Balmumu** kullanılarak geliştirilmiş yeni bir üründür. Amacımız, zeytinyağını ekmeğe sürerek tüketilebilir olmasını sağlamaktır. Ürün içerisinde herhangi bir katkı maddesi bulunmamaktadır ve tamamen güvenli bir üründür. Size sunulan ürünü tadınız, koklayınız ve aşağıdaki soruyu yanıtlayınız.

- 1) Kesinlikle satın alırım
- 2) Bir kere deneyip, sonra karar veririm
- 3) Kesinlikle satın almam
- 4) Fikrim yok

**Şekil 3. 20.** Çalışma kapsamında geliştirilen oleojellere uygulanan anket formu

### 3.3.6.3. Kurabiyelerde Tüketici Beğeni Testi (5-noktalı Hedonik test)

Geliştirilen oleojeller kullanılarak üretilen kurabiyeler, tüketici kabul edilebilirliğini ortaya koymak amacıyla bu tür ürünlerin düzenli tüketicisi olduklarını belirlediğimiz en az 200 tüketiciyle 5-noktalı hedonik skala kullanılarak analiz edilmiştir. Kontrol grubu olarak ticari bir şorteningle üretilen kurabiyeler kullanılmıştır. Tüketicilere kurabiyelerin duyuşal değerlendirilmesinde görünüş/reng, tekstür/doku tat/lezzet, koku/aroma ve kabul edilebilirlik gibi özellikler sorulmuştur (Stone ve Sidel, 1985). Tüketici beğeni testine ilişkin değerlendirme formu Şekil 3.21’de gösterilmiştir (Aboubacar ve ark., 1999; Larrea ve ark., 2005).

Duyusal Özellik	Görünüş/Reenk	Tekstür/Doku	Tat/Lezzet	Koku/Aroma	Tüm İzlenim
Ürün Kodu					
Çok beğendim (5)					
Beğendim (4)					
Sınırdada (3)					
Beğenmedim (2)					
Hiç Beğenmedim (1)					

Lütfen size verilen skalayı kullanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

(Duyusal algınıza göre skalada istediğiniz noktayı işaretleyebilirsiniz)

**Lütfen ilk olarak gözlemleyin. (Kesmeyin veya Kırmayın).**

1.Kurabiyenin görünümünü/rengini ne kadar beğendiniz? (1 hiç beğenmedim-5 çok beğendim)

**Lütfen şimdi bir parça bölün/kırın ama yemeyin.**

3.Kurabiyenin sertliğini/dokusunu ne kadar beğendiniz? (1 hiç beğenmedim-5 çok beğendim)

4.Kurabiyenin aromasını ne kadar beğendiniz? (1 hiç beğenmedim-5 çok beğendim)

**Lütfen şimdi kurabiyeden istediğiniz kadarını yiyerek aşağıdaki sorulara cevap veriniz.**

5. Kurabiyenin genel tadını/lezzetini ne kadar beğendiniz? (1 hiç beğenmedim-5 çok beğendim)

6. Genel olarak (tüm özellikleri ile birlikte) ürünü ne kadar beğendiniz? (1 hiç beğenmedim-5 çok beğendim)

**Şekil 3. 21.** Çalışma kapsamında üretilen kurabiye örneklerinin tüketici beğeni testi skalası

#### **3.3.6.4. Lezzet/Tekstür Profil Analizi (LPA)**

Ticari şortening, rafine fındık yağı ile üretilen organojellerin kullanımıyla elde edilen kurabiyelerin Lezzet/Tekstür profillerini belirlemek amacıyla lezzet profil analizi eğitimli panelistler ile gerçekleştirilmiştir. Lezzet Profili Analizleri (LPA), gıda endüstrisinde hammadde, ara ürün, son ürün kontrolü, depolama sırasında üründe meydana gelen varyasyonların belirlenmesi, ürünler arası farklılıkların saptanması, yeni ürünlerin geliştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Altuğ, 1993).

Eğitim: 12 Panelist (5 bay, 7 bayan) terminoloji ve skala kullanımı konusunda eğitilmiştir. Toplam 8–10 saat verilen eğitimin birinci aşamasında, terminoloji geliştirmek üzere literatürde mevcut tanımlayıcı terimlerden bazıları panelistlere verilerek ortak terminoloji geliştirilmiş ve her ürün için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. İkinci bölümde, örneklerle yapılan denemeler sonucunda, tanımlayıcılar net olarak her örnek için tespit edilmiştir. Eğitimin üçüncü bölümünde ise skala kullanımı konusunda pratik yapmak üzere panelde kullanılacak 1–5 skalası üzerinde çalışılmıştır (Altuğ, 1993).

Panel: Lezzet profili test tekniği, lezzet ve aroma tanımlayıcılarına ilaveten tekstür ve görünüş özelliklerinin de ilave edilmesi şeklinde modifiye edilmiştir. Bu şekilde ürün profili, eğitimli 12 panelistin katıldığı çalışmada her oleojel ürününün tanımlayıcı özellikleri 1–5 skalası kullanılarak önce bireysel olarak değerlendirilmiş ve sonra panelistler arasında ortak olarak yapılan değerlendirme sonucunda uzlaşmaya varılarak sonuçlandırılmıştır (Altuğ, 1993; Elmacı ve Altuğ 1999). T.S. 5525 (TSE,1986) ve T.S 5546 standartları da kullanılmıştır (TSE, 1988) Duyusal analiz koşulları (ısı, ışık, koku, ses) sabitlenmiş panel odasında, objektif metota (TSE, 1986) göre yapılmıştır. Duyusal değerlendirme kurabiyedeki duyusal kalite kriterlerini içeren; tadım formu üzerinde, 1–5 skalası kullanılarak iki tekerrürlü olarak yapılmıştır. Oluşturulan oleojellerin kullanımı ile üretilen kurabiyelerin duyusal analizi sırasında değerlendirilen ve tadım formunda yer alan kriterlere ilişkin tanımlar ve kaliteli bir kurabiyeden beklenen özellikler yer almaktadır. Kurabiyelerin LPA testine ilişkin değerlendirme formu Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



<b>Ad soyad</b>					
<b>Tarih</b>					
<b>Ürün kodu</b>					
<b>*Duyusal Özellik</b>	<b>(5)</b>	<b>(4)</b>	<b>(3)</b>	<b>(2)</b>	<b>(1)</b>
<b>A) Yüzey Görünüm Özellikleri:</b>					
a)Parlaklık-Matlık					
b)Renk:					
c)Yüzey düzgünlüğü					
<b>B) Kesit Özellikleri</b>					
<b>a) Kesit Yapısı :</b>					
Sıki (Sertlik) yapısı					
Gözenek Dağılımı					
Kabuk inceliği					
<b>b) Kesit Rengi</b>					
İç renk					
Kabuk iç renk farkı					
<b>C) Tadım Özellikleri</b>					
<b>a) Isırış</b>					
Sertlik					
Gevreklik					
<b>b) Çiğneme ve yutma</b>					
Kumlu-Kuru olmama					
Ağızda dağılma					
Çözünürlük					
Lezzet					

\*Aşağıda puanlamayla ilgili her bir ürün özelliğinin tanımı ve puan değerleri verilmiştir.

Şekil 3.22. Devamı

**A) Yüzey Görünüm Özellikleri:**

**a) Parlaklık-Matlık:** Ürünün arzu edilen **yüzey** parlaklık ve matlık durumunu ifade eder.

- 5 Puan: ideal parlaklık
- 4 Puan: ideale yakın parlaklık
- 3 Puan: Kabul edilebilir parlaklık
- 2 Puan: yeterli değil
- 1 Puan : mat

**b) Renk :** Ürünün arzu edilen yüzey renk durumunu ifade eder.

- 5 Puan: Çok iyi
- 4 Puan: iyi
- 3 Puan: Kabul edilebilir
- 2 Puan: Yeterli değil
- 1 Puan : Kötü

**c) Yüzey Düzgünlüğü :** Ürün yüzeyinin arzu edilen yüzey özelliklerine sahip olup-olmadığını ifade eder.

- 5 Puan: Çok iyi
- 4 Puan: iyi
- 3 Puan: Kabul edilebilir
- 2 Puan: Yeterli değil
- 1 Puan: Kötü

**B) Kesit Özellikleri**

**a) Kesit Yapısı :**

**Sıkı (Compact) yapı:** Ürün içyapısında gerekli kabarmanın olmadığı ve gözeneklerin yeterli olmadığı durumlarda gözlenir. İyi bir kurabiyede iç yapı özelliğinin çok sıkı (compact) olmaması gerekir.

- 5 Puan: Çok iyi
- 4 Puan: iyi
- 3 Puan: Kabul edilebilir
- 2 Puan: Yeterli değil
- 1 Puan : Kötü (tıkHz)

**Gözenek Dağılımı:** Ürün iç yapısında kabarma esnasında oluşan gözeneklerin büyüklük ve dağılımlarının yeknesaklığını ifade eder. İyi bir kurabiyede gözenek büyüklüklerinin eşit ve dağılımlarının homojen olması gereklidir.

- 5 Puan: Çok iyi
- 4 Puan: iyi
- 3 Puan: Kabul edilebilir
- 2 Puan: Yeterli değil
- 1 Puan : Kötü (Gözenek dağılımı çok dengesiz)

**Kabuk inceliği:** Üründe kabuk oluşumunun arzu edilen incelikte olup olmadığını ifade eder. İyi bir kurabiyede kabuğun kalın olmaması gereklidir.

- 5 Puan: Çok iyi
- 4 Puan: iyi
- 3 Puan: Kabul edilebilir
- 2 Puan: Yeterli değil
- 1 Puan : Kötü (kalın kabuklu)

**b) Kesit Rengi**

**İç renk:** Ürün iç renginin standarda göre koyuluğunu ifade eder.

- 5 Puan: Çok iyi
- 4 Puan: iyi
- 3 Puan: Kabul edilebilir
- 2 Puan: Yeterli değil
- 1 Puan : Kötü (iç renk koyu)

**Kabuk iç renk farkı:** Ürünlerde kabuk ve iç rengin farkının fazla olup olmadığını ifade eder. Kurabiyede kabuk ve iç renk arasında belirgin bir renk geçiş çizgisi (çok açık iç renk ve çok koyu bir kabuk) olmamalıdır.

- 5 Puan: Çok iyi
- 4 Puan: iyi
- 3 Puan: Kabul edilebilir
- 2 Puan: Yeterli değil
- 1 Puan : Kötü (Belirgin kabuk iç renk ayırım çizgisi)

**Şekil 3.22. Devamı**

### C) Tadım Özellikleri

#### a) Isırış

**Sertlik:** Kurabiye'nin ilk ısırışta dişe gösterdiği direnci ifade eder. Kurabiye'nin tatla ilgili özelliklerinin ilk aşamasıdır ve kurabiye'nin dişe uyguladığı direncin çok veya az olması istenmez.

5 Puan: Çok iyi

4 Puan: İyi

3 Puan: Kabul edilebilir

2 Puan: Yeterli değil

1 Puan : Kötü (çok sert)

**Gevreklilik :** Kurabiye'nin kırılmasını ifade eder. Kurabiye ambalajlama ve nakliyyede kırılmayacak kadar dayanıklı ancak ısırma esnasında da dağılacak bir kırılmalıkta olmalıdır.

5 Puan: Çok iyi

4 Puan: İyi

3 Puan: Kabul edilebilir

2 Puan: Yeterli değil

1 Puan : Kötü

#### b) Çiğneme ve yutma

**Kumlu-Kuru olmama :** Ağızda küçük parçalara ayrılan kurabiye'nin ağızda kum tanecikleri gibi sert bir yapı göstermemesi. Dislerle kurabiye ezildiğinde ağızda pütürlü kum taneciklerine benzer bir yapı hissedilmemelidir.

5 Puan: Çok iyi

4 Puan: İyi

3 Puan: Kabul edilebilir

2 Puan: Yeterli değil

1 Puan : Kötü

**Ağızda dağılma :** Kurabiye'nin çiğneme sırasında ağızda dağılma özelliklerini ifade eder. Kurabiye'nin ağızda kısa sürede fazla çiğneme gerektirmeden dağılabilmelidir.

5 Puan: Çok iyi

4 Puan: İyi

3 Puan: Kabul edilebilir

2 Puan: Yeterli değil

1 Puan : Kötü

**Çözünürlük (erime):** kurabiye'nin fazla tükürük salgısı gerektirmeden erime ve yutulma özelliğini ifade eder.

5 Puan: Çok iyi

4 Puan: İyi

3 Puan: Kabul edilebilir

2 Puan: Yeterli değil

1 Puan : Kötü

**Lezzet:** Tatma sırasında algılanan, dokunma, ısı, acı ve hatta kasla ilgili etkilenebilen tada ve kokuya ilişkin duyguların karmaşık bir bileşenidir.

5 Puan: Çok iyi

4 Puan: İyi

3 Puan: Kabul edilebilir

2 Puan: Yeterli değil

1 Puan : Kötü

**Şekil 3. 22.** Çalışmada üretilen kurabiye örneklerinin lezzet/profil analizi değerlendirme skalası

### 3.3.7. İstatistiksel Analizler

Çalışma kapsamında istatistik analizlerin yapımında MINITAB (v.16.1.0) istatistik paket programından yararlanılmıştır. Fizikokimyasal verilerin değerlendirilmesinde varyans analizi tekniği (ANOVA), farklı grupların belirlenmesinde ise Tukey testi kullanılmıştır. Duyusal verilerin değerlendirilmesinde ise parametrik olmayan istatistik yöntemlerinden Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel analizlerde önem düzeyi biyolojik araştırmalarda genellikle kullanılan  $p < 0.05$  olarak alınmıştır. Tez

alışmasında örnekler 2 tekerrürlü olarak elde edilmiş, analiz edilen örneklere ilişkin özelliklerin ölçümleri 3 paralel olarak yapılmıştır.

## BÖLÜM 4

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 4.1. Kontrol Grubu

Bu tez çalışmasında kontrol grubu olarak ikişer adet farklı markalarda ticari kahvaltılık margarin (KM), ticari mutfak margarini (MM) ve fırıncılık şorteningi (TŞ) kullanılmıştır. Kontrol grubuna ait taze örneklerde katı yağ içeriği, X-ışınları kırınım desenleri (Çizelge 4.1) ve termal özellikleri (Çizelge 4.2) analiz edilmiştir. Ayrıca kontrol grubu örnekleri üç ay boyunca 4 °C'de (Çizelge 4.3) ve 20 °C' de (Çizelge 4.4) depolanmış ve depolama süresi boyunca renk, peroksit değeri ve tekstür ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu örnekleri, araştırmada üretilen yemeklik oleojel, biyo-aktif bileşen içeren ve aromitize oleojel, ile emülsiyon oleojellerinin kahvaltılık sürülebilir, mutfak margarini ve fırıncılık şorteningi olabilme potansiyellerini belirlemek amacıyla yapılan karşılaştırmalarda kullanılmıştır. Araştırmada, üretilen oleojeller ile kontrol grubu örneklerinin fiziksel, kimyasal, duyuşal ve yapısal özellikleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 4. 1.** Kontrol grubu olarak kullanılan ticari kahvaltılık margarin, mutfak margarini ve şortening örneklerinin termal özellikleri (Ort.  $\pm$  Sd)

Örnek	Kristalleşme				Ergime			
	Onset <sub>c</sub> (°C)	End <sub>c</sub> (°C)	Pik (T <sub>c</sub> ) (°C)	$\Delta H_c$ (J/g)	Onset <sub>m</sub> (°C)	End <sub>m</sub> (°C)	Pik (T <sub>m</sub> ) (°C)	$\Delta H_m$ (J/g)
<b>KM-I</b>	18.61 $\pm$ 0.07	13.07 $\pm$ 0.05	16.16 $\pm$ 0.08	-2.28 $\pm$ 0.14	37.42 $\pm$ 0.01	42.46 $\pm$ 0.00	40.36 $\pm$ 0.00	76.80 $\pm$ 0.21
<b>KM-II</b>	19.42 $\pm$ 0.74	12.78 $\pm$ 0.52	16.91 $\pm$ 0.75	-2.89 $\pm$ 0.13	35.36 $\pm$ 0.01	50.63 $\pm$ 0.02	47.11 $\pm$ 0.00	49.19 $\pm$ 2.51
<b>MM-I</b>	22.61 $\pm$ 0.01	18.61 $\pm$ 0.18	20.97 $\pm$ 0.00	-9.26 $\pm$ 0.20	42.43 $\pm$ 0.00	45.04 $\pm$ 0.00	43.70 $\pm$ 0.00	24.63 $\pm$ 0.42
<b>MM-II</b>	24.90 $\pm$ 0.11	17.82 $\pm$ 0.03	22.85 $\pm$ 0.00	-7.18 $\pm$ 0.85	43.70 $\pm$ 0.00	49.94 $\pm$ 0.00	45.92 $\pm$ 0.00	25.08 $\pm$ 0.01
<b>TŞ-I</b>	24.03 $\pm$ 0.10	20.14 $\pm$ 0.06	22.58 $\pm$ 0.02	-17.16 $\pm$ 0.19	36.85 $\pm$ 0.47	44.39 $\pm$ 0.00	42.28 $\pm$ 0.00	10.99 $\pm$ 0.72
<b>TŞ-II</b>	25.06 $\pm$ 0.27	21.85 $\pm$ 0.01	23.78 $\pm$ 0.26	-15.90 $\pm$ 0.68	34.30 $\pm$ 0.08	44.49 $\pm$ 0.00	41.86 $\pm$ 0.00	15.65 $\pm$ 0.04

KM: Kahvaltılık margarin, MM: Mutfak margarini, TŞ: Ticari şortening

Çizelge 4.1' tez çalışmasında kullanılan kontrol grubu örneklerin termal özellikleri verilmiştir. Kahvaltılık grubu margarinlerin ergime noktalarının 40.36 ve 47.11 °C arasında olduğu ve ergime entalpilerinin 76.80 – 49.19 J/g arasında olduğu saptanmıştır. Mutfak margarini grubu örneklerin ergime sıcaklıkları 45.92 – 43.70 °C arasında ve ergime entalpilerinin ise 24.63 – 25.08 J/g olduğu bulunmuştur. Şortening grubu örneklerin ise ergime sıcaklıkları 42.28 – 41.86 °C ve ergime entalpilerinin ise 10.99 – 15.65 J/g olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu örneklerin kristalizasyon sıcaklıkları ve entalpileri ise sırasıyla 16.16 – 23.78 °C ve (-2.28) - (-17.16) J/g değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan ticari sürülebilir yağ ve margarinlerin termal özelliklerinin incelendiği belirtilmiştir. Çalışmada, kontrol grubu olarak kullanılan ticari sürülebilir ürünlerin ve ticari margarin örneklerinin ergime noktalarının 25 - 40 °C arasında değiştiği bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Hwang ve ark. (2013) tarafından elde edilen veriler ile bu araştırma kapsamında kahvaltılık margarin grubu örneklerinden elde edilen verilerin benzer olduğu, mutfak margarini ve şortening grubu örneklerin ergime noktalarının ise yüksek olduğu görülmüştür. Bu farklılığın sebebi olarak söz konusu ürünlerin bileşen kompozisyonlarının ve üretim teknolojilerinin farklı olması gösterilebilir.

**Çizelge 4. 2.** Kontrol grubu olarak kullanılan ticari kahvaltılık margarin, mutfak margarini ve şortening örneklerinin X- ışınları kırınım deseni sonuçları (Ort. ± Sd)

Örnek	Kıvrık Yağ İçeriği (%)		
	(20 °C)	2-Theta	d (Å)
<b>KM-I</b>	7.70 ± 0.01	4.11, 6.38, 19.23, 21.06, 22.78, 23.29	21.43, 13.84, 4.60, 4.21, 3.89, 3.81
<b>KM-II</b>	12.15 ± 0.04	2.12, 4.23, 6.32, 19.04, 23.32	41.63, 20.84, 13.97, 4.65, 3.81
<b>MM-I</b>	28.99 ± 0.29	2.21, 4.29, 6.40, 17.71, 19.37, 20.44, 21.23, 23.22	39.94, 20.57, 13.78, 5.00, 4.57, 4.34, 4.18, 3.82
<b>MM-II</b>	29.73 ± 0.39-	2.15, 4.27, 6.36, 19.23, 21.00, 23.24	40.88, 20.63, 13.88, 4.60, 4.22, 3.82
<b>TŞ-I</b>	Nd	2.10, 4.19, 6.27, 10.58, 12.61, 19.34, 20.36, 21.080, 23.18	42.03, 21.03, 14.06, 8.35, 7.00, 4.58, 4.35, 4.21, 3.83
<b>TŞ-II</b>	30.35 ± 0.15	2.22, 4.24, 6.38, 10.52, 12.64, 16.88, 19.54, 21.18, 22.89	39.75, 20.81, 13.84, 8.40, 6.99, 5.24, 4.43, 4.19, 3.88

Kontrol grubu örneklerden kahvaltılık margarin grubunun katı yağ içeriği %7.70 ve %12.15 olarak, mutfak margarini grubunun %29.73 ve 28.99 olarak ve şortening grubunu %30.35 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2.). Söz konusu örneklerin X- ışınları kırınım deseni sonuçlarında oldukça benzer sonuçlara rastlanmıştır. Buna göre geniş açı bölgesinde

yer alan 40.00 Å civarında ve dar açılı bölgesinde yer alan 4.60, 4.10 ve 3.80 Å civarındaki piklerin tüm örneklerde ortak olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu piklerin (4.60, 4.10 ve 3.80 Å) literatür verilerinde  $\beta'$  polimorfik yapısıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009).



Çizelge 4. 3. 4 °C’de depolanan kontrol grubu örneklerinin renk, peroksit ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

0.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	82.06 ± 1.42	-2.77 ± 0.19	11.21 ± 1.06	0.06 ± 0.03	250.51 ± 2.60	522.40 ± 19.60	-121.22 ± 1.03	-82.40 ± 1.85
KM-II-	84.18 ± 2.46	-2.35 ± 0.03	9.66 ± 0.27	0.05 ± 0.03	290.58 ± 1.03	483.05 ± 6.39	-152.67 ± 9.10	-91.20 ± 7.33
MM-I-	86.92 ± 2.35	-2.56 ± 0.32	10.06 ± 1.11	0.05 ± 0.03	1331.22 ± 90.14	2051.13 ± 120.82	-816.26 ± 50.33	-316.98 ± 10.66
MM-II-	84.79 ± 0.04	-2.39 ± 0.25	11.78 ± 1.15	0.07 ± 0.00	1448.90 ± 98.69	3030.03 ± 491.60	-892.10 ± 80.82	-581.68 ± 35.24
TŞ-I-	86.74 ± 0.47	-2.83 ± 0.09	15.96 ± 0.19	0.03 ± 0.01	2250.87 ± 30.56	4952.36 ± 29.48	-1266.44 ± 86.14	-908.51 ± 37.46
TŞ-II-	80.57 ± 1.90	-3.43 ± 0.16	8.92 ± 1.15	0.07 ± 0.05	2014.84 ± 22.12	4354.71 ± 30.09	-726.19 ± 23.18	-88.10 ± 14.92
30. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	82.62 ± 1.86	-2.75 ± 0.06	11.26 ± 1.48	0.07 ± 0.02	212.63± 3.36	272.50±6.40	-72.06 ± 2.71	-45.13 ± 5.52
KM-II-	83.72 ± 2.71	-2.52 ± 0.15	10.00 ± 0.52	0.12 ± 0.06	267.41± 6.48	379.60±13.60	-145.13 ± 1.24	-88.00 ± 1.41
MM-I-	85.04 ± 2.50	-2.87 ± 0.41	10.65 ± 1.89	0.03 ± 0.00	1334.66 ± 19.98	2251.20 ± 57.10	-684.34 ± 4.02	-240.33 ± 29.91
MM-II-	84.66 ± 0.03	-2.30 ± 0.02	11.08 ± 0.82	0.11 ± 0.01	767.63 ± 4.85	1303.63 ± 44.61	-423.95 ± 1.12	-266.01 ± 18.12
TŞ-I-	87.02 ± 1.29	-3.00 ± 0.13	16.41 ± 0.28	0.11 ± 0.09	1835.92 ± 25.92	4224.30 ± 9.30	-1123.62 ± 1.62	-948.34 ± 9.65
TŞ-II-	79.85 ± 1.44	-3.37 ± 0.17	8.37 ± 0.37	0.09 ± 0.01	1314.74 ± 14.74	2507.93 ± 57.93	-571.04 ± 1.04	-104.27 ± 3.27
60. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	80.84±0.02	-2.54±0.01	9.28 ± 0.05	0.43 ± 0.20	201.02 ± 1.44	273.08 ± 4.36	-83.58 ± 5.06	-41.67 ± 2.35
KM-II-	82.41±0.27	-2.58±0.01	9.71 ± 0.00	0.15 ± 0.00	283.99 ± 5.64	384.78 ± 6.75	-155.32 ± 7.52	-81.71 ± 2.42
MM-I-	79.55±0.13	-3.90±0.02	14.77 ± 0.05	0.17 ± 0.01	1289.28 ± 144.64	1661.34 ± 66.76	-614.09 ± 19.98	-262.97 ± 5.58
MM-II-	85.09±0.13	-2.21±0.00	11.36 ± 0.02	0.44 ± 0.08	3053.54 ± 75.71	8214.52 ± 20.53	-842.24 ± 59.73	-1545.85 ± 64.84
TŞ-I-	84.95±0.01	-2.81±0.01	15.64 ± 0.00	0.16 ± 0.05	2039.64 ± 56.05	3724.48 ± 34.62	-1324.54 ± 34.70	-370.11 ± 28.43
TŞ-II-	78.21±0.04	-3.26±0.00	8.17 ± 0.01	0.22 ± 0.02	5824.83 ± 35.11	16450.17 ± 636.64	-1047.89 ± 67.72	-311.94 ± 16.89
90.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	84.59±0.03	-2.66±0.04	13.05±0.03	0.54±0.01	221.15±16.87	364.57±59.93	-94.47±9.34	-55.48±10.85
KM-II-	86.38±0.01	-2.58±0.02	11.08±0.06	0.30±0.05	370.93±21.86	538.41±60.28	-199.40±10.17	-100.62±9.35
MM-I-	90.91±0.21	-3.34±0.01	13.43±0.05	0.08±0.00	1744.43±361.26	2273.43±715.66	-630.99±123.32	-59.32±13.98
MM-II-	84.67±0.05	-2.12±0.02	10.15±0.02	0.58±0.03	1151.69±142.28	1654.86±477.73	-689.95±103.45	-315.70±133.24
TŞ-I-	86.18±0.17	-3.33±0.01	19.08±0.03	0.27±0.05	4182.06±384.10	11433.71±1377.15	-2912.19±313.31	-2019.24±567.90
TŞ-II-	81.43±0.01	-3.43±0.01	9.21±0.01	0.29±0.02	4308.75±12.37	13288.13±11.13	-1917.39±5.11	-385.49±10.98

Çizelge 4.3.' de ticari olarak bilinen markalardan satın alınan kontrol grubu örneklerinin depolama süreci boyunca ölçülen bazı fizikokimyasal ve tekstürel özellikleri verilmiştir. Ticari olarak satın alınan kahvaltılık margarin grubu örneklerin 4 °C'de depolama süresi boyunca ölçülen renk özelliklerinden parlaklık değerinin (L) 86.38 – 80.84 arasında, a\* değerlerinin -2.77 – 2.35 arasında ve b\* değerlerinin ise 13.28 – 9.05 arasında değiştiği saptanmıştır. Mutfak margarini grubu örneklerin ise parlaklık değerinin 90.91 – 79.55, a\* değerinin -2.12 – 3.90 arasında değiştiği ve b\* değerlerinin ise 10.15- 14.77 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ticari şortening grubu örneklerin parlaklık değerinin 78.21 – 87.02 arasında, a\* değerlerinin (-2.81) – (-3.43) arasında ve b\* değerlerinin 8.17 – 19.08 arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu örneklerin depolama süresi boyunca renk değerlerinde kayda değer bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Kahvaltılık margarin grubu örneklerin peroksit sayısı değerlerinin depolama süreci boyunca 0.05 – 0.54 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, mutfak margarini grubunun 0.03 – 0.58 mekO<sub>2</sub>/kg arasında ve şortening grubunun ise 0.03- 0.29 mekO<sub>2</sub>/kg değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama süreci boyunca peroksit değeri bakımından depolamanın 0. ve 30. günlerinde kayda değer bir değişim gözlenmez iken 60. ve 90. günlerinde peroksit değerinin arttığı saptanmıştır. Kahvaltılık margarin grubunun sertlik değerinin 201.02 – 370.93 g kuvvet arasında, mutfak margarin grubunun 3053.54 -767.63 g kuvvet arasında ve şortening grubunun 1314.74 – 5824.83 g kuvvet arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca kahvaltılık grubu örneklerin yapışkanlık değerlerinin 72.06 – 199.40 arasında, mutfak grubunun 423.95 – 892.10 arasında ve şortening grubu örneklerin ise yapışkanlık değerlerinin 571.04 - 2912.19 g s arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4. 4. 20 °C’de depolanan kontrol grubu örneklerinin renk, peroksit ve tekstürel özellikleri(Ort. ± Sd)

0. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (gkuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	85.34 ± 1.21	-2.68 ± 0.05	12.17 ± 0.07	0.07 ± 0.02	90.87 ± 4.41	137.77 ± 5.66	-40.98 ± 3.48	-25.59 ± 3.08
KM-II-	87.23 ± 1.57	-2.51 ± 0.01	10.66 ± 0.61	0.09 ± 0.06	102.49 ± 3.51	187.18 ± 3.99	-51.72 ± 2.43	-42.70 ± 3.25
MM-I-	90.81 ± 0.74	-2.66 ± 0.17	10.48 ± 0.19	0.06 ± 0.02	750.72 ± 27.75	1123.41 ± 116.62	-358.57 ± 6.60	-225.30 ± 13.13
MM-II-	87.31 ± 1.25	-2.44 ± 0.14	12.01 ± 0.88	0.09 ± 0.02	973.82 ± 5.40	1816.05 ± 36.83	-522.79 ± 13.85	-403.41 ± 12.16
TŞ-I-	86.07 ± 0.19	-2.78 ± 0.35	13.43 ± 3.48	0.03 ± 0.01	1295.83 ± 159.28	2429.71 ± 226.86	-751.71 ± 42.81	-527.68 ± 20.63
TŞ-II-	79.15 ± 0.57	-3.22 ± 0.11	7.71 ± 0.32	0.08 ± 0.05	652.13 ± 19.40	1363.35 ± 173.79	-274.06 ± 7.60	-54.40 ± 6.60
30.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (gkuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	84.70 ± 0.61	-2.73 ± 0.01	12.52 ± 0.05	0.45 ± 0.01	102.90 ± 7.34	172.18 ± 16.70	-43.04 ± 3.435	-29.29 ± 3.15
KM-II-	86.15 ± 1.74	-2.65 ± 0.07	11.10 ± 0.92	0.15 ± 0.04	67.57 ± 4.745	88.07 ± 8.81	-33.84 ± 2.135	-20.78 ± 1.87
MM-I-	89.02 ± 0.85	-2.56 ± 0.08	9.91 ± 0.03	0.19 ± 0.11	557.33 ± 21.57	730.09 ± 39.58	-303.53 ± 12.16	-153.73 ± 16.73
MM-II-	86.68 ± 0.54	-2.27 ± 0.08	11.44 ± 0.66	0.35 ± 0.02	767.63 ± 4.85	1303.63 ± 44.61	-423.95 ± 1.125	-266.01 ± 18.12
TŞ-I-	85.61 ± 0.08	-2.75 ± 0.48	13.02 ± 4.21	0.09 ± 0.03	1078.11 ± 11.29	1522.48 ± 11.2	-529.82 ± 16.215	-234.65 ± 10.16
TŞ-II-	78.52 ± 0.00	-3.24 ± 0.08	8.04 ± 0.34	0.15 ± 0.02	533.81 ± 7.57	1092.44 ± 38.66	-299.55 ± 12.49	-65.335 ± 4.20
60.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (gkuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	84.57±0.52	-2.68±0.04	12.59±0.06	2.12±0.14	79.31±0.10	123.27±2.52	-42.28±0.87	-25.71±1.56
KM-II-	84.79± 0.21	-2.89±0.32	12.13±1.61	1.15±0.07	83.58±1.78	106.92±1.71	-41.92±0.15	-23.91±0.26
MM-I-	90.34± 1.77	-2.56±0.05	10.43±0.45	0.40±0.01	990.77±70.04	1783.99±169.21	-528.13±14.88	-194.51±9.31
MM-II-	86.97± 0.75	-2.06±0.04	10.97±0.63	1.42±0.13	512.74±16.87	868.11±19.18	-283.05±6.95	-157.65±7.03
TŞ-I-	75.39± 10.19	-2.90±0.14	15.85±0.85	0.32±0.08	2298.03±258.94	5239.20±91.25	-1659.48±68.63	-1075.23±42.97
TŞ-II-	78.76± 0.10	-3.20±0.05	8.31±0.44	0.47±0.06	1223.40±96.21	2682.67±297.32	-741.89±17.48	-236.77±54.33
90.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (gkuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
KM-I-	84.16±0.00	-2.74±0.01	12.79±0.04	2.71±0.05	99.9±0.36	171.61±4.05	-50.13±0.4	-34.85±0.31
KM-II-	84.77±0.01	-3.68±0.02	15.81±0.08	1.21±0.06	82.6±3.26	99.62±8.65	-41.01±2.21	-20.98±2.18
MM-I-	91.64±0.07	-2.53±0.01	11.07±0.04	0.42±0.02	1334.95±7.02	2834.68±37.75	-800.96±1.05	-442.26±13.38
MM-II-	86.30±0.02	-2.06±0.00	10.34±0.02	1.78±0.02	830.79±48.32	1659.13±139.3	-492.04±37.43	-388.64±38.14
TŞ-I-	79.62±0.58	-2.75±0.04	12.71±0.13	0.31±0.01	2475.46±328.87	6106.69±956.66	-1716.27±230.82	-1190.3±5.18
TŞ-II-	79.04±0.15	-3.31±0.01	9.00±0.03	0.54±0.01	1248.37±5.92	3080.31±42.65	-911.97±8.46	-150.34±25.43

Çizelge 4.4.’ de ticari olarak bilinen markalardan satın alınan kontrol grubu örneklerinin depolama süreci boyunca ölçülen bazı fizikokimyasal ve tekstürel özellikleri yer almaktadır. Ticari olarak bilinen markalardan satın alınan kahvaltılık margarin grubu örneklerin 20 °C’ de depolama süresi boyunca ölçülen renk özelliklerinden parlaklık değerinin (L) 87.31 – 84.16 arasında, a\* değerlerinin (-2.06) – (-3.68) arasında ve b\* değerlerinin ise 10.00 – 15.81 arasında değiştiği saptanmıştır. Mutfak margarini grubu örneklerin ise parlaklık değerinin 91.64 – 84.70, a\* değerinin (-2.06) – (-2.73) arasında değiştiği ve b\* değerlerinin ise 9.91 – 12.52 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ticari şortening grubu örneklerin parlaklık değerinin 75.39 – 86.01 arasında, a\* değerlerinin (-2.75) – (-3.31) arasında ve b\* değerlerinin 8.31 – 15.85 arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu örneklerin 20 °C’ de 90 gün depolama süresi boyunca renk değerlerinde kayda değer bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Kahvaltılık margarin grubu örneklerin peroksit sayısı değerlerinin depolama süreci boyunca 0.09 – 2.71 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, mutfak margarini grubunun 0.06 – 1.78 mekO<sub>2</sub>/kg arasında ve şortening grubunun ise 0.03 – 0.54 mekO<sub>2</sub>/kg değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Depolama süreci boyunca peroksit değeri bakımından depolamanın 0. ve 30. günlerinde kayda değer bir değişim gözlenmez iken 60. ve 90. günlerinde peroksit değerinin arttığı saptanmıştır. Kahvaltılık grubunun sertlik değerinin 67.57 – 102.90 g kuvvet arasında mutfak grubunun 1334.95 – 512.74 g kuvvet arasında ve şortening grubunun 533.81 – 2475.46 g kuvvet arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca kahvaltılık grubu örneklerin yapışkanlık değerlerinin 33.84 – 51.72 g kuvvet arasında mutfak grubunun 283.05 – 800.96 g kuvvet arasında ve şortening grubu örneklerin ise yapışkanlık değerlerinin 274.06 – 1716.27 g kuvvet arasında değiştiği belirlenmiştir.

Türk Gıda Kodeksi (TGK, 2008) Sürülebilir Yağlar/Margarin ve Yoğun Yağlar Tebliği (Tebliğ No: 2008/21)’ne göre, Margarin Ağırlıkça en az %80, en fazla % 90 oranında yağ içeriğine sahip ürünü, Margarin - Dörtte üç yağlı: Ağırlıkça en az %60, en fazla %62 oranında yağ içeriğine sahip ürünü, Margarin - Yarım yağlı: Ağırlıkça en az %39, en fazla %41 oranında yağ içeriğine sahip ürünü, Margarin -“%....” yağlı: Ağırlıkça (Yağ içeriği en az % 10 ve % 39’dan az, Yağ içeriği % 41 den fazla ve % 60 dan az, Yağ içeriği % 62 den fazla ve % 80 den az) oranlarda yağ içeriğine sahip ürünleri kapsadığı rapor edilmiştir. TS 2812 (TSE, 1977) bitkisel margarin standardına göre kahvaltılık margarinin (KM) yağ miktarı en az %80, mutfak margarini (MM) ve endüstriyel şortening (TŞ) için en az %99 olarak rapor edilmiştir. Yine asitlik derecesi oleik asit cinsinden en

çok KM için %1.50, MM ve TŞ için %0.20 olarak, erime noktası KM ve MM için en çok 36 °C ve TŞ için en çok 45 °C ve peroksit değeri en çok 5 mekO<sub>2</sub>/kg bildirilmiştir. Ayrıca su miktarı KM için en çok %16 ve TŞ için %10 olarak belirtilmiştir. Kontrol grubu örneklerden KM ve MM örneklerinin ergime noktalarının TS 2812’de belirtilen değerlerden yüksek, TŞ örneğinin ise belirtilen limitlere uygun olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu örneklerin her iki sıcaklıkta 90 günlük depolama süreci sonunda ölçülen peroksit sayısı değerlerinin TS 2812’de belirtilen değerlere uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan ticari sürülebilir yağ örneklerinin sertlik değerlerinin 23.20 - 58.80 g kuvvet arasında değiştiği, ticari margarin grubu örneklerinin sertlik değerlerinin ise 1707.60 - 2056.80 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Hwang ve ark. (2013) tarafından elde edilen veriler ile bu çalışma kapsamında ticari mutfak margarini (4 °C) ve şortening grubu (4 ve 20 °C) örneklerden elde edilen verilerin benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ticari sürülebilir margarin örneklerinin (4 ve 20 °C) ve ticari mutfak margarini örneklerinin (20 °C) sertlik değerlerinin Hwang ve ark. (2013)’nin elde ettiği verilerden farklı olduğu belirlenmiştir. Söz konusu farklılığın analiz edilen örneklerin bileşen kompozisyonlarının, saklama koşullarının ve üretim teknolojilerinin farklı olmasıyla açıklanabilir.

Genel olarak, depolama sıcaklık ve süresinin söz konusu örneklerin renk değerleri üzerine kayda değer bir etkisinin olmadığı ancak sertlik değeri ve peroksit sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

## **4.2. Farklı likit yağ stokları ve oleojelatörler kullanılarak yemeklik oleojellerin hazırlanması ve özelliklerinin belirlenmesi**

### **4.2.1. Balık yağı oleojelleri**

Balık yağı çoklu doymamış yağ asitlerinin doğal bir kaynağı olarak bilinmektedir. Balık yağının yağ asitleri kompozisyonunun ortalama %50’sinin uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu rapor edilmiştir. Balık yağı içerdiği omega-3 yağ asitleri eikosapentaenoik asit (EPA), dokosaheksaenoik asit (DHA), dokosapentaenoik asit (DPA) ve  $\alpha$ -linolenik asit (ALA) ile insan sağlığına birçok yararı olduğu bildirilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin kalp-damar rahatsızlıkları, diyabet, metabolik sendromlar, hipertansiyon, Alzheimer, ve kanser gibi hastalıkların görülme riskini azalttığı belirtilmiştir (Miles, 2006; Tur et al., 2012; Lorente-Cebrián et al., 2013). Balık yağı oleojelleri, üç

farklı konsantrasyonda (%3, 7 ve 10) dört farklı oleojelatör (Balmumu, Carnauba mumu, Monoglisericid ve Ayçiçek mumu) kullanılarak hazırlanmıştır. Üretilen taze balık yağı oleojellerinin yağ bağlama kapasitesi (YBK), kristal oluşum zamanı (KOZ), katı yağ içeriği (KYİ) ve minimum jel oluşturma (MJK) konsantrasyonları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

**Çizelge 4. 5.** Balık yağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (Ort. ± Sd)

Örnek	YBK (%)	KOZ (dak)	KYİ (% , 20 °C)	KYİ (% , 35 °C)	MJK (%)
<b>BB3</b>	99.65 ± 0.29*Aa	8.50 ± 0.50Aabcd	1.92 ± 0.07Aa	1.68 ± 0.19Agh	1.00A
<b>BB7</b>	99.64 ± 0.34Aa	6.50 ± 0.50Abcd	5.10 ± 0.10Acd	3.70 ± 0.02Ae	
<b>BB10</b>	99.31 ± 0.67Aa	6.00 ± 0.00Abcd	7.24 ± 0.02Ab	6.09 ± 0.51Ac	
<b>BC3</b>	31.76 ± 2.10Bb	-	3.03 ± 0.01Aa	2.62 ± 0.02Afg	4.00AB
<b>BC7</b>	63.21 ± 0.62Bc	13.50 ± 1.50Ba	6.26 ± 0.13Abc	6.20 ± 0.02Abc	
<b>BC10</b>	91.28 ± 1.33Ba	9.00 ± 1.00Babc	8.69 ± 0.02Ae	8.37 ± 0.02Aa	
<b>BM3</b>	79.51 ± 0.48Ad	-	2.41 ± 0.03Aa	1.23 ± 0.15Ah	7.00B
<b>BM7</b>	94.74 ± 4.81Aa	10.00 ± 1.00ABab	6.06 ± 0.29Abc	3.16 ± 0.03Aef	
<b>BM10</b>	99.55 ± 0.32Aa	7.50 ± 1.50ABbcd	8.68 ± 0.64Ae	4.79 ± 0.25Ad	
<b>BS3</b>	99.54 ± 0.45Aa	4.50 ± 0.50Ccd	2.24 ± 0.03Aa	2.18 ± 0.01Afg	1.00A
<b>BS7</b>	99.51 ± 0.48Aa	4.00 ± 1.00Ccd	4.70 ± 0.25Ad	5.26 ± 0.08Acd	
<b>BS10</b>	99.56 ± 0.43Aa	3.50 ± 0.50Cd	6.93 ± 0.12Ab	7.16 ± 0.12Ab	

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çizelge 4.5'ten görüleceği üzere, çalışma kapsamında üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin %31.76 – 99.64 arasında değiştiği belirlenmiştir. Balmumu, monoglisericid ve ayçiçek mumu (vaksı) ile üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri arasında fark tespit edilemezken, Carnauba mumu oleojelatörü kullanılarak üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Yağ bağlama kapasitesi en yüksek örnekler balmumu ve ayçiçek mumu ile oluşturulan oleojeller olarak tespit edilmiştir. Carnauba mumu ve monoglisericid ile oluşturulan oleojellerde yağ bağlama kapasitesinin oleojelatör konsantrasyonu arttıkça arttığı saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Yağ bağlama kapasitesi, özellikle lipit temelli ürünlerde önemli bir parametre olarak göze çarpmaktadır. Çikolata, sürülebilir kahvaltılık ürünler, yumuşak şekerlemeler ve helva gibi birçok üründe yağ salınımı olarak tabir edilen yağ migrasyonunun kalite kayıplarına yol açtığı bildirilmiştir. Söz konusu ürünlerde sıcak-soğuk değişimlerine karşı stabil, yağ bağlama kapasitesi yüksek yağların kullanılması önerilmektedir (Patel ve ark., 2014). Bu bağlamda yağ bağlama kapasitesi yüksek *trans* içermeyen, doymuş yağ içeriği düşük oleojel ürünlerinin gıda ürünlerinde görülen yağ migrasyonu sorununa çözüm

getirebileceği düşünülmektedir. Da Pieve ve ark. (2010) tarafından yapılan benzer çalışmada morina karaciğer yağı ve monogliserid kullanılarak oluşturulan oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin %50 – 80 arasında değiştiği bildirilmiştir. Literatür verilerinden elde edilen sonuçlar ile çalışma bulgularının benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Üretilen balık yağı oleojellerinin kristal oluşum zamanları 3.50 – 13.50 dak arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kristal oluşum zamanı (KOZ) en düşük ayçiçek mumu oleojelleri, en yüksek ise Carnauba mumu oleojelleri olarak belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bir başka deyişle, balık yağında en hızlı jel oluşumu sağlayan ayçiçek mumu, en yavaş jelleşme sağlayan ise Carnauba mumu olarak tespit edilmiştir. Balık yağı ile %3 Carnauba mumu ve monogliserid içeren örneklerde stabil jel oluşumu saptanamamıştır. Literatürde balık yağı kullanılarak üretilen oleojellerin KOZ değerlerine ilişkin sonuçlara rastlanılamamıştır. Ancak, zeytinyağı ile farklı mumların (Candelilla, Carnauba ve pirinç kepek mumu) kullanıldığı Dassanayake ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada rapor edilen sonuçlar ile bu tez çalışmasında elde edilen sonuçların benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Geliştirilen balık yağı oleojellerinin katı yağ içerikleri iki farklı sıcaklıkta 20 ve 35 °C'de belirlenmiştir. Buna göre, üretilen oleojellerin 20 °C'deki katı yağ içerikleri %1.92 – 8.69 arasında, 35 °C'deki katı yağ içeriklerinin ise %1.23 – 8.37 arasında değiştiği bulunmuştur. Aspir yağı ile %3 Candelilla mumu içeren oleojelin katı yağ içeriğinin 25 °C' de % 2.11 olarak rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007). Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından rapor edilen sonuçlar ile çalışmada %3 konsantrasyonda mum içeren (BB3, BC3, ve BS3) oleojellerin KYİ değerlerinin oldukça benzer olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Ayrıca, balık yağı oleojellerinin katı yağ içeriği değerlerinin ilave edilen oleojelatör miktarındaki artışa bağlı olarak arttığı belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra, mumlar (Balmumu, Carnauba ve Ayçiçek) ile oluşturulan oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin sıcaklık değişiminden çok fazla etkilenmediği, monogliserid oleojellerinin ise katı yağ içeriği değerlerinin sıcaklık arttıkça azaldığı saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde, ayçiçek mumu-soya yağı oleojellerinde KYİ değerinin ilave edilen oleojelatör miktarına bağlı olarak arttığı, fakat sıcaklıktan etkilenmediği bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Balık yağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin katı yağ içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ( $p=0.182$ ). Bununla birlikte, 20 °C'de belirlenen kahvaltılık margarin grubu örneklerin (KM) katı yağ içeriği değerlerinin (Çizelge 4.2) aynı sıcaklıkta, balık yağı oleojellerinin (BB10, BC10, BM10 ve

BS10) katı yağ içeriği değerleri ile benzer olduğu, şorteningi (TŞ) ve mutfak margarini (MM) grubu örneklerin katı yağ içeriği değerlerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Balık yağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin minimum jel oluşturma konsantrasyonları balmumu ve ayçiçek mumu için %1, Carnauba mumu için %4 ve monogliserid için %7 olarak tespit edilmiştir. Literatürde konuyla ilgili yer alan çalışmada Carnauba mumunun kanola:soya yağı karışımında minimum jel oluşturma konsantrasyonun %4 olduğu rapor edilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Konuyla ilgili bir diğer çalışmada, mumların jel oluşturma konsantrasyonlarının saflık derecelerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2012). Ayrıca aynı çalışmada, soya yağında ayçiçek mumu için minimum jel oluşturma konsantrasyonu %0.5, Carnauba mumu için %4 ve balmumu için %2 olduğu rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2012). Çalışmada ayçiçek mumu ve balmumu oleojelatörleri için elde edilen bulgular ile literatür verilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Söz konusu farklılığın kullanılan yağın farklı olması ve/veya kullanılan oleojelatörlerin saflık derecelerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir.



Çizelge 4. 6. Balık yağı olejlllerine ait termal parametreler (Ort. ± Sd)

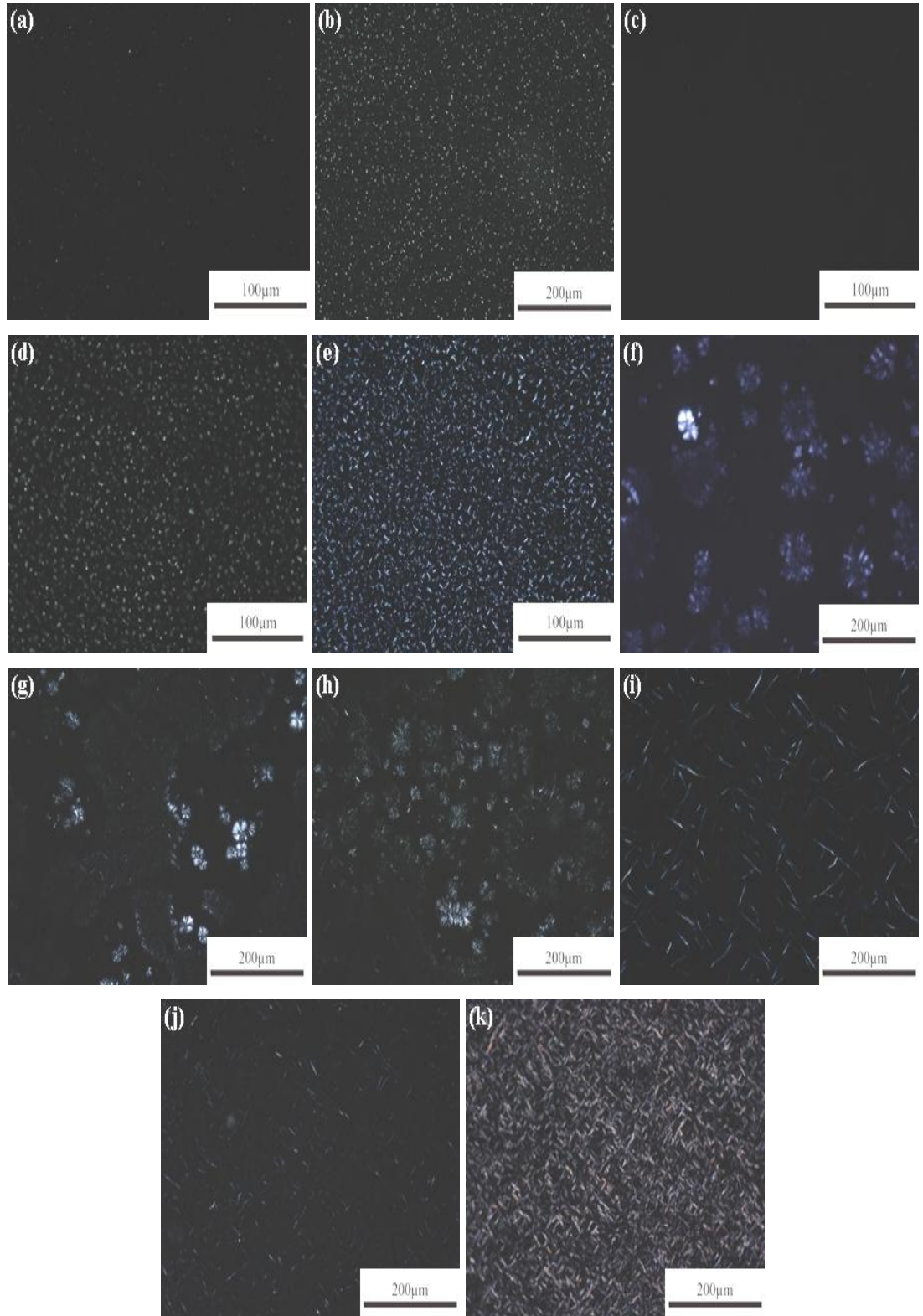
Örnek	Kristalleşme				Ergime			
	Onset <sub>c</sub> (°C)	End <sub>c</sub> (°C)	Pik (T <sub>c</sub> ) (°C)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)	Onset <sub>m</sub> (°C)	End <sub>m</sub> (°C)	Pik (T <sub>m</sub> ) (°C)	Δ H <sub>m</sub> (J/g)
<b>BB3</b>	37.94 ± 0.10*Ae	31.09 ± 0.83Ae	34.91 ± 0.34Ae	-4.50 ± 0.00Bab	31.55 ± 4.06Ac	52.31 ± 0.20Aa	45.42 ± 0.63Af	4.36 ± 0.42Aef
<b>BB7</b>	44.53 ± 0.99Ad	36.23 ± 1.40Ade	40.92 ± 0.35Ad	-10.60 ± 0.94Bc	37.03 ± 0.24Ac	54.56 ± 0.36Aa	48.83 ± 0.45Ae	9.32 ± 0.08Acd
<b>BB10</b>	47.49 ± 0.25Acd	37.65 ± 0.51Ad	44.30 ± 0.46Ac	-12.28 ± 1.88Bcd	37.84 ± 0.74Ac	55.06 ± 0.05Aa	50.80 ± 0.15Ae	11.61 ± 1.19Abc
<b>BC3</b>	48.54 ± 0.36Bc	42.13 ± 1.55Bcd	46.57 ± 0.76Bc	-4.80 ± 0.13Bab	62.86 ± 0.18Ba	80.04 ± 0.28Bb	67.58 ± 0.45Bb	4.50 ± 0.52Aef
<b>BC7</b>	54.33 ± 0.32Bb	43.72 ± 2.28Bbc	51.21 ± 0.14Bb	-12.18 ± 1.17Bcd	62.21 ± 0.65Ba	81.08 ± 0.21Bb	75.59 ± 0.42Ba	11.28 ± 0.31Abcd
<b>BC10</b>	55.76 ± 0.23Bb	45.25 ± 0.88Bbc	52.78 ± 0.76Bb	-16.88 ± 1.44Bde	63.34 ± 0.43Ba	81.40 ± 0.21Bb	75.61 ± 0.08Ba	15.17 ± 0.42Aab
<b>BM3</b>	12.70 ± 0.04	6.97 ± 0.72	10.92 ± 0.09	-0.33 ± 0.01	9.92 ± 0.02	13.88 ± 0.01	12.50 ± 0.13	0.28 ± 0.07
<b>Frk.2</b>	35.02 ± 0.08Cf	24.78 ± 0.90Cf	30.12 ± 0.88Cf	-1.68 ± 0.09Aa	40.92 ± 7.19Cd	48.39 ± 6.70Cc	44.89 ± 6.81Cg	0.44 ± 0.05Bg
<b>BM7</b>	12.35 ± 0.77	8.79 ± 0.22	12.39 ± 0.65	-1.33 ± 0.03	11.66 ± 0.00	14.28 ± 0.09	13.14 ± 0.06	1.29 ± 0.06
<b>Frk.2</b>	47.21 ± 0.18Cf	36.48 ± 0.20Cf	42.03 ± 0.28Cf	-5.32 ± 0.78Aa	41.59 ± 0.18Cd	51.99 ± 0.26Cc	48.45 ± 0.21Cg	2.12 ± 0.18Bfg
<b>BM10</b>	12.75 ± 0.14	8.60 ± 0.26	11.29 ± 0.21	-1.81 ± 0.29	11.09 ± 0.20	14.09 ± 0.23	12.81 ± 0.23	2.11 ± 0.16
<b>Frk.2</b>	48.98 ± 0.51Cf	41.95 ± 0.86Cf	45.89 ± 0.63Cf	-7.50 ± 0.48Aa	43.88 ± 0.76Cd	54.62 ± 0.27Cc	51.52 ± 0.02Cg	5.62 ± 0.01Bfg
<b>BS3</b>	56.33 ± 1.34Db	47.43 ± 0.96Dbc	52.39 ± 0.50Db	-8.49 ± 1.33Bbc	48.58 ± 0.82Db	64.68 ± 0.95Dd	58.13 ± 0.53Dd	7.49 ± 0.60Ade
<b>BS7</b>	60.91 ± 0.48Da	48.71 ± 0.41Dab	56.63 ± 0.45Da	-12.75 ± 0.66Bcde	48.80 ± 0.56Db	67.32 ± 1.32Dd	62.05 ± 0.35Dc	11.74 ± 0.93Abc
<b>BS10</b>	62.01 ± 0.28Da	54.44 ± 0.65Da	59.21 ± 0.04Da	-18.15 ± 1.32Be	52.33 ± 1.58Db	67.52 ± 0.19Dd	63.22 ± 0.02Dc	18.70 ± 1.65Aa

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki

farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir. Frk.2: Fraksiyon 2.

Balık yağı oleojellerinin termal özellikleri kristalizasyon başlangıç sıcaklığı ( $Onset_c$ ) kristalizasyon sıcaklığı ( $T_c$ ), kristalizasyon entalpisi ( $H_c$ ) ile ergime başlangıç sıcaklığı ( $Onset_m$ ), ergime sıcaklığı ( $T_m$ ) ve ergime entalpisi ( $H_m$ ) değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Balık yağı oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıklarının 30.12 – 59.21 °C arasında ve kristalizasyon entalpilerinin ise (-1.68) – (-18.15) J/g arasında değiştiği saptanmıştır. Chopin-Doreteo ve ark (2011) tarafından %3 Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojelinin kristalizasyon sıcaklığı ve entalpi değerinin sırasıyla 42.26 °C ve -2.89 J/g olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada, aynı oranda mum içeren balık yağı oleojellerinden BB3 ve BM3 örneklerinin kristalizasyon sıcaklığının Chopin-Doreteo ve ark. (2011) tarafından rapor edilen değerden düşük, BC3 ve BS3 örneklerinin ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Kristalizasyon sıcaklık ve entalpilerinde gözlenen bu farklılığın kullanılan olejelatörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, farklı olejelatörler kullanılarak üretilen balık yağı oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıklarının da farklı olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra, olejel örneklerinin kristalizasyon sıcaklıklarının ve entalpilerinin eklenen olejelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, en düşük kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin balmumu ve monoglisericid kullanılarak üretilen, en yüksek kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin ise ayçiçek ve Carnauba mumu kullanılarak üretilen oleojeller olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen balık yağı oleojellerinin ergime sıcaklıklarının balmumu (BM) oleojelleri için 45.42 - 50.80 °C arasında, Carnauba mumu (CM) oleojelleri için 67.58 - 75.61 °C arasında, monoglisericid (MG) oleojelleri için 44.89 - 51.52 °C arasında ve ayçiçek mumu (AM) oleojelleri için ise 58.13 - 63.22 °C arasında olduğu saptanmıştır. Söz konusu oleojellerin ise ergime entalpilerinin BM oleojelleri için 4.36 – 11.61 J/g, CM oleojelleri için 4.50 - 15.17 J/g MG oleojelleri için 0.44 - 5.62 J/g ve AM oleojelleri için ise 7.49 - 18.70 J/g arasında olduğu belirlenmiştir. Konuyla ilgili literatürde yer alan çalışmada, %5 ile 9 oranında monoglisericid katkısıyla üretilen morina karaciğer yağı oleojellerinin ergime noktalarının sırasıyla 49.20 ile 54.70 °C olduğu entalpi değerlerinin ise 9.00 ile 17.10 J/g olduğu rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2011). Da Pieve ve ark. (2011) tarafından elde edilen sonuçlar ile çalışmadan elde edilen sonuçların benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Literatürde, %3 oranında Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojelinin ergime sıcaklığının 44.66 °C ve ergime entalpisinin ise 1.61 J/g olduğu belirtilmiştir (Chopin-Doreteo ve ark., 2011). Buna göre, özellikle aynı oranda olejelatör içeren BB3 ve BM3 oleojellerinin ergime noktalarının Chopin-Doreteo ve ark (2011) tarafından elde edilen verilere benzer olduğu, BC3 ve BS3 oleojellerinin ise ergime noktalarının yüksek olduğu saptanmıştır.

Çalışmada, yine kristalizasyon sıcaklıklarına benzer şekilde farklı oleojelatörler kullanılarak üretilen oleojellerin ergime noktalarının birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, üretilen oleojellerin, kristalizasyon sıcaklıklarına benzer olarak, eklenen oleojelatör miktarı arttıkça ergime sıcaklıklarının ve entalpilerinin yükseldiği saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). En yüksek ergime noktasına sahip oleojellerin Carnauba mumu kullanılarak üretilen, en düşük ergime noktasına sahip oleojellerin ise balmumu ve monoglisericid kullanılarak üretilen oleojeller olduğu bulunmuştur. Üretilen balık yağı oleojellerinin ergime sıcaklıkları ile kontrol grubu örneklerinin ergime sıcaklıkları (40 – 47 °C) karşılaştırıldığında özellikle balmumu (BB3 ve BB7) ve monoglisericid (BM3 ve BM7) kullanılarak üretilen oleojellerin (Çizelge 4.1.) oldukça benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).



**Şekil 4. 1.** Balık yağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri.

(a) BB3 (b) BB7 (c) BB10 (d) BC7 (e) BC10 (f) BM3 (g) BM7 (h) BM10 (i) BS3 (j) BS7 (k) BS10

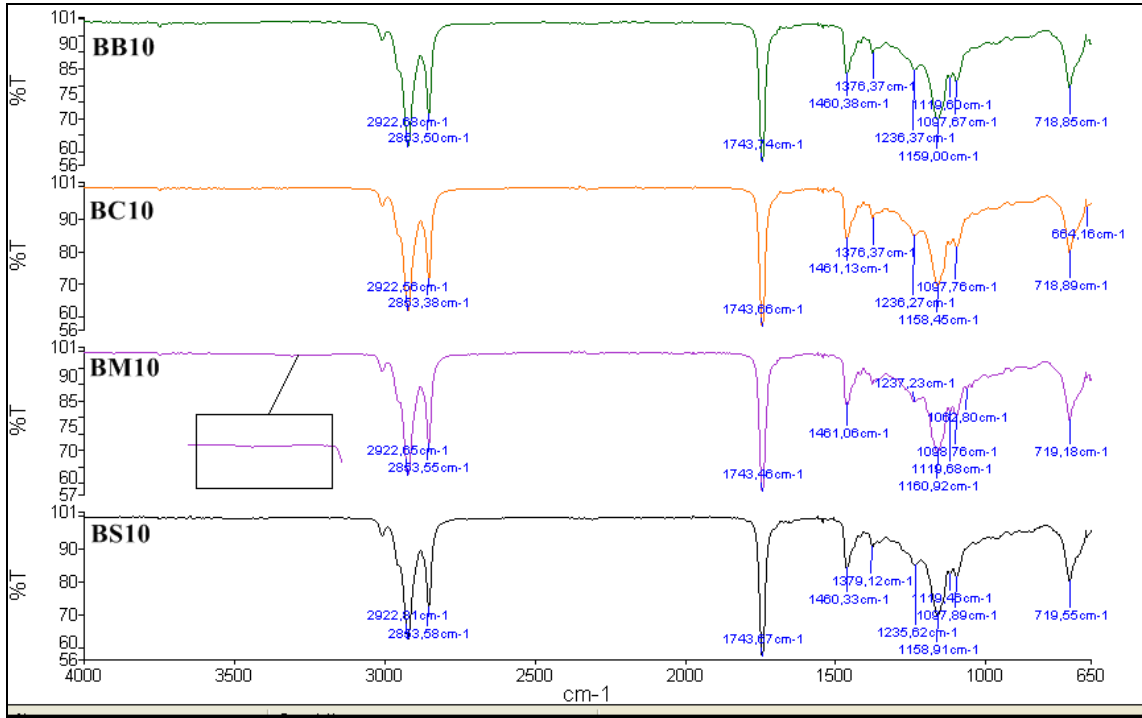
Çalışmada elde edilen balık yağı oleojellerine ait 20 °C'deki PLM görüntüleri Şekil 4.1'de sunulmuştur. Balık yağı ile farklı oleojelatörler kullanılarak hazırlanan oleojellerin kristal morfolojilerinde farklı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, balık yağı ile balmumu ve Carnauba mumu kullanılarak hazırlanan oleojellerin sperulitik yapıya, ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin ise uzun iğne benzeri kristal yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Monogliserid ile hazırlanan oleojellerin ise kristal yapılarının mumlara göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Buna göre, monogliserid oleojellerinin kristal yapıları sperulitik veya gül benzeri yapılar olarak belirlenmiştir. Literatürde mumlar ile ilgili bir çalışmada zeytinyağı ile pirinç kepek mumu, Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak üretilen oleojellerin PLM görüntülerine göre pirinç kepek mumunun uzun iğne benzeri kristal yapıya ve Candelilla ile Carnauba mumlarının sperulitik yapıya sahip oldukları rapor edilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Yine uzun iğne benzeri kristal yapı oluşturan mumların diğer mumlara göre jel oluşturma yeteneklerinin ve jel stabilitelerinin daha iyi olduğu vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Soya yağı ve ayçiçek mumu kullanılarak oluşturulan oleojellerin kristal yapılarının soğutma oranına bağlı olarak değiştiği soğutma oranı arttıkça uzun iğne benzeri kristal yapıların meydana geldiği Hwang ve ark. (2012) tarafından bildirilmiştir. Benzer sonuçlar, Morales-Rueda ve ark. (2009) ve Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından aspir yağı ve Candelilla mumu ile oluşturulan oleojellerde rapor edilmiştir. Literatürde monogliserid-mısır özü yağı kullanılarak yapılan bir çalışmada monogliseridlerin sperulitik kristal yapıya sahip oldukları belirtilmiştir (Kesselman ve Shimoni, 2007). Monogliseridler ile ilgili bir başka çalışmada morina karaciğer yağında iğne benzeri yapı oluşturdıkları bildirilmiştir (Da Pieve ve ark., 2010). Literatürde yer alan sonuçlar ile araştırma bulgularının benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 7.** Balık yağı oleojellerine ait X-ışınları kırınım deseni sonuçları

Örnek	2-Theta	d (Å)
BB3	4.04, 19.69, 21.34, 23.72	21.83, 4.50, 4.15, 3.74
BB7	3.97, 19.25, 21.36, 23.77	22.19, 4.60, 4.15, 3.73
BB10	3.96, 19.28, 21.37, 23.75, 29.72	22.29, 4.59, 4.15, 3.74, 3.00
BC3	-	-
BC7	3.74, 19.31, 21.44, 23.82	23.59, 4.59, 4.14, 3.73
BC10	3.68, 19.17, 21.43, 23.76, 36.02	23.98, 4.62, 4.14, 3.74, 2.49
BM3	2.02, 4.13, 5.50, 7.30, 10.88, 19.20	43.52, 21.32, 16.05, 12.09, 8.12, 4.61
BM7	2.02, 3.62, 5.46, 7.30, 11.03, 19.38, 22.70, 23.40, 36.86	43.50, 24.38, 16.17, 12.09, 8.01, 4.57, 3.91, 3.79, 2.43
BM10	2.02, 3.54, 5.46, 7.32, 10.88, 19.30, 20.33, 22.73, 23.82, 36.84	43.51, 24.93, 16.17, 12.06, 8.12, 4.59, 4.36, 3.90, 3.73, 2.45
BS3	3.91, 19.36, 21.42, 23.78	22.54, 4.58, 4.14, 3.73
BS7	3.93, 19.42, 21.44, 23.84	22.41, 4.56, 4.14, 3.72
BS10	2.66, 3.85, 19.46, 19.83, 21.44, 23.80, 36.06	33.15, 22.88, 4.55, 4.47, 4.14, 3.73, 2.48

Balık yağı oleojellerine ait X-ışınları kırınım deseni sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Balık yağı ve mumlar ile üretilen oleojellerde yaklaşık 22.50, 4.50, 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin ortak olduğu belirlenmiştir. Zeytinyağı ile Carnauba mumu kullanılarak üretilen oleojellerinin, X-ışınları kırınım desenlerinde görülen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin polimorfik  $\beta'$  formuna benzer olduğu vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Balık yağı ile monoglisericid oleojellerinde ise göze çarpan piklerin 43.50, 24.50, 4.50, 3.90 ve 3.70 civarında görüldüğü saptanmıştır. Morina karaciğer yağı ve monoglisericid (%5) kullanılarak hazırlanan oleojellerin X-ışınları kırınım deseninde belirgin piklerin 46.44, 24.20, 4.55, 4.35, 3.90 Å görüldüğü rapor edilmiştir. XRD sonuçlarına göre 4.50 ve 24.20 Å piklerin likit durumdaki triaçilgliserollerin amorf saçılma pikleri ile ilişkili olduğu ve bu yapının %95 oranında jel özelliğine sahip olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada küçük açı bölgesinde 46.44 Å görülen pikin oleojel sisteminin lamel katmanlarından oluştuğunun göstergesi olduğu rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmada geniş açı bölgesinde 4.55 Å görülen ve bunu takip eden (3.90 ve 3.70 Å) bantlarda görülen çeşitli piklerin  $\beta$ -fazı içerisine monoglisericid alifatik zincirinin düzenlenmesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır (Da Pieve ve ark., 2010). Morina karaciğer yağı ile %7 konsantrasyonda monoglisericid ilave edilerek üretilen oleojeller örneklerinde benzer sonuçlar Da Pieve ve ark. (2011) tarafından rapor edilmiştir. Literatür verileri ile araştırma bulgularının paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca kontrol grubu örneklerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçlarından elde edilen 40.00, 20.50, 4.50, 4.10 ve

3.80 Å civarındaki piklerin, çalışmada üretilen oleojellerin kırınım deseni sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. 2. Çalışma kapsamında üretilen balık yağı oleojellerinin FT-IR spektrumları

Balık yağı oleojellerine ait Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spektrumları Şekil 4.2’de verilmiştir. Balık yağı oleojellerinde ölçülen FT-IR spektrumlarında görülen, 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin trigliseridlerin  $-\text{CH}_2$  ve  $-\text{CH}_3$  alifatik gruplarının simetrik ve asimetrik C-H gerilim titreşimlerini gösterdiği bildirilmiştir. Yine, 1600-1800  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan 1753  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikin yüksek doymuş yağ asidi içeriği ile kısa C zincirli yağ asitlerinden ileri geldiği rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra özellikle 3000-3010  $\text{cm}^{-1}$  ve 1390-1600  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin toplam doymamışlık göstergesi olduğu vurgulanmıştır. 1200-1390  $\text{cm}^{-1}$  bantında görülen piklerden 1378  $\text{cm}^{-1}$  yer alan pikin metilen grubunun deformasyon titreşiminden kaynaklandığı ve 1236  $\text{cm}^{-1}$  görülen pikin ise konjuge olmayan çift bağlara özgü deformasyondan kaynaklandığı belirtilmiştir. Diğer taraftan yağlarda 3100-4000  $\text{cm}^{-1}$  bantında herhangi bir kızılötesi absorpsiyona rastlanılmadığı bildirilmiştir (Vlachos ve ark., 2006; Poiana ve ark., 2012). Balık yağı oleojellerinden balmumu, Carnauba mumu, monogliserid ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin FT-IR spektrumlarının oldukça benzer oldukları belirlenmiştir. Ancak balık yağı ile %10 monogliserid içeren oleojel örneğinde 3500–3000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında BB10, BC10 ve BS10 oleojellerinden farklı olarak bir pikin yer aldığı gözlemlenmiştir.

Literatürde yer alan bir çalışmada 3550–3450  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında yer alan piklerin moleküler içi hidrojen bağlarını gösterdiği ve 3570-3540  $\text{cm}^{-1}$  yer alan piklerin ise moleküler arası hidrojen bağlarını gösterdiği belirtilmiştir (den Adel ve ark., 2010). Buna göre, monogliserid oleojellerinde moleküler içi ve moleküler arası H-bağlarının olduğu ve bunun monogliserid oleojelatörünün içerdiği OH<sup>-</sup> (hidroksil) gruplarından ileri geldiği sonucuna varılmıştır.



Çizelge 4. 8. 4 °C' de depolanan balık yağı oleojellerinin depolama süreci boyunca belirlenen bazı fizikokimyasal ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

Örnek	L	a*	b*	0.Gün				
				Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	38.02 ± 0.39Af	-2.88 ± 0.30Aa	3.97 ± 0.44Afg	2.80 ± 0.07Aa	35.12 ± 3.70Agh	56.04 ± 4.82Ah	-20.80 ± 1.25Aab	-10.44 ± 1.01Aab
BB7	52.10 ± 0.96Ad	-3.56 ± 0.31Aab	5.45 ± 0.12Aef	2.81 ± 0.07Aa	319.53 ± 35.09Ade	742.79 ± 0.79Aef	-235.08 ± 40.99Ad	-23.85 ± 0.60Abc
BB10	57.47 ± 1.40Ac	-3.99 ± 0.06Abcd	6.69 ± 0.56Ade	2.35 ± 0.01Aa	719.42 ± 16.34Ab	1465.79 ± 25.07Ab	-276.80 ± 22.64Af	-67.77 ± 6.00Ad
BC3	40.46 ± 1.22Af	-3.88 ± 0.35Cbc	5.98 ± 0.42Be	1.92 ± 0.75Ba	7.67 ± 0.74Ah	0.12 ± 0.03Ah	-8.82 ± 1.33Aa	0.09 ± 0.02Aa
BC7	52.13 ± 1.05Ad	-5.22 ± 0.28Ce	12.77 ± 0.39Bb	1.78 ± 0.80Ba	130.92 ± 20.8Aef0	274.80 ± 16.98Afg	-51.72 ± 7.61Ab	-40.67 ± 6.43Ac
BC10	56.86 ± 1.19Ac	-5.17 ± 0.13Ce	16.23 ± 0.25Ba	1.68 ± 0.65Ba	996.45 ± 22.95Aa	1859.57 ± 84.48Aa	-466.64 ± 49.97Af	-111.27 ± 7.97Ae
BM3	40.34 ± 1.08Af	-3.41 ± 0.33BCab	3.40 ± 0.14Agh	2.42 ± 0.26ABa	22.08 ± 2.17Agh	23.67 ± 4.82Ah	-9.36 ± 1.37Aa	-2.84 ± 0.45Aa
BM7	49.09 ± 1.16Ae	-4.53 ± 0.42BCcde	3.12 ± 0.16Agh	1.84 ± 0.17ABa	249.03 ± 1.67Ad	468.89 ± 39.48Ade	-164.54 ± 20.56Ad	-52.53 ± 6.77Ac
BM10	52.89 ± 0.72Ad	-4.74 ± 0.14BCde	2.48 ± 0.23Ah	2.07 ± 0.77ABa	504.13 ± 15.93Ac	969.68 ± 19.50Ac	-262.16 ± 9.92Af	-79.72 ± 5.15Ad
BS3	50.12 ± 0.47Bd	-3.64 ± 0.42Aab	8.32 ± 0.80Bd	2.33 ± 0.09ABa	91.37 ± 7.74Afg	133.81 ± 14.66Agh	-33.03 ± 3.05Aab	-13.34 ± 0.87Aab
BS7	63.33 ± 1.55Bb	-3.76 ± 0.16Abc	10.70 ± 0.29Bc	2.27 ± 0.10ABa	249.32 ± 23.95Ad	565.52 ± 50.92Ad	-105.92 ± 1.29Ac	-41.35 ± 2.51Ac
BS10	67.42 ± 2.14Ba	-3.97 ± 0.41Abcd	12.20 ± 1.24Bbc	2.35 ± 0.15ABa	547.76 ± 15.27Ac	1346.10 ± 43.84Ab	-193.00 ± 19.49Ae	-79.86 ± 5.96Ad
Örnek	L	a*	b*	30.Gün				
				Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	38.56 ± 0.15f	-3.05 ± 0.13a	3.95 ± 0.47ef	3.97 ± 0.74a	25.50 ± 3.71e	33.94 ± 0.82f	-18.82 ± 1.23ab	-7.10 ± 0.62a
BB7	52.76 ± 0.30cde	-3.68 ± 0.43ab	5.46 ± 0.13de	2.38 ± 0.78a	225.48 ± 29.81c	514.21 ± 30.16cd	-174.07 ± 11.26e	-32.68 ± 4.06bc
BB10	58.17 ± 0.69bc	-4.08 ± 0.16abc	6.88 ± 0.37c	2.50 ± 0.03a	544.43 ± 68.72b	1160.24 ± 80.67b	-241.53 ± 10.82fg	-74.41 ± 2.18cd
BC3	40.85 ± 0.82f	-4.05 ± 0.18abc	6.28 ± 0.12cd	2.58 ± 0.57a	7.60 ± 0.48e	0.08 ± 0.00f	-9.95 ± 0.48a	-1.04 ± 0.03a
BC7	52.33 ± 0.85de	-5.27 ± 0.23c	12.98 ± 0.18b	2.79 ± 0.48a	190.89 ± 2.46de	414.69 ± 6.94e	-78.26 ± 0.87bc	-50.47 ± 1.05b
BC10	57.00 ± 1.05cd	-5.16 ± 0.13c	16.36 ± 0.12a	2.46 ± 0.48a	662.90 ± 55.71a	1082.67 ± 47.07b	-259.88 ± 12.56g	-77.79 ± 5.51e
BM3	42.06 ± 0.64f	-3.68 ± 0.05ab	3.41 ± 0.12ef	2.86 ± 0.09a	8.79 ± 1.01e	0.08 ± 0.00f	-8.96 ± 0.86a	-2.27 ± 0.01a
BM7	50.88 ± 0.64e	-4.77 ± 0.17bc	3.05 ± 0.23f	2.50 ± 0.27a	102.72 ± 0.36de	172.39 ± 3.23e	-65.05 ± 1.55cd	-26.64 ± 0.01b
BM10	53.71 ± 1.54cde	-4.90 ± 0.02bc	2.65 ± 0.40f	2.13 ± 0.55a	224.67 ± 16.39c	408.72 ± 27.26d	-113.73 ± 3.77d	-48.25 ± 4.64d
BS3	49.95 ± 0.64e	-3.68 ± 0.38ab	8.58 ± 0.54c	2.72 ± 0.24a	156.08 ± 17.67cd	308.42 ± 26.61d	-61.10 ± 3.11cd	-24.09 ± 0.84b
BS7	63.41 ± 1.46ab	-3.77 ± 0.16ab	10.94 ± 0.06b	2.72 ± 0.10a	262.45 ± 33.21c	390.22 ± 3.09c	-95.77 ± 5.21d	-29.44 ± 3.37b
BS10	67.63 ± 1.93a	-4.01 ± 0.37abc	12.52 ± 0.93b	2.42 ± 0.09a	653.23 ± 51.45a	1451.48 ± 60.97a	-212.87 ± 11.33f	-87.65 ± 3.47e

Çizelge 4.8. Devamı

Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	60.Gün		
						Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	39.20±0.26e	-3.10±0.16a	3.89±0.38ef	3.36±0.15b	34.50±2.42gh	59.80±5.47ghi	-20.92±1.01a	-10.36±0.59ab
BB7	53.00±0.45cd	-3.73±0.35ab	5.53±0.13de	3.11±0.53b	293.11±12.16d	600.07±24.17d	-158.54±4.06b	-38.20±0.08c
BB10	58.60±0.43bc	-3.99±0.03abc	6.77±0.45cd	2.53±0.01b	835.93±66.63b	1989.83±97.97b	-399.89±65.94c	-89.97±3.82e
BC3	40.86±0.88e	-4.09±0.19abc	6.39±0.01cd	4.08±0.56b	7.50±0.04h	0.86±0.59i	-8.73±0.62a	0.11±0.02a
BC7	52.30±1.25cd	-5.22±0.26c	12.91±0.08b	4.12±0.43b	204.97±26.46def	441.14±64.46de	-83.90±11.87ab	-55.33±6.15d
BC10	57.02±1.54bcd	-5.22±0.25c	16.31±0.22a	2.76±0.39b	1063.99±2.17a	2522.83±24.82a	-417.66±10.75c	-162.23±4.16f
BM3	41.93±0.43e	-3.71±0.08ab	3.51±0.01ef	5.09±0.43a	8.08±0.62h	0.58±0.50i	-8.11±0.00a	0.37±0.25a
BM7	50.58±0.42d	-4.79±0.24bc	3.11±0.16f	3.55±0.31b	28.89±0.44gh	43.07±2.97hi	-12.71±0.26a	-9.95±0.18ab
BM10	53.38±1.10cd	-4.86±0.03bc	2.68±0.48f	4.21±0.26b	125.06±7.78fgh	224.45±8.19fgh	-75.00±4.05ab	-39.00±1.29c
BS3	50.89±1.89d	-3.52±0.28ab	8.17±0.03c	2.47±0.12b	145.43±1.52efg	254.91±6.63efg	-54.04±5.32ab	-16.78±0.96b
BS7	63.28±2.05ab	-3.78±0.22ab	11.08±0.10b	2.69±0.29b	258.51±2.83de	405.58±8.65def	-81.33±5.61ab	-23.84±0.60b
BS10	67.30±2.19a	-3.98±0.46abc	12.58±0.99b	2.86±0.22b	452.40±6.77c	891.76±1.05c	-141.89±3.48b	-60.44±1.52d
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	90.Gün		
						Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	38.95±0.00e	-3.13±0.18a	4.02±0.39def	3.65±0.20bc	29.86±2.35de	40.32±0.90de	-22.15±1.59a	-8.10±0.23ab
BB7	52.96±0.21cd	-3.73±0.35abc	5.61±0.13cde	2.75±0.16c	242.80±10.86c	453.23±6.12c	-150.36±1.01bc	-34.79±5.01cd
BB10	59.36±0.64bc	-3.74±0.30abc	6.49±0.98cd	2.70±0.46c	575.83±13.43b	1205.13±130.81b	-303.79±31.53d	-70.62±10.73e
BC3	40.78±0.56e	-4.09±0.21abc	6.49±0.08cd	4.52±0.02abc	7.57±0.26e	0.17±0.10e	-8.07±0.69a	-0.04±0.16a
BC7	52.15±0.78d	-5.27±0.34c	13.14±0.26b	5.12±0.85ab	226.91±29.21c	500.72±70.81c	-95.52±11.26abc	-60.42±5.87e
BC10	56.72±1.32bcd	-5.16±0.17c	16.16±0.43a	3.60±0.39bc	862.39±70.14a	1688.48±101.81a	-368.65±53.03d	-115.70±0.09f
BM3	41.60±0.71e	-3.76±0.15abc	3.64±0.12ef	5.78±0.22a	7.42±0.40e	0.08±0.01e	-9.20±0.79a	0.34±0.99a
BM7	50.18±0.79d	-4.82±0.30bc	3.28±0.27ef	3.51±0.04bc	25.19±0.65de	31.53±1.40de	-10.50±0.14a	-6.88±0.33ab
BM10	53.27±1.26cd	-4.82±0.03bc	2.74±0.47f	5.27±0.07ab	195.75±0.50c	356.42±22.05c	-108.01±7.45abc	-51.43±5.39de
BS3	50.81±1.93d	-3.51±0.29ab	8.28±0.08b	3.37±0.27bc	164.04±13.47cd	334.07±13.02cd	-66.38±4.56ab	-25.23±1.83bc
BS7	62.97±1.64ab	-3.77±0.25abc	11.26±0.05b	2.73±0.39c	267.49±18.31c	431.28±41.50c	-87.42±1.85abc	-25.70±1.09bc
BS10	67.46±2.22a	-3.98±0.49abc	12.66±1.06b	2.95±0.30c	536.27±33.81b	1095.88±24.19b	-185.50±19.51c	-66.00±1.01e

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ )

göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.8.'de balık yağı (balmumu, Carnauba mumu, ayçiçek mumu ve monoglisericid) oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Balık yağı oleojellerinin L (parlaklık/matlık) değerlerinin 38.02 – 67.30 arasında a\* değerlerinin (-2.88) ile (-5.27) arasında ve b\* değerlerinin ise 2.48 – 16.36 arasında değiştiği belirlenmiştir. Balık yağı oleojellerinden L değeri en yüksek oleojelin ayçiçek mumu (BS7-BS10) kullanılarak üretilen oleojellerin olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, monoglisericid ile elde edilen balık yağı oleojellerinin (BM3-BM10) renk değerlerinin mumlar ile elde edilen oleojellere (BB, BC ve BS) göre farklı olduğu ve bu farklılığında istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Balık yağı oleojellerine ait renk değerlerinin kullanılan oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balık yağı oleojelleri ile 4 °C'de 90 gün süreyle depolanan kontrol grubu örneklerinin renk değerlerinin (Çizelge 4.3) farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).

Balık yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 gün boyunca depolanması sürecinde peroksit sayısı değerlerinin mumlar ile üretilen oleojeller için 1.68 – 5.12 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, monoglisericid ile üretilen oleojeller için ise 1.84 – 5.78 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Literatürde yer alan bir çalışmada %5 - 9 arasında monoglisericid içeren oleojellerin peroksit sayısı değerlerinin 4 °C'de 40 günlük depolama sürecinde 5.00 - 40.00 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Da Pieve ve ark., 2011). Çalışmada elde edilen peroksit değerlerinin literatür verilerinden farklı olduğu görülmektedir. Sonuçlar arasındaki bu farklılık kullanılan yağın kimyasal kompozisyonunun ve depolama koşullarının farklı olması ile açıklanabilir. Depolamanın 0. ve 30. günlerinde peroksit sayısı değerlerinde artış gözlenmezken, 60. ve 90 günlerde özellikle Carnauba ve monoglisericid oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balık yağı ile üretilen oleojellerin peroksit sayılarının kullanılan oleojelatör çeşidine ve konsantrasyonuna göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). BC7, BM3 ve BM10 (90. Gün) dışındaki tüm balık yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci sonunda peroksit değerleri bakımından beslenmeden sorumlu konsey-uluslararası tanınan saflık standardı tarafından belirlenen limitlere ( $< 5$  mekO<sub>2</sub>/kg) uygun olduğu gözlemlenmiştir (CRN, 2014). Ayrıca, balık yağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin TS 2812' de belirtilen limitler ( $< 5$  mekO<sub>2</sub>/kg) dahilinde olduğu saptanmış (TSE, 1977), ancak aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerine (Çizelge 4.3) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bu farklılığın örneklerin üretiminde

kullanılan yağların farklı olmasına ve bu yağların farklı oksidatif stabiliteye sahip olmaları ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, söz konusu farklılık kontrol grubu örneklerin üretim teknolojisi ile oleojellerin üretim tekniklerinin farklı olması ile de açıklanabilir.

Balık yağı oleojellerinin 4 °C’de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvvet, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre balık yağı oleojellerinin sertlik değerlerinin 7.50 – 1063.99 g kuvvet arasında kesme kuvveti değerlerinin 0.50 – 2522.83 g s arasında yapışkanlık değerlerinin 8.07 – 466.64 g kuvvet arasında ve yapışma kuvveti değerlerinin ise 0.09 – 162.23 g s arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Soya yağı ile %0.5 – 10 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 20 – 350 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hwang ve ark. 2012). Balık yağı ile aynı oranda ayçiçek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin Hwang ve ark. (2012) tarafından belirtilen değerlere benzer olduğu bulunmuştur. Toro Vazquez ve ark. (2007) tarafında %3 Candelilla içeren aspir yağı oleojelinin 5 °C’ de kesme kuvveti değerinin 2742.98 g/mm olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada benzer kesme kuvveti değerinin %10 Carnauba mumu içeren (BC10) oleojelde saptanmıştır. Balık yağı oleojellerinden sertlik ve yapışkanlık değeri en yüksek BC10 örneği iken sertlik ve yapışkanlık değeri en düşük örneğin BC3 olduğu saptanmıştır. Çalışmada balık yağı oleojellerinin tekstürel özelliklerinin (sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti) kullanılan oleojelatör konsantrasyonu arttıkça arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Benzer bulgular Da Pieve ve ark. (2011) tarafından MG oleojellerinin reolojik parametreleri için ve Hwang ve ark. (2012) tarafından AM oleojelleri sertlik değerleri için ve Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından oleojellerin kesme kuvveti değerleri için rapor edilmiştir. Ayrıca, oleojelatör olarak mumların kullanıldığı oleojellerin sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti değerlerinin monoglisericid kullanılarak üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada üretilen oleojellerin aynı sıcaklık ve sürede depolanan kontrol grubu örnekleri ile karşılaştırıldığında oleojellerin sertlik değerlerinin şortening ve mutfak margarini grubuna göre oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Mutfak margarini grubuna (Çizelge 4.3) sertlik ve yapışkanlık değeri bakımından en benzer örneğin BC10 (0, 60 ve 90. Gün) olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, özellikle BB7 ve BS7 oleojellerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin kahvaltılık margarin grubu (Çizelge 4.3) ile oldukça benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).

Literatürde balık yağı oleojelleri ile ilgili yer alan benzer bir çalışmada, balık yağı ile %5, 7 ve 9 oranında monogliserid ilavesi ile oluşturulan oleojellerin reolojik özelliklerinin belirlendiği bildirilmiştir. Çalışmada, %5 ve 7 oranında monogliserid içeren oleojellerin 4 °C’de  $G'$  (depolama modülü) değerinin  $1 \times 10^3 - 10 \times 10^3$  Pa arasında, %9 oranında monogliserid içeren oleojelin ise  $G'$  değerinin  $10 \times 10^3 - 10 \times 10^4$  Pa arasında olduğu rapor edilmiştir. Yine, çalışmada aynı sıcaklıkta %5, 7 ve 9 monogliserid içeren oleojellerin  $G''$  (kayıp modülü) değerlerinin sırasıyla  $1 \times 10^2 - 10 \times 10^2$ ,  $1 \times 10^{-3} - 10 \times 10^3$  ve  $10 \times 10^3 - 10 \times 10^4$  değerleri arasında olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada monogliserid oleojellerinin 4 °C’de ölçülen görünür viskozite değerlerinin balık yağı için 0.12 Pa s, %5 MG içeren oleojel için 1.07 Pa s, %7 MG içeren oleojel için 1.85 Pa s ve %9 MG içeren oleojel için ise 3.44 Pa s olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, MG miktarındaki artışa bağlı olarak belirlenen reolojik özelliklerin artış gösterdiği vurgulanmıştır (Da Pieve ve ark., 2011). Bu tez çalışmasından 4 °C’ de balık yağı-monogliserid oleojellerinin tekstürel özelliklerine ilişkin elde edilen bulguların Da Pieve ve ark. (2011) tarafından rapor edilen bulgulardan farklı olduğu ancak çıkarılan sonuçlar bakımından oldukça benzer olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu farklılığın uygulanan ölçüm tekniklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4. 9. 20 °C’ de depolanan balık yağı oleojellerinin depolama süresi boyunca belirlenen bazı fiziko-kimyasal ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

0.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	37.79 ± 0.80de	-2.94 ± 0.25a	4.25 ± 0.30d	2.72 ± 0.03a	8.35 ± 0.45g	8.08 ± 0.52e	-10.28 ± 1.29ab	-1.77 ± 0.20a
BB7	50.56 ± 0.33abcde	-4.23 ± 0.26a	6.06 ± 0.54cd	2.40 ± 0.10a	163.84 ± 13.55d	460.57 ± 21.38c	-171.15 ± 29.97d	-33.37 ± 1.24de
BB10	56.53 ± 0.23abc	-4.41 ± 0.34a	7.32 ± 0.70cd	2.66 ± 0.27a	463.46 ± 40.23c	627.51 ± 53.06b	-291.77 ± 22.89g	-40.73 ± 2.89e
BC3	41.42 ± 0.26cde	-4.14 ± 0.27a	6.69 ± 0.11cd	2.13 ± 0.87a	7.26 ± 0.38g	0.07 ± 0.01e	-8.82 ± 0.60a	0.24 ± 0.24a
BC7	49.41 ± 0.18abcde	-5.19 ± 0.21a	13.48 ± 0.11ab	2.01 ± 0.91a	105.79 ± 16.86de	191.61 ± 18.64d	-42.10 ± 6.18c	-25.36 ± 2.10cd
BC10	54.04 ± 0.27abcd	-5.16 ± 0.15a	17.29 ± 0.14a	1.85 ± 0.68a	508.24 ± 5.15a	795.81 ± 89.87b	-208.73 ± 6.52f	-38.82 ± 2.39e
BM3	35.01 ± 5.22e	-2.66 ± 1.30a	4.26 ± 0.48d	2.66 ± 0.44a	11.86 ± 1.98fg	9.86 ± 0.04e	-7.84 ± 0.54a	-2.78 ± 0.53a
BM7	41.22 ± 6.79cde	-3.53 ± 1.58a	5.14 ± 0.67d	2.28 ± 0.46a	86.16 ± 4.55ef	136.42 ± 8.52d	-51.33 ± 3.47c	-16.18 ± 1.66bc
BM10	45.10 ± 6.81bcde	-3.69 ± 1.44a	4.90 ± 1.32d	1.94 ± 0.75a	89.43 ± 13.21ef	149.76 ± 22.94d	-54.28 ± 7.92c	-18.03 ± 2.25b
BS3	48.14 ± 0.29bcde	-3.25 ± 0.17a	9.77 ± 0.99bc	2.57 ± 0.24a	108.82 ± 9.12de	169.64 ± 19.35d	-40.11 ± 6.88ab	-14.04 ± 1.11b
BS7	59.88 ± 0.81ab	-3.71 ± 0.12a	12.35 ± 1.18b	2.61 ± 0.20a	372.46 ± 42.12c	635.24 ± 35.62b	-117.00 ± 9.70d	-55.40 ± 2.63f
BS10	66.38 ± 1.19a	-3.87 ± 0.03a	12.87 ± 0.90b	2.35 ± 0.09a	426.44 ± 30.40b	980.87 ± 22.34a	-161.50 ± 3.10e	-60.90 ± 1.11f
30.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	38.49 ± 0.21g	-3.14 ± 0.23a	3.96 ± 0.48de	3.87 ± 0.01cd	12.76 ± 0.93f	15.40 ± 4.21h	-9.07 ± 0.83ab	-3.39 ± 0.62a
BB7	51.61 ± 0.86cde	-4.40 ± 0.30cde	6.03 ± 0.44de	2.88 ± 0.13e	199.70 ± 13.82c	413.10 ± 45.27e	-137.02 ± 20.30d	-36.38 ± 2.67c
BB10	57.19 ± 0.28bc	-4.57 ± 0.34cde	7.09 ± 0.59cd	2.51 ± 0.02e	464.04 ± 33.37a	1068.83 ± 27.08a	-244.47 ± 11.08f	-59.68 ± 6.97f
BC3	44.35 ± 4.32g	-4.75 ± 0.88bcd	8.32 ± 2.16de	4.71 ± 0.42bc	6.81 ± 0.15f	0.19 ± 0.11h	-8.54 ± 0.58a	-0.19 ± 0.27a
BC7	50.57 ± 0.92de	-5.24 ± 0.20e	13.19 ± 0.40ab	5.49 ± 0.25ab	120.65 ± 6.54d	226.02 ± 21.86f	-52.14 ± 8.63c	-31.05 ± 4.88c
BC10	55.10 ± 0.86bcd	-5.18 ± 0.15e	16.86 ± 0.62a	3.36 ± 0.10de	463.70 ± 16.90a	695.41 ± 2.62d	-271.18 ± 2.90g	-92.65 ± 9.47d
BM3	42.85 ± 0.15fg	-4.02 ± 0.39abc	4.20 ± 0.92de	6.29 ± 0.06a	7.69 ± 0.31f	3.85 ± 0.06h	-8.33 ± 0.66a	0.11 ± 0.01a
BM7	50.61 ± 0.91de	-4.96 ± 0.36de	3.69 ± 0.88de	6.21 ± 0.05a	53.25 ± 2.20ef	98.30 ± 4.64g	-32.94 ± 2.17bc	-20.12 ± 0.97b
BM10	53.82 ± 1.42cde	-5.07 ± 0.16de	3.21 ± 0.16e	6.09 ± 0.05a	73.57 ± 4.03def	125.36 ± 9.01g	-41.66 ± 1.89c	-22.67 ± 1.90b
BS3	48.87±0.44ef	-3.38±0.09ab	9.26 ± 1.22bc	3.34 ± 0.21de	107.28 ± 0.94de	269.30 ± 29.12f	-52.85 ± 6.88c	-20.23 ± 1.61b
BS7	60.15±1.80b	-3.77 ± 0.16abc	12.15 ± 1.27b	2.99 ± 0.24de	420.84 ± 25.59b	782.00 ± 35.99c	-125.13 ± 14.58d	-52.06 ± 2.21d
BS10	65.48±0.22a	-3.93±0.29abc	12.92±1.33b	2.60±0.06e	492.80±1.99a	882.46±10.86b	-157.18±11.98d	-53.97±2.45de

Çizelge 4.9. Devamı

60.Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	38.66 ± 0.09g	-3.33 ± 0.11a	3.95 ± 0.28ef	4.75 ± 0.19ab	16.18 ± 1.12e	15.93 ± 3.00c	-10.61 ± 0.04ab	-3.44 ± 0.04a
BB7	51.83 ± 0.40bcdef	-4.39 ± 0.30a	5.68 ± 0.54def	3.03 ± 0.01ef	196.93 ± 15.09d	456.53 ± 2.39b	-168.45 ± 6.30d	-37.51 ± 3.73cd
BB10	57.57 ± 0.20abc	-4.61 ± 0.34a	7.19 ± 0.39cdef	2.66 ± 0.03f	481.60 ± 16.64bc	1324.95 ± 99.86a	-378.45 ± 11.07f	-76.64 ± 0.89e
BC3	45.51 ± 4.68efg	-4.83 ± 0.95a	9.25 ± 2.47bcde	5.43 ± 0.39a	8.11 ± 0.72e	-1.03 ± 0.52c	-8.36 ± 0.04ab	0.12 ± 0.02a
BC7	49.32 ± 0.17cdef	-5.18 ± 0.30a	13.46 ± 0.15ab	8.60 ± 3.85a	197.95 ± 25.88d	467.37 ± 80.37b	-82.38 ± 14.48c	-57.46 ± 8.60de
BC10	54.13 ± 0.04bcde	-5.19 ± 0.17a	17.33 ± 0.17a	3.37 ± 0.19def	671.91 ± 26.21a	1176.47 ± 25.20a	-255.60 ± 9.12d	-70.60 ± 2.35e
BM3	43.82 ± 0.77fg	-4.17 ± 0.31a	4.30 ± 0.76ef	4.69 ± 0.18ab	13.22 ± 0.33e	8.65 ± 3.16c	-6.73 ± 0.58a	-4.05 ± 0.42a
BM7	51.42 ± 1.30bcdef	-5.10 ± 0.20a	3.88 ± 0.58f	4.10 ± 0.19bcd	33.05 ± 0.11e	46.00 ± 0.11c	-20.63 ± 1.30ab	-10.06 ± 0.01ab
BM10	54.31 ± .63bcd	-5.15 ± 0.10a	3.36 ± 0.02f	4.43 ± 0.26bc	84.99 ± 3.76de	173.28 ± 7.24bc	-49.70 ± 2.64abc	-30.44 ± 1.20bc
BS3	47.91 ± 0.30def	-3.32 ± 0.19a	9.67 ± 0.83bcd	2.99 ± 0.10ef	138.81 ± 13.42de	265.73 ± 25.80bc	-52.56 ± 0.22bc	-18.52 ± 0.12abc
BS7	59.36 ± 1.11ab	-3.80 ± 0.14a	12.42 ± 1.02abc	3.67 ± 0.10cde	363.10 ± 41.05c	1094.94 ± 74.35a	-166.38 ± 15.60d	-71.09 ± 10.05e
BS10	65.91 ± 0.46a	-4.08 ± 0.10a	12.81 ± 1.25ab	3.61 ± 0.03cde	565.17 ± 77.57ab	1204.06 ± 121.38a	-195.92 ± 8.58d	-66.46 ± 0.19e
90. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
BB3	38.97±0.07f	-3.32±0.07a	3.89±0.36de	6.08±0.17ab	18.61±1.09d	20.53±2.69c	-10.14±0.44a	-4.12±0.08a
BB7	52.16±0.46bcde	-4.39±0.26ab	5.61±0.59de	3.34±0.01d	178.12±20.66cd	360.85±34.88c	-140.11±13.79bc	-30.79±2.23abc
BB10	58.02±0.07abc	-4.61±0.28ab	7.06±0.34cde	3.30±0.50d	559.33±31.45b	1327.62±65.54b	-379.11±14.70d	-74.73±9.88cd
BC3	46.03±5.34def	-4.92±0.92ab	9.85±2.98bcd	6.11±0.61ab	7.46±0.37d	0.03±1.21c	-7.57±0.11a	0.09±0.01a
BC7	49.63±0.21cde	-5.19±0.23b	13.49±0.24ab	6.36±0.04a	187.27±0.94cd	396.42±6.95c	-69.14±0.15ab	-47.28±1.43abc
BC10	54.35±0.04bcd	-5.18±0.10b	17.34±0.29a	4.59±0.36bcd	897.57±99.97a	1817.02±161.07a	-366.08±41.41d	-102.91±29.44d
BM3	44.38±0.83ef	-4.18±0.31ab	4.28±0.83de	6.270.08ab	14.45±0.25d	11.20±0.31c	-7.86±0.03a	-4.96±0.14a
BM7	52.18±1.27bcde	-5.09±0.22ab	3.85±0.67de	6.30±0.41ab	35.58±1.92d	53.85±5.66c	-21.14±1.16a	-11.21±1.28ab
BM10	55.01±1.40bcd	-5.17±0.06b	3.44±0.03e	5.74±0.01abc	84.84±4.63d	182.35±9.03c	-55.64±5.11a	-34.90±2.63abc
BS3	47.77±0.65def	-3.35±0.11a	9.79±0.72bcd	4.91±0.23abcd	134.14±27.22d	273.73±29.71c	-51.98±6.29a	-23.28±0.98abc
BS7	59.48±1.05ab	-3.81±0.10ab	12.37±1.04abc	4.02±0.55cd	423.45±90.82bc	1020.36±170.33b	-155.46±11.62c	-74.53±6.60cd
BS10	65.90±0.95a	-4.19±0.15ab	12.94±1.52abc	4.57±0.01bcd	513.61±57.62b	1044.63±17.89b	-187.42±2.46c	-60.14±2.20cd

\* Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\* Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.9.'da balık yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Balık yağı oleojellerinin L değerlerinin 37.79 – 66.38 arasında, a\* değerlerinin (-2.94) – (-5.24) arasında ve b\* değerlerinin ise 3.36 – 17.54 arasında değiştiği belirlenmiştir. Balık yağı oleojellerinin 4 °C'deki depolama süreci sonuçlarına benzer şekilde, L değeri en yüksek oleojellerin ayçiçek mumu (BS3-BS10) ile üretilen, L değeri en düşük ise balmumu (BB3-BB10) kullanılarak üretilen oleojellerin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca monoglisericid (BM3-BM10) ile elde edilen balık yağı oleojellerinin renk değerlerinin mumlar (BB, BC ve BS) ile elde edilen oleojellere göre farklı olduğu ve bu farklılığında istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Yine 4 °C'de depolanan oleojellere benzer olarak balık yağı oleojellerine ait renk değerlerinin kullanılan oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, 4 °C'de depolanan örneklerde olduğu gibi 20 °C'de depolanan balık yağı oleojelleri ile aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerinin renk değerlerinin (Çizelge 4.4.) farklılık gösterdiği bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ).

Balık yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 gün boyunca depolanması sürecinde peroksit sayısı değerlerinin mumlar ile üretilen oleojeller için 1.85 – 8.60 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, monoglisericid oleojelleri için ise 1.94 – 6.74 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Yine 4 °C'de depolanan oleojel örneklerine benzer şekilde peroksit sayısı değerinde depolamanın 0. ve 30. günlerinde artış gözlemlenmediği, ancak 60. ve 90. günlerde özellikle Carnauba ve monoglisericid oleojellerinde peroksit sayısı değerinin yükseldiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Mumlar ile üretilen oleojellerin peroksit sayılarının kullanılan oleojelatör çeşidine ve konsantrasyonuna göre farklılık gösterdiği ancak MG oleojellerinin oleojelatör konsantrasyonundan etkilenmediği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Buna göre, depolama süresince her iki sıcaklıkta balmumu ve ayçiçek mumu oleojellerinin oksidatif stabilitelerinin Carnauba ve monoglisericid oleojellerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Bununla birlikte, balık yağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin 4 °C'de depolanan örneklere göre 20 °C'de depolanan örneklerde yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balmumu (BB3), Carnauba, (BC3 ve BC7) ve monoglisericid (BM3, BM7 ve BM10) oleojelleri dışındaki tüm balık yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 günlük depolama süreci sonunda peroksit değerleri bakımından CRN. (2014) (Beslenmeden sortumlu konsey-uluslar arası tanınan saflık standardı) tarafından belirlenen limitlere (< 5 mekO<sub>2</sub>/kg) uygun olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca balık yağı oleojellerinin



peroksit sayısı değerlerinin aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerine (Çizelge 4.4.) göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Bu farklılığın örneklerin üretiminde kullanılan yağların farklı olmasına ve bu yağların farklı oksidatif stabiliteye sahip olmaları ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca söz konusu farklılık kontrol grubu örneklerin üretim teknolojisi ile oleojellerin üretim tekniklerinin farklı olması ile de açıklanabilmektedir. Margarin standardı TS 2812’de peroksit değerinin en çok 5 mekO<sub>2</sub>/kg olması gerektiği bildirilmiştir (TSE, 1977). Elde edilen bulgular incelendiğinde balık yağı oleojellerinin 20 °C’de peroksit sayısı değerleri bakımından (BB3, BC3, BC7, BM3, BM7 ve BM10 örnekleri hariç) TS 2812’ de belirtilen limitlere uyduğu tespit edilmiştir (TSE, 1977). Literatürde yer alan benzer çalışmada, %5 – 9 oranında MG içeren morina karaciğer yağı oleojellerinin 20 °C’ de 40 günlük depolama süreci boyunca belirlenen proksit değerlerinin 5.00 – 70.00 mekO<sub>2</sub>/kg arasında olduğu rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2011). Aynı çalışmada, monogliserid konsantrasyonunun oksidatif stabilite üzerine bir etkisinin gözlemlenmediği vurgulanmıştır. Çalışmada balık yağı-monogliserid oleojellerinin 20 °C’de belirlenen peroksit sayısı değerlerinin 4 °C’de belirlenen peroksit sayısı değerlerinden daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak monogliserid ağının yağın oksidatif stabilitesine iki farklı etkide bulunduğu birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu etkilemediği ancak ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu engellediği rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2011).

Balık yağı oleojellerinin 20 °C’de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvvet, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre, balık yağı oleojellerinin sertlik değerlerinin 6.81 – 897.10 g kuvvet arasında kesme kuvveti değerlerinin 0.03 – 1817.02 g s arasında yapışkanlık değerlerinin 6.73 – 379.11 g kuvvet arasında ve yapışma kuvveti değerlerinin ise 0.09 – 102.91 g s arasında değiştiği saptanmıştır. Hwang ve ark. 2012 tarafından %0.5 – 10 ayçiçek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 20 – 350 g kuvvet arasında olduğu, Toro Vazquez ve ark. (2007) tarafından %1–3 Candelilla mumu içeren oleojellerin 25 °C’deki kesme kuvveti değerlerinin 37.18 – 1542.15 g/mm arasında olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayçiçek mumu ile üretilen (BS3-BS10) oleojellerinin sertlik değerlerinin Hwang ve ark. 2012 tarafından rapor edilen sonuçlara benzer olduğu, Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından rapor edilen sonuçlardan ise farklı olduğu görülmüştür. Buna ilaveten 4 °C’deki sonuçlara benzer şekilde, balık yağı oleojellerinden sertlik ve yapışkanlık değeri en yüksek BC10

örneği iken sertlik ve yapışkanlık değeri en düşük örneğin BC3 olduğu saptanmıştır. Çalışmada, 20 °C’de depolanan balık yağı oleojellerinin 4 °C’de depolanan oleojellere benzer şekilde, tekstürel özelliklerinin (sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti) kullanılan oleojelatör miktarına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde benzer sonuçlar mumlar ile üretilen oleojellerde, Hwang ve ark. (2012 ve 2013), Toro Vazquez ve ark. (2007 ve 2009) ve monoglisericid ile oluşturulan oleojellerde Da Pieve ve ark. (2010 ve 2011) tarafından bildirilmiştir. Yine balık yağı oleojellerinin 4 °C’de tespit edilen tekstürel özelliklerine ilişkin değerlerin 20 °C’ de tespit edilen değerlerden yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca oleojelatör olarak mumların kullanıldığı (BB, BC, ve BS) oleojellerin, 4 °C’de depolanan örneklerde olduğu gibi sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti değerlerinin monoglisericid (BM) kullanılarak üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada üretilen oleojellerin aynı sıcaklık ve sürede depolanan şortening ve mutfak margarini grubu örneklerin sertlik değerlerine (Çizelge 4.4.) göre oldukça düşük olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Mutfak margarini grubuna (Çizelge 4.4.) sertlik ve yapışkanlık değeri bakımından en benzer örneğin BC10 (90.Gün) olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, kahvaltılık margarin grubu örneklerine (Çizelge 4.4.) sertlik değeri bakımından en benzer örneklerin özellikle BM7, BM10 ve BS3 oleojelleri olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).

Konuyla ilgili literatürde yer alan bir çalışmada, %5 monoglisericid ile morina karaciğer yağı kullanılarak oluşturulan oleojelin 20 °C’de statik koşullarda reolojik parametrelerinden depolama modülü ( $G'$ ) değerinin 3427.50 Pa, kayıp modülü ( $G''$ ) değerinin 607.20 Pa ve görünür viskozite ( $\eta$ ) değerinin 1.54 Pa s olduğu rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2010). Da Pieve ve ark. (2011) tarafından %5, 7 ve 9 oranlarında monoglisericid içeren balık yağı oleojellerinin reolojik özellikleri 20 °C’de belirlendiği bildirilmiştir. Buna göre, %5 ve 7 MG içeren oleojelin  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin 100–1000 Pa ve %9 MG içeren oleojelin ise  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin 1000–10000 Pa arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, 4 °C’de ölçülen reolojik parametre değerlerinin 20 °C’de ölçülen değerlere göre daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, ayrıca oleojelatör miktarı arttıkça reolojik parametre değerlerinde arttığı belirtilmiştir. Da Pieve ve ark. (2010 ve 2011) tarafından rapor edilen veriler ile araştırmadan elde edilen bulguların farklı olduğu, ancak çıkarılan sonuçlar bakımından benzer olduğu görülmüştür. Literatür verileri ile araştırma bulguları arasındaki farklılığın uygulanan analiz yönteminin farklı olması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

#### 4.2.2. Fındık yağı oleojelleri

Fındık yağı oleojelleri, üç farklı konsantrasyonda (%3, 7 ve 10) dört farklı oleojelatör (Monogliserid, Ayçiçek mumu, Carnauba mumu ve Balmumu) kullanılarak hazırlanmıştır. Üretilen taze fındık yağı oleojellerinin yağ bağlama kapasitesi (YBK), kristal oluşum zamanı (KOZ), katı yağ içeriği (KYİ) ve minimum jel oluşturma (MJK) konsantrasyonları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4. 10.** Rafine fındık yağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (Ort. ± Sd)

ÖRNEK	YBK (%)	KOZ (dak)	KYİ (% 20 °C)	KYİ (% 35 °C)	MJK (%)
FB3	99.85 ± 0.14Aa	18.50 ± 4.50Aa	1.96 ± 0.02Af	1.30 ± 0.02Ag	2.00
FB7	99.81 ± 0.14Aa	9.00 ± 1.00Ab	4.88 ± 0.01Ad	3.56 ± 0.06Ae	
FB10	99.81 ± 0.17Aa	7.00 ± 1.00Ab	7.13 ± 0.01Ab	5.37 ± 0.05Acd	
FC3	39.80 ± 2.31Bc	*	2.70 ± 0.03Ae	2.60 ± 0.01Af	4.00
FC7	80.63 ± 5.64Bb	12.00 ± 1.00ABab	6.02 ± 0.19Ac	5.79 ± 0.22Ac	
FC10	97.66 ± 2.06Ba	8.50 ± 0.50ABb	8.47 ± 0.04Aa	8.24 ± 0.03Aa	
FM3	80.85 ± 4.52ABb	*	2.33 ± 0.05Aef	1.18 ± 0.11Ag	4.00
FM7	99.80 ± 0.18ABa	7.50 ± 0.50ABb	5.85 ± 0.09Ac	3.40 ± 0.23Ae	
FM10	99.84 ± 0.15ABa	6.50 ± 0.50ABb	8.52 ± 0.07Aa	4.70 ± 0.15Ad	
FS3	99.79 ± 0.14Aa	5.00 ± 0.00Bb	2.20 ± 0.01Aef	2.24 ± 0.06Af	1.00
FS7	99.81 ± 0.09Aa	4.00 ± 0.00Bb	4.86 ± 0.19Ad	5.10 ± 0.14Acd	
FS10	99.84 ± 0.11Aa	4.00 ± 0.00Bb	6.77 ± 0.06Ab	7.17 ± 0.23Ab	

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Rafine fındık yağı oleojellerinin yağ bağlama kapasiteleri %39.80 – 99.85 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Yağ asitleri kompozisyonundaki farklılıklara rağmen balık yağı oleojellerine benzer olarak, rafine fındık yağı oleojellerinde balmumu (FB), monogliserid (FM) ve ayçiçek mumu (FS) ile üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin benzer, Carnauba (FC) oleojelatörü kullanılarak üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balmumu (FB3-FB10) ve ayçiçek mumu (FS3-FS10) oleojellerinde yağ bağlama kapasitesinin oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olmadığı, özellikle Carnauba mumu (FC3-FC10) ve monogliserid (FM3-FM10) oleojellerinde, oleojelatör konsantrasyonu arttıkça yağ bağlama kapasitesinin arttığı saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Söz konusu oleojellerde, %10 oleojelatör konsantrasyonunda yağ bağlama kapasitelerinin %95'in üzerinde olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde fındık yağı kullanılarak oluşturulan oleojellere ait bilgiye rastlanılamamıştır. Ancak, literatürde, oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri üzerine

kullanılan oleojelatör çeşidinin ve konsantrasyonun etkili olduğu belirtilmiş ve güçlü jel oluşturan oleojelatörlerin düşük konsantrasyonlarda bile yağ bağlama kapasitelerinin yüksek olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, literatürde oleojelin yapısal stabilitesinin ve jel gücünün kullanılan oleojelatörün çeşidine ve saflığına bağlı olduğu vurgulanmıştır (Hwang ve ark., 2012). Bir başka çalışmada oleojel oluşumu esnasında uygulanan kesme kuvveti etkisinin yağ bağlama kapasitesini düşürdüğü vurgulanmıştır (Da Pieve ve ark., 2010). Literatür verilerinden elde edilen sonuçlar ile çalışma bulgularının benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Üretilen fındık yağı oleojellerinin kristal oluşum zamanlarının 4.00 – 18.50 dak arasında değiştiği tespit edilmiştir. Oleojel oluşumunda kullanılan oleojelatörlerin fındık yağında kristal oluşum zamanlarının farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Buna göre, fındık yağında en hızlı kristal oluşturan oleojelatörün ayçiçek mumu (FS) olduğu, yani fındık yağını en hızlı jelleştiren oleojelatörün ayçiçek mumu olduğu saptanmıştır. Fındık yağı ile %3 konsantrasyonda Carnauba mumu (FC3) ve monogliserid (FM3) içeren örneklerde jel oluşumu saptanamamıştır. Dassanayake ve ark., (2009) tarafından zeytinyağı ile %0.2-4 arasında değişen oranlarda pirinç kepek, Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak elde edilen oleojellerin jel oluşum sürelerinin sırasıyla 4.0-11.0, 9.0-14.0 ve 12-14 dak arasında olduğu belirtilmiştir. Çalışmada %4'ün altındaki konsantrasyonlarda Carnauba mumunun stabil jel oluşumu göstermediği belirtilmiştir. Aynı çalışmada, sonuç olarak aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu ve oleojelatör konsantrasyonu arttıkça KOZ değerinin kısaldığı vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Dassanayake ve ark. (2009) tarafından rapor edilen sonuçlar ile çalışmadan elde edilen verilerin benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Katı yağ içeriğinin, yemeklik likit yağlar ve katı yağlar için karakteristik bir özellik olduğu ve farklı sıcaklıklarda yağlarda bulunan katı yağ oranını ifade ettiği rapor edilmiştir. Katı yağ içeriğinin fırıncılık, konfeksiyon ve margarin endüstrilerinde esansiyel bir ölçüm olduğu ve farklı sıcaklıklarda plastisite ve konsistenste meydana gelen değişimler hakkında bilgi sağladığı belirtilmiştir (Augusto ve ark., 2012). Geliştirilen oleojellerin katı yağ içerikleri iki farklı sıcaklıkta 20 ve 35 °C'de belirlenmiştir. Buna göre üretilen oleojellerin 20 °C'deki katı yağ içerikleri %1.96 – 8.47 arasında, 35 °C' deki katı yağ içeriklerinin ise %1.18 – 8.24 arasında değiştiği bulunmuştur. Katı yağ içeriğinin balık yağı oleojellerinde olduğu gibi kullanılan oleojelatörün konsantrasyonu bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, balmumu, Carnauba ve ayçiçek mumları ile oluşturulan

oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin sıcaklık değişiminden çok fazla etkilenmediği, monogliserid oleojellerinin ise katı yağ içeriği değerlerinin sıcaklık arttıkça azaldığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra, fındık yağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin katı yağ içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Bununla birlikte, 20 °C’de belirlenen kahvaltılık margarin grubu örneklerin katı yağ içeriği değerlerinin (Çizelge 4.2) aynı sıcaklıkta fındık yağı oleojellerinin katı yağ içeriği değerleri ile benzer olduğu, şortening ve mutfak margarini grubu örneklerin katı yağ içeriği değerlerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p\leq 0.001$ ). Kontrol grubu örneklerin katı yağ içeriklerinin fındık yağı oleojellerinden yüksek olduğu saptanmıştır ( $p\leq 0.001$ ). Karabulut ve ark. (2003) tarafından hidrojene yağların katı yağ içeriklerinin doyum (hidrojenasyon) işlemi ile arttığı rapor edilmiştir. Aynı çalışmada katı yağ içeriğinin yağlarda bulunan doymuş yağ asitlerinin ve *trans* asitlerinin artmasıyla yükseldiği vurgulanmıştır (Karabulut ve ark., 2003).

Literatürde fındık yağı ile oluşturulan oleojellerin KYİ değerlerine ilişkin bir bilgiye rastlanılamamıştır. Ancak, farklı yağlar ve farklı oleojelatörler ile farklı sıcaklıklarda ölçümlenen KYİ değerlerine ilişkin veriler bildirilmiştir. Buna göre benzer sonuçlar, Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından aspir yağı ve Candelilla mumu, Hwang ve ark. (2013) tarafından ise soya yağı ve ayçiçek mumu oleojellerinde rapor edilmiştir.

Fındık yağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin minimum jel oluşturma konsantrasyonları balmumu için %2, ayçiçek mumu için %1, Carnauba mumu ve monogliserid için %4 olarak tespit edilmiştir. Balık yağı oleojellerinde elde edilen sonuçlara benzer şekilde, fındık yağı oleojellerinde de %4 altında monogliserid ve Carnauba mumu oleojelatörlerinin stabil jel oluşumu göstermediği saptanmıştır. Literatürde, konuyla ilgili yer alan çalışmalarda, Dassanayake ve ark. (2009) tarafından Carnauba mumunun %4’ün altındaki konsantrasyonlarda jel oluşumu göstermediği, Da Pieve ve ark. (2010 ve 2011) tarafından en düşük %5 oranında MG içeriğinin stabil jel oluşturduğu ve Hwang ve ark. (2012 ve 2013) tarafından jel oluşumunun oleojelatörün saflık dercesine ve miktarına bağlı olarak değiştiği rapor edilmiştir. Literatürden, elde edilen bulgular ile bu tez çalışmasından elde edilen sonuçların benzer olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 11. Rafine fındık yağı oleojellerine ait termal özellikler (Ort. ± Sd)

Örnek	Kristalizasyon				Ergime			
	Onset <sub>c</sub> (°C)	End <sub>c</sub> (°C)	Pik(T <sub>c</sub> ) (°C)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)	Onset <sub>m</sub> (°C)	End <sub>m</sub> (°C)	Pik(T <sub>m</sub> ) (°C)	ΔH <sub>m</sub> (J/g)
<b>FB3</b>	40.08 ± 0.38Ade	28.39 ± 0.63Cef	28.39 ± 0.30Af	-2.82 ± 0.22ABab	34.45 ± 1.52Acd	51.39 ± 0.85Aef	45.22 ± 0.21Ag	2.95 ± 0.14ABe
<b>FB7</b>	44.83 ± 0.34Acde	33.74 ± 0.97Cde	33.74 ± 0.05Ae	-8.68 ± 0.61ABef	37.38 ± 1.71Abcd	63.95 ± 5.76Acde	48.87 ± 0.71Afg	10.85 ± 0.55ABc
<b>FB10</b>	45.23 ± 1.39Acde	37.82 ± 1.14Ccd	37.82 ± 0.64Ade	-12.40 ± 0.09ABgh	37.40 ± 1.10Abcd	55.53 ± 0.33Adef	50.77 ± 0.35Aef	13.40 ± 0.42ABbc
<b>FC3</b>	47.93 ± 0.22Bcd	41.87 ± 1.29ABbcd	45.78 ± 0.79Bcd	-4.20 ± 0.26ABabc	61.66 ± 1.39Ba	80.55 ± 0.19Bab	67.65 ± 0.11Bb	4.34 ± 0.10ABe
<b>FC7</b>	52.40 ± 0.61Babc	45.37 ± 0.32ABabc	50.47 ± 0.19Bb	-11.29 ± 0.04ABfg	63.80 ± 0.12Ba	81.37 ± 0.24Ba	69.34 ± 0.04Bb	11.47 ± 0.75ABc
<b>FC10</b>	54.81 ± 1.43Babc	47.72 ± 1.76ABabc	52.85 ± 0.76Bb	-15.33 ± 0.78ABhi	64.31 ± 0.16Ba	81.52 ± 0.16Ba	75.12 ± 0.05Ba	15.15 ± 0.89ABb
<b>FM3</b>	13.10 ± 0.11	8.00 ± 0.18	11.40 ± 0.01	-0.43 ± 0.04	10.42 ± 0.13	14.47 ± 0.04	13.19 ± 0.05	0.48 ± 0.07
	35.93 ± 0.42Ae	23.06 ± 1.87BCf	29.47 ± 0.07Ag	-1.33 ± 0.06Aa	25.94 ± 3.20Ad	43.93 ± 0.59Af	37.32 ± 1.60Ah	1.71 ± 0.01Be
<b>FM7</b>	13.01 ± 0.04	8.77 ± 0.25	11.78 ± 0.04	-1.45 ± 0.09	11.80 ± 0.12	14.23 ± 0.09	13.20 ± 0.04	1.53 ± 0.14
	46.39 ± 0.61Acde	39.83 ± 0.18BCbcd	43.53 ± 0.54Ad	-5.35 ± 0.56Abcd	38.85 ± 1.15Abc	53.04 ± 0.16Adef	49.40 ± 0.15Aef	4.37 ± 0.14Be
<b>FM10</b>	12.98 ± 0.25	9.11 ± 0.07	11.67 ± 0.26	-2.80 ± 0.41	11.63 ± 0.23	14.03 ± 0.11	12.95 ± 0.20	2.31 ± 0.27
	49.50 ± 0.71Abcd	42.95 ± 0.15BCbcd	46.67 ± 0.07Ac	-7.59 ± 0.44Acde	43.90 ± 0.79Abc	55.39 ± 0.09Adef	52.68 ± 0.14Ae	7.12 ± 0.19Bd
<b>FS3</b>	60.84 ± 6.99Cab	42.74 ± 4.69Abcd	51.44 ± 0.45Bb	-7.21 ± 0.98Bde	45.07 ± 4.23Cbc	65.27 ± 0.15Ccde	58.35 ± 1.02Cd	7.91 ± 0.01Ad
<b>FS7</b>	60.12 ± 0.45Cab	49.35 ± 1.38Aab	56.87 ± 0.04Ba	-11.31 ± 0.13Bfg	46.33 ± 3.34Cb	66.57 ± 0.39Cbcd	61.18 ± 0.06Ccd	12.07 ± 0.06Ac
<b>FS10</b>	62.41 ± 0.04Ca	53.31 ± 0.42Aa	59.29 ± 0.63Ba	-17.45 ± 0.97Bi	62.03 ± 1.14Ca	71.35 ± 6.85Cabc	62.60 ± 1.06Cc	20.30 ± 0.91Aa

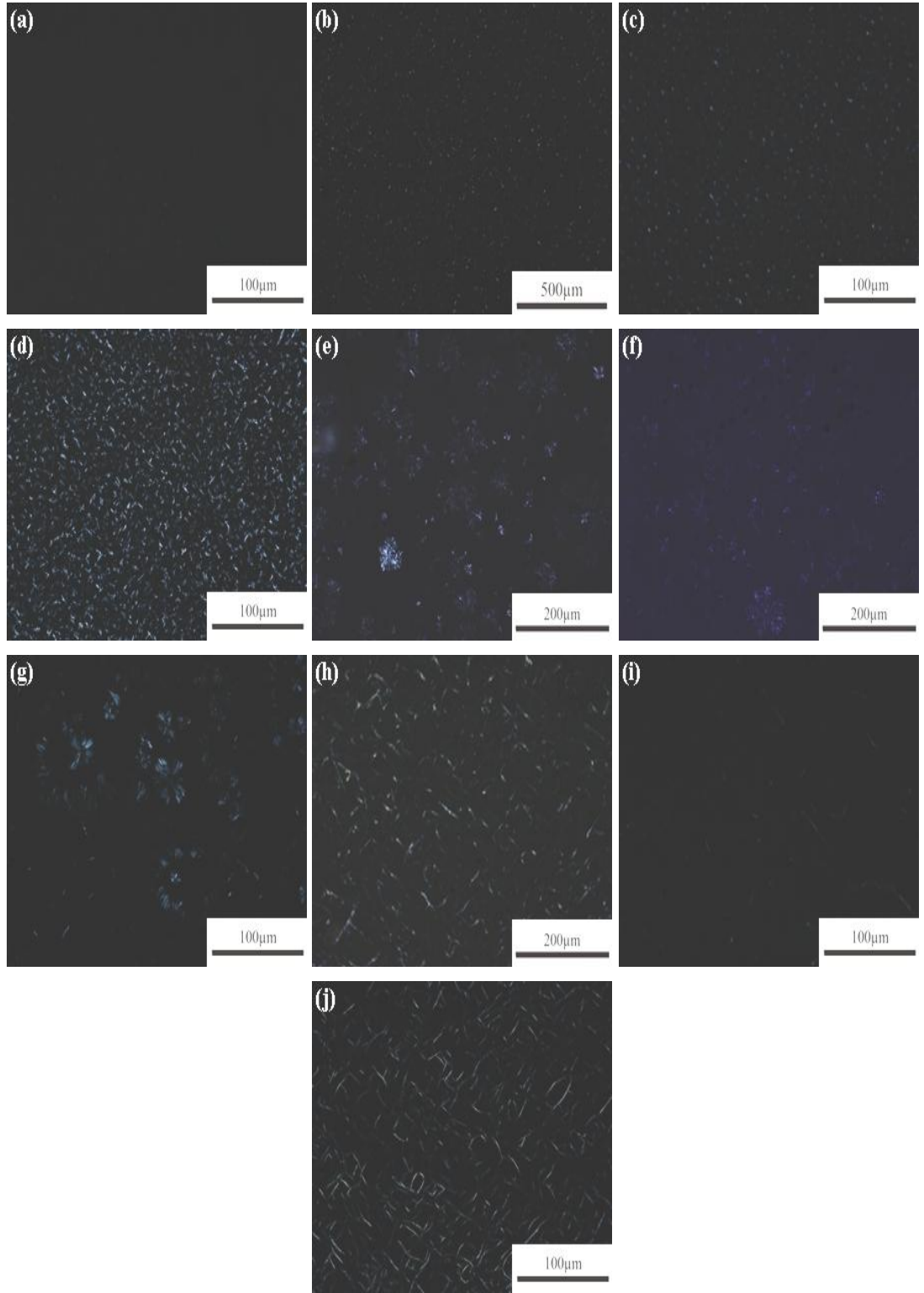
\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Plastik özellikte katı yağ ürünlerinin kristalizasyon ve ergime davranışlarının söz konusu ürünlerin teknolojik özellikleri açısından esansiyel önem taşıdığı bildirilmiştir (O'Brian, 2004). Ayrıca ergime sıcaklığı ve aralığının margarin gibi sürülebilir ürünler için önemli bir kalite kriteri olduğu belirtilmiştir (Chrysam, 1996). Bu bağlamda, üretilen fındık yağı oleojellerinin termal özelliklerinden, kristalizasyon başlangıç sıcaklığı ( $Onset_c$ ) kristalizasyon sıcaklığı ( $T_c$ ), kristalizasyon entalpisi ( $H_c$ ) ile ergime başlangıç sıcaklığı ( $Onset_m$ ), ergime sıcaklığı ( $T_m$ ) ve ergime entalpisi ( $H_m$ ) değerleri Çizelge 4.11'de sunulmuştur. Çizelge 4.11'e göre fındık yağı oleojellerinin kristalizasyon başlangıç sıcaklıkları 35.93 – 62.41 °C arasında, kristalizasyon sıcaklıklarının 28.39 – 59.29 °C arasında ve kristalizasyon entalpilerinin ise (-1.33) – (-17.45) J/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayçiçek ve balmumu oleojellerinin kristalizasyon aralıklarının Carnauba ve monogliserid oleojellerine göre daha geniş bir aralıkta olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ayçiçek (FS) ve Carnauba mumu (FC) ile üretilen fındık yağı oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıklarının, balmumu (FB) ve monogliserid (FM) ile üretilen oleojellerden farklı olduğu da bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Yine balık yağı oleojellerinde olduğu gibi en düşük kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin balmumu (FB3-FB10) ve monogliserid (FM3-FM10) kullanılarak üretilen, en yüksek kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin ise ayçiçek (FS3-FS10) ve Carnauba mumu (FC3-FC10) kullanılarak üretilen oleojeller olduğu belirlenmiştir. Fındık yağı oleojellerinin balık yağı oleojellerinde elde edilen sonuçlara benzer şekilde, kristalizasyon sıcaklıklarının ve entalpilerinin ilave edilen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Geliştirilen fındık yağı oleojellerinin ergime başlangıç sıcaklıkları 25.94 – 64.31 °C arasında, ergime sıcaklıklarının 37.32 – 75.12 °C arasında ve ergime entalpilerinin ise 1.71 – 20.30 J/g arasında değiştiği saptanmıştır. Ayrıca, monogliserid kullanılarak üretilen oleojellerin bir düşük ergime noktasına sahip (10-15 °C), bir de yüksek ergime noktasına sahip (35-55 °C) iki fraksiyon içerdikleri bulunmuştur. Çalışmada üretilen fındık yağı oleojellerinin ergime aralıklarının dar olduğu tespit edilmiştir. Yine çalışmada, balık yağı oleojellerinden farklı olarak balmumu (FB) ve monogliserid (FM) ile üretilen oleojellerin ergime noktalarının benzer, ayçiçek (FS) ve Carnauba (FC) mumu kullanılarak üretilen oleojellerin ergime noktalarının ise farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Fındık yağı ile üretilen oleojellerin, balık yağı ile üretilen oleojellere benzer olarak, ergime sıcaklıklarının ve entalpilerinin eklenen oleojelatör miktarından etkilendiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balık yağı oleojellerinde belirtildiği üzere en yüksek ergime noktasına sahip oleojellerin Carnauba mumu (FC3-FC10) kullanılarak üretilen, en düşük ergime noktasına sahip

oleojellerin ise balmumu (FB3-FB10) ve monogliserid (FM3-FM10) kullanılarak üretilen oleojeller olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada üretilen oleojellerden FB3, FB7, FM3 ve FM7 örneklerinin ergime noktaları ile kontrol grubu örneklerinin (Çizelge 4.1) ergime noktalarının oldukça benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).

Toro-Vazquez ve ark., (2007) tarafından yapılan konuyla ilgili bir çalışmada aspir yağı ile %3.0 Candelilla mumu içeren oleojelin kristalizasyon sıcaklığı 44.00 °C ergime sıcaklığı ise 69.90 °C olarak rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007). Literatürde yer alan diğer çalışmada zeytinyağı ile %5–10 pirinç kepek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıkları sırasıyla 57.90 °C ve 60.30 °C ergime sıcaklıkları ise 60.80 °C ve 65.20 °C olarak belirtilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Morales Rueda ve ark., (2009b) tarafından yapılan bir başka çalışmada yüksek triolein içeriğine sahip aspir yağı ile %3 Candelilla mumu içeren oleojelinin kristalizasyon ve ergime sıcaklıklarının 35–40 °C arasında değiştiği bildirilmiştir (Morales-Rueda ve ark., 2009b). Literatürde yer alan benzer bir çalışmada %5, %7 ve %9 oranında monogliserid katkısıyla üretilen morina karaciğer yağı oleojellerinin ergime noktalarının sırasıyla 49.2, 53.2 ve 54.7 °C olduğu entalpi değerlerinin ise sırasıyla 9.0, 12.9 ve 17.1 J/g olduğu rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2011). Chopin-Doreteo ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada %3 candelilla mumu içeren aspir yağı oleojellerinin Kristalizasyon sıcaklığının 42.64 °C ve entalpisinin 2,89 J/g olduğu ergime sıcaklığının ise 44.66 °C ve entalpisinin 1.51 J/g olduğu rapor edilmiştir. Soya yağı ile %0.5 – 10.00 gibi farklı konsantrasyonlarda ayçiçek mumu katılarak oluşturulan oleojellerin ergime noktalarının 47 – 65 °C arasında değiştiği bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2012). Mumlar ile ilgili Rocha ve ark. (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada, %4 oranında şeker kamışı mumu ile üretilen oleojelin ergime başlangıç sıcaklığının 31.92 °C, ergime sıcaklığının 43.14 °C ve ergime entalpisinin 0.37 J/g olduğu, %4 oranında candelilla mumu ile üretilen oleojelin ise ergime başlangıç sıcaklığının 31.84 °C, ergime sıcaklığının 43.64 °C ve ergime entalpisinin 2.38 J/g olduğu belirtilmiştir. Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada soya yağı ile %2, 4, ve 6 katım oranlarında ayçiçek mumu kullanılarak geliştirilen oleojellerin ergime noktalarının 50-70 °C arasında olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada fındık yağı ile monogliserid, ayçiçek mumu, Carnuba mumu ve balmumu kullanılarak üretilen oleojellerin termal özellikleri ile literatürden elde edilen verilerinin örtüştüğü görülmüştür.





**Şekil 4. 3.** Fındık yağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri.  
(a) FB7 (b) FB10 (c) FC7 (d) FC10 (e) FM3 (f) FM7 (g) FM10 (h) FS3 (i) FS7 (j) FS10

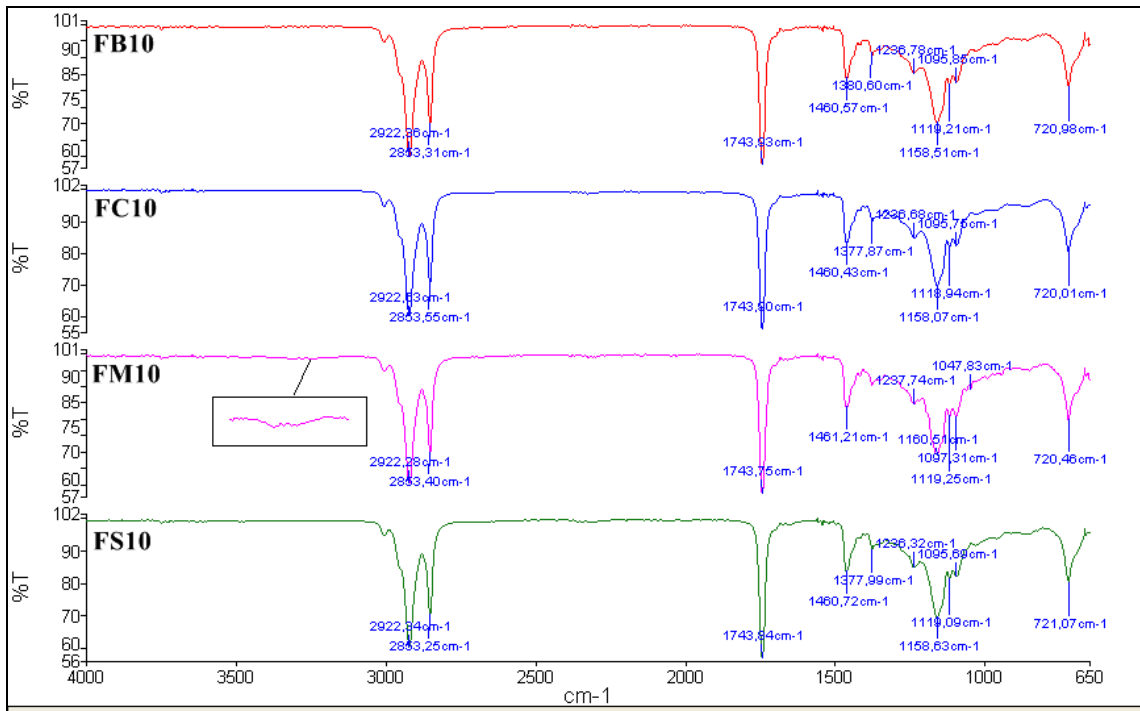
Araştırmada geliştirilen rafine fındık yağı oleojellerine ait 20 °C'deki PLM görüntüleri Şekil 4.3'de verilmiştir. Fındık yağı ile farklı oleojelatörler kullanılarak hazırlanan oleojellerin farklı yapıda kristal oluşturdıkları gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, aynı oleojelatörlerin kullanıldığı balık yağı oleojellerinin kristal yapıları (Şekil 4.1) ile fındık yağı oleojellerinin kristal yapılarının benzer oldukları gözlemlenmiştir. Buna göre, fındık yağı ile balmumu (Şekil 4.3a ve b) ve Carnauba mumu (Şekil 4.3c ve d) kullanılarak hazırlanan oleojellerin sperulitik yapıya, ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin (Şekil 4.3h, i ve j) ise uzun iğne benzeri kristal yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara benzer olarak Dassanayake ve ark (2009) tarafından pirinç kepek mumu oleojelinin uzun iğne benzeri kristal yapıya ve Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak üretilen oleojellerin sperulitik yapıya sahip oldukları rapor edilmiştir. Ayrıca, uzun iğne benzeri kristal yapı oluşturan mumların diğer mumlara göre jel oluşturma yeteneklerinin ve jel stabilitelerinin daha iyi olduğu vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Literatürde yer alan bir başka çalışmada, ayçiçek mumu oleojellerinin kristal yapılarının uzun iğne benzeri kristallerden meydana geldiği Hwang ve ark. (2012) tarafından rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, özellikle uzun alkil zincir uzunluğuna sahip mumların kısa alkil zincir uzunluğuna sahip mumlara göre bitkisel yağlarda daha iyi jel oluşturdıkları belirtilmiştir. Co ve Marangoni (2012) tarafından bitkisel yağlar ile mumlar (ayçiçek, pirinç kepek ve Candelilla mumu) kullanılarak oluşturulan oleojellerin kristal yapılarının iğne benzeri kristallerden oluştuğu bildirilmiştir. Benzer sonuçlar Morales-Rueda ve ark. (2009) ve Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından aspir yağı ve Candelilla mumu ile oluşturulan oleojellerde rapor edilmiştir. Monogliserid oleojelatörü kullanılarak oluşturulan oleojellerin (Şekil 4.3e, f ve g) gül-benzeri kristal şekle sahip oldukları tespit edilmiştir. Literatürde monogliserid oleojellerinde iğne benzeri kristallerin oluştuğu ve bu kristallerin boyutlarının kesme kuvveti etkisine bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Da Pieve ve ark., 2010). Literatür bulguları ile çalışmadan elde edilen sonuçların benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

**Çizelge 4. 12.** Fındık yağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları

Örnek	2-Theta	d (Å)
<b>FB3</b>	4.16, 19.48, 21.26, 23.75	21.20, 4.55, 4.17, 3.74
<b>FB7</b>	4.27, 19.25, 21.41 23.75, 36.04	20.63, 4.60, 4.14, 3.74, 2.48
<b>FB10</b>	4.12, 19.14, 21.37, 23.77	21.41, 4.63, 4.15, 3.73
<b>FC3</b>	-	-
<b>FC7</b>	4.39, 19.56, 21.40, 23.82	20.08;4.53;4.14;3.73
<b>FC10</b>	3.85, 19.47, 21.42, 23.78, 35.99	22.88;4.55;4.14;3.73;2.49
<b>FM3</b>	3.57, 5.42, 7.16, 19.42, 22.71	24.66, 16.28, 12.33, 4.56, 3.91
<b>FM7</b>	2.02, 4.18, 5.44, 7.33, 11.02, 19.29, 22.75, 23.93	43.50, 21.11, 16.22, 12.03, 8.02, 4.59, 3.90 3.71
<b>FM10</b>	2.02, 3.81, 5.54, 7.34, 11.00, 19.40, 20.34, 22.76, 23.53, 36.70	43.52, 23.11, 15.93, 12.03, 8.03, 4.57, 4.36, 3.90, 3.77, 2.44
<b>FS3</b>	3.99, 19.67, 21.42, 23.82	22.07, 4.50, 4.14, 3.73
<b>FS7</b>	3.84, 19.69, 21.43, 23.80, 31.31	22.97, 4.50, 4.14, 3.73, 2.85
<b>FS10</b>	3.82, 19.58, 21.38, 23.77, 29.78, 40.14	23.11, 4.52, 4.15, 3.73, 2.99, 2.24

Fındık yağı oleojellerine ait X-ışınları kırınım deseni sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Fındık yağı ve balmumu (FB10) ile üretilen oleojellerin X-ışınları kırınım deseninde piklerin 21.41, 4.63, 4.15 ve 3.73 Å, Carnauba mumu (FC10) ile üretilen oleojellerde piklerin 22.88, 4.55, 4.14, 3.73, 2.49 Å, monogliserid (FM10) ile üretilen oleojellerde piklerin 43.52, 23.11, 15.93, 12.03, 8.03, 4.57, 4.36, 3.90, 3.77, 2.44 Å ve ayçiçek mumu (FS10) ile üretilen oleojellerde piklerin 23.11, 4.52, 4.15, 3.73, 2.99, 2.24 Å yer aldığı belirlenmiştir. Aynı oleojelatörler ile üretilen balık yağı oleojellerinden elde edilen d değerleri (Çizelge 4.7) ile fındık yağı oleojellerinden elde edilen d değerlerinin benzer oldukları belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada, zeytinyağı ile pirinç kepek mumu, Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak üretilen oleojellerinin, X-ışınları kırınım desenlerinde görülen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin polimorfik  $\beta'$  formuna benzer olduğu vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Literatürde yer alan başka bir çalışmada, morina karaciğer yağı ve monogliserid (%5) kullanılarak hazırlanan oleojellerin X-ışınları kırınım deseninde belirgin piklerin 46.44, 24.20, 4.55, 4.35, 3.90 Å görüldüğü rapor edilmiştir. XRD sonuçlarına göre 4.50 ve 24.20 Å piklerin likit durumdaki triaçilgliserollerin amorf saçılma pikleri ile ilişkili olduğu ve bu yapının %95 oranında jel özelliğine sahip olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada küçük açı bölgesinde 46.44 Å görülen pikin olejel sisteminin lamel katmanlarından oluştuğunun göstergesi olduğu rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmada geniş açı bölgesinde 4.55 Å görülen ve bunu takip eden (3.90 ve 3.70 Å) bantlarda görülen çeşitli piklerin  $\beta$ -fazı içerisine monogliserid

alifatik zincirinin düzenlenmesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır (Da Pieve ve ark., 2010). Morina karaciğer yağı ile %7 konsantrasyonda monogliserid ilave edilerek üretilen oleojeller örneklerinde benzer sonuçlar Da Pieve ve ark. (2011) tarafından rapor edilmiştir. Literatür verileri ile araştırma bulgularının paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, kontrol grubu örneklerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçlarından elde edilen, kahvaltılık margarin grubuna ait 41,63, 20,84, 13,97, 4,65, 3,81 Å, mutfak margarini grubuna ait 40.88, 20.63, 13.88, 4.60, 4.22, 3.82 Å ve şortening grubuna ait 42.03, 21.03, 14.06, 8.35, 7.00, 4.58, 4.35, 4.21, 3.83 Å piklerin, çalışmada üretilen oleojellerin kırınım deseni sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.



**Şekil 4. 4.** Çalışmada üretilen rafine fındık yağı oleojellerinin FT-IR spektrumları

Fındık yağı ile balmumu, Carnuba mumu, monogliserid ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellere ait Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spektrumları Şekil 4.4'te verilmiştir. Fındık yağı oleojellerinden balmumu, Carnuba, monogliserid ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin 650-3000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığındaki FT-IR spektrumlarının oldukça benzer oldukları belirlenmiştir. Balık yağı oleojellerine benzer olarak fındık yağı oleojellerinin FT-IR spektrumlarında, 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$ , 1600-1800  $\text{cm}^{-1}$ , 1390-1600  $\text{cm}^{-1}$ , 1200-1390  $\text{cm}^{-1}$ , 1000-1200  $\text{cm}^{-1}$ , ve 700-750  $\text{cm}^{-1}$  bantlarında piklerin yer aldığı görülmektedir. Literatürde, söz konusu bantlarda yer alan 1743  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikin doymuş yağ asidi içeriğinin ve 3010  $\text{cm}^{-1}$  ve 1450  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki piklerin ise

yağlarda doymamışlık derecesinin göstergesi olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yağlarda, 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin trigliseridlerin  $-\text{CH}_2$  ve  $-\text{CH}_3$  alifatik gruplarının simetrik ve asimetrik gerilim titreşimlerini gösterdiği rapor edilmiştir. Yine yağlarda 3100-4000  $\text{cm}^{-1}$  bantında herhangi bir absorpsiyon pikine rastlanılmadığı vurgulanmıştır (Vlachos ve ark., 2006; Poiana ve ark., 2012). Ancak balık yağı oleojellerinde de (Şekil 4.2) görüldüğü üzere fındık yağı ile %10 monogliserid içeren oleojel örneğinde, BB10, BC10 ve BS10 oleojellerinden farklı olarak 3500–3000  $\text{cm}^{-1}$  'de bir pikin yer aldığı gözlemlenmiştir. Literatürde söz konusu bantlarda yer alan pikin moleküler içi ve molekül arası hidrojen bağlarını gösterdiği belirtilmiştir (den Adel ve ark., 2010).

Çizelge 4. 13. 4 °C’ de 90 gün boyunca depolanan fındık yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

Örnek	L	a*	b*	0. Gün				
				Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	39.36 ± 0.56Be	-1.91 ± 0.08Aa	-0.52 ± 0.34Ce	0.27 ± 0.16Aa	19.01 ± 1.99Ae	10.96 ± 3.94Af	-19.15 ± 1.27Aab	-4.54 ± 0.63Aab
FB7	54.29 ± 2.04Bc	-2.42 ± 0.27Aab	-0.26 ± 0.01Ce	0.28 ± 0.08Aa	169.46 ± 14.58Ade	303.76 ± 33.40Acdef	-135.82 ± 17.18Acd	-28.29 ± 2.21Abcd
FB10	60.32 ± 0.75Bbc	-2.65 ± 0.22Aab	0.34 ± 0.19Ce	0.25 ± 0.12Aa	316.09 ± 36.50Abc	469.60 ± 16.22Acd	-221.14 ± 25.52Ade	-22.11 ± 1.68Aabcd
FC3	43.60 ± 0.92Bde	-3.69 ± 0.05Bc	3.84 ± 0.19Ac	0.17 ± 0.04Aa	7.98 ± 1.37Ae	3.82 ± 0.00Af	-8.27 ± 1.10Aa	0.16 ± 0.07Aa
FC7	54.19 ± 2.13Bc	-5.01 ± 0.12Bd	10.05 ± 0.50Ab	0.16 ± 0.00Aa	163.28 ± 20.92Ade	222.82 ± 15.06Adef	-78.19 ± 2.82Aabc	-30.57 ± 2.52Abcd
FC10	57.85 ± 2.59Bc	-5.06 ± 0.13Bd	13.60 ± 0.14Aa	0.16 ± 0.03Aa	727.81 ± 39.64Aa	1423.85 ± 140.68Aa	-343.33 ± 35.76Af	-164.80 ± 15.61Af
FM3	42.99 ± 0.02Be	-2.30 ± 0.22Aab	-2.17 ± 0.19Cf	0.17 ± 0.01Aa	18.72 ± 0.25Ae	20.02 ± 3.42Af	-9.19 ± 0.52Aa	-4.21 ± 0.75Aab
FM7	52.07 ± 0.44Bcd	-2.70 ± 0.04Aab	-3.61 ± 0.03Cf	0.17 ± 0.00Aa	207.50 ± 2.32Acd	401.85 ± 7.60Acde	-141.87 ± 6.84Acd	-37.11 ± 0.30Acd
FM10	55.88 ± 0.07Bc	-2.91 ± 0.09Abc	-3.05 ± 0.04Cf	0.33 ± 0.02Aa	328.43 ± 28.94Abc	585.00 ± 0.03Ac	-180.97 ± 15.39Ade	-33.92 ± 1.51Acd
FS3	54.68 ± 0.18Ac	-2.43 ± 0.08Aab	2.15 ± 0.28Bd	0.19 ± 0.04Aa	94.23 ± 1.48Ade	118.61 ± 7.98Aef	-27.66 ± 1.74Aab	-9.34 ± 0.69Aabc
FS7	67.80 ± 1.83Aab	-2.74 ± 0.09Ab	4.30 ± 0.55Bc	0.25 ± 0.02Aa	330.91 ± 0.91Acd	614.52 ± 0.49Acde	-114.74 ± 0.27Abc	-56.79 ± 0.79Ad
FS10	71.93 ± 2.88Aa	-2.75 ± 0.09Ab	4.73 ± 0.27Bc	0.16 ± 0.03Aa	484.00 ± 24.98Ab	1222.48 ± 30.63Ab	-233.08 ± 8.08Ae	-102.02 ± 7.20Ae
Örnek	L	a*	b*	30. Gün				
				Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	40.28 ± 0.48e	-1.98 ± 0.16a	-0.67 ± 0.38def	0.28 ± 0.11a	12.26 ± 2.42f	14.29 ± 2.05e	-11.01 ± 1.16a	-2.88 ± 0.66a
FB7	55.63 ± 1.56cd	-2.49 ± 0.34a	-0.20 ± 0.14cdef	0.24 ± 0.06a	136.76 ± 10.09e	244.44 ± 16.40d	-74.24 ± 2.80d	-21.42 ± 2.50c
FB10	61.95 ± 0.22bc	-2.65 ± 0.29a	0.53 ± 0.40bcdef	0.28 ± 0.02a	488.45 ± 17.41c	1078.79 ± 73.77b	-233.35 ± 0.40f	-48.68 ± 8.01f
FC3	43.80 ± 0.59e	-4.49 ± 0.70bc	7.45 ± 3.58ab	0.13 ± 0.05a	8.54 ± 1.83f	0.08 ± 0.00e	-8.94 ± 0.77a	-3.43 ± 0.99a
FC7	54.40 ± 1.82cd	-4.45 ± 0.63bc	7.19 ± 2.80abc	0.15 ± 0.08a	207.80 ± 9.44e	396.40 ± 13.28d	-75.49 ± 9.88d	-50.13 ± 2.92d
FC10	58.11 ± 2.22cd	-5.04 ± 0.09c	13.78 ± 0.06a	0.16 ± 0.05a	640.15 ± 19.33a	1117.62 ± 55.84a	-248.77 ± 3.15h	-192.89 ± 0.76h
FM3	44.20 ± 0.14e	-2.18 ± 0.05a	-2.66 ± 0.01ef	0.28 ± 0.06a	8.22 ± 0.59f	8.22 ± 0.80e	-8.94 ± 0.46a	-2.00 ± 0.07a
FM7	53.65 ± 0.25d	-2.87 ± 0.08ab	-3.84 ± 0.26f	0.24 ± 0.04a	107.79 ± 1.67e	196.87 ± 9.06de	-58.68 ± 7.66c	-26.04 ± 0.95c
FM10	58.47 ± 1.35cd	-3.15 ± 0.05ab	-3.46 ± 0.27f	0.20 ± 0.00a	229.08 ± 0.47d	437.64 ± 5.82c	-196.87 ± 0.68g	-38.95 ± 4.86de
FS3	54.64 ± 0.39cd	-2.42 ± 0.15a	2.47 ± 0.46bcdef	0.21 ± 0.03a	111.84 ± 9.57e	186.55 ± 16.28d	-35.02 ± 2.71b	-15.21 ± 1.54b
FS7	67.89 ± 1.55ab	-2.64 ± 0.15a	4.30 ± 0.72bcde	0.17 ± 0.08a	243.88 ± 18.62d	489.97 ± 19.04c	-101.74 ± 0.76e	-41.36 ± 0.88ef
FS10	71.59 ± 2.94a	-2.75 ± 0.00ab	5.07 ± 0.52bcd	0.17 ± 0.06a	521.41 ± 9.19b	1437.26 ± 41.69a	-221.80 ± 11.22f	-105.57 ± 8.56g

Çizelge 4.12. Devamı

60. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	40.54±0.56e	-1.96±0.16a	-0.78±0.51efg	0.27±0.10a	14.59±0.47f	11.91±1.61e	-11.73±0.15a	-4.10±0.07a
FB7	55.77±1.55cd	-2.48±0.32ab	-0.12±0.17ef	0.30±0.10a	209.46±5.03cde	540.14±51.79c	-124.84±9.66d	-49.52±0.61bcd
FB10	62.09±0.12bc	-2.56±0.22ab	0.61±0.44de	0.23±0.04a	529.03±19.25b	1326.43±88.71b	-300.17±14.66f	-84.64±8.18ef
FC3	44.01±0.79e	-3.69±0.08c	4.12±0.45c	0.24±0.10a	7.90±0.14f	7.00±0.73e	-8.87±0.04a	0.10±0.02a
FC7	54.13±1.70cd	-5.00±0.02d	10.35±0.40b	0.20±0.08a	232.27±15.9cd7	461.96±33.31cd	-91.14±3.48bcd	-58.02±2.93cde
FC10	57.89±2.40cd	-4.80±0.25d	13.30±0.67a	0.26±0.02a	804.77±49.88a	1625.64±28.44a	-319.54±3.77f	-136.34±17.00g
FM3	43.82±0.09e	-2.18±0.10a	-2.55±0.04fgh	0.31±0.04a	9.45±0.55f	11.59±0.69e	-8.11±0.21a	-3.33±0.23a
FM7	53.17±0.34d	-2.82±0.09abc	-3.73±0.32h	0.43±0.08a	89.51±5.54ef	172.49±16.15de	-51.73±0.98abc	-31.24±2.70abc
FM10	57.61±1.34cd	-3.10±0.08bc	-3.41±0.34gh	0.33±0.03a	244.14±21.54c	540.09±61.41c	-176.16±17.63e	-78.48±4.18def
FS3	53.93±0.30d	-2.38±0.18ab	2.66±0.54cd	0.22±0.10a	108.44±12.52def	219.28±23.85de	-42.06±2.90ab	-20.07±0.56ab
FS7	67.70±1.67ab	-2.59±0.13ab	4.50±0.70c	0.29±0.04a	287.97±53.50c	614.04±116.65c	-98.13±10.90cd	-50.32±2.11bcd
FS10	71.70±2.71a	-2.65±0.02ab	5.14±0.63c	0.34±0.15a	632.51±12.27b	1436.92±55.77ab	-273.75±12.48f	-91.63±4.02f
90. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	40.76±0.59d	-2.01±0.11a	-0.72±0.38fg	0.38±0.05a	15.86±0.43d	9.99±9.89e	-13.68±2.39a	7.71±12.54a
FB7	56.12±1.56bc	-2.59±0.27abcd	-0.05±0.20f	0.35±0.11a	160.24±2.13cd	307.20±16.61de	-92.26±5.39bc	-25.38±0.96bc
FB10	63.40±0.73ab	-2.53±0.04abc	0.81±0.53ef	0.31±0.07a	430.47±48.97b	1003.51±163.14bc	-237.91±10.03d	-66.73±6.35e
FC3	43.94±0.91d	-3.77±0.02e	4.21±0.34cd	0.27±0.10a	10.18±0.32d	9.91±6.79e	-7.17±0.79a	-4.13±0.55ab
FC7	54.35±2.05c	-5.07±0.11f	10.51±0.34b	0.25±0.09a	266.29±10.39bc	563.70±6.59cd	-111.92±2.76c	-71.23±0.04e
FC10	57.85±2.84bc	-5.03±0.09f	13.89±0.49a	0.28±0.05a	709.25±32.40a	1324.24±63.49b	-303.35±14.15e	-123.52±2.18f
FM3	43.96±0.04d	-2.21±0.00ab	-2.52±0.00gh	0.39±0.00a	7.49±0.40d	2.00±1.93e	-7.93±0.11a	2.49±2.39ab
FM7	53.35±0.04c	-2.91±0.05cd	-3.65±0.24h	0.36±0.02a	83.54±1.88cd	143.57±4.23de	-51.62±0.50ab	-25.25±0.70bc
FM10	57.75±0.93bc	-3.16±0.03d	-3.35±0.32h	0.35±0.03a	179.35±10.39cd	334.13±12.85de	-118.03±5.32c	-54.71±0.58de
FS3	54.23±0.19c	-2.48±0.05abc	2.79±0.49de	0.31±0.07a	95.85±6.59cd	175.67±3.43de	-37.93±4.20ab	-16.98±0.69abc
FS7	67.64±1.54a	-2.64±0.04bcd	4.53±0.66cd	0.25±0.12a	231.43±3.26bcd	419.89±12.28de	-76.59±2.24bc	-35.06±1.71cd
FS10	71.28±2.83a	-2.75±0.12bcd	5.35±0.57c	0.27±0.02a	831.80±136.93a	1941.61±251.22a	-287.54±29.47de	-121.94±10.10f

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.13.'de fındık yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Fındık yağı ile balmumu (FB3-FB10) kullanılarak üretilen oleojellerin L değerlerinin 39.36 – 63.40 arasında, Carnauba mumu (FC3-FC10) ile üretilen oleojellerin 43.60 – 58.11 arasında, monogliserid (FM3-FM10) ile üretilen oleojellerin 42.99 – 58.47 arasında ve ayçiçek mumu (FS3-FS10) ile üretilen oleojellerin ise 53.93 – 71.93 arasında değiştiği belirlenmiştir. Fındık yağı oleojellerinden L değeri en yüksek oleojelin ayçiçek mumu (FS) kullanılarak üretilen oleojellerin olduğu saptanmıştır. Ayrıca, üretilen oleojellerin a\* ve b\* değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bununla birlikte, fındık yağı oleojellerine ait L, a\* ve b\* değerlerinin kullanılan oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Aynı sıcaklıkta ve aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerinin renk değerlerinin (Çizelge 4.3), fındık yağı oleojelleri ile farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Fındık yağı ile balmumu (FB) kullanılarak üretilen oleojellerin peroksit sayısı değerlerinin 0.24 – 0.35 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, Carnauba mumu (FC) ile üretilen oleojellerin 0.13 – 0.28 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, monogliserid (FM) ile üretilen oleojellerin 0.17 – 0.43 mekO<sub>2</sub>/kg arasında ve ayçiçek mumu (FS) ile üretilen oleojellerin ise 0.16 – 0.34 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Peroksit sayısı değeri en yüksek örneklerin monogliserid (FM3-FM10) kullanılarak üretilen oleojeller olduğu belirlenmiştir. Üretilen oleojellerin peroksit sayılarının kullanılan oleojelatör çeşidine ve konsantrasyonuna göre farklılık göstermediği tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Tez çalışmasında üretilen tüm fındık yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci sonunda peroksit sayısı değerlerinin Türk Gıda Kodeksi (TGK, 2012) Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde rafine yağlar için belirtilen limitlere (<10 mekO<sub>2</sub>/kg) uygun olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örnekleri (Çizelge 4.3) ile fındık yağı oleojellerinin peroksit sayısı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı gözlemlenmiştir ( $p \leq 0.594$ ).

Plastik özellikteki katı yağların termal davranışları kadar önem taşıyan bir kriterinde tekstürel özellikler olduğu ve bu özelliklerin sürülebilirlik, yapışkanlık ve yağ bağlama gibi parametreleri etkilediği rapor edilmiştir (O'Brien, 2004). Fındık yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre, fındık yağı ile balmumu (FB) kullanılarak üretilen oleojellerinin sertlik değerlerinin 12.26 – 529.03 g kuvvet arasında



Carnauba mumu (FC) kullanılarak üretilen oleojellerin 7.90 – 804.77 g kuvvet arasında, monogliserid (FM) kullanılarak üretilen oleojellerin 7.49 – 328.43 g kuvvet arasında ve ayçiçek mumu (FS) kullanılarak üretilen oleojellerin ise 94.23 – 831.80 g kuvvet arasında değiştiği saptanmıştır. Benzer bir çalışmada, Soya yağı ile %3 ayçiçek mumu içeren oleojelin sertlik değerinin 150-400 g kuvvet arasında olduğu %5 ayçiçek mumu içeren oleojellerin sertlik değerinin ise 400–600 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Çalışmada aynı konsantrasyonda ayçiçek mumu içeren oleojellerden elde edilen sertlik değerlerinin, Hwang ve ark. (2013) tarafından rapor edilen değerlerden düşük olduğu gözlemlenmiştir. Fındık yağı oleojellerinden sertlik değeri en yüksek FC10 ve FS10, en düşük sertlik değerine sahip oleojellerinin ise FC3 ve FM3 olduğu belirlenmiştir. Aynı sıcaklıkta depolanan balık yağı oleojellerinde olduğu gibi, fındık yağı oleojellerinin tekstürel özelliklerinin (sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti) kullanılan oleojelatör konsantrasyonu arttıkça arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Oleojelatör olarak mumların (FB, FC ve FS) kullanıldığı örneklerin belirlenen tekstürel özelliklerinin, monogliserid kullanılarak üretilen oleojellere (FM) göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada elde edilen bulgular ile benzer sonuçların yer aldığı Hwang ve ark. (2012) tarafından yapılan soya yağı ile farklı mumların (ayçiçek, dut, balmumu, Candelilla Carnauba ve pirinç kepek mumu), kullanıldığı bir çalışmada oleojellerin sertlik değerlerinin oleojelatör çeşidine, saflık derecesine konsantrasyonuna ve soğutma oranına göre değişiklik gösterdiği vurgulanmıştır. Çizelge 4.12'den görülebileceği üzere fındık yağı ile mumlar kullanılarak üretilen oleojellerin kesme kuvveti değerlerinin 0.08 – 1941.61 g s olduğu, monogliserid oleojellerinin ise 2.00–585.00 g s olduğu tespit edilmiştir. Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından 5 °C'de aspir yağı-Candelilla mumu (%3) oleojelinin kesme kuvveti değeri 2742.98 g/mm olarak rapor edilmiştir. Literatürde verilen sonuçlara en yakın örneğin FS10 (%10 ayçiçek mumu) oleojeli olduğu saptanmıştır. Toro-Vazquez ve ark (2007) tarafından rapor edilen sonuçlar ile araştırma bulgularının farklı olduğu ve bu farklılığın kullanılan oleojelatörlerin ve uygulanan analiz yönteminin farklı olmasından kaynaklandığı ön görülmektedir. Fındık yağı oleojellerinin yapışkanlık değerlerinin balmumu oleojelleri için 11.01 – 300.17 g kuvvet arasında, Carnauba mumu oleojelleri için 7.17 – 343.33 g kuvvet arasında, monogliserid oleojelleri için 7.93 – 196.87 g kuvvet arasında ve ayçiçek mumu oleojelleri için 27.66 – 287.54 g kuvvet arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada üretilen oleojellerin aynı sıcaklık ve sürede depolanan kontrol grubu örnekleri (Çizelge 4.3) ile karşılaştırıldığında, oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin özellikle FC7 ve FM10 oleojellerinin kahvaltılık grubu

ile benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Genel olarak, ticari şortening ve mutfak margarin grubunun sertlik ve yapışkanlık değerlerinin (Çizelge 4.3), oleojel örneklerinden yüksek olduğu ve söz konusu özellikler bakımından ticari şortening ve mutfak grubuna en yakın oleojellerin FC10 (60. Gün) ve FS10 (90. Gün) olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. 14. 20 °C’ de 90 gün boyunca depolanan fındık yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

0. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	39.17 ± 1.76f	-2.06 ± 0.15a	-0.71 ± 0.43ef	0.28 ± 0.03a	8.20 ± 0.90f	7.75 ± 2.94ef	-8.78 ± 0.64a	3.65 ± 0.46a
FB7	52.30 ± 0.13cde	-2.53 ± 0.11a	-0.46 ± 0.13ef	0.30 ± 0.03a	114.87 ± 7.88de	329.80 ± 59.34d	-74.72 ± 4.97bc	-21.61 ± 1.92bc
FB10	59.18 ± 0.46abc	-2.57 ± 0.11a	0.56 ± 0.21de	0.25 ± 0.04a	339.44 ± 9.18b	773.30 ± 52.79ab	-231.80 ± 28.97f	-67.58 ± 6.45e
FC3	42.87 ± 0.18ef	-3.81 ± 0.07b	4.51 ± 0.56c	0.16 ± 0.03a	6.86 ± 0.24f	0.74 ± 1.59f	-8.74 ± 0.54a	0.08 ± 0.00a
FC7	52.87 ± 0.44cd	-4.97 ± 0.02c	11.05 ± 0.22b	0.15 ± 0.02a	123.46 ± 16.89de	193.93 ± 23.33de	-51.62 ± 6.58ab	-23.51 ± 2.20c
FC10	56.43 ± 0.79bcd	-5.11 ± 0.01c	14.62 ± 0.57a	0.19 ± 0.00a	500.07 ± 28.67a	1019.53 ± 184.61a	-240.77 ± 30.52e	-103.34 ± 14.31f
FM3	42.85 ± 1.01ef	-2.04 ± 0.02a	-2.32 ± 0.20f	0.29 ± 0.11a	7.53 ± 0.10f	2.96 ± 0.29f	-9.45 ± 0.49a	0.12 ± 0.02a
FM7	47.96 ± 5.01def	-2.42 ± 0.43a	-2.00 ± 1.20ef	0.32 ± 0.12a	83.80 ± 0.18e	134.20 ± 0.76def	-51.19 ± 6.91ab	-18.54 ± 1.97bc
FM10	54.52 ± 1.68cd	-2.90 ± 0.06ab	-2.82 ± 0.52f	0.25 ± 0.06a	166.99 ± 10.39d	282.50 ± 12.07cd	-106.57 ± 6.95cd	-35.91 ± 3.16d
FS3	53.44 ± 1.04cd	-2.32 ± 0.16a	2.98 ± 0.25cd	0.15 ± 0.03a	105.80 ± 15.27de	193.47 ± 23.07d	-39.15 ± 2.38ab	-15.82 ± 1.25b
FS7	64.73 ± 1.06ab	-2.43 ± 0.19a	4.88 ± 0.29c	0.29 ± 0.02a	236.05 ± 19.46c	445.90 ± 18.99c	-93.52 ± 6.30cd	-34.31 ± 1.39d
FS10	68.66 ± 0.48a	-2.56 ± 0.14a	5.45 ± 0.39c	0.27 ± 0.06a	323.43 ± 16.96b	619.28 ± 29.18b	-122.84 ± 7.53d	-46.30 ± 3.36d
30. gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	40.34 ± 1.21e	-2.19 ± 0.12a	-1.02 ± 0.39e	0.43 ± 0.11a	7.86 ± 0.26e	10.58 ± 0.34f	-9.00 ± 0.61a	-2.30 ± 0.27a
FB7	53.19 ± 0.21d	-2.58 ± 0.09ab	-0.56 ± 0.20e	0.36 ± 0.25a	140.04 ± 0.83c	353.82 ± 25.67d	-116.84 ± 2.89c	-29.02 ± 2.51d
FB10	59.05 ± 0.28b	-2.59 ± 0.27ab	0.31 ± 0.26e	0.21 ± 0.10a	274.73 ± 30.20b	539.32 ± 49.91c	-377.73 ± 14.55f	-32.86 ± 2.30g
FC3	44.29 ± 0.38e	-4.03 ± 0.11c	5.09 ± 0.63c	0.22 ± 0.12a	7.46 ± 0.58e	2.98 ± 0.64f	-8.51 ± 0.26a	0.09 ± 0.01a
FC7	53.25 ± 0.23e	-4.96 ± 0.01d	11.28 ± 0.07b	0.37 ± 0.06a	133.81 ± 7.33c	210.37 ± 15.88de	-55.13 ± 1.87b	-28.15 ± 1.31d
FC10	56.63 ± 0.04cd	-5.07 ± 0.02d	15.06 ± 0.08a	0.27 ± 0.09a	632.44 ± 29.28a	701.40 ± 5.04b	-171.20 ± 2.39e	-115.63 ± 0.26h
FM3	44.73 ± 0.16bc	-2.20 ± 0.02a	-2.57 ± 0.06f	0.47 ± 0.10a	7.89 ± 0.47e	0.39 ± 0.32f	-8.65 ± 0.38a	0.10 ± 0.01a
FM7	53.98 ± 0.09d	-2.98 ± 0.04ab	-3.46 ± 0.21f	0.45 ± 0.11a	47.82 ± 1.63de	81.75 ± 5.56ef	-16.94 ± 1.62a	-16.73 ± 0.94c
FM10	57.92 ± 0.38bc	-3.15 ± 0.10b	-3.25 ± 0.07f	0.47 ± 0.06a	99.65 ± 2.65cd	195.35 ± 1.06de	-48.57 ± 2.96b	-25.39 ± 3.43d
FS3	52.92 ± 1.34d	-2.33 ± 0.20a	3.29 ± 0.04d	0.22 ± 0.07a	108.97 ± 7.08c	215.63 ± 30.71de	-34.58 ± 1.38ab	-15.53 ± 2.17b
FS7	64.47 ± 1.77a	-2.48 ± 0.26ab	5.05 ± 0.24c	0.16 ± 0.09a	300.03 ± 4.89b	581.22 ± 31.15bc	-110.56 ± 8.48c	-44.11 ± 2.98e
FS10	67.89 ± 0.77a	-2.59 ± 0.18ab	5.78 ± 0.10c	0.20 ± 0.01a	589.26 ± 54.73a	1116.61 ± 166.32a	-169.78 ± 12.02d	-86.61 ± 2.98f

Çizelge 4.14. Devamı

60. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	41.02±1.14f	-2.15±0.08a	-1.25±0.40efg	0.47±0.19a	7.64±0.11e	3.85±3.77d	-8.62±0.44a	2.38±2.29ab
FB7	53.71±0.12de	-2.57±0.11ab	-0.71±0.35ef	0.42±0.17a	142.06±11.04de	326.41±42.92c	-98.67±10.79c	-30.55±3.48cd
FB10	59.54±0.28bc	-2.66±0.18ab	0.31±0.32e	0.33±0.12a	367.05±11.84b	930.83±89.02ab	-209.46±29.00d	-55.69±4.00e
FC3	45.60±1.27f	-4.12±0.30c	5.59±1.18c	0.39±0.17a	7.35±0.54e	3.15±3.07d	-7.82±0.72a	3.74±3.62a
FC7	52.94±0.27e	-4.94±0.03cd	11.37±0.11b	0.37±0.11a	206.27±10.39cd	396.81±21.10c	-84.99±4.49bc	-49.97±1.07de
FC10	56.28±0.19cde	-5.04±0.03d	15.04±0.04a	0.35±0.07a	639.55±18.75a	1202.58±43.90a	-236.82±2.57d	-98.28±8.63f
FM3	44.66±0.18f	-2.18±0.03a	-2.51±0.04fg	0.45±0.02a	6.81±0.15e	7.24±0.21d	-7.68±0.37a	-2.31±0.25ab
FM7	53.98±0.33de	-2.93±0.06ab	-3.40±0.01g	0.41±0.06a	48.54±9.52de	92.33±27.16cd	-28.45±5.50ab	-18.90±4.15bc
FM10	58.13±0.69cd	-3.14±0.10b	-3.11±0.04g	0.43±0.02a	82.16±3.91de	150.13±2.90cd	-58.82±4.23abc	-24.19±1.00c
FS3	52.74±1.25e	-2.29±0.19ab	3.38±0.05d	0.36±0.21a	85.02±4.89de	159.53±7.06cd	-31.78±2.61ab	-13.54±0.58abc
FS7	64.27±1.73ab	-2.44±0.26ab	5.15±0.13cd	0.28±0.09a	321.29±76.26bc	781.17±148.52b	-120.45±24.25c	-59.52±6.35e
FS10	68.16±0.59a	-2.54±0.17ab	5.88±0.04c	0.23±0.10a	534.08±54.79a	1139.88±22.99a	-192.88±7.57d	-65.61±0.23e
90. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FB3	41.30±1.16f	-2.17±0.06a	-1.25±0.37efg	0.69±0.16a	7.79±0.04f	2.80±2.72e	-8.08±0.04a	2.66±2.57a
FB7	54.03±0.03de	-2.57±0.16a	-0.69±0.33ef	0.61±0.21a	100.52±14.59ef	179.91±27.17e	-57.70±4.42cd	-18.28±0.81bc
FB10	59.74±0.36bc	-2.68±0.18a	0.27±0.37e	0.56±0.15a	373.90±40.25bc	1009.96±158.85b	-261.33±2.61g	-74.96±3.27e
FC3	46.03±1.56f	-4.16±0.34b	5.79±1.41cd	0.55±0.09a	8.76±1.16f	8.72±0.46e	-7.53±0.14a	-0.77±0.88ab
FC7	53.36±0.01e	-4.90±0.04b	11.31±0.10b	0.50±0.11a	186.59±7.57de	333.85±14.89de	-78.62±3.04de	-43.49±1.95d
FC10	56.44±0.41cde	-5.01±0.04b	15.10±0.01a	0.46±0.12a	776.97±50.82a	1675.00±88.32a	-312.91±6.12h	-150.01±1.85f
FM3	45.00±0.04f	-2.21±0.06a	-2.47±0.02fg	0.62±0.02a	7.42±0.11f	7.66±2.17e	-7.24±0.07a	-1.02±1.15ab
FM7	54.42±0.11de	-2.94±0.11a	-3.28±0.07g	0.67±0.01a	36.38±2.86ef	56.72±8.75e	-23.42±2.28ab	-12.33±1.88abc
FM10	58.53±0.61cd	-3.11±0.14a	-3.11±0.13fg	0.60±0.05a	79.23±8.94ef	137.93±24.24e	-54.01±5.65bcd	-23.84±3.38c
FS3	52.93±1.20e	-2.28±0.23a	3.35±0.08d	0.40±0.18a	82.02±13.61ef	148.58±18.38e	-31.38±0.40abc	-14.83±0.06abc
FS7	64.39±1.52ab	-2.41±0.31a	5.20±0.13cd	0.37±0.16a	274.22±67.25cd	631.55±122.49cd	-92.48±15.46de	-51.62±9.24d
FS10	67.87±0.70a	-2.54±0.19a	5.96±0.06c	0.34±0.03a	472.71±27.87b	949.95±15.79bc	-159.15±4.81e	-57.37±1.83de

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.14.'te findık yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Findık yağı ile balmumu (FB) ilave edilerek oluşturulan oleojellerin L değerlerinin 39.17 – 59.74 arasında, Carnauba mumu (FC) ilavesi ile oluşturulan oleojellerin 42.87 – 56.63 arasında, monogliserid (FM) ilavesiyle 42.85 – 58.53 arasında ve ayçiçek mumu (FS9) ilavesiyle oluşturulan oleojellerin ise 52.93 – 68.66 arasında değiştiği belirlenmiştir. Findık yağı oleojellerinden L değeri en yüksek oleojellerin ayçiçek mumu (FS3-FS10) ile üretilen, L değeri en düşük ise balmumu (FB3-FB10) kullanılarak üretilen oleojellerin olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, ayçiçek mumu ile elde edilen findık yağı oleojellerinin L değerlerinin diğer oleojelatörler ile elde edilen oleojellere göre farklı olduğu ve bu farklılığında istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Yine findık yağı oleojellerine ait L, a\* ve b\* değerlerinin ilave edilen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Findık yağı oleojelleri ile aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu (Çizelge 4.4) örneklerinin renk değerlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

20 °C'de 90 günlük depolama süresi boyunca balmumu (FB) kullanılarak üretilen oleojellerin peroksit sayısı değerlerinin 0.21 – 0.69 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, Carnauba mumu (FC) ile üretilen oleojellerin 0.16 – 0.55 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, monogliserid ile üretilen oleojellerin (FM) 0.25 – 0.67 mekO<sub>2</sub>/kg arasında ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin (FS) ise 0.15 – 0.40 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen oleojellerin, peroksit sayılarının kullanılan oleojelatör çeşidine ve konsantrasyonuna göre farklılık göstermediği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bununla birlikte, 4 °C'de depolanan örneklere göre 20 °C'de depolana findık yağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Tez çalışmasında, üretilen tüm findık yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 günlük depolama süreci sonunda peroksit sayısı değerlerinin Türk Gıda Kodeksi (TGGK, 2012) Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde rafine yağlar için belirtilen limitlere (<10 mekO<sub>2</sub>/kg) uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, findık yağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örnekleriyle benzer olduğu saptanmıştır ( $p=0.241$ ).

Findık yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvvet, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre findık yağı ile balmumu kullanılarak elde edilen oleojellerin sertlik değerlerinin 7.64 – 373.90 g kuvvet arasında, Carnauba mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin 6.86 –

776.97 g kuvvet arasında, monogliserid ilavesiyle elde edilen oleojellerin 6.81 – 166.99 g kuvvet arasında ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin ise 82.02 – 589.26 g kuvvet arasında olduğu tespit edilmiştir. Aynı sıcaklıkta depolanan balık yağı oleojellerine benzer olarak fındık yağı oleojellerinden sertlik değeri en yüksek FC10 örneği iken sertlik değeri en düşük örneğin FM3 olduğu saptanmıştır. Hwang ve ark. (2012) tarafından %0.5 – 10 arasında ayçiçek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 20 – 350 g kuvvet olduğu ve Hwang ve ark. (2013) tarafından %3 ayçiçek mumu içeren oleojelin sertlik değerinin 150 – 400 g kuvvet arasında %5 ayçiçek mumu içeren örneğin ise sertlik değerinin 400 – 600 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Fındık yağı ile literatürde belirtilen konsatrasyonlarda ayçiçek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin Hwang ve ark (2012) tarafından sunulan verilere benzer, Hwang ve ark. (2013) tarafından sunulan verilerden farklı olduğu belirlenmiştir. Aynı oleojelatör ile aynı konsatrasyonda oluşturulan oleojellerin sertlik değerleri arasındaki farklılığın oleojelatörün kimyasal kompozisyonuna bağlı olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, 20 °C’ de depolanan fındık yağı ile mumlar kullanılarak üretilen oleojellerin kesme kuvveti değerlerinin 2.80–1675.00 g s olduğu, monogliserid oleojellerinin ise 0.39–282.50 g s olduğu tespit edilmiştir. Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından fındık yağı ve mumlar ile üretilen oleojellere benzer olarak, aspir yağı ile %3 Candelilla mumu içeren oleojelin kesme kuvveti değerinin 20 °C’de 1542.15 g/mm olduğu rapor edilmiştir. Buna ilaveten, 20 °C’de depolanan fındık yağı oleojellerinin yapışkanlık değerlerinin balmumu oleojelleri için 8.08 – 377.73 g kuvvet, Carnauba mumu oleojelleri için 7.53 – 312.91 g kuvvet, monogliserid oleojelleri için 7.27–106.57 g kuvvet ve ayçiçek mumu oleojelleri için 31.38 – 159.15 g kuvvet değerleri arasında olduğu bulunmuştur. Balık yağı oleojellerinde görüldüğü gibi, fındık yağı oleojellerinin sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti özelliklerinin ilave edilen oleojelatör miktarına ve çeşidine bağlı olarak yükseldiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra oleojelatör olarak mumların (Balmumu, Carnauba ve Ayçiçek) kullanıldığı oleojellerin tekstürel özelliklerine ait değerlerin, monogliserid kullanılarak üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Yine, 4 °C’de belirlenen sertlik ve yapışkanlık değerlerinin 20 °C’de belirlenen sertlik ve yapışkanlık değerlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Elde edilen bu sonuçlara göre ticari şortening ve mutfak margarini grubunun sertlik ve yapışkanlık değerlerinin (Çizelge 4.4) fındık yağı oleojellerinden yüksek olduğu, söz konusu özellikler bakımından şortening ve mutfak grubuna en benzer örneğin FC10 olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada, üretilen FB7, FM7, FM10 ve FS3 oleojellerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri bakımından, aynı

sıcaklık ve sürede depolanan (Çizelge 4.4) kahvaltılık margarin örnekleri ile benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

#### 4.2.3 Nar çekirdek yağı oleojelleri

Nar çekirdek yağı oleojelleri, üç farklı konsantrasyonda (%3, 7 ve 10), dört farklı oleojelatör (Balmumu, Carnauba mumu, Monoglisericid ve Ayçiçek mumu) kullanılarak hazırlanmıştır. Üretilen taze nar çekirdek yağı oleojellerinin yağ bağlama kapasitesi (YBK), kristal oluşum zamanı (KOZ), katı yağ içeriği (SFC) ve minimum jel oluşturma (MJK) konsantrasyonları Çizelge 4.15’ te verilmiştir.

**Çizelge 4. 15.** Nar çekirdek yağı oleojellerine ait bazı fiziko-kimyasal özellikler (Ort.  $\pm$  Sd)

ÖRNEK	YBK (%)	KOZ (dk)	KYİ (% , 20 °C)	KYİ (% , 35 °C)	MJK (%)
NB3	99.88 $\pm$ 0.06Aa	8.00 $\pm$ 0.00Abc	2.20 $\pm$ 0.06Ag	1.53 $\pm$ 0.14Agh	2.00
NB7	99.81 $\pm$ 0.14Aa	7.00 $\pm$ 1.00Abcd	5.30 $\pm$ 0.02Ae	3.75 $\pm$ 0.13Ae	
NB10	99.71 $\pm$ 0.07Aa	7.00 $\pm$ 1.00Abcd	7.45 $\pm$ 0.02Ac	5.44 $\pm$ 0.20Acd	
NC3	39.17 $\pm$ 5.47Bb	*	2.96 $\pm$ 0.17Af	2.98 $\pm$ 0.02Aef	5.00
NC7	73.28 $\pm$ 3.59Bd	14.00 $\pm$ 1.00Ba	6.33 $\pm$ 0.04Ad	6.25 $\pm$ 0.00Abc	
NC10	97.29 $\pm$ 2.68Ba	9.50 $\pm$ 0.50Bb	8.71 $\pm$ 0.04Ab	8.58 $\pm$ 0.10Aa	
NM3	36.95 $\pm$ 0.64Bb	*	2.89 $\pm$ 0.04Af	1.25 $\pm$ 0.04Ah	4.00
NM7	54.00 $\pm$ 1.79Bc	10.00 $\pm$ 1.00ABb	7.00 $\pm$ 0.05Ac	3.57 $\pm$ 0.40Ae	
NM10	72.25 $\pm$ 0.06Bd	8.00 $\pm$ 0.00ABbc	9.43 $\pm$ 0.21Aa	4.88 $\pm$ 0.05Ad	
NS3	99.87 $\pm$ 0.10Aa	4.50 $\pm$ 0.50Ccd	2.24 $\pm$ 0.03Ag	2.24 $\pm$ 0.03Afg	1.00
NS7	99.97 $\pm$ 0.00Aa	4.00 $\pm$ 0.00Cd	4.97 $\pm$ 0.04Ae	5.08 $\pm$ 0.03Ad	
NS10	99.96 $\pm$ 0.01Aa	4.00 $\pm$ 0.00Cd	7.14 $\pm$ 0.04Ac	7.02 $\pm$ 0.06Ab	

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çizelge 4.15 incelendiğinde balmumu (NB) ve ayçiçek mumu (NS) ile elde edilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin  $< 99\%$  olduğu, Carnauba mumu (NC3-NC10) ile elde edilen oleojellerin %39.17 – 97.29 arasında olduğu ve monoglisericid (NM3-NM10) ile elde edilen oleojellerin %36.95 – 72.25 arasında olduğu görülmektedir. Fındık yağı ve balık yağı oleojellerine benzer olarak, balmumu ve ayçiçek mumu ile üretilen nar çekirdek yağı oleojellerin yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, balmumu ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerde yağ bağlama kapasitesi üzerine oleojelatör konsantrasyonunun etkisi önemsiz iken, Carnauba ve monoglisericid oleojellerinde oleojelatör konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak yağ

bağlama kapasitesinin yükseldiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde, konuyla ilgili olarak nar çekirdek yağı kullanılarak oluşturulan oleojellere ilişkin herhangi bir veriye rastlanılmamıştır. Ancak, Da Pieve ve ark. (2010) tarafından morina karaciğer yağı ile monogliserid kullanılarak üretilen oleojellerin YBK değerleri ile bu çalışmada nar çekirdek yağı ve monogliserid kullanılarak elde edilen oleojellerin YBK değerlerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Araştırma kapsamında geliştirilen oleojellerin katı yağ içerikleri 20 °C balmumu oleojelleri için % 2.20 – 7.45 arasında, Carnauba jelleri için %2.96 – 8.71, monogliserid jelleri için %2.89 – 9.43 ve ayçiçek mumu jelleri için ise %2.24 – 7.14 aralığında olduğu belirlenmiştir. Oleojellerin 35 °C'deki katı yağ içeriklerinin ise balmumu jelleri için %1.53 – 5.44, Carnauba mumu jelleri için %2.98 – 8.58 monogliserid jelleri için %1.25 – 4.88 ve ayçiçek mumu jelleri için ise %2.24 – 7.02 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Balık yağı ve fındık yağı oleojellerinde saptanan sonuçlara benzer şekilde, her iki sıcaklıkta (20 ve 35 °C) oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin oleojelatör konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak yükseldiği ( $p \leq 0.001$ ), ancak kullanılan oleojelatör çeşidinin katı yağ içeriği miktarını etkilemediği belirlenmiştir ( $p = 0.125$ ). Çalışmada kontrol grubu örneklerinden kahvaltılık margarin grubunun katı yağ içeriği miktarları 20 °C'de ortalama %9.92, mutfak margarinin grubunun ortalama %29 ve şortening grubunun ise %30 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Buna göre, üretilen nar çekirdek yağı oleojellerinin katı yağ içeriklerinin kahvaltılık margarin grubu ile benzer ( $p \leq 0.001$ ) mutfak margarini ve şortening grubundan daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde, Morales-Rueda ve ark. (2009b), Toro-Vazquez ve ark., (2009) ve Hwang ve ark. (2013) tarafından mumlar ile oluşturulan oleojellerin KYİ değerleri ile bu tez çalışmasında mumlar ile üretilen oleojel örneklerinin 20 ve 35 °C'deki KYİ değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir.

Farklı oleojelatörler ile oluşturulan nar çekirdek yağı oleojellerinin KOZ değerlerinin 4.00–14.00 dak arasında değiştiği belirlenmiştir. Nar çekirdek yağında farklı oleojelatörlerin farklı KOZ değerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Literatürde benzer sonuçların rapor edildiği bir çalışmada, %4 carnauba mumu içeren zeytinyağı oleojelinin KOZ değerinin 13:5 (dak:s), aynı oranda pirinç kepek ve Candelilla mumu içeren oleojelin KOZ değerinin sırasıyla 4:4 ve 9:2 (dak:s) olduğu belirtilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Ayrıca, balmumu ve ayçiçek mumu ile oluşturulan oleojellerin KOZ değerleri üzerine oleojelatör miktarının çok fazla etkili olmadığı, ancak özellikle monogliserid ve Carnauba mumu ile geliştirilen oleojellerin KOZ değerlerinin oleojelatör miktarındaki



artıya bağı olarak kısaldığı saptanmıştır. Literatürde, jel gücünün ve jel oluşum zamanının ilave edilen oleojelatörün çeşidi, miktarı ve saflık derecesine bağı olduğu rapor edilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009; Hwang ve ark., 2012). Balık ve fındık yağı oleojellerinde de görüldüğü üzere Carnauba mumu ve monogliserid oleojelatörlerinin %3 konsantrasyonda stabil jel oluşumu göstermedikleri belirlenmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlara benzer olarak, Carnauba mumunun %4'ün altındaki konsantrasyonlarda jel oluşumu göstermediği bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Yine balık yağı ve rafine fındık yağı oleojellerine elde edilen verilere benzer şekilde, oleojelatörlerin nar çekirdek yağını jelleştirme süreleri göz önüne alındığında ayçiçek mumunun (NS3, NS7 ve NS10) diğer oleojelatörlere göre daha hızlı jel oluşumu sağladığı saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ayçiçek mumu oleojelatörü için benzer bulgular Hwang ve ark. (2012) tarafından rapor edilmiştir.

Nar çekirdek yağında balmumunun minimum jel oluşturma konsantrasyonunun %2, Carnauba mumunun %5, monogliseridin %4 ve ayçiçek mumunun %1 olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar %5 monogliserid-morina karaciğer yağı (Da Pieve ve ark., 2010; Da Pieve ve ark., 2011), %2 balmumu-soya yağı (Hwang ve ark., 2012), %0.5 ayçiçek mumu soya yağı (Hwang ve ark., 2012), %4 Carnauba mumu-kanola: soya yağı (Dassanayake ve ark., 2009) oleojellerinde bildirilmiştir.

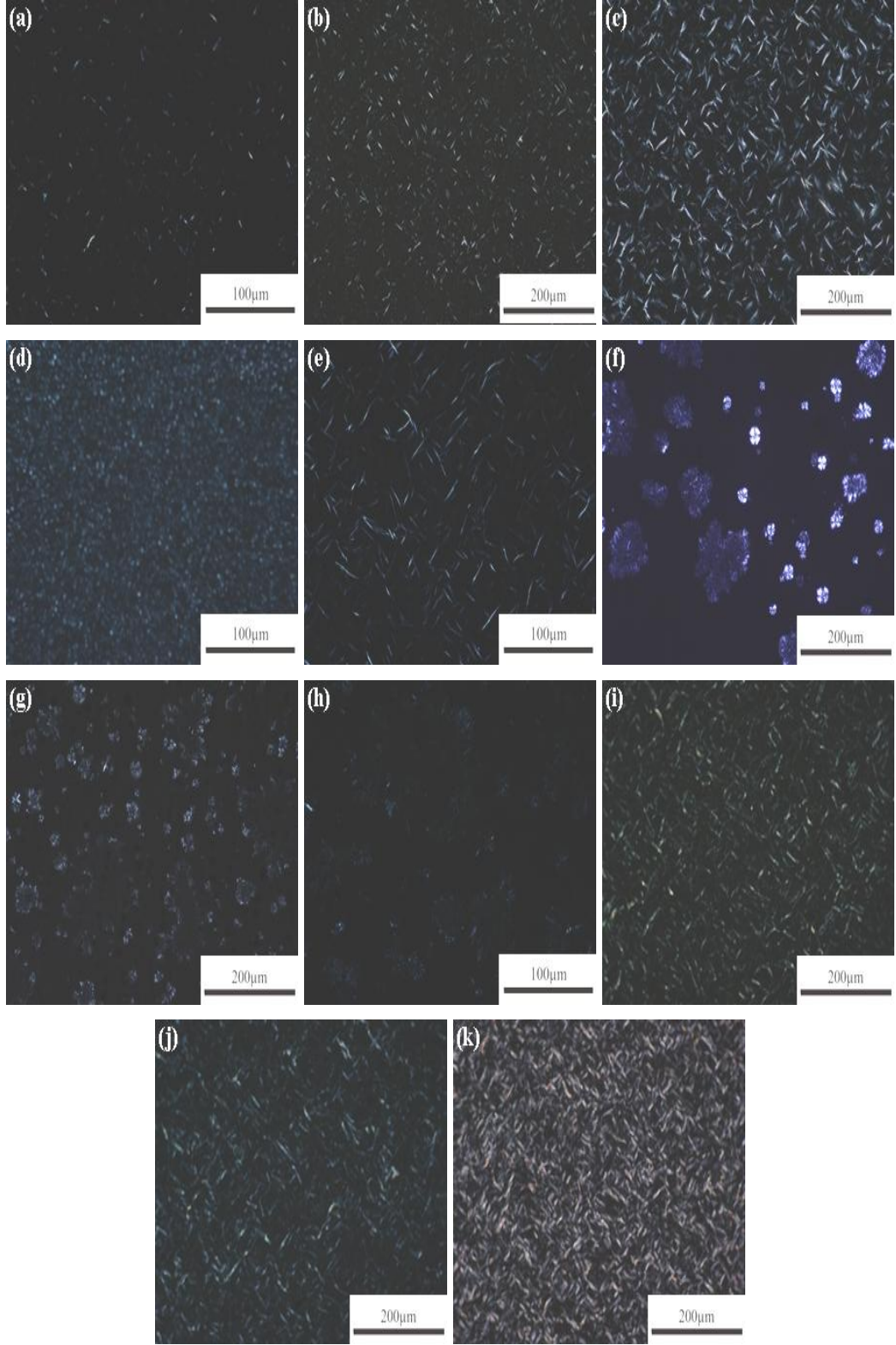
Çizelge 4. 16. Nar çekirdek yağı oleojellerine ait termal özellikler (Ort.  $\pm$  Sd)

Örnek	Kristalizasyon				Ergime			
	Onset <sub>c</sub> (°C)	End <sub>c</sub> (°C)	Pik(T <sub>c</sub> ) (°C)	$\Delta H_c$ (J/g)	Onset <sub>m</sub> (°C)	End <sub>m</sub> (°C)	Pikk(T <sub>m</sub> ) (°C)	$\Delta H_m$ (J/g)
<b>NB3</b>	39.07 $\pm$ 0.48Af	31.55 $\pm$ 0.10Aef	35.90 $\pm$ 0.25Af	-3.19 $\pm$ 0.02Aab	34.87 $\pm$ 1.04Acd	52.34 $\pm$ 1.37Ade	45.78 $\pm$ 0.26Ae	3.40 $\pm$ 0.38ABg
<b>NB7</b>	45.71 $\pm$ 0.86Ade	36.55 $\pm$ 1.10Ade	41.07 $\pm$ 1.50Aef	-7.55 $\pm$ 1.48Aabc	36.94 $\pm$ 0.21Acd	55.51 $\pm$ 0.33Ad	49.63 $\pm$ 0.20Ad	10.38 $\pm$ 0.36ABcd
<b>NB10</b>	46.22 $\pm$ 0.25Ade	37.91 $\pm$ 0.33Acde	42.40 $\pm$ 0.25Ae	-11.24 $\pm$ 2.81Acd	40.27 $\pm$ 1.14Acd	56.31 $\pm$ 0.51Ad	51.29 $\pm$ 0.08Ad	11.70 $\pm$ 1.46ABcd
<b>NC3</b>	48.54 $\pm$ 0.40Bd	41.99 $\pm$ 1.40Bbcd	45.98 $\pm$ 0.42Bde	-4.48 $\pm$ 0.22Aab	60.71 $\pm$ 0.60Bab	79.35 $\pm$ 0.08Ba	74.73 $\pm$ 0.52Ba	4.68 $\pm$ 0.14ABefg
<b>NC7</b>	55.68 $\pm$ 0.50Bc	42.00 $\pm$ 1.43Bbcd	49.79 $\pm$ 1.72Bcd	-11.31 $\pm$ 1.06Acd	59.65 $\pm$ 3.66Bab	80.80 $\pm$ 0.08Ba	75.48 $\pm$ 0.53Ba	11.48 $\pm$ 0.88ABcd
<b>NC10</b>	56.16 $\pm$ 1.70Bbc	44.55 $\pm$ 3.35Babc	52.96 $\pm$ 0.12Babc	-15.45 $\pm$ 1.08Ad	62.98 $\pm$ 0.93Ba	80.99 $\pm$ 0.08Ba	75.74 $\pm$ 0.29Ba	13.84 $\pm$ 0.62ABbc
<b>NM3</b>	11.33 $\pm$ 0.40	5.77 $\pm$ 0.97	9.49 $\pm$ 0.50	-0.34 $\pm$ 0.04	8.95 $\pm$ 0.84	12.83 $\pm$ 0.37	11.09 $\pm$ 0.58	0.37 $\pm$ 0.10
	32.29 $\pm$ 0.22Ag	25.49 $\pm$ 0.62Af	29.53 $\pm$ 0.54Ag	-1.74 $\pm$ 0.20Aa	30.68 $\pm$ 0.05Ad	40.54 $\pm$ 1.11Cf	36.59 $\pm$ 0.84Af	0.74 $\pm$ 0.08Bg
<b>NM7</b>	12.14 $\pm$ 0.20	7.45 $\pm$ 0.06	10.49 $\pm$ 0.09	-1.14 $\pm$ 0.09	10.07 $\pm$ 0.00	13.32 $\pm$ 0.16	12.02 $\pm$ 0.06	1.18 $\pm$ 0.14
	43.80 $\pm$ 1.34Ae	35.99 $\pm$ 1.26Ade	41.15 $\pm$ 1.74Aef	-5.03 $\pm$ 0.31Aab	36.65 $\pm$ 0.69Acd	50.51 $\pm$ 0.14Ce	46.75 $\pm$ 0.21Ae	3.84 $\pm$ 0.19Bfg
<b>NM10</b>	12.84 $\pm$ 0.32	8.15 $\pm$ 0.52	11.22 $\pm$ 0.39	-2.26 $\pm$ 0.42	11.29 $\pm$ 0.12	13.71 $\pm$ 0.25	12.63 $\pm$ 0.21	1.94 $\pm$ 0.21
	48.48 $\pm$ 1.11Ad	39.34 $\pm$ 0.16Acd	44.37 $\pm$ 0.79Ae	-7.85 $\pm$ 0.04Abc	37.37 $\pm$ 1.21Acd	54.02 $\pm$ 0.33Cde	50.63 $\pm$ 0.29Ad	7.81 $\pm$ 0.17Bdef
<b>NS3</b>	56.27 $\pm$ 0.54Bbc	47.22 $\pm$ 0.85Cab	52.83 $\pm$ 0.25Bbc	-6.12 $\pm$ 0.77Aabc	47.67 $\pm$ 1.80Cbc	64.11 $\pm$ 1.19Dc	59.27 $\pm$ 0.57Cc	8.46 $\pm$ 1.43Ade
<b>NS7</b>	60.73 $\pm$ 0.23Bab	51.44 $\pm$ 1.23Ca	57.32 $\pm$ 0.00Bab	-11.83 $\pm$ 0.45Acd	48.83 $\pm$ 0.99Cbc	69.30 $\pm$ 0.27Db	63.11 $\pm$ 0.11Cb	16.41 $\pm$ 0.37Aab
<b>NS10</b>	62.60 $\pm$ 0.71Ba	51.49 $\pm$ 1.35Ca	58.21 $\pm$ 1.05Ba	-17.23 $\pm$ 0.70Ad	55.19 $\pm$ 7.16Cab	69.00 $\pm$ 1.23Db	64.06 $\pm$ 0.31Cb	19.00 $\pm$ 0.94Aa

\*Aynı sütündeki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütündeki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çalışmada üretilen nar çekirdek yağı oleojellerinin termal özelliklerinden, kristalizasyon başlangıç sıcaklığı ( $Onset_c$ ) kristalizasyon sıcaklığı ( $T_c$ ), kristalizasyon entalpisi ( $H_c$ ) ile ergime başlangıç sıcaklığı ( $Onset_m$ ), ergime sıcaklığı ( $T_m$ ) ve ergime entalpisi ( $H_m$ ) değerleri Çizelge 4.16' da verilmiştir. Buna göre nar çekirdek yağı ile balmumu olejellerinin (NB3-NB10) kristalizasyon sıcaklıkları 35.90 – 42.40 °C arasında, Carnauba mumu oleojellerinin (NC3-NC10) kristalizasyon sıcaklıkları 45.98 – 52.96 °C arasında, monogliserid oleojellerinin (NM3-NM10) kristalizasyon sıcaklıkları 9.49 – 44.37 °C arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin (NS3-NS10) kristalizasyon sıcaklıkları 52.83 – 58.21 °C arasında değiştiği saptanmıştır. Söz konusu oleojel örneklerinden balmumu oleojellerinin kristalizasyon entalpisi (-3.19) – (-11.24) J/g arasında, Carnauba mumu oleojellerinin (-4.48) – (-15.45) J/g arasında, monogliserid oleojellerinin (-0.34) – (-7.85) J/g arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin (-6.12) – (-17.23) J/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Balık ve fındık yağı oleojellerine benzer olarak, nar çekirdek yağı oleojellerinin, kristalizasyon sıcaklıklarının ve entalpilerinin ilave edilen olejelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde yer alan çalışmalarda benzer kristalizasyon sıcaklıkları ve entalpileri, %3 Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojellerinde sırasıyla 35 - 44 °C aralığında ve 2.89 J/g olduğu (Toro-Vazquez ve ark., 2007; Morales-Rueda ve ark., 2009b; Chopin-Doreteo ve ark., 2011), %4 oranında şeker kamışı mumu soya yağı oleojelinde 40.98 °C ve 1.96 J/g olduğu, %4 oranında candelilla mumu soya yağı oleojelinde 41.60 ve 4.83 J/g olduğu (Rocha ve ark., 2013) ve zeytinyağı ile %5 – 10 pirinç kepek mumu oleojellerinde kristalizasyon sıcaklığının 57.90 – 60.30 °C aralığında olduğu (Dassanayake ve ark., 2009) bildirilmiştir. Çalışmada üretilen balık ve fındık yağı oleojellerinde elde edilen bulgulara benzer şekilde, nar çekirdek yağı oleojellerinden ayçiçek (NS) ve Carnauba mumu (NC) ile üretilen oleojellerin kristalizasyon sıcaklıklarının, balmumu (NB) ve monogliserid (NM) ile üretilen oleojellerden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Bir başka deyişle, olejelatör çeşidinin ve miktarının kristalizasyon sıcaklığını etkilediği ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, diğer yemeklik yağ (balık ve fındık yağı) oleojellerinde belirtildiği üzere, en düşük kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin balmumu (NB3) ve monogliserid (NM3) ile üretilen, en yüksek kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin ise Carnauba (NC10) ve ayçiçek mumu (NS10) kullanılarak üretilen olejeller olduğu belirlenmiştir. Nar çekirdek yağı ile balmumu kullanılarak elde edilen oleojellerin ergime sıcaklıklarının 45.78 – 51.29 °C arasında,

Carnauba oleojellerinin 74.73 – 75.74 °C arasında, monogliserid oleojellerinin 11.09 – 50.63 arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin ise 59.27 -64.06 °C arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca söz konusu oleojel örneklerinden balmumu kullanılarak elde edilen örneklerin ergime entalpilerinin 3.40 – 11.70 J/g arasında, Carnauba mumu oleojellerinin 4.68 – 13.84 J/g arasında, monogliserid oleojellerinin ise 0.37 – 7.81 J/g arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin ise 8.46 – 19.00J/g arasında olduğu tespit edilmiştir. Literatürde yer alan benzer sonuçların rapor edildiği çalışmalarda, ergime sıcaklığı ve entalpilerinin %3 Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojellerinde 35.00-69.90 °C ve 1.51 - 2.50 J/g (Toro-Vazquez ve ark., 2007 ve 2009; Morales-Rueda ve ark., 2009b; Chopin-Doreteo ve ark., 2011). Zeytinyağı ile %5 – 10 pirinç kepek mumu oleojellerinde 60.80 – 65.20 °C (Dassanayake ve ark., 2009), %5 – 9 oranında monogliserid katkısıyla üretilen morina karaciğer yağı oleojellerinde 49.20 – 54.70 °C ve 9.0–17.1 J/g (Da Pieve ve ark., 2011), soya yağı ile %0.5 – 10.00 gibi farklı konsantrasyonlarda ayçiçek mumu içeren oleojellerde 47 – 65 °C (Hwang ve ark., 2012), %4 oranında şeker kamışı mumu ile soya yağı oleojelinde 43.14 °C ve 0.37 J/g ve %4 oranında candelilla mumu soya yağı oleojelinde 43.64 °C ve 2.38 J/g (Rocha ve ark., 2013), soya yağı ile %2 - 6 oranlarında ayçiçek mumu içeren oleojellerde 50 - 70 °C arasında olduğu bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Yine, fındık ve balık yağı oleojellerinde olduğu gibi monogliseridin oleojelatör olarak kullanıldığı oleojellerde bir düşük ergime noktasına sahip, bir de yüksek ergime noktasına sahip iki fraksiyon gözlemlenmiştir. Balık yağı oleojellerinden farklı ve fındık yağı oleojellerine benzer olarak nar çekirdek yağı, balmumu ve monogliserid ile üretilen oleojellerin ergime noktalarının benzer, ayçiçek ve Carnauba mumu kullanılarak üretilen oleojellerin ergime noktalarının ise farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). İlave edilen oleojelatör miktarına bağlı olarak, ergime sıcaklıklarının ve entalpilerinin yükseldiği saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). En yüksek ergime noktasına sahip oleojelin NC10, en düşük ergime noktasına sahip oleojelin ise NM3 olduğu saptanmıştır. Üretilen nar yağı oleojellerinden özellikle balmumu (NB3 ve NB7) ve monogliserid (NM3 ve NM7) kullanılarak üretilen oleojellerin ergime noktalarının kontrol grubu örneklerinin termal özellikleri (Çizelge 4.1) ile oldukça benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.01$ ).



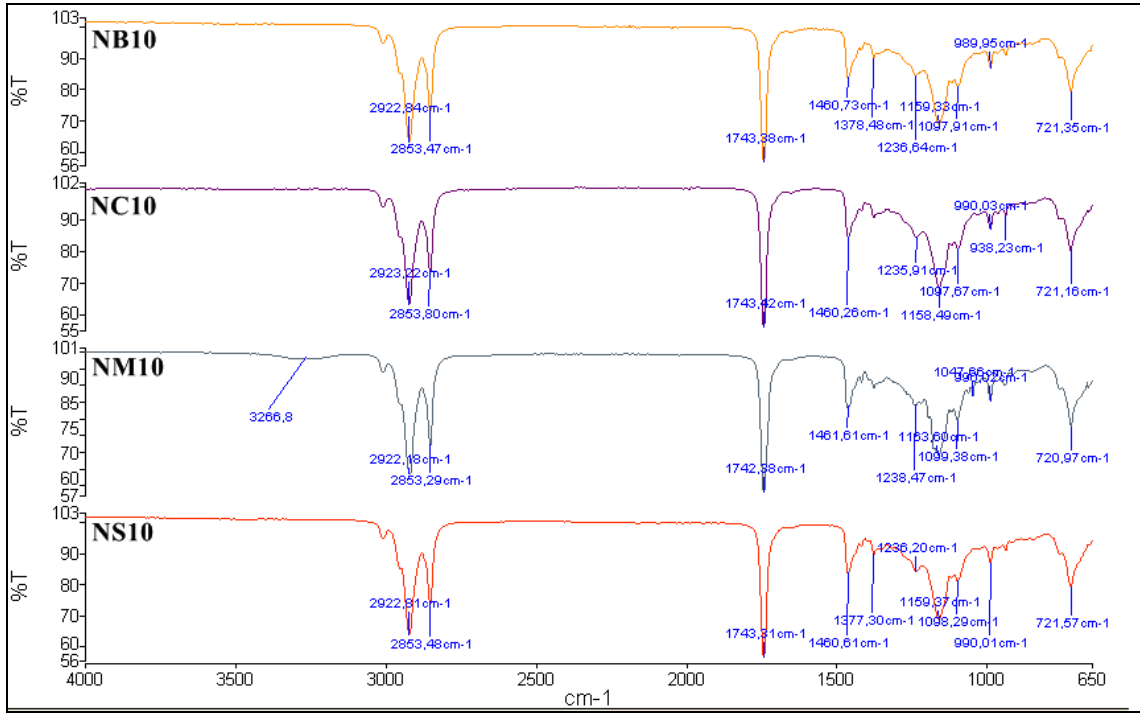
**Şekil 4. 5.** Nar Çekirdek yağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri.  
(a) NB3 (b) NB7 (c) NB10 (d) NC7 (e) NC10 (f) NM3 (g) NM7 (h) NM10 (i) NS3 (j) NS7 (k) NS10

Çalışma kapsamında geliştirilen nar çekirdek yağı oleojellerine ait 20 °C'deki PLM görüntüleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Nar çekirdek yağı ile farklı oleojelatörler kullanılarak hazırlanan oleojellerin kristal morfolojilerinde farklı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada, farklı yağlarda (balık, fındık ve nar çekirdek yağı) ise aynı oleojelatörlerin benzer kristal yapı oluşturdukları belirlenmiştir (Şekil 4.1, 4.3 ve 4.5). Buna göre, nar çekirdek yağı ile balmumu ve Carnauba mumu kullanılarak hazırlanan oleojellerin sperulitik yapıya, ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin ise uzun iğne benzeri kristal yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Nar çekirdek yağı ile monogliserid kullanılarak elde edilen oleojellerin kristal yapılarının gül benzeri şekilde olduğu saptanmıştır. Literatürde, monogliserid ve morina karaciğer yağı ile yapılan bir çalışmada elde edilen oleojellerin kristal yapılarının iğne benzeri şeklinde olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada oluşan kristal yapının uygulanan kesme kuvveti oranına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir. Yine durgun koşullarda monogliseridlerin balık yağındaki kristal yapılarının 50 µm uzunluğunda fibril (uzun iğne benzeri) şeklinde olduğu rapor edilmiştir. Literatürde yer alan mumlar ile ilgili çalışmalarda zeytinyağı ile pirinç kepek mumunun uzun iğne benzeri kristaller oluşturduğu, Candelilla ve Carnauba mumlarının sperulitik kristaller oluşturduğu (Dassanayake ve ark., 2009), soya yağı ile ayçiçek mumunun iğne benzeri kristal yapı oluşturdukları (Hwang ve ark., 2012), aspir yağı ve Candelilla mumunun iğne benzeri kristaller oluşturduğu (Morales-Rueda ve ark., 2009) ve (Toro-vazquez ve ark., 2007) tarafından rapor edilmiştir. Literatür bulguları ile çalışmadan elde edilen sonuçların benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

**Çizelge 4. 17.** Nar çekirdek yağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları

Örnek	2-Theta	d (Å)
NB3	4.27, 18.81, 19.58, 21.24	20.65, 4.71, 4.53, 4.17
NB7	4.00, 19.50, 21.30, 23.74	22.06, 4.54, 4.16, 3.74
NB19	4.46, 19.29, 21.38, 23.78	19.78, 4.59, 4.15, 3.73
NC3	-	-
NC7	4.42, 19.17, 21.32, 23.68	19.96, 4.62, 4.16, 3.75
NC10	4.46, 19.25, 19.96, 21.40, 23.78	19.78, 4.60, 4.44, 4.14, 3.73
NM3	-	-
NM7	2.02, 3.65, 5.33, 7.32, 19.42, 20.32, 22.76, 36.84	43.69, 24.14, 16.54, 12.06, 4.56, 4.36, 3.90, 2.43
NM10	2.02, 5.45, 7.34, 11.09, 19.34, 20.30, 22.80, 36.65	43.51, 16.17, 12.02, 8.00, 4.58, 4.37, 3.89, 2.44
NS3	3.90, 19.44, 21.44, 23.83	22.62, 4.56, 4.14, 3.72
NS7	2.67, 3.97, 19.35, 21.42, 23.82	32.94, 22.19, 4.58, 4.14, 3.73
NS10	3.84, 19.19, 21.45, 23.78, 36.13, 40.18	22.99, 4.63, 4.13, 3.73, 2.48, 2.24

Nar çekirdek yağına ait X-ışınları kırınım desenleri Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. X-ışınları kırınım deseni analizi, daha zayıf jel oluşumu gözlenen %3 oleojelatör içeren örneklerde gerçekleştirilememiştir. Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.2’ de görüldüğü üzere, %10 ve %7 monogliserid (43.51, 16.17, 12.02, 8.00, 4.58, 4.37, 3.89, 2.44 Å) içeren oleojellerin d değerlerinin ticari mutfak margarine grubu örneklerin (42.03, 21.03, 14.06, 8.35, 7.00, 4.58, 4.35, 4.21, 3.83 Å) d değerlerine benzer olduğu belirlenmiştir. Genel olarak mumlardan elde edilen oleojellere göre monogliserid ile elde edilen oleojellerin ticari margarine grubuna daha benzer olduğu gözlenmiştir. Mumlar ile elde edilen oleojellerin geniş açı alanında 4.14 – 4.62 Å (18-22° 2θ alanı) arası piklere, monogliserid oleojellerinin ise geniş açı alanında 2.43 – 4.58 Å (18-28° 2θ alanı) arası piklere sahip olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, monogliserid oleojellerinde küçük açı bölgesinde görülen tek kırınım pikinin, kristal yapı içerisinde oluşan monogliserid çift katmanları arasındaki mesafeyi belirttiği ve bu mesafenin 43.51 Å olduğu belirlenmiştir. Mumlar ile elde edilen oleojellerde benzer mesafenin mum kristalleri için 19.87 Å olduğu belirlenmiştir. Monogliserid ve mumlar ile elde edilen oleojellerin kristal yapılarındaki farklılık Şekil 4.5’te verilen PLM görüntülerinde yer almaktadır. Monogliserid oleojellerinde geniş açı bölgesinde 4.58, 4.37, 3.89, 2.44 Å piklerin yer aldığı görülmüştür. Da Pieve ve ark. (2010 ve 2011) tarafından morina karaciğer yağı ile monogliserid kullanılarak elde edilen oleojellerde benzer piklere rastlandığı rapor edilmiştir. Mumlar ile elde edilen oleojellerde yapılan X-ışınları kırınım deseni sonuçlarına göre mumların ortorombik formda kristalize oldukları, bu oluşan kristal yapının 0.41 ve 0.37 nm pikler ile karakterize edildiği, bu piklerin aynı zamanda triaçilgliserol β’ polimorfik formu ile benzer olduğu bildirilmiştir (Dassanayake et al., 2009). Araştırma kapsamında mumlar ile üretilen oleojellerden elde edilen bulgular ile literatür verilerinin benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 6. Çalışmada üretilen nar çekirdek yağı oleojellerine ait FT-IR spektrumları

Nar çekirdek yağı ile %10 oranında oleojelatör içeren yemeklik yağ oleojellerine ait Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spektrumları Şekil 4.6'da verilmiştir. Nar çekirdek yağı oleojellerinden balmumu, Carnauba, monogliserid ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin FT-IR spektrumlarının oldukça benzer oldukları belirlenmiştir. Nar çekirdek yağı oleojellerinin FT-IR spektrumlarında 2800-3100 cm<sup>-1</sup> bantında görülen 2922 cm<sup>-1</sup> ve 2853 cm<sup>-1</sup> civarındaki piklerin trigliseridlerin -CH<sub>2</sub> ve -CH<sub>3</sub> alifatik gruplarının simetrik ve asimetric C-H gerilim titreşimlerinden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Yine 1600-1800 cm<sup>-1</sup> bantında görülen 1743 cm<sup>-1</sup> civarındaki pikin yağlarda doymuş yağ asidi içeriği ve kısa -C zincirine sahip yağ asitleri ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra 1390-1600 cm<sup>-1</sup> bantında görülen özellikle 1450 cm<sup>-1</sup> civarındaki pikin yağlarda toplam doymamışlık derecesini gösterdiği bildirilmiştir. Yine 3010 cm<sup>-1</sup> civarında yer alan pikin yağlarda doymamışlık derecesi ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca 1200-1390 cm<sup>-1</sup> bantında yer alan 1236 cm<sup>-1</sup> civarında görülen pikin konjuge olmayan cis çift bağına özgü deformasyon titreşimi sonucu ve 1378 cm<sup>-1</sup> civarında görülen pikin ise metilen grubunun deformasyon titreşimi sonucu olduğu rapor edilmiştir. 1000-1100 cm<sup>-1</sup> bantında yer alan piklerin C-C bağı titreşimi sonucu ve 800-970 cm<sup>-1</sup> bantında yer alan piklerin ise C=O bağı titreşimi sonucu meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca literatür verilerinde özellikle bitkisel yağlarda 3100-4000 cm<sup>-1</sup>



bantında herhangi bir pikin gözlemlenmediği belirtilmiştir (Vlachos ve ark., 2006; Poiana ve ark., 2012). Balık ve fındık yağı oleojellerine benzer olarak, nar çekirdek yağı %10 monogliserid içeren oleojel örneğinde 3500–3000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında NB10, NC10 ve NS10 oleojellerinden farklı olarak bir pikin yer aldığı gözlemlenmiştir. Söz konusu bantlarda yer alan pikin moleküler içi ve moleküler arası hidrojen bağlarını gösterdiği rapor edilmiştir. Buna göre mumlar ile üretilen oleojellerde H bağlarının oluşmadığı ancak monogliserid oleojellerinde moleküler içi ve dışı H-bağlarının olduğu gözlemlenmiştir (den Adel ve ark., 2010).

Çizelge 4. 18. 4°C' de 90 gün boyunca depolanan nar çekirdek yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

0. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	33.03 ± 0.40ABbc	-2.00 ± 0.18Aabc	6.63 ± 0.16BCe	0.43 ± 0.03Aa	33.13 ± 2.56Ae	51.62 ± 12.11Ae	-22.40 ± 0.96Ae	-9.44 ± 0.92Aab
NB7	43.67 ± 0.35ABabc	-3.94 ± 0.00Abcd	13.19 ± 0.24BCbcd	0.33 ± 0.03Aa	241.93 ± 33.90Ac	442.98 ± 41.45Ac	-166.88 ± 7.55Ac	-34.11 ± 2.92Adef
NB10	50.65 ± 2.15ABab	-3.96 ± 0.68Abcd	13.95 ± 2.33BCbcd	0.38 ± 0.02Aa	603.08 ± 41.96Aa	1257.16 ± 48.19Aa	-387.92 ± 33.64Aa	-53.25 ± 4.07Ag
NC3	34.63 ± 0.05ABbc	-2.48 ± 0.21Aabcd	7.89 ± 0.55ABde	0.55 ± 0.05Aa	7.31 ± 0.34Ae	-0.78 ± 0.06Ae	-8.49 ± 0.38Ae	0.09 ± 0.01Aa
NC7	44.08 ± 0.52ABabc	-4.08 ± 0.31Acd	15.55 ± 0.61ABab	0.42 ± 0.02Aa	69.47 ± 7.49Ae	156.08 ± 22.68Ade	-36.13 ± 3.19Ade	-20.63 ± 4.14Abcd
NC10	50.50 ± 3.96ABab	-3.58 ± 0.15bAcd	15.44 ± 1.90ABb	0.34 ± 0.04Aa	324.96 ± 23.12Ab	341.99 ± 2.53Ac	-136.98 ± 1.74Ac	-36.73 ± 2.53Aef
NM3	29.75 ± 0.66Bc	-0.87 ± 0.26Ba	4.65 ± 0.79Ce	0.46 ± 0.05Ba	7.14 ± 0.35Ae	0.08 ± 0.00Ae	-8.64 ± 0.32Ae	1.04 ± 0.12Aa
NM7	34.17 ± 1.61Bbc	-1.90 ± 0.67Bab	7.81 ± 0.86Cde	1.84 ± 0.23Bb	227.49 ± 35.48Acd	294.24 ± 26.84Acd	-78.45 ± 6.92Acd	-35.56 ± 4.19Ade
NM10	36.29 ± 1.39Bbc	-2.37 ± 0.64Babcd	8.79 ± 1.14Ccde	1.72 ± 0.01Bb	392.81 ± 35.01Aa	749.23 ± 60.24Ab	-218.11 ± 30.52Ab	-49.39 ± 2.94Afg
NS3	33.22 ± 10.57Abc	-3.28 ± 0.26Abcd	14.57 ± 0.46Abc	0.45 ± 0.05Aa	86.12 ± 2.71Ade	147.25 ± 2.38Ade	-31.46 ± 1.54Ade	-13.44 ± 1.40Abc
NS7	56.54 ± 2.27Aa	-3.84 ± 0.31Abcd	18.98 ± 1.77Aab	0.53 ± 0.03Aa	180.93 ± 7.52Acd	283.45 ± 20.15Acd	-66.01 ± 2.50Acd	-23.14 ± 0.80Acde
NS10	59.59 ± 1.71Aa	-4.47 ± 0.11Ad	22.02 ± 0.38Aa	0.38 ± 0.03Aa	502.04 ± 43.70Aa	1330.44 ± 30.62Aa	-266.56 ± 5.84Aa	-101.52 ± 12.01Ah
30. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	33.59 ± 0.06e	-2.28 ± 0.15a	7.21 ± 0.17e	0.57 ± 0.03a	36.42 ± 6.88fg	44.57 ± 7.14ef	-19.35 ± 2.53a	-9.31 ± 1.54ab
NB7	44.48 ± 0.18bc	-4.20 ± 0.09bc	13.35 ± 0.09bcde	0.54 ± 0.02a	270.28 ± 17.93d	692.82 ± 46.50c	-206.21 ± 13.29d	-52.54 ± 5.14c
NB10	51.70 ± 1.99ab	-4.01 ± 0.77abc	14.22 ± 2.61bcde	0.51 ± 0.06a	734.26 ± 17.08a	2294.25 ± 260.66a	-374.33 ± 33.08f	-144.29 ± 5.31f
NC3	34.76 ± 0.14de	-2.62 ± 0.22ab	8.51 ± 0.44de	0.61 ± 0.09a	7.22 ± 0.16g	0.07 ± 0.01f	-8.85 ± 0.90a	0.31 ± 0.18a
NC7	44.33 ± 0.70bc	-4.15 ± 0.31bc	16.12 ± 0.65abc	0.51 ± 0.04a	81.39 ± 5.40f	147.39 ± 10.72e	-39.91 ± 4.79ab	-21.41 ± 1.18c
NC10	50.57 ± 4.32ab	-3.59 ± 0.24abc	15.84 ± 2.33abc	0.72 ± 0.22a	437.46 ± 15.6c9	1033.39 ± 37.83b	-210.20 ± 17.78e	-85.81 ± 2.27e
NM3	34.29 ± 0.09de	-2.31 ± 0.26a	7.44 ± 0.35e	0.76 ± 0.04a	7.10 ± 0.34g	0.07 ± 0.01f	-8.80 ± 1.02a	0.18 ± 0.10a
NM7	39.13 ± 0.18cde	-3.92 ± 0.19abc	10.63 ± 0.76cd	3.06 ± 0.43b	9.90 ± 2.05g	4.80 ± 0.91f	-8.92 ± 0.86a	-4.88 ± 0.19ab
NM10	42.87 ± 0.34bcde	-4.59 ± 0.26c	11.98 ± 0.91cde	2.45 ± 0.15b	154.88 ± 3.22e	271.92 ± 1.21d	-69.97 ± 2.29bc	-35.81 ± 0.17d
NS3	43.15 ± 0.84bcd	-3.32 ± 0.29abc	14.64 ± 0.24bcd	0.48 ± 0.02a	120.50 ± 10.83f	248.62 ± 8.45e	-42.39 ± 3.52a	-22.57 ± 0.21b
NS7	56.80 ± 2.36a	-3.77 ± 0.26abc	19.06 ± 1.99ab	0.55 ± 0.10a	268.13 ± 19.59d	475.76 ± 22.14c	-124.08 ± 21.29c	-66.04 ± 4.60d
NS10	59.67 ± 1.99a	-4.46 ± 0.12c	22.35 ± 0.58a	0.48 ± 0.02a	561.00 ± 10.88b	1119.87 ± 29.57a	-211.36 ± 18.46e	-84.14 ± 1.06d

Çizelge 4.18. Devamı

60. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	33.83±0.46e	-2.36±0.18ab	7.28±0.10e	0.66±0.04a	45.21±0.83f	83.55±3.92f	-27.26±0.18a	-13.16±0.31abc
NB7	46.73±2.28bcd	-3.72±0.50abc	11.70±1.80cde	0.72±0.02a	312.62±24.87cd	716.79±47.64cd	-224.16±13.79d	-50.90±8.11ef
NB10	52.80±1.36abc	-3.71±0.51abc	13.05±1.59bcde	0.72±0.03a	572.03±86.79ab	1242.25±139.89b	-379.87±7.86f	-60.39±1.46fg
NC3	34.70±0.35e	-2.57±0.23ab	8.43±0.30de	0.65±0.03a	7.86±0.25f	0.43±0.21f	-7.96±0.29a	0.09±0.01a
NC7	44.10±1.08cde	-4.07±0.36bc	16.04±0.37abc	0.66±0.00a	69.17±0.04ef	119.94±0.69f	-30.48±0.00a	-17.63±0.64bc
NC10	50.56±4.48abc	-3.52±0.20abc	15.65±2.45abc	0.73±0.03a	720.69±39.42a	1805.24±62.71a	-312.37±21.71e	-152.51±3.87h
NM3	33.95±0.20e	-2.26±0.23a	7.48±0.46de	1.22±0.02ab	7.60±0.51f	-1.23±0.11f	-8.62±0.14a	0.09±0.00a
NM7	38.69±0.56de	-3.89±0.13abc	10.77±0.42cde	3.65±0.05b	7.38±0.29f	0.16±0.08f	-8.22±0.40a	0.05±0.04a
NM10	42.36±0.34cde	-4.56±0.34c	12.09±0.91bcde	3.44±0.15b	20.24±0.55f	21.69±0.31f	-9.41±0.07a	-5.32±0.17ab
NS3	42.98±1.30cde	-3.14±0.23abc	14.48±0.16bcd	0.50±0.03a	128.75±11.47def	279.54±16.95ef	-46.80±1.48a	-24.85±1.48cd
NS7	56.35±2.79ab	-3.67±0.28abc	19.15±2.42ab	0.53±0.02a	249.71±12.49de	443.68±16.22de	-98.02±7.97b	-39.25±0.35de
NS10	59.48±2.01a	-4.39±0.21c	22.32±0.45a	0.49±0.05a	494.64±60.23ab	1000.97±108.27bc	-175.62±1.01c	-68.59±0.96g
90. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	33.45±0.79e	-2.46±0.12ab	7.59±0.07e	1.43±0.01cd	34.50±1.70de	52.30±1.15ef	-19.41±1.66a	-8.17±0.41bc
NB7	44.42±0.30bc	-4.26±0.08de	14.06±0.44bcd	0.67±0.07cd	308.89±13.75c	694.28±40.23b	-193.11±8.14c	-47.54±0.13fg
NB10	55.76±1.91a	-3.11±0.18abcd	10.42±1.02cde	0.77±0.02cd	646.49±11.77a	1370.54±36.13a	-329.42±29.43d	-59.97±1.15h
NC3	33.96±0.40de	-2.63±0.25abc	8.80±0.39de	1.14±0.07cd	7.39±0.73e	-0.05±0.12f	-8.51±0.40a	0.22±0.12a
NC7	43.91±1.05bcd	-4.09±0.38de	16.26±0.47bc	0.90±0.08cd	76.85±1.27d	138.41±2.9e6	-37.10±0.54a	-20.35±0.91d
NC10	50.17±4.36ab	-3.54±0.18abcde	15.89±2.40bc	1.65±0.05c	323.66±6.30bc	539.12±18.8cd2	-146.77±1.34bc	-50.28±1.89g
NM3	33.30±0.12e	-2.30±0.17a	7.76±0.20e	4.71±0.18ab	36.99±29.10de	2.44±2.36f	-8.55±0.44a	-0.18±0.32a
NM7	38.49±0.68cde	-3.85±0.18cde	10.81±0.45cde	4.74±0.06ab	8.29±0.25e	-0.71±0.80f	-9.23±0.25a	-0.06±0.16a
NM10	42.46±0.77bcde	-4.52±0.35e	11.99±0.78cde	5.60±0.62a	23.38±2.17de	29.23±6.30ef	-10.21±0.65a	-7.79±0.39b
NS3	42.86±1.03bcde	-3.19±0.35abcde	14.84±0.09bc	0.99±0.01cd	87.92±5.40d	143.08±10.19e	-30.15±2.28a	-13.59±0.41c
NS7	56.31±2.61a	-3.73±0.19bcde	19.18±2.28ab	3.89±0.20b	264.59±9.19c	481.45±40.86d	-97.80±2.46b	-38.45±2.20d
NS10	59.53±2.10a	-4.39±0.23de	22.30±0.46a	3.83±0.22b	380.70±17.01b	649.83±19.11bc	-129.26±0.91b	-43.33±0.32e

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatorler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.18.'de nar çekirdek yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Nar yağı oleojellerinin L değerlerinin 33.03 – 59.67 arasında a\* değerlerinin -0.87 - -4.59 arasında ve b\* değerlerinin ise 4.65 – 22.35 arasında değiştiği belirlenmiştir. Nar çekirdek yağı oleojellerinden L değeri en yüksek oleojelin ayçiçek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca monogliserid ile elde edilen nar çekirdek yağı oleojellerinin renk değerlerinin mumlar ile elde edilen oleojellere göre farklı olduğu ve bu farklılığında istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Yine nar çekirdekyacağı oleojellerine ait renk değerlerinin kullanılan oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balık ve findık yağı oleojellerinde elde edilen sonuçlarda olduğu gibi, nar çekirdek yağı oleojelleri ile aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerinin renk değerlerinin (Çizelge 4.3) farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Nar çekirdekyacağı oleojellerinin 4 °C'de 90 gün boyunca depolanması sürecinde peroksit sayısı değerlerinin 0.33 – 5.60 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Üretilen balmumu (NB3-NB10) oleojellerin 4 °C'de depolama süreci boyunca peroksit sayılarının 0.33–1.43 mekO<sub>2</sub>/kg, Carnauba mumu oleojellerinin (NC3-NC10) 0.34 – 1.65 mekO<sub>2</sub>/kg, monogliserid oleojellerinin (NM3-NM10) 0.46 – 5.60 mekO<sub>2</sub>/kg ve ayçiçek mumu oleojellerinin (NS3-NS10) 0.38–3.89 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Depolama süreci boyunca peroksit sayısında en fazla artışın monogliserid oleojellerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, 4 °C'de depolama boyunca oksidatif stabilitesi en yüksek oleojellerin balmumu ile üretilen oleojeller olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, peroksit sayısı bakımından balmumu, Carnauba ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerde farklılık gözlenmezken, monogliserid ile üretilen oleojellerin farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Tez çalışması kapsamında üretilen tüm nar çekirdek yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci sonunda peroksit sayısı değerlerinin TGK 2012/29'da (TGK, 2012) belirtilen limitlere (<10 mekO<sub>2</sub>/kg, rafine yağlar için ve <15 mekO<sub>2</sub>/kg soğuk pres yağları için) uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca nar çekirdek yağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin aynı sıcaklıkta depolanan kontrol grubu örneklerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ancak, nar çekirdek yağı oleojellerinin TS 2812 margarin standardında peroksit sayısı için belirtilen değerlere uyduğu gözlemlenmiştir (TSE, 1977). Peroksit değerlerinde görülen bu farklılığın örneklerin üretiminde kullanılan yağların farklı olmasına ve bu yağların farklı oksidatif stabiliteye sahip olmaları ile açıklanabileceği

düşünülmektedir. Ayrıca söz konusu farklılık örneklerin üretim teknolojilerinin farklı olması ile de açıklanabilmektedir.

Nar çekirdekyacağı oleojellerinin 4 °C'de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvvet, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre balmumu nar çekirdekyacağı balmumu oleojellerinin (NB3-NB10) sertlik değerlerinin 33.13 – 734.26 g kuvvet arasında, Carnauba mumu oleojellerinin (NC3-NC10) 7.22 – 720.69 g kuvvet arasında, monogliserid oleojellerinin (NM3-NM10) 7.10 – 392.10 g kuvvet arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin (NS3-NS10) ise 86.12 –561.00 g kuvvet arasında değiştiği belirlenmiştir. Yine, balmumu nar çekirdek yağı oleojellerinin kesme kuvveti 44.57 – 2294.25 g s arasında, Carnauba oleojellerinin 0.05–1805.24 g s arasında monogliserid oleojellerinin -1.23 – 749.23 g s arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin ise 143.08 – 1330.44 g s arasında değiştiği saptanmıştır. Nar çekirdekyacağı oleojellerinden sertlik ve kesme kuvveti en yüksek örneğin NB10 (30. Gün) olduğu, en düşük sertlik ve kesme kuvveti değerine sahip oleojellerin monogliserid (NM3-NM10) oleojelleri olduğu belirlenmiştir. Fındık ve balık yağı oleojellerinde tespit edildiği üzere, nar çekirdekyacağı oleojellerinin tekstürel özelliklerinin kullanılan oleojelatör konsantrasyonu arttıkça arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra yine balık ve fındık yağı oleojellerinde görüldüğü üzere, oleojelatör olarak mumların kullanıldığı oleojellerin sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti değerlerinin monogliserid kullanılarak üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Depolama süresi boyunca (90 gün, 4 °C) mumlar ile üretilen oleojellerin (NC3 oleojeli hariç) yapısal stabilitesini korudukları, ancak depolama sürecinde monogliserid oleojellerinin tekstürel özelliklerinde kayda değer bir azalmanın olduğu gözlemlenmiştir. Depolama süresi boyunca tüm oleojellerin belirlenen tekstürel özelliklerinde dalgalanmalar meydana geldiği saptanmıştır. Söz konusu özelliklerde meydana gelen dalgalanmanın kontrol grubu örneklerinde de görüldüğü bulunmuştur (Çizelge 4.3). Çalışmada üretilen oleojellerin aynı sıcaklık ve sürede depolanan kontrol grubu örnekleri (Çizelge 4.3) ile karşılaştırıldığında oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin şortening ve mutfak margarini grubuna göre oldukça düşük olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Balık ve fındık yağı oleojellerinden farklı olarak mutfak margarini grubuna (Çizelge 4.3) sertlik ve yapışkanlık değeri bakımından en benzer örneğin NB10 (30. Gün) ve NC10 (60.gün) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, özellikle NB7 ve NS7 oleojellerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin kahvaltılık margarin grubu (Çizelge 4.3) ile oldukça benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).

Konuyla ilgili Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından yapılan benzer bir çalışmada %3 Candelilla mumu içeren oleojelin 5 ve 25 °C' de kesme kuvveti değerlerinin sırasıyla 2742.98 g/mm ve 1542.15 g/mm olduğu bildirilmiştir. Toro-Vazquez ve ark. (2009) tarafından yapılan benzer çalışmada, 15 °C'de ve 25 °C' de oluşturulan ve %3 candelilla mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 2.52 K/mm ve 1.49 K/mm olduğu rapor edilmiştir. Mumlar ile ilgili bir çalışmada Carnauba mumunun bitkisel yağlarda %3 konsantrasyonun altında jel oluşturmadığı bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Hwang ve ark. (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada, soya yağı ile %1 ile %6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu ile hazırlanan oleojellerin sertlik değerlerinin 20 – 350 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, farklı mumlar ile soya yağı kullanarak geliştirilen oleojellerin sertlik değerlerinin, kullanılan oleojelatör türüne, saflık derecesine konsantrasyonuna ve soğutma oranına bağlı olarak değiştiği vurgulanmıştır (Hwang ve ark., 2012). Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada soya yağı ile %3 candelilla ve pirinç kepek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin sertlik değerlerinin 50 – 200 g kuvvet arasında, %3 ayçiçek mumu ile oluşturulan oleojelin sertlik değerinin ise 150 – 400 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, %5 candelilla ve pirinç kepek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 200 – 400 g kuvvet arasında, %5 ayçiçek mumu içeren oleojellerin ise sertlik değerlerinin 400 – 600 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Rocha ve ark. (2013) tarafından yapılan diğer çalışmada, %2 ve %4 şeker kamışı mumu içeren soya yağı oleojelinin sertlik değerinin sırasıyla 0.10 ve 1.65 N, %2 ve %4 candelilla mumu içeren oleojelin ise sertlik değerinin sırasıyla 1.75 ve 14.60 N olduğu belirtilmiştir. Hwang ve ark., (2012 ve 2013) ile Dassanayake ve ark., (2009) tarafından elde edilen bulgular ile araştırmadan çıkarılan veri ve sonuçların benzer, Toro-Vazquez ve ark., (2007 ve 2009) ile Rocha ve ark., (2013) tarafından elde edilen bulgulardan farklı olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 19. 20°C’ de 90 gün boyunca depolanan nar çekirdek yağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

Örnek	L	a*	b*	0. Gün				
				Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	31.52 ± 0.03g	-2.13 ± 0.01c	7.08 ± 0.13e	0.63 ± 0.03a	18.59 ± 2.22h	17.53 ± 0.63fg	-10.50 ± 1.20ab	-5.13 ± 0.18a
NB7	42.46 ± 0.21de	-4.35 ± 0.04f	13.33 ± 0.19d	0.48 ± 0.06a	220.67 ± 29.99de	391.58 ± 33.55c	-162.52 ± 12.63g	-33.66 ± 1.70c
NB10	48.96 ± 0.33c	-4.99 ± 0.07g	16.19 ± 0.49bc	0.57 ± 0.03a	414.59 ± 38.54a	830.37 ± 24.74a	-359.79 ± 50.30h	-33.61 ± 1.65c
NC3	32.34 ± 0.13g	-2.23 ± 0.11c	7.50 ± 0.54e	0.56 ± 0.04a	7.37 ± 0.50h	0.14 ± 0.38g	-9.03 ± 0.52ab	-0.21 ± 0.00a
NC7	39.16 ± 0.49f	-3.46 ± 0.03d	13.73 ± 0.46d	0.55 ± 0.05a	71.50 ± 10.10gh	106.11 ± 33.ef60	-24.74 ± 2.71abc	-13.53 ± 2.24b
NC10	42.81 ± 0.06d	-3.76 ± 0.01e	16.94 ± 0.42b	0.37 ± 0.03a	271.40 ± 32.42bc	577.38 ± 29.1b1	-113.13 ± 2.49ef	-66.71 ± 0.78e
NM3	26.63 ± 0.35h	-0.50 ± 0.02a	4.10 ± 0.22f	0.65 ± 0.05a	7.24 ± 0.56h	1.51 ± 0.32g	-8.67 ± 1.45a	0.08 ± 0.01a
NM7	31.14 ± 0.87g	-1.13 ± 0.18b	6.49 ± 0.62e	2.21 ± 0.53b	58.54 ± 1.12gh	94.51 ± 1.40ef	-33.67 ± 0.58c	-18.07 ± 0.36b
NM10	33.00 ± 0.12g	-1.59 ± 0.03b	8.48 ± 0.07e	1.86 ± 0.34b	150.81 ± 8.41ef	288.90 ± 5.37c	-70.49 ± 3.99d	-38.85 ± 0.88cd
NS3	40.70 ± 0.03ef	-2.81 ± 0.08d	14.50 ± 0.12cd	0.56 ± 0.04a	90.00 ± 1.74fg	160.90 ± 12.59d	-29.83 ± 1.47bc	-14.74 ± 1.08b
NS7	53.07 ± 0.08b	-4.37 ± 0.14f	21.16 ± 0.03a	0.45 ± 0.05a	230.05 ± 27.44cd	445.52 ± 18.09c	-95.62 ± 5.38e	-39.43 ± 4.05c
NS10	58.58 ± 0.15a	-4.87 ± 0.07f	22.51 ± 0.30a	0.45 ± 0.05a	361.19 ± 30.41b	638.85 ± 33.04b	-127.95 ± 19.80f	-42.54 ± 1.83d
30. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	32.27 ± 0.49d	-2.34 ± 0.04a	7.40 ± 0.11f	1.11 ± 0.12a	20.54 ± 1.75f	28.29 ± 4.30f	-10.03 ± 0.41ef	-4.88 ± 0.71ef
NB7	43.24 ± 0.07bcd	-4.55 ± 0.11a	13.10 ± 0.52cde	0.77 ± 0.08a	213.97 ± 21.56c	455.16 ± 16.18c	-157.38 ± 13.10c	-44.39 ± 4.16c
NB10	49.53 ± 0.25abc	-5.10 ± 0.02a	15.58 ± 0.49bc	0.53 ± 0.13a	527.83 ± 19.51b	1242.70 ± 108.27f	-381.13 ± 31.20a	-61.48 ± 8.28a
NC3	33.39 ± 0.18d	-2.50 ± 0.03a	8.15 ± 0.07f	1.00 ± 0.06a	7.30 ± 0.25f	0.58 ± 0.14de	-9.00 ± 0.58f	0.09 ± 0.01f
NC7	38.68 ± 0.95cd	-3.44 ± 0.10a	13.42 ± 0.71cde	1.11 ± 0.03a	79.31 ± 5.46de	157.45 ± 12.26c	-31.35 ± 3.11de	-19.88 ± 2.31de
NC10	42.79 ± 0.22bcd	-3.83 ± 0.09a	16.84 ± 0.14bc	1.41 ± 0.01a	208.85 ± 25.72c	260.27 ± 4.59f	-83.25 ± 7.19c	-31.72 ± 4.04c
NM3	35.93 ± 0.40d	-3.33 ± 0.08a	9.08 ± 0.42f	1.79 ± 0.02a	7.46 ± 0.40f	2.82 ± 0.50ef	-8.76 ± 0.33f	0.12 ± 0.00f
NM7	40.01 ± 0.26d	-4.40 ± 0.12a	10.81 ± 0.10ef	5.02 ± 0.15b	37.10 ± 0.40ef	56.04 ± 2.11de	-23.09 ± 1.16ef	-14.06 ± 0.38ef
NM10	41.83 ± 0.41cd	-4.90 ± 0.10a	11.49 ± 0.02def	4.77 ± 0.33b	70.87 ± 4.78de	125.19 ± 8.31de	-44.09 ± 1.74de	-25.27 ± 1.46de
NS3	40.50 ± 0.20bcd	-2.90 ± 0.15a	14.30 ± 0.33cd	0.87 ± 0.03a	115.03 ± 8.83d	211.66 ± 30.06d	-34.63 ± 2.43d	-18.18 ± 1.15d
NS7	53.26 ± 0.87ab	-4.51 ± 0.24a	20.73 ± 0.07ab	0.74 ± 0.01a	261.26 ± 27.36c	405.77 ± 27.52c	-82.09 ± 6.44b	-42.51 ± 5.20b
NS10	58.15 ± 0.20a	-4.94 ± 0.11a	22.43 ± 0.69a	0.58 ± 0.02a	574.61 ± 16.65a	1205.42 ± 93.12a	-218.89 ± 11.63a	-82.11 ± 2.77a

Çizelge 4.19. Devamı

60. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	33.27±0.41f	-2.42±0.03a	7.20±0.27g	3.23±0.44ab	34.39±12.82f	36.61±10.32e	-10.43±1.01a	-5.54±0.55ab
NB7	43.44±0.09c	-4.69±0.08e	13.37±0.52cd	1.14±0.18b	186.65±12.92de	391.20±39.08cd	-130.44±13.10b	-29.71±0.30d
NB10	50.49±0.74b	-4.88±0.22e	14.91±0.36bc	1.66±0.29b	546.28±34.92b	1387.15±102.06a	-323.61±28.77d	-74.71±7.10f
NC3	33.68±0.45f	-2.59±0.03a	8.81±0.15fg	2.97±0.29ab	7.31±0.29f	-0.90±0.66e	-8.26±0.22a	0.09±0.00a
NC7	38.72±1.05de	-3.43±0.03bc	13.36±0.63cd	3.01±0.05ab	54.26±0.18ef	88.81±8.73e	-24.44±0.33a	-13.34±0.64abc
NC10	42.65±0.34c	-3.78±0.15cd	16.84±0.15b	1.93±0.10ab	334.58±0.87c	639.38±31.14bc	-144.20±5.65b	-62.10±3.97ef
NM3	36.25±0.87ef	-3.37±0.01bc	9.18±0.16fg	4.28±0.12ab	7.86±0.10f	8.66±2.67e	-6.88±0.36a	-1.46±1.58a
NM7	40.57±0.57cd	-4.41±0.12de	10.88±0.23ef	7.66±0.17a	49.26±1.63ef	97.08±4.17e	-30.87±1.34a	-22.71±1.17cd
NM10	42.82±0.92c	-5.06±0.15e	11.96±0.27de	6.97±0.40a	50.06±1.55ef	79.02±1.62e	-33.66±0.94a	-17.98±0.33bcd
NS3	40.54±0.28cd	-2.86±0.09a	14.21±0.35c	2.11±0.04ab	103.99±9.22ef	204.08±7.40de	-35.07±0.69a	-16.22±0.97bcd
NS7	52.84±0.28b	-4.52±0.28e	21.04±0.40a	1.86±0.04ab	323.00±15.27cd	662.14±14.93b	-132.36±5.25b	-55.16±0.02e
NS10	58.31±0.28a	-4.83±0.03e	22.16±0.60a	2.52±0.39ab	721.60±77.64a	1546.55±119.63a	-240.69±23.53c	-92.04±3.17g
90. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
NB3	32.70±0.58h	-2.47±0.05a	7.55±0.16f	4.80±0.78bc	21.25±0.98d	27.34±3.75de	-9.31±0.62a	-4.50±0.21ab
NB7	43.78±0.19c	-4.69±0.10ef	13.37±0.45cd	1.80±0.15c	210.95±4.05bc	473.61±42.91bcd	-165.70±0.94b	-39.42±0.62d
NB10	50.77±0.78b	-4.93±0.23ef	14.68±0.48c	1.72±0.58c	495.41±73.52a	1191.60±257.57a	-322.64±50.89c	-69.50±8.84e
NC3	34.56±0.56gh	-2.61±0.04a	8.93±0.08f	5.88±0.85abc	8.14±0.44d	-0.21±0.30e	-10.46±0.54a	-0.05±0.13a
NC7	39.19±1.17ef	-3.35±0.03bc	13.20±0.40cd	6.50±1.21abc	70.69±3.15cd	135.91±2.03cde	-31.82±1.34a	-19.72±0.93bc
NC10	42.96±0.52cd	-3.78±0.14cd	16.90±0.11b	7.22±0.11abc	409.88±4.41a	859.32±21.08ab	-175.66±14.44b	-90.23±2.00f
NM3	37.03±0.51fg	-3.35±0.14bc	9.00±0.10f	7.81±0.84abc	7.93±0.25d	11.88±0.74e	-6.05±0.04a	-2.98±0.00a
NM7	41.12±0.27cde	-4.45±0.06de	10.95±0.11e	9.34±1.65ab	31.24±0.11d	45.04±0.50cde	-21.25±0.40a	-12.18±0.22ab
NM10	43.83±0.53c	-5.21±0.07f	12.25±0.10de	11.88±1.37a	70.51±4.13cd	136.49±8.86cde	-46.22±3.22a	-28.74±1.98cd
NS3	40.58±0.01de	-2.85±0.13ab	14.32±0.49c	4.32±0.67bc	100.55±17.88cd	204.79±38.19cde	-37.14±5.87a	-19.73±1.75bc
NS7	53.02±0.41b	-4.50±0.26def	20.93±0.09a	6.46±0.00abc	257.53±27.33b	497.55±33.53bc	-89.95±12.49ab	-39.78±1.24d
NS10	58.51±0.12a	-4.84±0.07ef	22.13±0.70a	6.17±1.12abc	465.47±45.82a	861.89±83.50ab	-171.64±21.07b	-58.56±1.58e

\* Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\* Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Çizelge 4.19.'de nar çekirdek yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Nar çekirdek yağı ile balmumu (NB3-NB10) ilave edilerek oluşturulan oleojellerin L değerlerinin 31.52 – 50.77 arasında, Carnauba mumu (NC3-NC10) ilavesi ile oluşturulan oleojellerin 32.34 – 42.96 arasında, monogliserid ilavesiyle (NM3-NM10) 26.63 – 43.83 arasında ve ayçiçek mumu (NS3-NS10) ilavesiyle oluşturulan oleojellerin ise 40.50 – 58.51 arasında değiştiği belirlenmiştir. Nar çekirdek yağı oleojellerinden L değeri en yüksek oleojellerin ayçiçek mumu ile üretilen, L değeri en düşük ise monogliserid kullanılarak üretilen oleojellerin olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, farklı oleojelatörler ile elde edilen nar çekirdek yağı oleojellerinin L değerlerinin de farklı olduğu ve bu farklılığında istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Yine, oleojellerin L, a\* ve b\* değerlerinin ilave edilen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Nar çekirdek yağı oleojelleri için 4 °C'de elde edilen sonuçlara benzer şekilde, 20 °C'deki oleojellerinde, aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerinin (Çizelge 4.4) renk değerlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

20 °C'de 90 günlük depolama süresi boyunca balmumu kullanılarak üretilen oleojellerin (NB3-NB10) peroksit sayısı değerlerinin 0.48 – 4.80 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, Carnauba mumu ile üretilen oleojellerin (NC3-NC10) 0.77 – 7.22 mekO<sub>2</sub>/kg arasında, monogliserid ile üretilen oleojellerin (NM3-NM10) 0.65 – 11.88 mekO<sub>2</sub>/kg arasında ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin ise (NS3-NS10) 0.45 – 6.40 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen oleojellerin peroksit sayılarının kullanılan oleojelatör çeşidine ve konsantrasyonuna göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Buna göre, oksidatif stabilitesi en iyi oleojellerin balmumu kullanılarak üretilen oleojeller olarak bulunmuştur. Depolama süresi boyunca peroksit değerinde en fazla artışın monogliserid ile üretilen oleojellerde görüldüğü belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca özellikle 60 ve 90. günlerde tüm oleojellerin peroksit değerlerinin yükseldiği saptanmıştır. Depolama sıcaklığının peroksit sayısı üzerine etkili olduğu ve 4 °C'de depolana örneklerin peroksit sayılarının 20 °C'de depolanan olejel örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Tez çalışması kapsamında üretilen tüm nar çekirdek yağı oleojellerinin 20 °C'de 90 günlük depolama süreci sonunda peroksit sayısı değerlerinin TGK 2012/29'da (TGK, 2012) belirtilen limitlere (<10 mekO<sub>2</sub>/kg, rafine yağlar için ve <15 mekO<sub>2</sub>/kg soğuk pres yağları için) uygun olduğu belirlenmiştir.

Depolama süreci sonunda, 4 °C’de elde edilen bulgularda olduğu gibi, nar çekirdek yağı oleojellerinin peroksit değerlerinin aynı sıcaklıkta depolanan kontrol grubu örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ancak depolama süreci sonunda özellikle balmumu oleojelatörü ile üretilen NB3, NB7 ve NB10 örneklerinin margarin standardı TS 2812’de peroksit değeri için belirtilen limitlere (en çok 5.0 mekO<sub>2</sub>/kg) uyduğu tespit edilmiştir (TSE, 1977).

Nar çekirdek yağı oleojellerinin 20 °C’de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvvet, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre nar çekirdek yağı ile balmumu kullanılarak elde edilen oleojellerin sertlik değerlerinin 18.59 – 546.28 g kuvvet arasında, Carnauba mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin 7.30 – 409.88 g kuvvet arasında, monoglisericid ilavesiyle elde edilen oleojellerin 7.24 – 150.81 g kuvvet arasında ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin ise 90.00 – 721.60 g kuvvet arasında olduğu tespit edilmiştir. Nar çekirdek yağı oleojellerinden sertlik değeri en yüksek NS10 örneği iken sertlik değeri en düşük örneğin NM3 olduğu saptanmıştır. Nar çekirdek yağı ile balmumu kullanılarak elde edilen oleojellerin kesme kuvveti değerlerinin 17.53 – 1387.15 g s arasında, Carnauba mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin 0.21 – 859.32 g s arasında, monoglisericid ilavesiyle elde edilen oleojellerin 1.51 – 288.90 g s arasında ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin ise 160.90 – 1546.55 g s arasında olduğu belirlenmiştir. Kesme kuvveti ile sertlik değeri jel gücünün bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Buna göre nar çekirdek yağında en güçlü ve stabil jel oluşturan oleojelatörün ayçiçek mumu olduğu söylenilebilir. Ayrıca nar çekirdek yağı oleojellerinin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin ilave edilen oleojelatör miktarı arttıkça yükseldiği ( $p \leq 0.001$ ), bunun yanı sıra, oleojelatör olarak mumların kullanıldığı oleojellerin monoglisericid kullanılarak üretilen oleojellere göre sert yapıda jel oluşturdıkları bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Yine depolama süresi boyunca 4 °C’de depolanan oleojellerin, 20 °C’de depolanan örneklere göre daha sert yapıda oldukları saptanmıştır. Özellikle depolama sıcaklığından (4 ve 20 °C) ayçiçek mumu oleojellerin etkilenmediği (Çizelge 4.19 ve 4.18), ancak balmumu, Carnauba mumu ve monoglisericid oleojellerinin etkilendiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Sertlik ve yapışkanlık değerleri bakımından NC7, NM10 ve NS3 örneklerinin kahvaltılık margarin örnekleri (Çizelge 4.4) ile benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). NB10 ve NS10 (60. Gün) örneklerinin ise sertlik ve yapışkanlık değeri bakımından ticari şortening ve mutfak grubuna (Çizelge 4.4) en yakın oleojeller olduğu gözlemlenmiştir.

Nar çekirdek yağı oleojellerinin 4 °C’de depolama sürecinde tekstürel özelliklere ilişkin verilen literatür bilgilerinden görüldüğü üzere, 20 °C’ de belirlenen tekstürel özelliklerine ait veriler ile Toro-Vazquez ve ark. (2007), Dassanayake ve ark. (2009) ve Hwang ve ark. (2012 ve 2013) tarafından rapor edilen sonuçların benzer, Toro-Vazquez ve ark. (2009) ve Rocha ve ark. (2013) tarafından elde edilen sonuçların ise farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın sebebinin, kullanılan oleojelatör çeşidinin, saflık dercesinin ve olejel oluşumu esnasında uygulanan soğutma oranının farklı olması yanında uygulanan ölçüm tekniği ile ölçüm sıcaklığının farklı olmasıyla da açıklanabileceği düşünülmektedir.

#### 4.2.4. Natürel zeytinyağı oleojelleri

Natürel zeytinyağı oleojelleri, üç farklı konsantrasyonda (%3, 7 ve 10) dört farklı oleojelatör (Balmumu, Carnauba mumu, Monogliserid ve Ayçiçek mumu) kullanılarak hazırlanmıştır. Üretilen taze natürel zeytinyağı oleojellerinin yağ bağlama kapasitesi (YBK), kristal oluşum zamanı (KOZ), katı yağ içeriği (KYİ) ve minimum jel oluşturma (MJK) konsantrasyonları Çizelge 4.20’ de verilmiştir.

**Çizelge 4. 20.** Natürel zeytinyağı oleojellerine ait bazı fiziko-kimyasal özellikler (Ort. ± Sd)

Örnek	YBK (%)	KOZ (dk)	KYİ (% , 20 °C)	KYİ (% , 35 °C)	MJK (%)
<b>ZB3</b>	99.69 ± 0.30Ad	10.00 ± 0.00ABbc	2.06 ± 0.12Ae	1.53 ± 0.23Agh	1.00
<b>ZB7</b>	99.67 ± 0.26Ad	7.00 ± 1.00ABcde	4.90 ± 0.10Ad	3.71 ± 0.38Ae	
<b>ZB10</b>	99.62 ± 0.26Ad	6.00 ± 0.00ABdef	7.14 ± 0.12Abc	5.56 ± 0.33Acd	
<b>ZC3</b>	40.82 ± 5.29Ba	*	2.68 ± 0.17Ae	2.78 ± 0.13Aef	5.00
<b>ZC7</b>	71.70 ± 1.60Bbc	10.50 ± 0.50ABb	5.93 ± 0.08Acd	5.99 ± 0.11Ac	
<b>ZC10</b>	93.41 ± 0.42Bd	7.50 ± 0.50ABbcd	8.45 ± 0.06Aab	8.19 ± 0.03Aa	
<b>ZM3</b>	62.31 ± 0.47ABb	23.50 ± 1.50Ba	2.78 ± 0.08Ae	1.08 ± 0.01Ah	3.00
<b>ZM7</b>	80.72 ± 5.34ABc	8.00 ± 0.00Bbcd	5.54 ± 1.18Acd	3.01 ± 0.12Aef	
<b>ZM10</b>	99.87 ± 0.07AB	7.50 ± 0.50Bbcd	9.38 ± 0.03Aa	4.75 ± 0.09Ad	
<b>ZS3</b>	99.62 ± 0.36Ad	5.00 ± 0.00Adef	2.20 ± 0.03Ae	2.21 ± 0.01Afg	1.00
<b>ZS7</b>	99.57 ± 0.29Ad	3.50 ± 0.50Af	4.84 ± 0.04Ad	4.92 ± 0.04Ad	
<b>ZS10</b>	99.59 ± 0.39Ad	4.00 ± 0.00Aef	6.76 ± 0.12Abcd	7.17 ± 0.05Ab	

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Natürel zeytinyağı oleojellerinin yağ bağlama kapasiteleri balmumu (ZB3-ZB10) ve ayçiçek mumu (ZS3-ZS10) oleojelleri için >%99, Carnauba mumu oleojelleri (ZC3-ZC10) için 40.82 – 93.41 ve monogliserid oleojelleri (ZM3-ZM10) için ise 62.31 – 99.87 değerleri arasında olduğu saptanmıştır. Balık, fındık ve nar çekirdek yağı oleojellerinde

görülen sonuçlara benzer olarak, zeytinyağı oleojellerinin üretiminde kullanılan oleojelatörlerin yağ bağlama kapasitelerinin balmumu ve ayçiçek mumu için benzer, Carnauba ve monogliserid için farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balmumu ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olmaksızın, düşük konsantrasyonlarda bile yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip oldukları belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Monogliserid ve Carnauba mumu ile üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasiteleri oleojelatör konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak yükseldiği saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde, zeytinyağı ile mumların kullanıldığı çalışmalarda üretilen oleojellerin YBK kapasitelerine ilişkin herhangi bir veriye rastlanılamamıştır. Bunun yanı sıra, Da Pieve ve ark. (2010) tarafından yapılan balık yağı-monogliserid oleojellerine ilişkin YBK değerleri (%50 – 80) ile çalışmada üretilen zeytinyağı-monogliserid oleojellerine ilişkin YBK değerlerinin (%60 – 99) benzer oldukları görülmüştür.

Üretilen oleojellerin kristal oluşum zamanları 3.50 – 23.50 dak arasında değiştiği tespit edilmiştir. Buna göre KOZ değerlerinin ayçiçek mumu için 3.50 – 5.00 dak, balmumu için 6.00 – 10.00 dak, Carnauba mumu için 7.50 – 10.50 dak ve monogliserid için 7.50 – 23.50 dak arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kullanılan oleojelatör miktarındaki artışa bağlı olarak KOZ değerlerinin kısaldığı saptanmıştır. Oleojel oluşumunda kullanılan oleojelatörlerin natürel zeytinyağında kristal oluşum zamanlarının farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Natürel zeytinyağında en hızlı kristal oluşturan oleojelatörün ayçiçek mumu olduğu bulunmuştur. Bir başka deyişle zeytinyağında en hızlı jel oluşturan oleojelatörün ayçiçek mumu olduğu saptanmıştır. Zeytinyağı ile %3 konsantrasyonda Carnauba mumu içeren örneklerde jel oluşumu saptanamamıştır. Literatürde yer alan benzer çalışmada, Dassanayake ve ark., (2009) tarafından zeytinyağı ile %0.2 - 4 arasında değişen oranlarda pirinç kepek, Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak elde edilen oleojellerin jel oluşum sürelerinin sırasıyla 4.0 - 11.0, 9.0 - 14.0 ve 12 - 14 dak arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu ve oleojelatör konsantrasyonu arttıkça KOZ değerinin kısaldığı vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Dassanayake ve ark., (2009) tarafından rapor edilen sonuçlar ile çalışmadan elde edilen verilerin benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Geliştirilen zeytinyağı oleojellerin katı yağ içerikleri iki farklı sıcaklıkta 20 ve 35 °C'de belirlenmiştir. Buna göre üretilen oleojellerin 20 °C'deki katı yağ içerikleri

balmumu oleojelleri için %2.06 – 7.04 arasında, Carnauba oleojelleri için %2.68 – 8.45 arasında, monogliserid oleojelleri için %2.78 – 9.38 ve ayçiçek mumu oleojelleri için ise %2.20 – 6.76 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Oleojellerin 35 °C'deki katı yağ içeriklerinin ise balmumu oleojelleri için %1.53 – 5.56 arasında Carnauba oleojelleri için %2.78 – 8.19, monogliserid oleojelleri için %1.08 – 4.75 arasında ve ayçiçek mumu oleojelleri için ise %2.21 – 7.17 değerleri arasında değiştiği saptanmıştır. Buna göre, 20 °C' de en yüksek katı yağ içeriğine sahip oleojellerin monogliserid ve Carnauba mumu oleojelleri olduğu ve 35 °C'de ise KYİ içeriği en yüksek oleojellerin ayçiçek ve Carnauba mumu oleojelleri olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, ayçiçek ve Carnauba mumu oleojellerinin katı yağ içeriklerinin sıcaklık artışından etkilenmediği ancak balmumu ve monogliserid oleojellerinin katı yağ içeriği değerlerinin sıcaklık artışına bağlı olarak azaldığı bulunmuştur. Balık, fındık ve nar çekirdek yağı oleojellerinde elde edilen verilere benzer olarak, zeytinyağı oleojellerinde de katı yağ içeriğinin kullanılan oleojelatörün konsantrasyonu bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde yer alan konuyla ilgili çalışmada bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlara benzer olarak, %1 - 6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu ile soya yağı kullanılarak oluşturulan oleojellerin 15, 25 ve 35 °C' deki katı yağ içeriklerinin %1.0 - 8.0 arasında değiştiği, ve katı yağ içeriği değerinin eklenen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı fakat sıcaklığa göre değişmediği ifade edilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Bunun yanı sıra, zeytinyağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin katı yağ içerikleri bakımından her iki sıcaklıkta istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı saptanmamıştır ( $p=0.164$ ). Çalışmada kontrol grubu örneklerinden kahvaltılık margarin grubunun katı yağ içeriği miktarları 20 °C'de ortalama %9.92, mutfak margarinin grubunun ortalama %29 ve şortening grubunun ise %30 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Buna verilere göre, üretilen zeytinyağı oleojellerinin katı yağ içeriklerinin kahvaltılık margarin grubu ile benzer ( $p \leq 0.001$ ) mutfak margarini ve şortening grubundan daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Natürel zeytinyağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin minimum jel oluşturma konsantrasyonları balmumu için %1, ayçiçek mumu için %1, Carnauba mumu için %5 ve monogliserid için ise %3 olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar %5 monogliserid-morina karaciğer yağı (Da Pieve ve ark., 2010; Da Pieve ve ark., 2011), %2 balmumu-soya yağı (Hwang ve ark., 2012), %0.5 ayçiçek mumu soya yağı (Hwang ve ark., 2012), %4 Carnauba mumu-kanola: soya yağı (Dassanayake ve ark., 2009) oleojellerinde rapor edilmiştir.

Çizelge 4. 21. Natürel zeytinyağı oleojellerine ait termal özellikler (Ort. ± Sd)

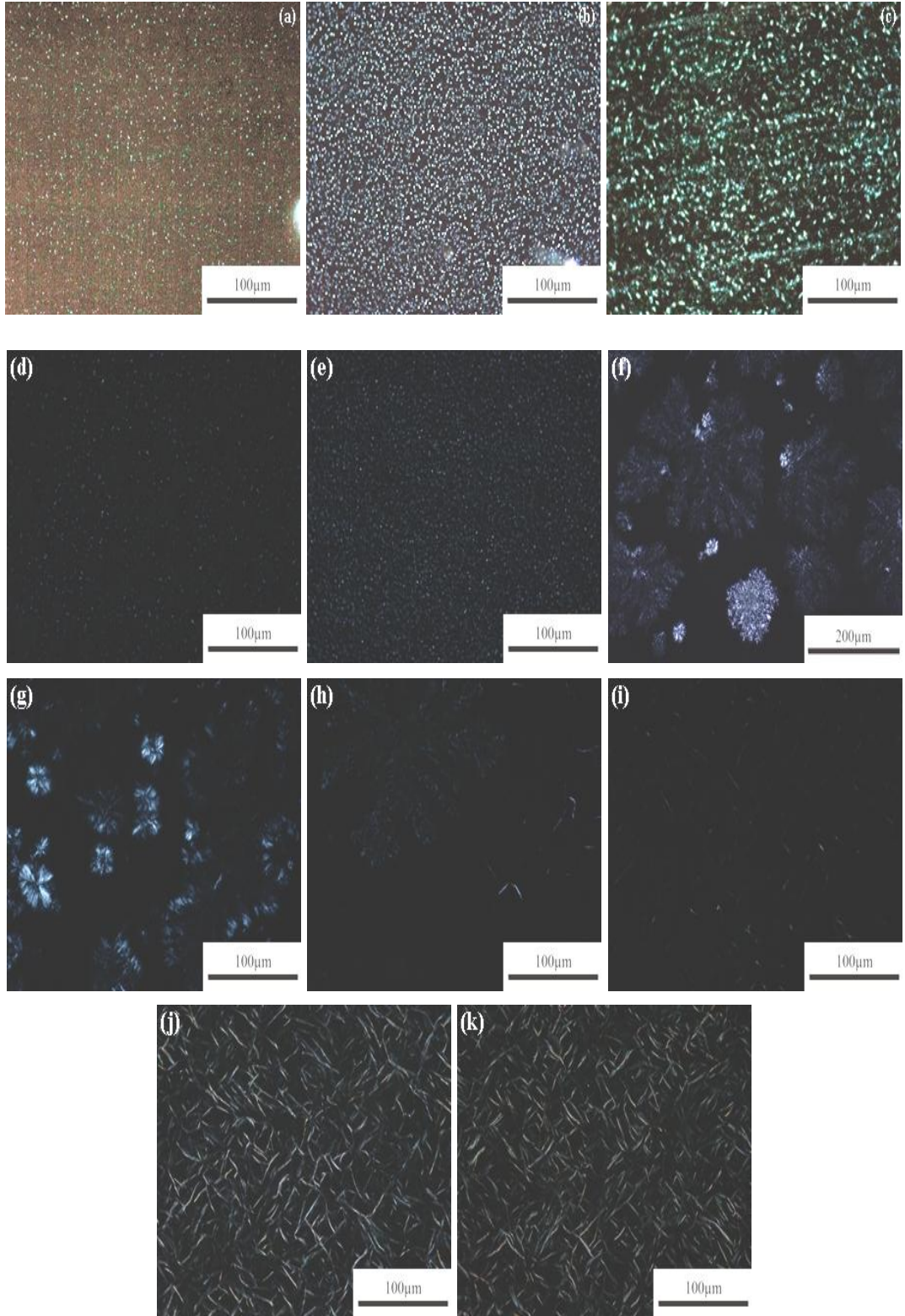
Örnek	<i>Kristalizasyon</i>				<i>Ergime</i>			
	<i>Onset<sub>c</sub> (°C)</i>	<i>End<sub>c</sub> (°C)</i>	<i>Pik(Tc) (°C)</i>	<i>Δ Hc (J/g)</i>	<i>Onset<sub>m</sub> (°C)</i>	<i>End<sub>m</sub> (°C)</i>	<i>Pik(Tm) (°C)</i>	<i>Δ Hm (J/g)</i>
<b>ZB3</b>	38.04 ± 1.40Af	29.79 ± 0.18Ah	35.06 ± 0.51Ae	-2.40 ± 0.40Aab	30.53 ± 0.43Ag	50.18 ± 0.32Af	44.36 ± 0.23Ag	2.64 ± 0.24ABfg
<b>ZB7</b>	45.97 ± 1.14Ae	36.36 ± 1.96Aefgh	41.00 ± 1.59Ad	-8.52 ± 0.25Aef	36.62 ± 0.53Aef	57.58 ± 2.24Ad	49.18 ± 0.45Af	10.93 ± 0.29ABbcd
<b>ZB10</b>	47.04 ± 0.07Ae	36.94 ± 1.14Aefg	43.79 ± 0.12Acd	-12.99 ± 0.92Ag	40.04 ± 1.87Ade	54.93 ± 0.44Ade	50.08 ± 0.28Af	11.96 ± 0.75ABbc
<b>ZC3</b>	48.23 ± 0.87Bde	41.96 ± 0.48Bcdef	46.19 ± 0.54Bc	-4.65 ± 0.54Abc	62.01 ± 0.83Ba	80.26 ± 0.13Ba	67.50 ± 0.37Bbc	6.15 ± 0.87Aefg
<b>ZC7</b>	53.57 ± 1.54Bcd	44.58 ± 1.34Bbcd	50.77 ± 0.49Bb	-11.08 ± 0.44Ag	63.37 ± 0.26Ba	81.22 ± 0.26Ba	71.81 ± 2.72Bab	12.05 ± 0.12Abc
<b>ZC10</b>	56.78 ± 0.56Bbc	43.55 ± 0.83Bbcde	51.75 ± 0.00Bb	-15.51 ± 0.30Ah	63.08 ± 0.45Ba	81.56 ± 0.04Ba	76.00 ± 0.13Ba	14.81 ± 1.56Aab
<b>ZM3</b>	12.66 ± 0.14	7.89 ± 0.16	11.08 ± 0.18	-0.44 ± 0.05	10.69 ± 0.38	13.96 ± 0.25	12.56 ± 0.35	0.49 ± 0.02
	36.97 ± 0.48Af	30.25 ± 0.99Agh	34.83 ± 0.91Ae	-1.74 ± 0.17Aa	31.06 ± 0.49Afg	44.05 ± 0.41Ag	39.58 ± 0.38Ah	1.45 ± 0.15Bg
<b>ZM7</b>	12.75 ± 0.20	8.13 ± 0.28	11.17 ± 0.08	-1.30 ± 0.09	10.83 ± 0.62	13.97 ± 0.01	12.69 ± 0.11	1.25 ± 0.01
	45.17 ± 0.30Ae	38.50 ± 0.47Adef	41.96 ± 0.45Acd	-5.42 ± 0.34Acd	38.32 ± 0.93Ade	52.36 ± 0.39Aef	48.70 ± 0.25Afg	4.87 ± 0.25Befg
<b>ZM10</b>	12.41 ± 0.17	8.15 ± 0.17	10.84 ± 0.09	-2.04 ± 0.15	10.74 ± 0.08	13.80 ± 0.20	12.29 ± 0.33	2.11 ± 0.19
	49.00 ± 1.47Ade	41.39 ± 0.66Acdef	45.80 ± 1.28Ac	-7.66 ± 0.07Ade	43.35 ± 0.79Acd	54.59 ± 0.38Adef	51.77 ± 0.44Af	6.49 ± 0.07Bdef
<b>ZS3</b>	54.66 ± 0.53Bbc	45.68 ± 0.93Babc	51.53 ± 1.05Bb	-6.11 ± 0.25Acd	47.58 ± 1.92Cbc	63.90 ± 1.33Cc	58.26 ± 0.18Ce	7.47 ± 1.27Acde
<b>ZS7</b>	59.71 ± 0.25Bab	49.61 ± 0.00Bab	57.24 ± 0.51Ba	-10.74 ± 0.01Afg	51.48 ± 1.04Cb	65.82 ± 0.02Cbc	61.37 ± 0.33Cde	13.27 ± 1.39Ac
<b>ZS10</b>	62.72 ± 1.38Ba	52.35 ± 2.68Ba	58.63 ± 0.05Ba	-17.32 ± 0.55Ah	48.01 ± 1.18Cbc	68.76 ± 0.20Cb	63.59 ± 0.48Ccd	18.39 ± 0.95Aa

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çalışmada üretilen natürel zeytinyağı oleojellerinin termal özelliklerinden, kristalizasyon başlangıç sıcaklığı ( $Onset_c$ ) kristalizasyon sıcaklığı ( $T_c$ ), kristalizasyon entalpisi ( $H_c$ ) ile ergime başlangıç sıcaklığı ( $Onset_m$ ), ergime sıcaklığı ( $T_m$ ) ve ergime entalpisi ( $H_m$ ) değerleri Çizelge 4.21’ de sunulmuştur. Zeytinyağı oleojellerinde kullanılan oleojelatörlerin kristalizasyon sıcaklıklarının balmumu oleojelatörü için 58.28 °C, Carnauba mumu için 75.04 °C, ayçiçek mumu için 69.27 °C olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.2). Monogliserid oleojelatörünün bir düşük kristalizasyon sıcaklığına sahip (10.14 °C), birde yüksek kristalizasyon sıcaklığına (61.17 °C) sahip olmak üzere iki fraksiyon içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Bu verilere göre en yüksek kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojelatörün CM en düşük kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojelatörün ise BM olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.15’ e göre zeytinyağı ile balmumu oleojellerinin (ZB3-ZB10) kristalizasyon sıcaklıkları 35.06 – 43.79 °C arasında, Carnauba mumu oleojellerinin (ZC3-ZC10) kristalizasyon sıcaklıkları 46.19 – 51.75 °C arasında, monogliserid oleojellerinin (ZM3-ZM10) kristalizasyon sıcaklıkları 11.08 – 58.80 °C arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin (ZS3-ZS10) kristalizasyon sıcaklıkları 51.53 – 58.63 °C arasında değiştiği saptanmıştır. Zeytinyağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin kristalizasyon sıcaklıklarının farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Buna göre, ayçiçek ve Carnauba mumu kullanılarak üretilen oleojellerin kristalizasyon sıcaklıklarının birbirleriyle benzer olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Aynı zamanda, balmumu ve monogliserid ile üretilen oleojellerin kristalizasyon sıcaklıklarının da birbirleriyle benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca en düşük kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin balmumu (ZB3) ve monogliserid kullanılarak üretilen (ZM3), en yüksek kristalizasyon sıcaklığına sahip oleojellerin ise ayçiçek (ZS10) ve Carnauba mumu (ZC10) kullanılarak üretilen oleojeller olduğu belirlenmiştir. Buna sebep olarak kullanılan oleojelatörlerin kristalizasyon sıcaklıklarının farklı olması gösterilebilir. Söz konusu olejel örneklerinden balmumu oleojellerinin kristalizasyon entalpisi (-2.40) – (-12.99) J/g arasında, Carnauba mumu oleojellerinin -4.65 ile -15.51 J/g arasında, monogliserid oleojellerinin -0.44 ile -7.66 J/g arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin -6.11 ile -17.32 J/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Zeytinyağı oleojellerinin, kristalizasyon sıcaklıklarının ve entalpilerinin ilave edilen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde yer alan benzer çalışmada zeytinyağı ile %1 - 10 arasında değişen oranlarda pirinç kepek mumu içeren oleojellerin kristalizasyon sıcaklıklarının ilave edilen oleojelatör miktarına bağlı olarak 48.10 °C ile 60.30 °C arasında değiştiği bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Literatürden elde

edilen veri ve sonuçlar ile araştırma bulguları arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Zeytinyağı oleojeli üretiminde kullanılan oleojelatörlerin ergime noktalarının BM için 63.17 °C, CM için 81.04 ve AM için 76.30 °C olarak tespit edilmiştir. Mumlardan en yüksek ergime noktasına sahip oleojelatörün CM olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Ayrıca MG oleojelatörünün kristalizasyon sıcaklığına benzer olarak iki fraksiyon içerdiği ve bu fraksiyonlarının ergime sıcaklıklarının 13.20 ile 65.83 °C olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Zeytinyağı ile balmumu kullanılarak elde edilen oleojellerin ergime sıcaklıklarının 44.36 – 50.08 °C arasında, Carnuba oleojellerinin 67.50 – 76.00 °C arasında, monogliserid oleojellerinin 39.58 – 51.77 °C arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin ise 58.26 – 63.59 °C arasında değiştiği bulunmuştur. Oleojellerin ergime sıcaklıklarının kullanılan oleojelatör çeşidine göre farklılık gösterdiği ve balmumu ile monogliserid oleojellerinin ergime sıcaklıklarının birbirleriyle benzer, ayçiçek ve carnuba oleojellerinin ise ergime sıcaklıklarının farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra, MG oleojelatörünün ergime davranışına benzer olarak, monogliserid kullanılarak üretilen oleojellerinde bir düşük ergime noktasına sahip, bir de yüksek ergime noktasına sahip iki fraksiyon içerdikleri bulunmuştur. Üretilen oleojellerin, kristalizasyon sıcaklıklarına benzer olarak eklenen oleojelatör konsantrasyonu arttıkça ergime sıcaklıklarının ve entalpilerinin yükseldiği saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). En yüksek ergime noktasına sahip oleojellerin Carnuba mumu (ZC10) kullanılarak üretilen, en düşük ergime noktasına sahip oleojellerin ise balmumu (ZB3) ve monogliserid (ZM3) kullanılarak üretilen oleojeller olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre elde edilen oleojellerin ergime noktalarının kullanılan oleojelatör çeşidinden etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca, söz konusu olejel örneklerinden balmumu kullanılarak elde edilen örneklerin ergime entalpilerinin 2.64 – 11.96 J/g arasında, Carnuba mumu oleojellerinin 6.15 – 14.81 J/g arasında, monogliserid oleojellerinin ise 0.49 – 6.49 J/g arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin ise 7.47 – 18.39 J/g arasında olduğu tespit edilmiştir. Dassanayake ve ark. (2009) tarafından %1-10 arasında değişen oranlarda pirinç kepek mumu içeren zeytinyağı oleojellerinin ergime sıcaklıklarının 54.30 ile 65.20 C arasında değiştiği ve oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği rapor edilmiştir. Dassanayake ve ark. (2009) tarafından rapor edilen bulgular ile araştırmadan elde edilen sonuçların benzer olduğu gözlemlenmiştir. Üretilen zeytinyağı oleojellerinin termal özellikleri ile kontrol grubu örneklerinin (Çizelge 4.1) termal özellikleri karşılaştırıldığında özellikle balmumu oleojellerinden ZB3 ve ZB7, monogliserid oleojellerinden ZM3 ve ZM7 örneklerinin ergime noktalarının oldukça benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).





**Şekil 4. 7.** Natürel zeytinyağı oleojellerinin polarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri.  
(a) ZB3 (b) ZB7 (c) ZB10 (d) ZC7 (e) ZC10 (f) ZM3 (g) ZM7 (h) ZM10 (i) ZS3 (j) ZS7 (k) ZS10

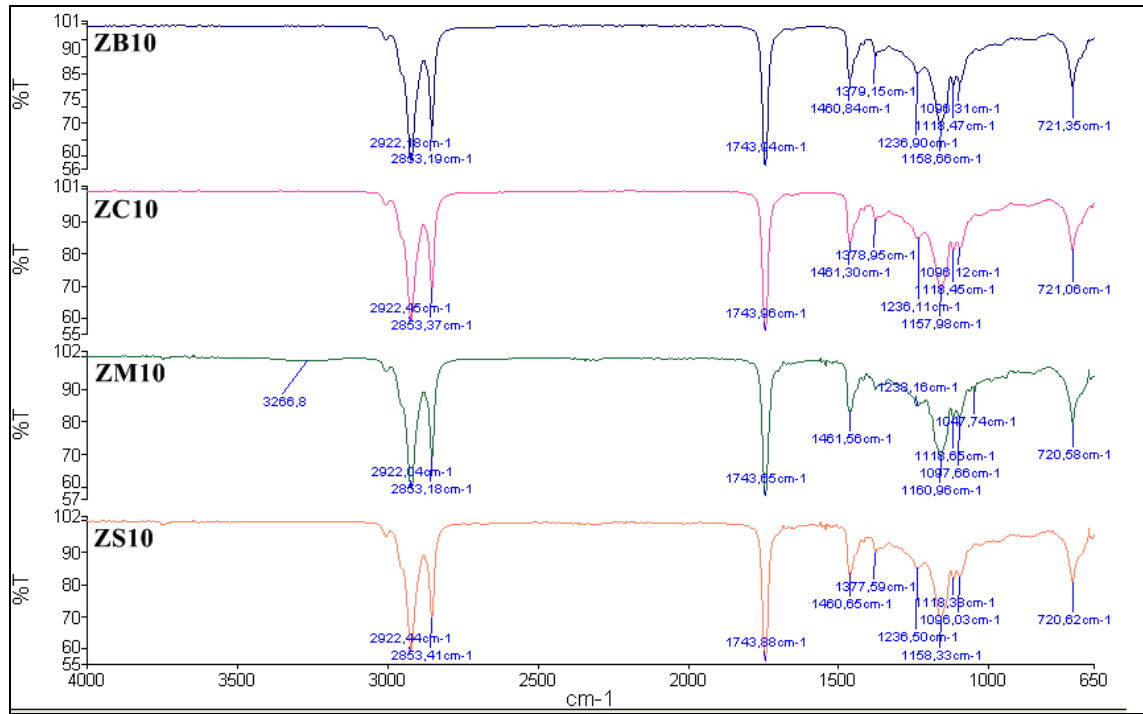
Çalışma kapsamında geliştirilen zeytinyağı oleojellerine ait 20 °C'deki poarize ışık mikroskobu (PLM) görüntüleri Şekil 4.7'de verilmiştir. Şekil 4.7 incelendiğinde, diğer yemeklik yağ oleojellerinde olduğu gibi, zeytinyağı ile balmumu ve Carnauba mumu kullanılarak hazırlanan oleojellerin sperulitik şekle, ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin ise uzun iğne benzeri kristal şekle sahip oldukları görülmektedir. Zeytinyağı ile monogliserid kullanılarak elde edilen oleojellerin ise kristal yapılarının gül benzeri şekilde olduğu saptanmıştır. Zeytinyağı ile farklı oleojelatör kullanılarak oluşturulan oleojellerin kristal boyutlarının ilave edilen oleojelatör miktarına (%3, 7 ve 10) bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Buna göre, balmumu oleojellerinde kristal boyutların 18–44 Å arasında, Carnauba mumu oleojellerinde 79–134 Å arasında, monogliserid oleojellerinde 17–62 Å arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinde ise 53–104 Å olduğu tespit edilmiştir. Literatürde yer alan mumlar ile ilgili çalışmalarda, zeytinyağı ile pirinç kepek mumunun uzun iğne benzeri kristaller (20-50µm) oluşturduğu, Candelilla ve Carnauba mumlarının sperulitik kristaller (< 10µm) oluşturduğu (Dassanayake ve ark., 2009), soya yağı ile ayçiçek mumunun iğne benzeri kristaller oluşturdukları (Hwang ve ark., 2012) ve aspir yağı ile Candelilla mumunun iğne benzeri kristaller oluşturduğu (Morales-Rueda ve ark., 2009; Toro-vazquez ve ark., 2007) rapor edilmiştir. Ayrıca literatürde, genel olarak lif benzeri, iğne şeklinde kristallerin güçlü jel ağı oluşturduğu ve böylelikle oleojellerin yüksek ergime, yüksek viskozite ve dolayısıyla yüksek sertliğe sahip oldukları rapor edilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Literatürde, monogliserid oleojelleri ile ilgili yapılan çalışmalarda, farklı kristal yapılar rapor edilmiştir. Buna göre Da Pieve ve ark. (2010 ve 2011) tarafından durgun koşullarda monogliseridlerin balık yağındaki kristal yapılarının 50 µm uzunluğunda fibril (uzun iğne benzeri) şeklinde olduğu, Kesselman ve Shimoni, (2007) tarafından mısır yağı-monogliserid oleojellerinin kristal yapılarının gül benzeri veya sperulitik yapıda zeytinyağı-monogliserid oleojellerinin kristal yapılarının ise iğne benzeri şekilde olduğu bildirilmiştir. Literatür bulguları ile çalışmadan elde edilen sonuçların benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

**Çizelge 4. 22.** Natürel zeytinyağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları

Örnek	2-Theta	d (Å)
ZB3	4.14, 19.52, 21.44, 23.83	21.32, 4.54, 4.13, 3.73
ZB7	3.99, 19.05, 21.32, 23.57	22.08, 4.65, 4.16, 3.74
ZB10	4.06, 19.38, 21.36, 23.76	21.73, 4.57, 4.15, 3.74
ZC3	-	-
ZC7	4.41, 19.34, 21.43, 23.78, 27.89	19.98, 4.58, 4.14, 3.73, 3.19
ZC10	3.83, 19.25, 21.34, 23.74, 29.86, 36.00	23.00, 4.60, 4.16, 3.74, 2.98, 2.49
ZM3	2.02, 4.38, 7.58, 19.54, 23.52, 26.60	43.50, 20.15, 11.65, 4.53, 3.77, 3.34
ZM7	2.02, 3.58, 5.52, 7.31, 10.99, 19.37, 20.32, 22.73	43.51, 24.64, 15.99, 12.06, 8.04, 4.57, 4.36, 3.90
ZM10	2.02, 3.96, 5.40, 7.34, 11.06, 19.39, 20.32, 22.70, 23.43, 36.71	43.51, 22.26, 16.34, 12.03, 7.99, 4.57, 4.36, 3.91, 3.79, 2.44
ZS3	4.17, 18.66, 21.47, 23.81	21.12, 4.75, 4.13, 3.73
ZS7	2.63, 3.83, 19.34, 21.43, 23.80	33.53, 22.99, 4.58, 4.14, 3.73
ZS10	3.88, 19.24, 21.45, 23.76, 36.06, 40.44	22.75, 4.60, 4.13, 3.74, 2.48, 2.22

X-ışınları kırınım deseni sonuçları oleojel örneklerinin kristal morfolojileri hakkında bilgi sunmaktadır. Zeytinyağı oleojellerine ait X-ışınları kırınım desenleri Çizelge 4.22’de gösterilmiştir. X-ışınları kırınım deseni analizi, daha zayıf jel oluşumu gözlenen %3 Carnuba mumu içeren örneklerde gerçekleştirilememiştir. Balmumu, Carnuba ve ayçiçek mumları ile elde edilen oleojellerde geniş açı bölgesinde yer alan 21.00 Å ve dar açı bölgesinde yer alan 4.50, 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin ortak olduğu belirlenmiştir. Zeytinyağı ile pirinç kepek mumu, Candelilla ve Carnuba mumları kullanılarak üretilen oleojellerin geniş açı bölgesinde yer alan 3.70 ve 4.10 Å civarındaki piklerin kristallerin ortorombik dikey alt hücre düzenlenmesini gösterdiği Dassanayake ve ark. (2009) tarafından rapor edilmiştir. Söz konusu piklerin hem mumlarda hemde mumlardan elde edilen oleojellerde görüldüğü saptanmıştır. Ayrıca dar açı bölgesinde yer alan ve geliştirilen tüm oleojellerde ortak olarak görülen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin triaçilgliserolden oluşan  $\beta'$  polimorfik formuna benzer olduğu özellikle bu formun sürülebilir gıda ürünlerinde pürüzsüz tekstür ve beğenilen ağız hissi sağlamasından dolayı tercih edildiği vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Monogliserid oleojellerinde mumlardan elde edilen oleojellere göre hem dar hemde geniş açı bölgesinde daha fazla pikin olduğu gözlemlenmiştir. Monogliserid oleojellerinde dar açı bölgesinde görülen piklerin 7.99 Å ile 43.51 Å kadar ve geniş açı bölgesinde görülen piklerin 3.34 Å ile 4.57 Å kadar yer aldığı saptanmıştır. Benzer piklerin %5 monogliserid içeren morina karaciğer yağı oleojellerinde de görüldüğü rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2010). Ayrıca söz konusu piklerin kontrol grubu örneklerinde görüldüğü belirlenmiştir. Kontrol grubu örneklerinin ve monogliserid oleojellerinin dar açı bölgesinde yer alan 43.51 ve 42.03 Å

genişliğinde ince tabaka içerdikleri saptanmıştır. Monoglisericid oleojellerinde ve kontrol örneklerinde gözlenen 4.10 ile 24.50 Å kadar görülen piklerin triaçilgliserolün likit yağın %90'nını hapsetmesi ile oluşan amorf saçılma pikleri olduğu belirlenmiştir. Monoglisericid ve mumlar ile elde edilen oleojellerin kristal yapılarındaki farklılık Şekil 4.4'te verilen PLM görüntülerinde yer almaktadır. Söz konusu farklılıkların kristal büyüme oranlarında güçlü anizotropi gösteren örneklerin geniş açı ve dar açı bölgelerinde pik şiddetlerinin farklı olması ile açıklanabilmektedir. Araştırma kapsamında mumlar ile üretilen oleojellerden elde edilen bulgular ile literatür verilerinin benzer olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 8. Natürel zeytinyağı oleojellerine ait FT-IR spektrumları

Natürel zeytinyağı oleojellerine ait Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spektrumları Şekil 4.8'de verilmiştir. Diğer yemeklik yağ oleojellerine benzer olarak natürel sızma zeytinyağı oleojellerinin FT-IR spektrumlarında 2800-3100  $\text{cm}^{-1}$  bantında görülen 2922  $\text{cm}^{-1}$  ve 2853  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki piklerin triglisericidlerin  $-\text{CH}_2$  ve  $-\text{CH}_3$  alifatik gruplarının simetrik ve asimetrik C-H gerilim titreşimlerinden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Yine 1600-1800  $\text{cm}^{-1}$  bantında görülen 1743  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikin yağlarda doymuş yağ asidi içeriği ve kısa -C zincirine sahip yağ asitleri ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra 1390-1600  $\text{cm}^{-1}$  bantında görülen özellikle 1450  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikin yağlarda toplam doymamışlık derecesini gösterdiği bildirilmiştir. Yine 3010  $\text{cm}^{-1}$  civarında yer alan pikin yağlarda doymamışlık derecesi ile ilişkili olduğu

vurgulanmıştır. Ayrıca 1200-1390  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan 1236  $\text{cm}^{-1}$  civarında görülen pikin konjuge olmayan cis çift bağına özgü deformasyon titreşimi sonucu ve 1378  $\text{cm}^{-1}$  civrında görülen pikin ise metilen grubunun deformasyon titreşimi sonucu olduğu rapor edilmiştir. 1000-1100  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin C-C bağı titreşimi sonucu ve 800-970  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin ise C=O bağı titreşimi sonucu meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca literatür verilerinde özellikle bitkisel yağlarda 3100-4000  $\text{cm}^{-1}$  bantında herhangi bir pikin gözlemlenmediği belirtilmiştir (Vlachos ve ark., 2006; Poiana ve ark., 2012). Natürel zeytinyağı oleojellerinden balmumu, carnauba, monogliserid ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin 3500–3000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığı dışında FT-IR spektrumlarının oldukça benzer oldukları belirlenmiştir. Söz konusu dalga sayısı aralığında ZB10, ZC10 ve ZS10 oleojellerinden farklı olarak, ZM10 oleojelinde bir pikin yer aldığı tespit edilmiştir. Den Adel ve ark. 2010 tarafından 3550–3450  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında yer alan piklerin moleküler içi hidrojen bağlarını gösterdiği ve 3570-3540  $\text{cm}^{-1}$  yer alan piklerin ise molekül dışı hidrojen bağlarını gösterdiği belirtilmiştir.

Çizelge 4. 23. 4°C’ de 90 gün boyunca depolanan natürel zeytinyağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

Örnek	L	a*	b*	0. Gün				
				Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	39.60 ± 0.20ABfg	-4.35 ± 0.33Aab	11.24 ± 2.01Bef	1.25 ± 0.13Aa	29.10 ± 4.74Ae	40.78 ± 1.73Ae	-29.61 ± 0.87Aab	-8.35 ± 1.29Aa
ZB7	52.97 ± 0.85ABcd	-5.95 ± 0.36Abc	14.49 ± 0.41Bdef	1.09 ± 0.01Aa	245.96 ± 49.72Acd	725.06 ± 55.39Ab	-233.30 ± 27.99Ae	-33.04 ± 1.33Acd
ZB10	58.00 ± 0.86ABbc	-7.32 ± 0.73Ac	20.93 ± 2.85Babcd	1.10 ± 0.10Aa	432.80 ± 23.48Ab	823.74 ± 72.28Aab	-241.09 ± 4.57Ae	-52.70 ± 7.61Aef
ZC3	43.72 ± 1.08ABef	-5.81 ± 0.07Abc	17.03 ± 0.66ABcde	1.13 ± 0.17Aa	7.77 ± 0.80Ae	1.96 ± 0.07Ae	-8.89 ± 0.11Aa	0.10 ± 0.01Aa
ZC7	53.78 ± 0.50ABcd	-6.86 ± 0.23Abc	23.41 ± 0.35ABabc	1.10 ± 0.09Aa	155.95 ± 10.41Ad	255.29 ± 20.93Ad	-61.44 ± 5.64Abc	-38.93 ± 3.88Ade
ZC10	57.77 ± 2.78ABbc	-5.89 ± 0.48Abc	21.68 ± 3.05ABabcd	1.06 ± 0.07Aa	553.56 ± 11.34Aa	817.63 ± 3.82Aab	-236.93 ± 10.91Ae	-83.76 ± 2.38Ag
ZM3	33.59 ± 2.43Bg	-2.36 ± 1.26Aa	7.54 ± 1.19Bf	1.14 ± 0.02Aa	10.91 ± 1.16Ae	3.12 ± 0.23Ae	-8.66 ± 0.09Aa	-2.87 ± 0.55Aa
ZM7	49.94 ± 0.32Bde	-8.12 ± 0.14Ac	19.48 ± 0.72Bbcde	1.00 ± 0.05Aa	163.12 ± 9.38Ad	258.27 ± 23.00Ad	-90.39 ± 6.48Abc	-24.06 ± 2.86Abc
ZM10	53.29 ± 0.15Bcd	-8.30 ± 0.12Ac	18.91 ± 0.27Bbcde	1.09 ± 0.15Aa	421.06 ± 16.40Ab	784.58 ± 28.17Aab	-235.40 ± 19.69Ae	-38.61 ± 5.26Ade
ZS3	50.88 ± 0.87Acde	-6.54 ± 0.31Abc	22.36 ± 0.10Aabcd	1.34 ± 0.14Aa	155.04 ± 8.86Ad	268.65 ± 24.77Ad	-40.49 ± 3.80Aab	-13.98 ± 2.24Aab
ZS7	63.84 ± 1.92Aab	-7.08 ± 0.16Ac	26.20 ± 1.69Aab	1.08 ± 0.09Aa	257.19 ± 9.02Ac	465.39 ± 16.90Ac	-92.36 ± 4.24Ac	-34.17 ± 0.64Acd
ZS10	66.48 ± 1.13Aa	-7.54 ± 0.07Ac	28.47 ± 0.86Aa	1.08 ± 0.13Aa	425.25 ± 25.38Ab	934.90 ± 70.91Aa	-154.26 ± 15.37Ad	-65.66 ± 2.55Af
30. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	40.80 ± 0.13e	-4.70 ± 0.22a	11.46 ± 1.92d	1.47 ± 0.25a	30.08 ± 1.82f	43.41 ± 3.69g	-19.71 ± 1.16a	-7.73 ± 0.76ab
ZB7	54.17 ± 0.65cd	-6.12 ± 0.32abc	14.47 ± 0.05cd	1.24 ± 0.19a	223.54 ± 21.39cd	416.19 ± 4.61def	-130.81 ± 11.11d	-42.94 ± 3.73de
ZB10	59.00 ± 0.48bc	-7.49 ± 0.53cde	20.15 ± 2.93abc	1.01 ± 0.01a	636.41 ± 24.76a	1514.69 ± 105.98a	-265.26 ± 7.98f	-67.75 ± 6.42fg
ZC3	43.92 ± 1.30e	-5.83 ± 0.04ab	17.37 ± 0.54bcd	1.19 ± 0.19a	7.40 ± 0.42f	0.46 ± 0.01g	-9.40 ± 0.53a	0.10 ± 0.01a
ZC7	54.06 ± 0.59cd	-6.73 ± 0.10bcd	23.24 ± 0.09ab	1.10 ± 0.10a	150.30 ± 18.99de	257.24 ± 32.49f	-67.98 ± 3.76c	-31.64 ± 4.78d
ZC10	57.62 ± 2.70bcd	-5.94 ± 0.38ab	22.33 ± 2.46abc	1.03 ± 0.19a	716.74 ± 10.93b	1310.48 ± 13.38c	-297.56 ± 9.95e	-129.15 ± 9.41g
ZM3	43.01 ± 0.24e	-6.06 ± 0.28abc	14.51 ± 1.25cd	1.30 ± 0.07a	7.69 ± 0.34f	-0.70 ± 0.22g	-8.69 ± 0.62a	0.10 ± 0.01a
ZM7	51.25 ± 0.23d	-8.22 ± 0.12de	17.04 ± 0.75bcd	1.33 ± 0.06a	104.28 ± 10.97e	120.63 ± 13.30g	-63.02 ± 7.57ab	-19.86 ± 3.74bc
ZM10	55.24 ± 0.09cd	-8.51 ± 0.22e	16.77 ± 1.31bcd	1.19 ± 0.17a	238.96 ± 7.24c	428.23 ± 44.54de	-183.53 ± 14.98e	-50.72 ± 4.11ef
ZS3	51.02 ± 0.90d	-6.50 ± 0.32bc	22.50 ± 0.02abc	1.02 ± 0.23a	169.00 ± 4.88de	309.82 ± 13.98ef	-52.16 ± 4.88bc	-19.84 ± 1.52c
ZS7	64.04 ± 2.25ab	-6.97 ± 0.15bcd	26.02 ± 1.84a	1.13 ± 0.09a	294.82 ± 27.15c	509.63 ± 5.30c	-114.38 ± 10.43d	-49.74 ± 0.91e
ZS10	66.28 ± 0.86a	-7.44 ± 0.05cde	28.34 ± 0.78a	1.04 ± 0.09a	472.42 ± 28.40b	891.92 ± 41.93b	-134.25 ± 6.38d	-47.49 ± 1.28de

Çizelge 4.23. Devamı

60. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	40.66±0.03f	-4.87±0.29a	11.71±1.94e	1.35±0.15a	44.88±3.26f	85.37±7.93fg	-24.65±1.56a	-13.33±1.095a
ZB7	54.50±0.75cd	-6.21±0.29abc	14.22±0.20de	1.20±0.12a	355.84±78.14cd	959.40±113.28bc	-262.41±33.37de	-69.73±3.87c
ZB10	59.25±0.45abc	-7.41±0.32cde	19.58±3.00abcde	1.04±0.14a	579.96±49.91ab	1262.32±103.02ab	-306.03±0.98e	-72.95±4.29c
ZC3	43.71±1.37ef	-5.73±0.02ab	17.12±0.48bcde	1.22±0.19a	7.79±0.03f	0.02±0.05g	-8.87±0.11a	0.35±0.25a
ZC7	53.84±0.71cd	-6.65±0.12bc	23.16±0.04abc	1.14±0.17a	87.48±3.51ef	105.62±0.13fg	-37.68±1.77ab	-15.46±0.10a
ZC10	57.37±2.81bcd	-5.85±0.37ab	21.98±2.58abcd	1.11±0.00a	728.75±43.29a	1361.20±56.52a	-306.06±26.27e	-121.21±7.28d
ZM3	42.37±0.55f	-6.10±0.16abc	14.83±0.93cde	1.27±0.04a	7.28±0.25f	-0.53±0.24g	-8.39±0.43a	0.08±0.01a
ZM7	51.29±0.45d	-8.12±0.16de	16.67±1.06cde	1.46±0.12a	56.10±0.58f	94.50±0.95fg	-26.06±0.87a	-14.80±0.41a
ZM10	54.94±0.09cd	-8.31±0.33e	16.11±1.87cde	1.56±0.15a	257.50±26.78cde	581.83±84.62de	-192.19±24.03cd	-86.16±8.05c
ZS3	50.67±1.06de	-6.48±0.33bc	22.66±0.08abcd	1.07±0.09a	175.00±30.73def	355.67±53.28ef	-56.64±4.88ab	-21.28±0.83a
ZS7	63.47±2.30ab	-6.87±0.14bcd	25.93±1.98ab	1.20±0.15a	403.87±27.29bc	810.24±29.85cd	-117.45±4.09bc	-44.66±0.80b
ZS10	66.15±1.05a	-7.35±0.06cde	28.15±0.96a	1.19±0.07a	573.73±30.51ab	1124.75±11.84abc	-164.76±4.70c	-65.76±4.96bc
90. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	41.12±0.07f	-4.81±0.28a	11.49±1.87d	1.61±0.17a	42.63±2.82d	76.37±7.48ef	-24.28±1.55a	-12.34±1.19ab
ZB7	54.75±0.53cd	-6.27±0.19ab	14.15±0.22d	1.23±0.09a	309.50±12.63bcd	718.31±43.24cd	-179.74±0.07c	-55.71±5.32d
ZB10	60.63±0.48abc	-6.78±0.54bcd	16.93±0.65bcd	1.15±0.34a	561.79±58.60ab	1182.84±105.45b	-287.46±33.80d	-62.35±5.09d
ZC3	43.51±1.31ef	-5.79±0.11ab	17.52±0.83bcd	1.23±0.18a	8.00±0.25d	-1.31±0.13f	-9.19±0.36a	0.09±0.00a
ZC7	53.61±0.70cd	-6.65±0.14bc	23.45±0.10ab	1.31±0.01a	141.34±4.16cd	211.23±5.86ef	-58.13±1.88ab	-29.47±1.01bc
ZC10	57.07±2.77bcd	-6.00±0.27ab	22.78±1.97abc	1.20±0.09a	656.50±28.88ab	1139.17±31.61b	-279.17±8.65d	-114.58±1.36e
ZM3	42.26±0.43f	-6.14±0.27ab	15.09±1.16d	1.35±0.09a	7.23±0.14d	0.45±0.85f	-8.21±0.03a	0.10±0.02a
ZM7	51.15±0.52d	-8.13±0.10d	16.68±1.03bcd	1.84±0.09a	70.40±5.18d	128.30±11.08ef	-32.21±2.60a	-16.86±1.79ab
ZM10	55.16±0.19cd	-8.07±0.46cd	15.21±2.63cd	1.65±0.02a	188.58±32.43cd	347.91±78.80ef	-134.03±31.53bc	-51.58±11.65cd
ZS3	50.52±1.18de	-6.49±0.39bc	22.91±0.03ab	1.32±0.10a	186.69±24.54cd	367.02±29.88de	-55.78±0.11ab	-20.28±1.84ab
ZS7	63.23±2.63ab	-6.81±0.01bcd	26.02±1.88a	1.19±0.07a	451.35±52.77bc	958.85±66.08bc	-137.00±1.27bc	-57.38±0.87d
ZS10	66.36±1.26a	-7.30±0.13bcd	27.99±0.90a	1.20±0.16a	924.89±205.91a	2119.24±152.81a	-283.04±36.55d	-114.54±3.57e

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ), aynı sütundaki farklı büyük harfler gruplar (oleojelatörler) arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ )

göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.23’de zeytinyağı oleojellerinin 4 °C’de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Zeytinyağı ile balmumu kullanılarak üretilen oleojellerin (ZB3-ZB10) L değerlerinin 39.60 – 66.48 arasında, Carnauba mumu ile üretilen oleojellerin (ZC3-ZC10) 43.51 – 57.77 arasında, monoglisericid ile üretilen oleojellerin (ZM3-ZM10) 33.59 – 55.24 arasında ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin ise (ZS3-ZS10) 50.52 – 66.48 arasında değiştiği belirlenmiştir. Balık, fındık ve nar çekirdek yağı oleojellerine benzer olarak zeytinyağı oleojellerinden L değeri en yüksek oleojelin ayçiçek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin olduğu saptanmıştır. Ayrıca, farklı oleojelatörler ile aynı yağ kullanılarak üretilen oleojellerin a\* ve b\* değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bununla birlikte, zeytinyağı oleojellerine ait L, a\* ve b\* değerlerinin kullanılan oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Üretilen diğer yemeklik yağ oleojellerinde görüldüğü gibi, zeytinyağı oleojelleri ile aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerinin (Çizelge 4.3) renk değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Söz konusu farklılığın kullanılan oleojelatörlerden veya kullanılan yağların farklı olmasından kaynaklanabileceği gibi ürün formülasyonundaki ve üretim teknikleri arasındaki farklılıktan da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Zeytinyağı oleojellerinin 4 °C’de 90 gün boyunca belirlenen peroksit sayılarının 1.00–1.84 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği bildirilmiştir. Peroksit sayısı bakımından üretilen oleojeller ve oleojelatörler arasında bir farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Bununla birlikte, aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örneklerinin (Çizelge 4.3) peroksit değerlerinin zeytinyağı oleojellerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ancak depolama süreci sonunda zeytinyağı oleojellerinin peroksit değeri bakımından margarin standardı TS 2812’ de belirtilen limitlere (en çok 5.0 mekO<sub>2</sub>/kg ) uyduğu saptanmıştır (TSE, 1977). Bununla birlikte, söz konusu sıcaklıkta zeytinyağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin depolama süresi sonunda ulusal (TGK 2010/35) (TGK, 2010) ve uluslararası (IOC, 2013) standartlarda belirtilen yasal limitler (<20 mekO<sub>2</sub>/kg) içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Zeytinyağı oleojellerinin 4 °C’de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvvet, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre, zeytinyağı ile balmumu kullanılarak üretilen oleojellerin (ZB3-ZB10) sertlik değerlerinin 29.10–636.41 g kuvvet arasında, Carnauba mumu kullanılarak üretilen oleojellerin (ZC3-ZC10) 7.40 – 728.75 g kuvvet arasında, monoglisericid kullanılarak üretilen oleojellerin



(ZM3-ZM10) 7.23 – 421.06 g kuvvet arasında ve ayçiçek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin ise (ZS3-ZS10) 155.04 – 924.89 g kuvvet arasında değiştiği saptanmıştır. Özellikle, ayçiçek mumu oleojelatörünün %3 gibi düşük konsantrasyonda bile sert jel oluşumu gösterdiği tespit edilmiştir. Soya yağı ile %1-6 oranında ayçiçek mumu oleojellerinin sertlik değerinin 20 - 350 g kuvvet arasında (Hwang ve ark., 2012), %3 ve %5 oranında ayçiçek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 150 - 400 g kuvvet ve 400 - 600 g kuvvet arasında olduğu (Hwang ve ark., 2013) rapor edilmiştir. Araştırma kapsamında aynı oranda ayçiçek mumu içeren zeytinyağı oleojellerinin sertlik değerlerinin literatür verileri ile benzer olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.22'den görülebileceği gibi zeytinyağı oleojellerinden sertlik değeri en yüksek ZS10 ve ZC10 örnekleri, en düşük sertlik değerine sahip oleojellerin ise BC3 ve BM3 örnekleri olduğu belirlenmiştir. Yine mumlar ile üretilen oleojellerin ZC3 oleojeli hariç 4 °C' de 90 günlük depolama süresi boyunca yapısal stabilitelerini korudukları gözlemlenmiştir. Araştırmada elde edilen bulgulara benzer olarak, Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından %3 Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojelinin 3 aya kadar stabilitesini koruduğu bildirilmiştir. Ayrıca, monogliserid oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca sertlik değerlerinde azalmanın meydana geldiği saptanmıştır. Çalışmada balık, fındık ve nar çekirdek yağı oleojellerinde olduğu gibi zeytinyağı oleojellerinin de tekstürel özelliklerinin (sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti) kullanılan oleojelatör konsantrasyonu arttıkça arttığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Diğer yemeklik yağ (balık, fındık ve nar çekirdek yağı) oleojellerinde görüldüğü üzere, oleojelatör olarak mumların kullanıldığı oleojellerin sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti değerlerinin monogliserid kullanılarak üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada, üretilen oleojellerin aynı sıcaklık ve sürede depolanan kontrol grubu örnekleri (Çizelge 4.3) ile karşılaştırıldığında oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin özellikle ZB7 ve ZM10 oleojellerinin kahvaltılık margarin grubu ile benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). ZC10 (30. ve 60. Gün) ve ZS10 (90. Gün) oleojellerinin sertlik ve yapışkanlık değeri bakımından mutfak margarini grubuna (Çizelge 4.3) en benzer oleojeller oldukları bulunmuştur. Literatürde sürülebilirlik özelliğinin sertlik ve kesme kuvveti değerlerinin bileşkesi olduğu bildirilmiştir (Moskowitz, 1987). Çizelge 4.22 incelendiğinde balmumu ile üretilen oleojellerin kesme kuvveti değerlerinin 40.78 – 1514.69 arasında, Carnauba mumu oleojellerinin 0.02 – 1510.48 arasında monogliserid oleojellerinin 0.70–784.58 arasında ve ayçiçek mumu oleojellerinin ise 268.65 – 2119.24 arasında olduğu belirlenmiştir. Buna göre mumlar arasında balmumu ile üretilen

oleojellerin diğer mumlar ile üretilen oleojellere göre daha sürülebilir olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 24. 20°C’ de 90 gün boyunca depolanan natürel zeytinyağı oleojellerinin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

Örnek	L	a*	b*	0. Gün				
				Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	39.03 ± 0.09cd	-4.36 ± 0.14a	10.96 ± 2.10de	1.63 ± 0.42a	20.15 ± 2.55ef	24.87 ± 3.01efg	-11.80 ± 1.11ab	-4.91 ± 0.17ab
ZB7	50.88 ± 0.47abcd	-6.78 ± 0.59a	17.08 ± 4.23bcde	1.14 ± 0.13a	211.91 ± 21.58d	387.50 ± 30.75e	-114.29 ± 9.89cde	-23.95 ± 0.62cd
ZB10	56.01 ± 0.23abc	-7.97 ± 0.03a	23.02 ± 0.30abc	1.14 ± 0.22a	455.86 ± 48.63b	965.07 ± 128.28c	-254.39 ± 17.45g	-35.87 ± 0.44ef
ZC3	41.73 ± 0.15bcd	-5.60 ± 0.06a	16.48 ± 0.23cde	1.20 ± 0.21a	7.47 ± 0.12f	-0.33 ± 0.07g	-9.03 ± 0.47a	0.11 ± 0.01a
ZC7	50.58 ± 0.18abcd	-6.37 ± 0.18a	22.96 ± 0.07abc	1.14 ± 0.17a	208.66 ± 27.88cd	319.36 ± 46.44d	-87.28 ± 10.82cd	-58.01 ± 7.28g
ZC10	54.46 ± 0.34abcd	-6.21 ± 0.22a	25.22 ± 0.33abc	1.05 ± 0.17a	614.50 ± 0.54a	1413.59 ± 53.27a	-232.81 ± 10.03g	-159.66 ± 4.17i
ZM3	35.49 ± 6.02d	-3.48 ± 2.45a	10.43 ± 3.57e	1.16 ± 0.02a	13.61 ± 2.32ef	5.94 ± 5.63fg	-9.72 ± 0.35a	-2.47 ± 0.45ab
ZM7	43.09 ± 6.65bcd	-5.60 ± 2.66a	15.23 ± 2.89cde	0.97 ± 0.09a	89.48 ± 0.22def	166.58 ± 1.28efg	-55.93 ± 0.91bcd	-24.11 ± 1.32cde
ZM10	44.95 ± 7.89bcd	-5.99 ± 2.75a	16.06 ± 2.94cde	1.01 ± 0.13a	200.36 ± 29.13d	416.23 ± 94.32ef	-120.08 ± 17.92e	-28.51 ± 1.37de
ZS3	48.70 ± 0.18abcd	-5.96 ± 0.13a	22.65 ± 0.26abcd	1.44 ± 0.37a	110.05 ± 12.56de	187.68 ± 13.83efg	-48.54 ± 7.13abc	-12.79 ± 0.97bc
ZS7	60.17 ± 0.64ab	-7.23 ± 0.32a	28.72 ± 0.39ab	1.04 ± 0.05a	255.88 ± 26.86c	538.53 ± 26.22d	-97.45 ± 4.71de	-41.70 ± 2.69fg
ZS10	65.78 ± 0.08a	-7.76 ± 0.18a	29.50 ± 0.12a	1.34 ± 0.48a	421.12 ± 41.45b	1078.11 ± 35.45b	-176.35 ± 9.18f	-69.01 ± 3.93h
30. gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	40.03 ± 0.62h	-4.63 ± 0.21a	10.88 ± 2.47d	1.49 ± 0.01ab	19.85 ± 1.94h	20.70 ± 3.31fg	-10.03 ± 1.61a	-4.72 ± 0.63a
ZB7	51.76 ± 0.87de	-6.90 ± 0.71bcd	16.81 ± 4.51bcd	1.51 ± 0.16ab	182.61 ± 17.66e	429.47 ± 29.14c	-114.81 ± 12.04c	-36.17 ± 0.68c
ZB10	56.95 ± 0.18bc	-7.99 ± 0.01de	22.13 ± 0.22abc	0.97 ± 0.09b	432.46 ± 56.46c	723.42 ± 18.64b	-204.98 ± 3.94f	-46.46 ± 3.76de
ZC3	42.43 ± 0.77gh	-5.71 ± 0.11ab	16.11 ± 0.32cd	1.25 ± 0.10ab	7.69 ± 0.47h	0.86 ± 0.78g	-7.93 ± 0.56a	0.12 ± 0.02a
ZC7	50.80 ± 0.09ef	-6.15 ± 0.35bc	22.31 ± 0.25abc	1.20 ± 0.02ab	157.85 ± 7.50f	290.88 ± 9.32d	-66.17 ± 0.29b	-37.59 ± 0.23cd
ZC10	54.65 ± 0.11cd	-6.16 ± 0.19bc	24.80 ± 0.33ab	1.18 ± 0.11ab	502.39 ± 11.87a	803.54 ± 18.73a	-184.13 ± 8.22e	-68.30 ± 3.68f
ZM3	43.90 ± 0.59g	-6.77 ± 0.04bcd	14.61 ± 0.03cd	1.43 ± 0.09ab	7.28 ± 0.36h	3.06 ± 0.35g	-7.91 ± 0.31a	0.10 ± 0.02a
ZM7	51.22 ± 0.24ef	-8.26 ± 0.02de	16.22 ± 0.25cd	1.78 ± 0.22a	42.76 ± 2.27gh	75.97 ± 4.21ef	-23.51 ± 2.15a	-19.10 ± 1.33b
ZM10	55.20 ± 0.32c	-8.76 ± 0.18e	16.99 ± 0.51bcd	1.57 ± 0.09ab	83.83 ± 0.36fg	131.19 ± 11.43de	-43.44 ± 3.76b	-22.35 ± 0.92b
ZS3	48.33 ± 0.44f	-5.89 ± 0.14ab	22.27 ± 0.28abc	1.28 ± 0.09ab	126.85 ± 12.69ef	212.96 ± 8.75d	-45.63 ± 4.01b	-13.31 ± 0.11b
ZS7	59.79 ± 1.16b	-7.12 ± 0.24bcd	28.26 ± 0.28a	1.21 ± 0.12ab	268.43 ± 20.31d	501.38 ± 63.07c	-104.36 ± 0.99c	-37.91 ± 3.88cd
ZS10	64.99 ± 0.40a	-7.58 ± 0.10cde	28.80 ± 0.04a	1.23 ± 0.15ab	450.46 ± 39.42b	854.60 ± 58.13a	-144.71 ± 7.45d	-52.57 ± 2.06e

Çizelge 4.24. Devamı

60. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	40.31±0.51h	-4.76±0.29a	11.03±2.52d	1.39±0.15ab	33.27±2.78ef	63.38±8.53cde	-16.36±1.66a	-10.44±1.10a
ZB7	52.26±0.69de	-6.90±0.78bcd	16.72±4.39bcd	1.27±0.00b	267.47±25.48c	693.38±62.82b	-172.61±7.06c	-59.23±2.03cd
ZB10	57.61±0.10bc	-7.98±0.02de	21.99±0.04abc	1.36±0.11ab	533.86±33.95b	1326.22±121.13a	-327.66±58.31d	-88.10±16.29de
ZC3	42.24±0.74gh	-5.65±0.04ab	15.99±0.18cd	1.36±0.13ab	7.97±0.21f	0.09±0.01e	-8.18±0.51a	1.20±0.35a
ZC7	50.28±0.40ef	-5.91±0.55abc	21.97±0.40abc	1.30±0.21b	165.37±8.94cd	326.20±29.51c	-74.05±5.50ab	-41.04±3.29bc
ZC10	54.67±0.25cd	-6.03±0.28abc	24.36±0.57ab	1.31±0.01b	705.93±13.03a	1384.43±11.30a	-254.37±1.95cd	-105.14±7.32e
ZM3	44.42±0.32g	-6.80±0.07bcd	14.84±0.15cd	1.62±0.03ab	7.09±0.29f	2.36±2.30e	-7.35±0.76a	1.87±1.80a
ZM7	51.44±0.25ef	-8.26±0.08de	16.45±0.10bcd	1.92±0.02a	26.89±0.11f	38.80±1.19de	-16.00±0.36a	-9.37±0.05a
ZM10	55.65±0.58c	-8.70±0.18e	17.06±0.31bcd	1.62±0.01ab	67.00±1.55def	116.43±0.39cde	-44.09±0.58a	-19.34±1.02ab
ZS3	48.27±0.28f	-5.78±0.09abc	22.09±0.37abc	1.32±0.13b	143.87±12.92de	273.22±29.24cd	-48.54±3.15a	-16.58±0.43ab
ZS7	59.57±1.18b	-7.00±0.19bcde	28.11±0.26a	1.32±0.10b	489.92±43.94b	1175.27±58.41a	-171.02±7.71ab	-72.55±1.69d
ZS10	65.17±0.62a	-7.47±0.11cde	28.50±0.04a	1.29±0.10b	584.86±30.73b	1270.00±48.96a	-182.31±6.98c	-67.17±2.27cd
90. Gün								
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
ZB3	40.66±0.73i	-4.81±0.25a	10.94±2.51d	1.66±0.26a	19.40±1.52d	21.69±3.36d	-10.61±0.68a	-4.64±0.63a
ZB7	52.83±0.55ef	-6.90±0.70bcd	16.12±4.17cd	1.39±0.14a	264.08±22.51bcd	670.18±89.34bcd	-182.53±10.82bc	-55.47±6.38cd
ZB10	57.84±0.20bc	-7.98±0.06de	21.57±0.18abc	1.50±0.03a	605.44±65.41a	1752.94±283.96a	-364.20±80.93d	-106.48±8.03f
ZC3	42.67±0.54hi	-5.57±0.14ab	15.77±0.27cd	1.56±0.31a	6.99±0.33d	-0.92±0.77d	-7.93±0.32a	0.09±0.01a
ZC7	50.35±0.48fg	-5.79±0.57ab	21.71±0.72abc	1.70±0.21a	158.36±13.93cd	289.04±33.94cd	-63.02±7.57ab	-36.80±4.36bc
ZC10	54.75±0.07de	-6.00±0.23abc	24.35±0.56ab	1.56±0.10a	591.54±53.24ab	1037.22±44.46b	-227.64±10.90cd	-93.62±3.67ef
ZM3	45.02±0.37h	-6.81±0.10bcd	14.94±0.02cd	1.86±0.07a	7.28±0.18d	0.08±0.01d	-7.17±0.29a	6.28±0.74a
ZM7	51.83±0.01f	-8.35±0.09de	16.71±0.08bcd	1.96±0.19a	31.42±2.02d	49.97±5.08d	-18.35±1.70a	-11.21±1.13ab
ZM10	56.26±0.30cd	-8.67±0.12e	17.14±0.32bcd	1.82±0.09a	62.51±0.91d	102.07±1.45d	-39.81±1.52a	-17.44±1.16ab
ZS3	48.41±0.38g	-5.76±0.11ab	22.10±0.20abc	1.40±0.20a	122.38±15.52cd	212.80±14.28d	-42.24±3.51a	-13.66±0.31ab
ZS7	59.63±0.96b	-6.92±0.21bcd	27.92±0.30a	1.30±0.15a	415.38±77.82abc	940.46±143.12b	-132.44±10.39abc	-55.45±2.15cd
ZS10	65.40±0.28a	-7.46±0.12cde	28.38±0.12a	1.37±0.08a	583.83±169.61ab	1254.58±255.76ab	-191.01±21.76bc	-71.02±15.41de

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.24.'te zeytinyağı oleojellerinin 20 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerleri, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri gösterilmiştir. Zeytinyağı oleojelleri ile balmumu ilave edilerek oluşturulan oleojellerin (ZB3-ZB10) L değerlerinin 39.03 – 57.84 arasında, Carnauba mumu ilavesi ile oluşturulan oleojellerin (ZC3-ZC10) 41.73 – 54.75 arasında, monogliserid ilavesiyle (ZM3-ZM10) 35.49 – 56.26 arasında ve ayçiçek mumu ilavesiyle oluşturulan oleojellerin ise (ZS3-ZS10) 48.33 – 65.78 arasında değiştiği belirlenmiştir. Zeytinyağı oleojellerinden L değeri en yüksek oleojellerin ayçiçek mumu ile üretilen, L değeri en düşük ise monogliserid ilavesi ile üretilen oleojellerin olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, ayçiçek mumu ile elde edilen zeytinyağı oleojellerinin L değerlerinin diğer oleojelatörler ile elde edilen oleojellere göre farklı olduğu ve bu farklılığında istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, balık fındık ve nar çekirdek yağı oleojellerinde görüldüğü üzere zeytinyağı oleojellerine ait L, a\* ve b\* değerlerinin ilave edilen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Diğer yemeklik yağ oleojellerinin depolama süreci sonuçlarında olduğu gibi, kontrol grubu örneklerinin (Çizelge 4.4) renk değerlerinin zeytinyağı oleojellerinin renk değerlerinden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).

20 °C'de 90 günlük depolama süresi boyunca zeytinyağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin 0.97 – 1.96 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen oleojellerin peroksit sayıları bakımında depolama süresi sonunda (90. Gün) benzer olduğu, tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, fındık yağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin aynı sıcaklıkta aynı süreyle depolanan kontrol grubu örnekleriyle (Çizelge 4.4) benzer olduğu saptanmış ( $p = 0.241$ ) ve margarinler için standartta (TS 2812) belirtilen limitler (en çok 5.0 mekO<sub>2</sub>/kg) içerisinde olduğu belirlenmiştir (TSE, 1977). Bununla birlikte, söz konusu sıcaklıkta (20 °C) zeytinyağı oleojellerinin peroksit sayısı değerlerinin depolama süresi sonunda ulusal (TGK, 2010/35) (TGK, 2010) ve uluslararası (IOC, 2013) standartlarda belirtilen yasal limitler (<20 mekO<sub>2</sub>/kg) içerisinde olduğu belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada monogliserid ve morina karaciğer yağı kullanılarak üretilen oleojellerin 5 ve 20 °C'de 50 günlük depolama sürecinde her iki sıcaklıkta monogliserid konsantrasyonunun oksidatif stabilite üzerine bir etkisinin gözlemlenmediği vurgulanmıştır. Aynı çalışmada sonuç olarak monogliserid ağının yağın oksidatif stabilitesine iki farklı etkide bulunduğu birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu etkilemediği ancak ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumunu engellediği rapor edilmiştir

(Da Pieve ve ark., 2011). Da Pieve ve ark., (2011) tarafından rapor edilen sonuçlar ile araştırma bulgularının benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Zeytinyağı oleojellerinin 20 °C’de 90 gün boyunca depolama sürecinde sertlik, kesme kuvvet, yapışkanlık ve yapışma kuvveti gibi tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Buna göre zeytinyağı ile balmumu kullanılarak elde edilen oleojellerin (ZB3-ZB10) sertlik değerlerinin 19.40 – 605.44 g kuvvet arasında, Carnauba mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin (ZC3-ZC10) 6.99–705.93 g kuvvet arasında, monoglisericid ilavesiyle elde edilen oleojellerin (ZM3-ZM10) 7.09 – 200.36 g kuvvet arasında ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin ise (ZS3-ZS10) 110.05 – 584.86 g kuvvet arasında olduğu tespit edilmiştir. PLM görüntülerinden elde edilen verilere göre CM oleojellerinin lif benzeri kısa iğne şeklinde kristaller oluşturduğu, AM oleojellerinin ise uzun iğne benzeri kristal şekle sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 4.7). Literatürde uzun iğne benzeri (Hwang ve ark., 2012) ve kısa iğne şeklinde lif benzeri (Dassanayake ve ark., 2009) kristal oluşturan oleojellerin daha sert jel oluşturdukları bildirilmiştir. Depolama sürecinde 4 °C’deki oleojel örneklerinden farklı olarak sertlik değeri en yüksek ZC10 örneği iken sertlik değeri en düşük örneğin ZC3 olduğu saptanmıştır. Ayrıca, 4 °C’de depolanan oleojellere benzer olarak sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti özelliklerinin ilave edilen oleojelatör miktarına bağlı olarak yükseldiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Zeytinyağı oleojellerinin 4 ve 20 °C’de 90 günlük depolama süresi boyunca yapısal stabilitelerini korudukları ve depolama sıcaklığının tekstürel özellikler üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Bunun yanı sıra oleojelatör olarak mumların (Balmumu, Carnauba ve Ayçiçek) kullanıldığı oleojellerin sertlik, kesme kuvveti, yapışkanlık ve yapışma kuvveti değerlerinin monoglisericid kullanılarak üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Monoglisericid oleojellerinin 4 °C’ deki depolama süreci sonuçlarına benzer olarak 20 °C’de depolama süresi boyunca sertlik değerlerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Sertlik ve yapışkanlık değerleri bakımından ZM7, ZM10 ve ZS3 örneklerinin kahvaltılık margarin (Çizelge 4.4) ile benzer olduğu ( $p \leq 0.001$ ) ve mutfak margarinini ile söz konusu özellikler bakımından en benzer örneğin ZC10 (60. Gün) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Literatürde margarin ve margarin benzeri ürünlerde sürülebilirlik özelliğinin önemli bir kalite kriteri olduğu bildirilmiştir (Chrysam, 1996). Sürülebilirlik özelliğinin sertlik ve kesme kuvveti değerlerinin bileşkesi olduğu (Moskowitz, 1987) ayrıca sertlik ve yapışkanlık değerleri ile belirlenebildiği (Chrysam, 1996) rapor edilmiştir. Buna göre oleojel örneklerinin 20 °C’ de

depolama süresi boyunca kesme kuvveti değerlerinin balmumu oleojelleri için 20.70 – 1752.94 g s arasında, Carnauba mumu oleojelleri için 0.33 – 1384.43 g s arasında, monogliserid oleojelleri için 0.08 – 416.23 g s arasında ve ayçiçek mumu oleojelleri için ise 187.68 – 1270.00 g s arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapışkanlık değerlerinin ise BM oleojelleri için 10.03 – 364.20 g s, CM oleojelleri için 7.93 – 254.37 g s, MG oleojelleri için 7.17 – 39.81 g s ve AM oleojelleri için 42.24 – 191.01 g s olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, oleojellerin sertlik, kesme kuvveti ve yapışkanlık değerleri göz önüne alındığında balmumu ve monogliserid oleojellerinin ayçiçek ve Carnauba mumu oleojellerine göre daha sürülebilir olduğu belirlenmiştir.

Konuyla ilgili benzer sonuçların yer aldığı çalışmada, zeytinyağı ile %3, 6 ve 10 pirinç kepek, Carnauba ve Candelilla mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin 20 °C’ de belirlenen penetrasyon derinliği değerlerinin oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada %3 pirinç kepek ve Candelilla mumu içeren oleojelin penetrasyon derinliği değerinin 9–12 mm, %6 ile %10 pirinç kepek ve Candelilla mumu için 6–9 mm, %6 Carnauba oleojeli için 12–15 mm ve %10 Carnauba oleojeli için 9–12 mm olduğu bildirilmiştir. Oleojellerin sertlik değeri üzerine oleojelatör tipinin, kristal davranışının, kristal şeklinin ve boyutunun etkili olduğu bunun yanı sıra oleojel oluşumu esnasında uygulanan soğutma oranında sertlik değerini etkilediği vurgulanmıştır. Genel olarak lif benzeri, küçük iğne şeklinde kristallerin güçlü jel ağı oluşturduğu ve böylelikle oleojellerin yüksek ergime, yüksek viskozite ve dolayısıyla yüksek sertliğe sahip oldukları rapor edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, penetrasyon derinliği arttıkça sertlik değerinin azaldığı ve buna göre sertlik değeri en yüksek oleojellerin pirinç kepek mumu oleojelatörü ile elde edilen oleojeller olduğu belirtilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009).

Araştırmada üretilen zeytinyağı oleojellerinin 4 ve 20 °C’de depolama süreci boyunca belirlenen tekstürel özelliklerine ilişkin elde edilen bulguların Dassanayake ve ark. (2009) tarafından elde edilen bulgulardan farklı olduğu saptanmış ve bu farklılığın ölçüm tekniğinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Ancak, zeytinyağı oleojellerinde Dassanayake ve ark. (2009) tarafından ulaşılan çıktılar ile araştırma neticesinde ulaşılan çıktılar oldukça benzer olduğu görülmektedir.

Genel olarak, farklı yemeklik yağlar (balık, fındık, nar çekirdek ve natürel zeytinyağı) ile farklı oleojelatörler (ayçiçek mumu, balmumu, carnauba mumu ve monogliserid) kullanılarak üretilen yemeklik yağ oleojellerinin depolama süreci boyunca

gözlemlenen renk, peroksit ve tekstürel özellikleri üzerine kullanılan oleojelatör çeşidi ve oleojelatör konsantrasyonu ile depolama sıcaklık ve süresinin etkili olduğu ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Literatür verilerinde genel olarak yüksek sertliğe (sıklık) sahip ürünlerin daha düşük sürülebilirliğe sahip oldukları rapor edilmiştir. Ayrıca, doymuş yağ içeriği ile yapışkanlık ve sertlik özellikleri arasında pozitif bir ilişki olduğu, yani doymuş yağ içeriği arttıkça sertlik değerinin arttığı bildirilmiştir. Yine, sürülebilir ürünlerin tekstürel özellikleri üzerine sıcaklık, orijin ve katı yağ içeriği değerinin önemli etkisi olduğu belirtilmiştir (Glibowski ve ark., 2008; Mousazadeh ve ark., 2014). Literatür verilerine dayanarak, çalışma kapsamında üretilen yemeklik yağ oleojellerinden 20 °C’de depolanan oleojellerin 4 °C’de depolanan oleojellere göre daha sürülebilir oldukları tespit edilmiştir. Yine, düşük oleojelatör içeriğine sahip oleojellerin, oleojelatör içeriği yüksek oleojellere göre daha sürülebilir oldukları belirlenmiştir. Depolama süreci (90 Gün) boyunca her iki sıcaklıkta (4 ve 20 °C) üretilen oleojellerin ticari mutfak margarini ve şortening grubuna göre daha sürülebilir oldukları, kahvaltılık margarin grubuna göre ise sürülebilirlik özellikleri bakımından benzer oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, aynı yağda, aynı oleojelatör miktarına sahip olarak üretilen oleojellerin sürülebilir özellikleri bakımından Carnuba< Ayçiçek<Balmumu<Monogliserid oleojelleri olarak sıralandığı tespit edilmiştir.



**Çizelge 4. 25.** Farklı yağlarda sabit konsantrasyonda (%10) farklı oleojelatörler ile oluşturulan oleojellerin bazı fiziko-kimyasal, tekstürel ve termal özellikleri (Ort.±Sd)

**Ayçiçek mumu (AM)													
Örnek	KOZ (dak)	YBK (%)	KYİ (%) (35 °C)	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Yapışkanlık (g s)	Tc (°C)	ΔHc (J/g)	Tm (°C)	ΔHm (J/g)
BY***	3.50±0.70Ca*	99.56-0.95Aa	7.15±0.17Aa	67.45±0.13Aa	-3.98±0.01Aa	12.48±0.20Aa	2.64±0.30Aa	547.40±82.40Aa	183.31±29.93ABa	59.20±0.04Aa	18.14±1.86Aa	63.22±0.02Aa	18.69±2.34Aa
FY	4.00±0.00Ca	99.84-0.14Aa	7.17±0.32Aa	71.62±0.26Ab	-2.72±0.04Ab	5.07±0.25Ab	0.23±0.08Ac	617.40±156.20Aa	254.04±31.56ABa	59.28±0.88Aa	17.44±1.36Aa	62.59±1.49Aa	20.30±1.28Aa
NY	4.00±0.00Ca	99.96-0.01Aa	7.01±0.09Aa	59.55±0.09Ac	-4.42±0.04Ac	22.25±0.15Ac	0.45±0.05Ac	513.10±32.10Aa	207.29±42.95ABa	58.21±1.48Aa	17.22±0.99Aa	64.05±0.55Aa	18.99±1.33Aa
ZY	4.00±0.00Ca	99.59-0.55Aa	7.17±0.07Aa	66.31±0.14Ad	-7.40±0.10Ad	28.23±0.21Ad	1.13±0.07Ab	490.46±75.87Aa	151.09±15.50ABa	58.63±0.07Aa	17.31±0.77Aa	63.57±0.65Aa	18.39±1.34Aa
Balmumu (BM)													
Örnek	KOZ (dak)	YBK (%)	KYİ (%) (35 °C)	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Yapışkanlık (g s)	Tc (°C)	ΔHc (J/g)	Tm (°C)	ΔHm (J/g)
BY	6.00±0.00Ba	99.31-0.95Aa	6.09±0.72Ba	53.39±0.79ABb	-3.94±0.14Ab	6.70±0.16Aa	2.51±0.14Aa	668.90±134.91Aa	305.50±67.89Aab	44.30±0.65Ba	12.27±2.66Ba	50.79±0.20Ca	11.60±1.67Ba
FY	7.00±1.41Ba	99.80-0.23Aa	5.37±0.07Ba	61.93±1.26ABa	-2.59±0.06Aa	0.57±0.19Ab	0.26±0.03Ab	441.01±92.58Ab	248.14±35.40Aa	43.20±0.89Ba	12.39±0.13Ba	50.76±0.50Ca	13.39±0.59Ba
NY	7.00±1.41Ba	99.70-0.09Aa	5.44±0.28Ba	52.72±2.20ABc	-3.69±0.41Ab	12.91±1.73Ac	0.59±0.17Ac	638.96±70.49Aab	367.88±26.24Ab	42.40±0.35Ba	11.23±3.98Ba	51.28±0.12Ca	11.69±2.07Ba
ZY	6.00±0.00Ba	99.61-0.36Aa	5.55±0.47Ba	59.22±1.08ABab	-7.24±0.31Ac	19.39±1.73Ad	1.07±0.06Ad	552.74±86.04Aab	274.96±28.06Aa	43.79±0.17Ba	12.99±1.30Ba	50.07±0.40Ca	11.95±1.05Ba
Carnauba Mumu (CM)													
Örnek	KOZ (dak)	YBK (%)	KYİ (%) (35 °C)	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Yapışkanlık (g s)	Tc (°C)	ΔHc (J/g)	Tm (°C)	ΔHm (J/g)
BY	9.00±1.41Aa	91.28-1.88Aa	8.36±0.02Cab	56.90±0.14ABa	-5.17±0.02Aa	16.26±0.08Ab	2.62±0.79Aa	896.40±176.80Aa	378.21±88.45Aa	52.77±1.08Ca	16.88±2.03Ca	75.60±0.10Ba	15.16±0.60Ca
FY	8.50±0.70Aa	97.66-2.91Aa	8.24±0.04Cb	57.92±0.12ABb	-4.98±0.12Ab	13.63±0.25Ac	0.21±0.06Ab	720.50±67.70Aab	303.75±40.16Aab	52.84±1.06Ca	15.32±1.09Ca	75.12±0.07Ba	15.14±1.25Ca
NY	9.50±0.70Aa	97.30-3.80Aa	8.57±0.13Ca	50.44±0.19ABc	-3.55±0.03Ac	15.70±0.20Ab	0.85±0.55Ab	451.70±187.10Ab	201.58±80.68Ab	52.96±0.17Ca	15.45±1.52Ca	78.47±3.45Ba	13.84±0.87Ca
ZY	7.50±0.70Aa	93.41-0.59Aa	8.19±0.04Cb	57.45±0.30ABd	-5.92±0.06Ad	22.19±0.47Aa	1.09±0.07Ab	663.90±80.10Aab	279.93±30.79Ab	51.74±0.01Ca	15.50±0.43Ca	75.99±0.17Ba	14.80±2.20Ca
Monoglisericid (MG)													
Örnek	KOZ (dak)	YBK (%)	KYİ (%) (35 °C)	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Yapışkanlık (g s)	Tc (°C)	ΔHc (J/g)	Tm (°C)	ΔHm (J/g)
BY	7.50±2.12ABa	99.55-0.46Aa	4.81±0.32Da	53.31±0.33Bb	-4.82±0.06Ab	2.63±0.11A	3.17±1.23Aa	181.82±51.24Ba	98.91±20.91Ba	45.88±0.88Da	7.49±0.67Da	51.51±0.02Cab	5.61±0.02Dc
FY	6.50±0.70ABa	99.84-0.21Aa	4.69±0.21Da	57.42±1.09Ba	-3.07±0.11Aa	3.31±0.18A	0.30±0.06Ab	245.25±61.98Ba	168.01±34.47Ba	46.67±0.09Da	7.58±0.61Da	52.68±0.19Ca	7.11±0.26Dab
NY	8.00±0.00ABa	72.25-0.08Ab	4.88±0.07Da	40.99±3.14Bc	-4.00±1.09Aab	11.21±1.61A	3.30±1.68Aa	273.85±68.24Ba	144.04±14.75Ba	44.36±1.11Da	7.84±0.06Da	51.76±0.61Cab	6.49±0.09Db
ZY	7.50±0.70ABa	80.72-7.56Ab	4.75±0.12Da	54.65±0.92Bab	-8.29±0.18Ac	16.75±1.57A	1.37±0.27Aab	276.52±66.00Ba	186.29±41.57Ba	44.79±1.81Da	7.65±0.09Da	50.62±0.41Cb	7.80±0.24Da

\* Aynı sütundaki farklı küçük harfler yağlar arasındaki farklılığı, büyük harfler ise oleojelatörler arasındaki farklılığı göstermektedir ( $p \leq 0.001$ ),

\*\* Her bir oleojelatör kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

\*\*\*BY; Balık yağı, FY; Rafine fındık yağı, NY; Nar çekirdek yağı, ZY; Natürel zeytinyağı.

Çizelge 4.25'te farklı yağlar ile %10 konsantrasyonda ayçiçek mumu, balmumu, carnauba mumu ve monogliserid kullanılarak oluşturulan oleojellerin kristal oluşum zamanları (KOZ), yağ bağlama kapasiteleri (YBK), katı yağ içerikleri (KYİ), renk özellikleri, peroksit değerleri (PV), tekstürel ve termal özellikleri verilmiştir. Oleojellerin renk özelliklerinden L değerinin hem kullanılan yağlar hemde oleojelatörlere göre farklılık gösterdiği tespit edilirken, a\* ve b\* değerlerinin kullanılan oleojelatör çeşidinden etkilenmediği ancak yağ çeşidinden etkilendiği belirlenmiştir. Söz konusu farklılık elde edilen yağın kaynağının farklı olması veya elde edilme yönteminin farklı olması ile açıklanabilmektedir. Karabulut ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, ham fındık yağının renk özelliklerinden L değerinin 40.54, a\* değerinin 2.01 ve b\* değerinin 23.71 olduğu, söz konusu değerlerin rafinasyon sonrası sırasıyla 40.96, (-0.87) ve 2.45 olarak saptandığı rapor edilmiştir (Karabulut ve ark., 2005). Çizelge 4.25'te görüldüğü üzere oleojellerin kristal oluşum zamanlarının kullanılan yağın çeşidinden etkilenmediği, ancak farklı oleojelatörler ile oluşturulan oleojellerin KOZ değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bir başka deyişle, oleojellerin KOZ değerlerinin kullanılan oleojelatör çeşidine bağlı olarak farklılık gösterdiği saptanmıştır. Dassanayake ve ark. (2009) tarafından zeytinyağı ile %0.2 – 4 arasında değişen oranlarda pirinç kepek, Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak elde edilen oleojellerin jel oluşum sürelerinin sırasıyla 4.0 – 11.0, 9.0 – 14.0 ve 12 – 14 dak arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Farklı yağlar ile mumlar kullanılarak üretilen oleojellerin YBK değerlerinin benzer olduğu, MG oleojellerinden ise nar çekirdek ve zeytinyağı kullanılarak üretilen oleojellerin YBK değerlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Üretilen tüm oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin kullanılan oleojelatör çeşidine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Yine, Carnauba mumu kullanılarak üretilen oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin kullanılan yağlara göre farklılık gösterdiği saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Peroksit değeri üzerine kullanılan oleojelatör çeşidinin kayda değer bir etkisinin olmadığı ancak farklı yağlar ile üretilen oleojellerin PV değerlerinin farklı olduğu gözlemlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Mumlar ile üretilen oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin benzer MG ile üretilen oleojellerin farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca AV ve MG kullanılarak üretilen oleojellerin farklı yağlarda benzer sertlik ve yapışkanlık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra, BV ve CV kullanılarak üretilen oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin kullanılan yağ çeşidine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bununla

birlikte, farklı yağlarda, aynı oleojelatör miktarına sahip olarak üretilen oleojellerin sürülebilir özellikleri bakımından Carnauba< Ayçiçek<Balmumu<Monoglisericid oleojelleri olarak sıralandığı tespit edilmiştir. Üretilen tüm oleojellerin kristalizasyon sıcaklıkları ve entalpileri üzerine kullanılan yağ çeşidinin bir etkisinin olmadığı, ancak kullanılan oleojelatör çeşidinin kristalizasyon sıcaklığı ve entalpisi üzerine etkisinin önemli olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Yine, BM ve MG ile üretilen oleojellerin ergime sıcaklıklarının benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra, ergime sıcaklığı ve entalpisi üzerine kullanılan oleojelatör çeşidinin etkili olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, MG ile üretilen oleojellerde ergime sıcaklığı ve entalpisinin kullanılan yağ çeşidine bağlı olarak değiştiği saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ).

Lupi ve ark. (2012) tarafından zeytinyağında MG (Myverol) miktarının %2 (g/g)' den az olduğu durumda kristalizasyon sıcaklığının katı yağ içeriğine bağlı olarak artış gösterdiği, ancak oleojelatör miktarı artırıldığında kristalizasyon sıcaklığındaki artışın sadece oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, çalışmada, reolojik özelliklerin ( $G'$ ) hem yağ fazından hemde oleojelatör fraksiyonundan etkilendiği rapor edilmiştir (Lupi ve ark., 2012). Konuyla ilgili Calligaris ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada oleojel oluşumunda kullanılan yağın viskozitesi arttıkça, jelleşme süresinin de arttığı belirtilmiştir. Çalışmada benzer sonuçların oleojellerin ergime noktalarında da görüldüğü bildirilmiştir. Buna göre %20 oleojelatör içeren kastor oleojelinin ergime noktası 77.10 °C ve entalpisi 4.80 J/g aynı konsantrasyonda oleojelatör içeren keten tohumu yağı oleojelinin ise ergime noktası 89.20 °C ve entalpisi 3.85 J/g olarak rapor edilmiştir. Ayrıca, çalışmada özellikle yağ çeşidinin etkisinin, düşük oleojelatör konsantrasyonlarında ön plana çıktığı bildirilmiştir (Calligaris ve ark., 2014). Literatürde Lupi ve ark. (2012) tarafından elde edilen çıktılar ile bu tez çalışmasında elde edilen çıktıların benzer olduğu görülmüştür.

#### **4.3. Biyo-aktif bileşenler ve aroma maddeleri içeren katkılı oleojel ürünlerinin geliştirilmesi**

Araştırma kapsamında daha önce üretilen balık, fındık, nar çekirdek ve natürel zeytinyağı oleojellerinden 4 ve 20 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen özellikleri itibariyle optimum koşulları taşıyan oleojellerin aroma maddeleri ve biyo-aktif bileşenler ile katkılanarak kahvaltılık margarin/sürülebilir gıda ürünü olarak kullanılabilme potansiyelleri incelenmiştir. Bu amaçla oksidatif stabilitesi yüksek yemeklik

yağlardan rafine fındık yağı ve natürel zeytinyağı; oleojelatörlerden ise yüksek yapısal stabilite gösteren balmumu ve ayçiçek mumu seçilmiştir. Söz konusu yağlar ve oleojelatörler ile hazırlanan oleojeller diasetil (tereyağ aroması), çilek ve muz araomalarıyla aromatize edilmiş ve aynı zamanda eşit miktarlarda  $\beta$ -karoten, A ve D vitaminleri ile katkılandırılmıştır. Geliştirilen taze olejellerin yağ bağlama kapasiteleri (YBK), jel oluşturma süreleri (KOZ), katı yağ içerikleri (KYİ), kristal yapı ve morfolojileri belirlenmiştir (Çizelge 4.26.). Aynı zamanda, bu kapsamda geliştirilen oleojeller 4 ve 20 °C'de 90 gün boyunca depolanmış ve depolama süreci boyunca renk değerleri, peroksit değerleri, toplam antioksidan kapasiteleri ve tekstürel özellikleri izlenmiştir. Hem taze örneklerde belirlenen özellikler bakımından hem de depolama süreci boyunca belirlenen özellikler bakımından aynı koşullarda depolanan kahvaltılık margarin grubu kontrol örnekleri ile karşılaştırılmışlardır

**Çizelge 4. 26.** Biyo aktif bileşen içeren aromatize oleojeller ile kahvaltılık margarin grubu örneklere ilişkin fizikokimyasal ve yapısal özellikler (Ort.±Sd)

Örnek	KOZ (dak)	YBK (%)	KYİ (%)		2-Theta	d (Å)
			(20°C)	(35 °C)		
<b>FBC</b>	6.50±0.71a	0.99±0.01a	3.30±0.01a	2.46±0.20a	3.87, 19.38, 21.36, 23.79	22.75, 4.57, 4.15, 3.73
<b>FBD</b>	6.50±0.71a	0.99±0.01a	3.50±0.07a	2.31±0.13a	4.15, 19.02, 21.39, 23.77	21.23, 4.66, 4.14, 3.73
<b>FBM</b>	6.50±0.71a	0.99±0.01a	3.57±0.02a	2.46±0.13a	4.21, 19.16, 21.38, 23.74	20.94, 4.62, 4.15, 3.74
<b>FSC</b>	3.50±0.71b	0.99±0.00a	3.64±0.00a	3.42±0.00b	3.87, 19.57, 21.44, 23.80, 33.32, 40.42	22.75, 4.53, 4.14, 3.73, 2.68, 2.22
<b>FSD</b>	3.50±0.71b	0.98±0.01a	3.56±0.04a	3.69±0.10b	4.16, 19.38, 21.44, 23.80, 36.09, 43.03	21.22, 4.57, 4.14, 3.73, 2.48, 2.10
<b>FSM</b>	3.50±0.71b	0.98±0.00a	3.68±0.04a	3.75±0.11b	4.07, 19.30, 21.42, 23.80, 35.97	21.64, 4.59, 4.14, 3.73, 2.49
Örnek	KOZ (dak)	YBK (%)	KYİ (%)		2-Theta	d (Å)
			(20°C)	(35 °C)		
<b>ZB3</b>	6.50±0.71a	0.99±0.01a	3.47±0.04a	2.34±0.18a	4.25, 18.89, 21.38, 23.79	20.72, 4.69, 4.15, 3.73
<b>ZBD</b>	6.50±0.71a	0.99±0.01a	3.64±0.13a	2.37±0.08a	3.84, 19.09, 21.42, 23.74	22.97, 4.64, 4.14, 3.74
<b>ZBM</b>	6.50±0.71a	0.99±0.01a	3.55±0.05a	2.38±0.13a	3.86, 19.71, 21.40, 23.76	22.85, 4.49, 4.14, 3.74
<b>ZSC</b>	3.50±0.71b	0.99±0.01a	3.43±0.01a	3.49±0.07b	3.76, 19.40, 21.36, 23.72, 28.87, 35.90	23.46, 4.57, 4.15, 3.74, 3.08, 2.49
<b>ZSD</b>	3.50±0.71b	0.99±0.00a	3.52±0.17a	3.54±0.02b	3.80, 19.38, 21.36, 23.80	23.21, 4.57, 4.15, 3.73
<b>ZSM</b>	3.50±0.71b	0.97±0.00a	3.42±0.05a	3.46±0.11b	3.87, 19.60, 21.46, 23.87	22.76, 4.52, 4.13, 3.73
Örnek	KOZ (dak)	YBK (%)	KYİ (%)		2-Theta	d (Å)
			(20°C)	(35 °C)		
<b>KM-I-</b>	Nd	Nd	7.70 ± 0.01c	Nd	2.12, 4.23, 6.32, 19.04, 23.32	41.63, 20.84, 13.97, 4.65, 3.81
<b>KM-II-</b>	Nd	Nd	12.15 ± 0.39b	Nd	4.11, 6.38, 19.23, 21.06, 22.78, 23.29	21.43, 13.84, 4.60, 4.21, 3.89, 3.81

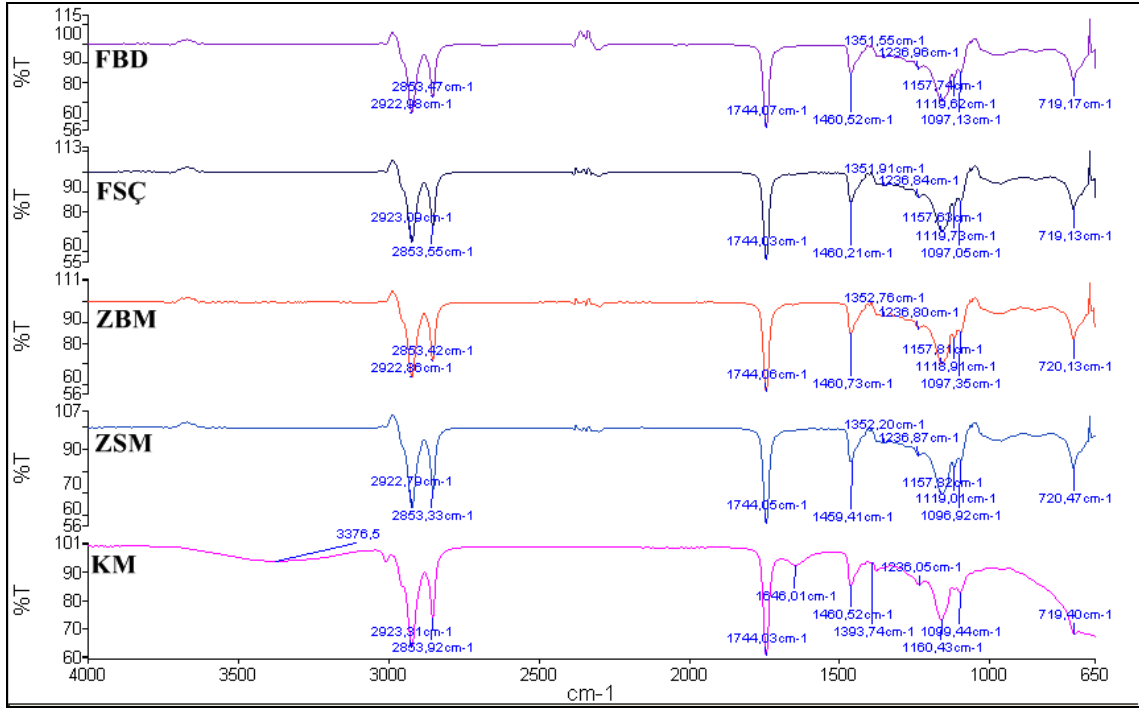
\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çizelge 4.26’da aromatize fındık (FB ve FS) ve zeytinyağı (ZB ve ZS) oleojellerine ait jel oluşturma zamanları, yağ bağlama kapasiteleri, katı yağ içerikleri ve X-ışınları kırınım deseni sonuçları gösterilmiştir. Fındık ve zeytinyağı ile balmumu (FB ve ZB) ilavesiyle elde edilen oleojellerin jel oluşum zamanlarının 6.50 dak ayçiçek mumu (FS ve ZS) ilavesiyle elde edilen oleojellerin ise jel oluşum zamanlarının 3.50 dak olduğu tespit edilmiştir. Farklı yağlarda aynı oleojelatörün jel oluşum zamanlarının aynı olduğu, ancak aynı yağda farklı oleojelatörlerin jel oluşum zamanlarının farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Dassanayake ve ark. (2009) tarafından zeytinyağı ile %0.2 - 4 arasında değişen oranlarda pirinç kepek, Candelilla ve Carnuba mumları kullanılarak elde edilen oleojellerin jel oluşum sürelerinin sırasıyla 4.0 - 11.0, 9.0 - 14.0 ve 12 - 14 dak arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Ayrıca, farklı aroma maddeleri ile katılandırılan oleojellerin jel oluşum sürelerinin aynı olduğu ve böylece aroma katkılarının jel oluşturma süresini etkilemediği saptanmıştır. Aromatize oleojellerinin yağ bağlama kapasitelerinin  $> \%97$  olduğu ve oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasitelerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. Bir başka deyişle, aynı yağda farklı oleojelatörler ile oluşturulan oleojellerin YBK kapasitelerinin benzer olduğu, yine farklı yağlarda aynı oleojelatörler ile oluşturulan oleojellerinde YBK kapasitelerinin benzer olduğu bulunmuştur. Da Pieve ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada morina karaciğer yağı ve monoglisericid kullanılarak oluşturulan oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin %50 – 80 arasında değiştiği belirtilmiştir. Oleojellerin 20 °C’de belirlenen katı yağ içeriklerinin fındık yağı oleojelleri için %3.68 – 3.30 aralığında zeytinyağı oleojelleri için ise %3.42 – 3.64 aralığında olduğu saptanmıştır. Oleojellerin 20 °C’de belirlenen katı yağ içerikleri bakımından herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Oleojellerin 35 °C’de belirlenen katı yağ içeriklerin ise fındık yağı oleojellerinde %2.31 – 3.75 arasında değiştiği, zeytinyağı oleojellerinde ise söz konusu değerlerin %2.34 – 3.54 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ancak oleojellerin 20 °C’deki katı yağ içeriği değerlerinden farklı olarak 35 °C’de aynı yağda farklı oleojelatörlerin katı yağ içeriklerinin farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ticari olarak satın alınan iki farklı marka kahvaltılık margarin örneğinin katı yağ içeriklerinin %7.70 ve %12.15 olduğu bulunmuştur. Oleojel örneklerinin 20 °C’deki katı yağ içeriklerinin kahvaltılık margarin grubu örneklere göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Literatürde yer alan bir çalışmada katı yağ içeriğinin *trans* ve doymuş yağ asidi içeriğine bağlı olarak arttığı vurgulanmıştır. Yine aynı çalışmada, doymamış bağların hidrojenasyon gibi teknikler ile doyurulması işlemi sonucunda yağlarda katı yağ içeriğinin yükseldiği belirtilmiştir (Karabulut ve ark., 2003). Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından yapılan diğer bir çalışmada %3 Candelilla mu içeren aspir yağı oleojelinin 25 °C'deki katı yağ içeriğinin %2.11 olduğu belirtilmiştir. Toro-Vazquez ve ark. (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada %3 Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojellerin -5, 15 ve 25 °C'deki katı yağ içeriklerinin sırasıyla %2.62, 2.40, 2.20 olduğu rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2009). Chopin-Doreteo ve ark. (2011) tarafından yapılan bir başka çalışmada %3 Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojellerinin 15, 5 ve -5 °C' deki katı yağ içerikleri sırasıyla %2.25, 2.40 ve 2.42 olarak rapor edilmiştir (Chopin-Doreteo ve ark., 2011). Konuyla ilgili mumlar ile yapılan bir çalışmada %3 Candelilla mumu içeren aspir yağı oleojellerinin statik koşullar altında 5 °C'deki katı yağ içeriğinin %2.59 olduğu rapor edilmiştir (Alvarez-Miltre ve ark., 2012). Hwang ve ark. (2013) tarafından %1-6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu ile soya yağı kullanılarak oluşturulan oleojellerin katı yağ içeriklerinin %1.0-8.0 arasında değiştiği, ve katı yağ içeriği değerinin eklenen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı ifade edilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Literatür verileri ile çalışma bulguları arasında benzerlik olduğu görülmektedir.

Araştırmada elde edilen aromatize fındık yağı ve zeytinyağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçlarının birbirleriyle oldukça benzer olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.26). Buna göre, balmumu ve ayçiçek mumu ile elde edilen aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin dar açı bölgesinde 21.00 Å civarında bir pikin yer aldığı, geniş açı bölgesinde ise 4.50, 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin yer aldığı belirlenmiştir. Chopin-Doreteo ve ark. (2011) tarafından %3 ve %6 konsantrasyonlarda Candelilla mumu ilave edilerek hazırlanan aspir yağı oleojellerinde dar açı bölgesinde 4.08 Å ve 3.66 Å piklerin yer aldığı rapor edilmiştir. Dassanayale ve ark. (2009) tarafından % 8 pirinç kepek, Candelilla ve Carnauba mumu ilave edilerek üretilen zeytinyağı oleojellerinde 20 °C'de geniş açı bölgesinde 4.07-4.14 Å ve 3.65-3.74 Å piklerin yer aldığı rapor edilmiştir. Söz konusu piklerin, ortorombik dik althücre (O<sub>⊥</sub>) düzenlenmesi ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, söz konusu piklere ait d değerlerinin triaçilgliserol ağından kaynaklanan β' polimorfik formuna ait d değerlerine benzer olduğu rapor edilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Literatürde, mumlar ile elde edilen likit yağ oleojellerinden rapor edilen d değerleri ile çalışmada geliştirilen aromatize oleojellerden elde edilen d

değerleri benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, kahvaltılık margarin grubu örneklerin dar açı bölgesinde yer alan piklerden elde edilen  $d$  değerlerinin  $4.60 \text{ \AA}$  ve  $3.81 \text{ \AA}$  olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Söz konusu  $d$  değerlerinin aromatize oleojellerden elde edilen  $d$  değerleri ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır.



**Şekil 4. 9.** Çalışma kapsamında üretilen biyo aktif bileşen içeren aromatize oleojeller ile kahvaltılık margarin örneğinin FT-IR spektrumları

Biyo aktif bileşen içeren aromatize fındık yağı ve zeytinyağı ile balmumu ve ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellere ait Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spektrumları Şekil 4.9’da verilmiştir. Aromatize oleojellerden balmumu ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin FT-IR spektrumlarının oldukça benzer oldukları belirlenmiştir. Buna göre aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin FT-IR spektrumlarında  $2800\text{-}3100 \text{ cm}^{-1}$  bantında görülen  $2922 \text{ cm}^{-1}$  ve  $2853 \text{ cm}^{-1}$  civarındaki piklerin trigliseridlerin  $-\text{CH}_2$  ve  $-\text{CH}_3$  alifatik gruplarının simetrik ve asimetric C-H gerilim titreşimlerinden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Yine  $1600\text{-}1800 \text{ cm}^{-1}$  bantında görülen  $1743 \text{ cm}^{-1}$  civarındaki pikin yağlarda doymuş yağ asidi içeriği ve kısa -C zincirine sahip yağ asitleri ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra  $1390\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$  bantında görülen özellikle  $1450 \text{ cm}^{-1}$  civarındaki pikin yağlarda toplam doymamışlık derecesini gösterdiği bildirilmiştir. Yine  $3010 \text{ cm}^{-1}$  civarında yer alan pikin yağlarda doymamışlık derecesi ile ilişkili olduğu



vurgulanmıştır. Ayrıca 1200-1390  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan 1236  $\text{cm}^{-1}$  civarında görülen pikin konjuge olmayan cis çift bağına özgü deformasyon titreşimi sonucu ve 1378  $\text{cm}^{-1}$  civarında görülen pikin ise metilen grubunun deformasyon titreşimi sonucu olduğu rapor edilmiştir. 1000-1100  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin C-C bağı titreşimi sonucu ve 800-970  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin ise C=O bağı titreşimi sonucu meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca literatür verilerinde özellikle bitkisel yağlarda 3100-4000  $\text{cm}^{-1}$  bantında herhangi bir pikin gözlemlenmediği belirtilmiştir (Vlachos ve ark., 2006; Poiana ve ark., 2012). Ayrıca yapılan biyo-aktif bileşen katkılarının ve aromaların oleojellerin kimyasal yapılarında bir değişikliğe neden olmadığı gözlemlenmiştir. Kahvaltılık margarin örneğinde 3500–3000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında aromatize oleojellerden farklı olarak bir pikin yer aldığı tespit edilmiştir. Literatürde yer alan bir çalışmada 3550–3450  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında yer alan piklerin moleküler içi hidrojen bağlarını gösterdiği ve 3570-3540  $\text{cm}^{-1}$  yer alan piklerin ise molekül dışı hidrojen bağlarını gösterdiği belirtilmiştir. Buna göre KM örneğinde moleküler içi ve dışı H-bağlarının olduğu saptanmıştır (den Adel ve ark., 2010).

Çizelge 4. 27. Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojeller ile kahvaltılık margarin örneklerine ait termal özellikler (Ort. ± Sd)

Örnek	Kristalleşme			Ergime		
	Onset(c) (°C)	Pik(T <sub>c</sub> ) (°C)	ΔH(c)(J/g)	Onset (°C)	Pik(T <sub>m</sub> )	Δ Hm (J/g)
<b>FBC</b>	43.26±0.29a	39.90±0.25a	-5.92±0.14a	36.36±0.67a	47.67±0.33a	6.64±0.63a
<b>FBD</b>	44.28±1.46a	40.24±0.49a	-7.21±1.86a	35.02±0.24a	47.82±0.57a	7.37±0.36a
<b>FBM</b>	42.80±0.15a	39.54±0.13a	-5.74±0.25a	36.27±0.81a	47.71±0.05a	5.76±0.15a
<b>FSC</b>	58.33±0.85b	55.45±0.13b	-10.33±0.61b	50.32±1.03b	61.02±0.18b	10.45±0.83a
<b>FSD</b>	58.72±0.10b	55.45±0.21b	-10.32±1.27b	50.30±0.63b	60.46±0.13b	10.63±0.74a
<b>FSM</b>	58.34±0.53b	55.50±0.26b	-10.80±0.20b	50.24±1.69b	60.75±0.09b	10.94±0.18a
Örnek	Onset(c) (°C)	Pik(T <sub>c</sub> ) (°C)	ΔH(c)(J/g)	Onset (°C)	Pik(T <sub>m</sub> )	Δ Hm (J/g)
<b>ZBC</b>	42.95±0.02a	40.04±0.29a	-5.75±0.15a	36.12±0.16a	47.35±0.14a	6.38±0.23a
<b>ZBD</b>	42.94±0.47a	39.90±0.50a	-5.83±0.28a	32.96±3.92a	47.04±0.50a	5.89±0.20a
<b>ZBM</b>	42.81±0.22a	39.74±0.08a	-5.44±0.26a	35.19±0.97a	47.33±0.13a	7.80±0.12a
<b>ZSC</b>	58.15±0.25b	54.71±0.38b	-10.86±0.50b	49.81±0.37b	59.87±0.00b	11.23±0.49a
<b>ZSD</b>	57.94±0.49b	55.96±0.47b	-10.52±0.73b	50.35±0.51b	60.65±0.20b	10.54±0.72a
<b>ZSM</b>	57.58±0.44b	55.25±0.17b	-9.78±0.23b	51.29±1.02b	60.22±0.02b	10.21±0.08a
Örnek	Onset(c) (°C)	Pik(T <sub>c</sub> ) (°C)	ΔH(c)(J/g)	Onset (°C)	Pik(T <sub>m</sub> )	Δ Hm (J/g)
<b>Kahvaltılık Margarin-I-</b>	18.61 ± 0.07c	16.16 ± 0.08c	-2.28 ± 0.14c	37.42 ± 0.01a	40.36 ± 0.00a	76.80 ± 0.21b
<b>Kahvaltılık Margarin –II-</b>	19.42 ± 0.74c	16.91 ± 0.75c	-2.89 ± 0.13c	35.36 ± 0.01a	47.11 ± 0.00a	49.19± 2.51b

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çizelge 4.27’de aromatize oleojel örneklerine ait termal özelliklere yer verilmiştir. Fındık yağı balmumu (FBC, FBD ve FBM) oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıkları (39.54 – 40.24 °C) ile zeytinyağı balmumu (ZBC, ZBD ve ZBM) oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıklarının (39.74 – 40.04 °C) oldukça benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Fındık yağı ayçiçek mumu (FSC, FSD ve FSM) oleojellerinin (55.45 – 55.50 °C) ve zeytinyağı ayçiçek mumu (ZSC, ZSD ve ZSM) oleojellerinde (54.71 – 55.96 °C) kristalizasyon sıcaklıklarının oldukça benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ancak, her iki yağda balmumu ve ayçiçek mumu ile oluşturulan oleojellerin kristalizasyon sıcaklıklarının birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Aromatize oleojellerin kristalizasyon entalpilerinde de benzer sonuçlara rastlanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Buna göre, balmumu oleojellerinin kristalizasyon entalpileri (-5.44) – (-7.21) J/g ayçiçek mumu oleojellerinin kristalizasyon entalpileri ise (-9.78) – (-10.86) J/g arasında değiştiği bulunmuştur. Aromatize oleojellerin balmumu ve ayçiçek mumu oleojellerinin ergime sıcaklıkları sırasıyla 47.04 – 47.82 °C ve 59.87 – 61.02 °C arasında olduğu bulunmuştur. Farklı oleojelatörler ile elde edilen aromatize oleojellerin ergime sıcaklıklarının ve entalpilerinin farklı olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, kontrol grubu kahvaltılık margarin örneklerinin ergime sıcaklıklarının 40.36 ve 47.11 °C’de olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu verilere göre, %5 balmumu içeren aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin ergime sıcaklıkları ile kahvaltılık margarin grubunun ergime sıcaklıklarının oldukça benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Öte yandan, oleojellerin ergime entalpilerinin kahvaltılık margarin örneklerinin ergime entalpilerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.27). Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından yapılan konuyla ilgili bir çalışmada aspir yağı ve %3 Candelilla mumu içeren oleojelin kristalizasyon sıcaklıkları 44.83 °C ve 44.00 °C, ergime sıcaklıklarının ise 59.46 °C ve 69.90 °C olarak rapor edilmiştir. Dassanayake ve ark. (2009) tarafından yapılan bir diğer Carnauba mumu ergime sıcaklığı ve entalpisinin sırasıyla 84 °C ve 137.60 J/g olarak saptandığı bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Aynı çalışmada, zeytinyağı ile %5-10 pirinç kepek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıkları sırasıyla 57.90 °C ve 60.30 °C ergime sıcaklıkları ise 60.80 °C ve 65.20 °C olarak belirtilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Hwang ve ark. (2012) tarafından yapılan bir diğer çalışmada soya yağı ile %0.5 – 10.00 gibi farklı konsantrasyonlarda ayçiçek mumu katılarak oluşturulan oleojellerin ergime noktalarının 47.00 – 65.00 °C arasında değiştiği bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada soya yağı ile %2, 4 ve 6 konsantrasyonlarında ayçiçek mumu ile oluşturulan oleojellerin ergime noktalarının 50 – 70 °C arasında olduğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada ticari sürülebilir yağ örneklerinin

ergime noktalarının 20 – 30 °C aralığında ve ticari margarin örneklerinin ise 25 – 30 °C aralığında olduğu belirtilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Literatürde rapor edilen sonuçlar ile araştırma bulgularının benzer olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 28. 4°C’ de 90 gün boyunca depolanan biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellerin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)**

0. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FBC</b>	46.18±0.01a	-4.66±0.00a	25.82±0.01a	0.40±0.03a	0.14±0.00a	456.02±56.11ab	1465.21±279.10ab	-331.43±45.90c	-154.68±10.82b
<b>FBD</b>	48.77±0.04a	-4.02±0.01a	19.84±0.10a	0.62±0.03a	0.14±0.00a	216.03±14.04b	581.17±39.63bc	-161.95±2.03ab	-67.34±2.44a
<b>FBM</b>	45.76±0.04a	-4.90±0.01a	25.49±0.04a	0.40±0.03a	0.25±0.00a	278.25±12.49bc	688.44±18.26bc	-216.54±30.19abc	-64.23±5.32a
<b>FSC</b>	60.16±0.06b	-4.74±0.01a	34.49±0.11b	0.37±0.03a	0.21±0.01a	426.16±42.82abc	1289.91±231.64abc	-171.43±10.86ab	-91.98±22.03a
<b>FSD</b>	60.65±0.03b	-4.99±0.01a	34.61±0.06b	0.47±0.03a	0.15±0.01a	564.40±54.44a	1758.33±363.08a	-259.76±22.73bc	-117.38±23.64ab
<b>FSM</b>	59.84±0.01b	-5.02±0.01a	34.92±0.04b	0.37±0.03a	0.15±0.01a	379.97±65.34abc	1013.57±173.61abc	-143.56±17.16ab	-73.87±6.01a
<b>ZBC</b>	49.90±0.02a	-4.13±0.02a	20.42±0.03a	1.03±0.03b	1.20±0.00b	414.43±23.56abc	1221.61±124.24abc	-315.46±34.42c	-107.50±7.81ab
<b>ZBD</b>	46.24±0.01a	-5.25±0.01a	28.22±0.01a	0.94±0.03b	1.15±0.01b	322.67±8.54bc	906.71±43.33abc	-236.73±17.52abc	-77.10±6.34a
<b>ZBM</b>	45.95±0.02a	-5.20±0.01a	28.31±0.04a	0.97±0.04b	1.31±0.00b	466.01±49.74ab	1361.84±152.67abc	-332.55±45.14c	-101.88±3.24ab
<b>ZSC</b>	61.16±0.03b	-4.67±0.01a	33.33±0.07b	0.91±0.03b	1.34±0.00b	350.14±47.09abc	894.52±122.06abc	-125.35±10.68ab	-66.13±10.43a
<b>ZSD</b>	59.20±0.00b	-5.26±0.00a	38.39±0.02b	1.01±0.03b	1.27±0.01b	403.61±60.88abc	1112.36±186.43abc	-149.86±15.28ab	-75.10±7.46a
<b>ZSM</b>	59.44±0.10b	-5.29±0.00a	39.95±0.18b	0.99±0.03b	1.41±0.01b	343.19±50.71abc	836.80±93.30abc	-118.00±13.10a	-58.01±1.00a
<b>KM-I-</b>	82.06 ± 1.42c	-2.77 ± 0.19b	11.21 ± 1.06c	0.06 ± 0.03c	Nd	250.51 ± 2.60bc	522.40 ± 19.60c	-121.22 ± 1.03ab	-82.40 ± 1.85a
<b>KM-II-</b>	84.18 ± 2.46c	-2.35 ± 0.03b	9.66 ± 0.27c	0.05 ± 0.03c	Nd	290.58 ± 1.03bc	483.05 ± 6.39c	-152.67 ± 9.10ab	-91.20 ± 7.33a

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.28. Devamı

30. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FBC</b>	49.93±0.02a	-3.84±0.03b	18.33±0.04a	0.58±0.02b	0.21±0.01a	196.55±23.60a	461.68±71.63a	-137.08±17.05ab	-46.05±7.90ab
<b>FBD</b>	50.62±0.04a	-3.94±0.01b	15.32±0.04a	0.89±0.01b	0.15±0.01a	236.01±16.65a	585.27±26.82a	-173.89±17.16b	-60.75±0.59abc
<b>FBM</b>	46.24±0.05a	-4.84±0.01b	23.97±0.09a	0.49±0.02b	0.26±0.01a	196.92±34.97a	471.37±76.26a	-137.59±28.42ab	-49.10±6.35ab
<b>FSC</b>	59.63±0.04b	-4.04±0.02ab	29.82±0.02b	0.40±0.01bc	0.20±0.01a	250.67±46.59a	533.48±104.2a	-86.48±15.09ab	-36.55±1.67a
<b>FSD</b>	60.90±0.07b	-3.78±0.02ab	30.45±0.04b	0.76±0.02bc	0.15±0.01a	246.47±44.13a	557.59±105.47a	-103.24±19.40ab	-47.83±5.10ab
<b>FSM</b>	60.06±0.02b	-3.89±0.01ab	30.03±0.01b	0.41±0.01bc	0.18±0.01a	222.22±46.73a	436.85±97.57a	-77.50±17.27a	-33.01±0.45a
<b>ZBC</b>	61.61±0.04b	-6.56±0.06c	33.20±0.41b	1.16±0.02a	1.17±0.00b	152.79±15.53a	330.41±28.38a	-108.56±12.20ab	-38.43±2.85a
<b>ZBD</b>	60.17±0.00b	-7.95±0.01c	37.56±0.03c	1.26±0.02a	0.93±0.01b	198.58±31.56a	465.56±89.62a	-140.05±28.42ab	-51.34±10.37ab
<b>ZBM</b>	59.10±0.00b	-6.77±0.01c	38.45±0.01c	1.19±0.02a	1.07±0.01b	239.74±5.83a	637.21±20.62a	-176.65±6.15b	-70.97±7.98bc
<b>ZSC</b>	62.46±0.01b	-5.56±0.03d	35.94±0.17c	1.24±0.01a	1.03±0.00b	191.34±21.86a	369.59±23.11a	-70.51±5.94a	-31.11±0.48a
<b>ZSD</b>	63.48±0.01b	-6.02±0.01d	40.43±0.04c	1.33±0.01a	1.01±0.01b	209.11±41.59a	421.27±97.20a	-75.87±18.17a	-34.73±5.24a
<b>ZSM</b>	62.94±0.01b	-5.75±0.01d	39.96±0.02c	1.28±0.02a	1.04±0.01b	234.74±46.88a	514.34±108.86a	-88.90±13.47ab	-40.49±3.95a
<b>KM-I-</b>	82.62 ± 1.86c	-2.75 ± 0.06a	11.26 ± 1.48d	0.07 ± 0.02c	Nd	212.63± 3.36a	272.50±6.40a	-72.06 ± 2.71a	-45.13 ± 5.52ab
<b>KM-II-</b>	83.72 ± 2.71c	-2.52 ± 0.15a	10.00 ± 0.52d	0.12 ± 0.06c	Nd	267.41± 6.48a	379.60±13.60a	-145.13 ± 1.24ab	-88.00 ± 1.41c

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.28. Devamı

60. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FBC</b>	45.09±0.05a	-2.34±0.00a	9.92±0.01a	0.73±0.02a	0.20±0.00a	124.22±15.2b	294.89±45.61ab	-79.81±11.69b	-31.78±2.62cd
<b>FBD</b>	44.65±0.18a	-2.47±0.00a	8.65±0.05a	1.25±0.02a	0.17±0.00a	194.72±2.32ab	537.35±56.89ab	-126.71±2.06b	-63.17±1.73d
<b>FBM</b>	40.31±0.59a	-2.88±0.00a	13.94±0.16a	0.76±0.01a	0.22±0.00a	165.22±10.53ab	423.20±45.34ab	-107.86±7.60b	-50.53±4.42cd
<b>FSC</b>	48.64±0.06b	-2.62±0.01a	19.12±0.06b	0.65±0.02a	0.20±0.00a	320.68±66.09a	841.43±223.86a	-128.81±24.36b	-57.23±13.95cd
<b>FSD</b>	52.79±0.00b	-2.73±0.01a	17.58±0.01b	0.49±0.02a	0.14±0.00a	203.99±17.08ab	396.80±9.63ab	-83.25±3.76b	-35.99±2.48cd
<b>FSM</b>	51.10±1.57b	-2.48±0.14a	16.43±0.75b	1.06±0.02a	0.22±0.00a	254.52±35.98ab	595.06±75.79ab	-97.14±9.63b	-42.28±2.06cd
<b>ZBC</b>	43.49±0.01a	-4.33±0.02b	17.24±0.06b	1.47±0.02b	1.00±0.00b	120.74±10.5b	261.74±30.7b	-74.56±7.89b	-29.53±1.89cd
<b>ZBD</b>	44.52±0.07a	-5.17±0.01b	17.50±0.05b	1.75±0.02b	0.98±0.00b	129.07±14.04b	287.36±46.82ab	-84.66±12.20b	-33.35±1.53cd
<b>ZBM</b>	42.81±0.07a	-4.02±0.00b	16.85±0.05b	1.65±0.02b	1.06±0.00b	110.14±11.11b	235.26±38.14b	-63.23±9.59b	-26.25±2.84c
<b>ZSC</b>	51.84±0.01b	-4.51±0.01b	26.68±0.09c	1.67±0.02b	1.11±0.00b	258.21±46.83ab	611.60±136.33ab	-104.31±17.73b	-46.20±9.38cd
<b>ZSD</b>	51.28±0.06b	-4.19±0.02b	25.77±0.11c	1.82±0.02b	0.92±0.00b	244.02±41.7ab	575.58±132.15ab	-91.14±11.94b	-43.51±8.53cd
<b>ZSM</b>	51.16±0.06b	-4.28±0.02b	27.54±0.21c	1.46±0.02b	0.84±0.00b	274.24±54.4ab	736.66±184.35ab	-110.43±16.40b	-52.94±11.05cd
<b>KM-I-</b>	80.84±0.02c	-2.54±0.01a	9.28±0.05a	0.43±0.20a	Nd	201.02±1.44ab	273.08±4.36b	-83.58±5.06b	-41.67±2.35a
<b>KM-II-</b>	82.41±0.27c	-2.58±0.01a	9.71±0.00a	0.15±0.00a	Nd	283.99±5.64ab	384.78±6.75ab	-155.32±7.52a	-81.71±2.42b

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.28. Devamı

90. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FBC</b>	45.16±0.48d	-2.58±0.01a	9.91±0.06d	0.98±0.02bc	0.23±0.00a	94.98±5.21d	191.10±14.03b	-51.98±2.82a	-22.73±1.59a
<b>FBD</b>	43.30±0.26d	-2.63±0.02a	9.58±0.02d	1.81±0.02bc	0.18±0.01a	119.71±15.38cd	267.62±59.70ab	-77.35±14.44a	-32.16±4.23a
<b>FBM</b>	41.30±0.02d	-3.36±0.01a	14.10±0.02d	0.97±0.02bc	0.32±0.01a	134.62±21.83bcd	315.46±78.91ab	-86.51±19.84a	-37.92±5.16a
<b>FSC</b>	50.42±0.02bc	-3.27±0.01a	20.18±0.07a	0.83±0.02c	0.20±0.01a	270.47±63.56abc	630.75±136.62a	-103.42±20.38a	-51.51±5.21a
<b>FSD</b>	52.68±0.09bc	-3.37±0.01a	18.76±0.06a	1.35±0.02c	0.20±0.01a	282.92±29.1ab	690.78±94.66a	-115.94±4.24a	-54.42±8.47a
<b>FSM</b>	51.03±0.24bc	-3.26±0.00a	20.12±0.05a	0.88±0.02c	0.37±0.01a	269.49±41.45abc	665.21±130.92a	-104.39±7.24a	-49.81±8.75a
<b>ZBC</b>	48.00±0.37c	-5.27±0.11b	23.66±0.71b	1.78±0.02ab	1.24±0.01b	123.51±15.57bcd	265.65±40.70ab	-71.27±9.74a	-28.92±1.51a
<b>ZBD</b>	47.87±0.38c	-6.31±0.03b	23.03±0.54b	1.92±0.02ab	0.86±0.00b	164.52±13.21bcd	420.43±39.28ab	-99.15±8.29a	-45.82±0.96a
<b>ZBM</b>	48.31±0.06c	-5.13±0.00b	23.59±0.14b	1.91±0.02ab	1.26±0.00b	132.77±7.53bcd	288.77±18.68ab	-80.90±5.47a	-35.44±0.30a
<b>ZSC</b>	53.18±0.79b	-4.77±0.05b	29.23±0.08c	1.95±0.02a	0.98±0.00b	256.97±28.99abcd	627.05±76.39a	-100.05±11.00a	-49.64±4.58a
<b>ZSD</b>	54.08±0.14b	-4.80±0.01b	28.99±0.20c	2.06±0.02a	1.10±0.01b	196.81±28.49bcd	427.83±75.95ab	-75.26±10.75a	-34.49±4.24a
<b>ZSM</b>	52.52±0.20b	-4.54±0.00b	29.93±0.27c	2.09±0.02a	0.92±0.00b	223.52±42.17abcd	554.18±120.47a	-92.81±15.42a	-43.67±9.86a
<b>KM-I-</b>	84.59±0.03a	-2.66±0.04a	13.05±0.03d	0.54±0.01c	Nd	221.15±16.87abcd	364.57±59.93ab	-94.47±9.34a	-55.48±10.85a
<b>KM-II-</b>	86.38±0.01a	-2.58±0.02a	11.08±0.06d	0.30±0.05c	Nd	370.93±21.86a	538.41±60.28a	-199.40±10.17b	-100.62±9.35b

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Çizelge 4.28’de aromatize fındık ve zeytinyağlarının 4 °C’de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk, peroksit değeri, toplam antioksidan kapasite ve tekstürel özelliklerine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Balmumu kullanılarak üretilen fındık yağı oleojellerinin (FBC, FBD ve FBM) L değerlerinin 40.31 – 50.62 arasında, zeytinyağı oleojellerinin (ZBÇ, ZBD ve ZBM) ise 42.81 – 61.61 arasında değiştiği saptanmıştır. Ayçiçek mumunun oleojelatör olarak kullanıldığı fındık yağı oleojellerinin (FSC, FSD ve FSM) L değerlerinin 48.64 – 60.90 arasında ve zeytinyağı oleojellerinin (ZSC, ZSD ve ZSM) ise 51.16 – 63.48 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, farklı yağlarda aynı oleojelatörler ile oluşturulan oleojellerin L değerlerinin benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, kontrol grubu örneklerinin L değerlerinin 80.84 – 86.38 arasında değiştiği ve aromatize oleojellerden farklı olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Aromatize fındık yağı oleojellerinin  $a^*$  değerlerinin -2.34 ile -4.99 değerleri arasında, zeytinyağı oleojellerinin -4.02 ile -7.95 değerleri arasında ve kahvaltılık margarin örneklerinin -2.35 ile -2.77 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Buna göre, depolama sürecinin 60 ve 90. günlerinde fındık yağı oleojellerinin  $a^*$  değerlerinin kahvaltılık margarin örneklerinin  $a^*$  değerlerine benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Yine, taze oleojellerin (0.Gün)  $a^*$  değerleri bakımından farklılık saptanmaz iken, depolama sürecinde aynı yağda farklı oleojelatörler ile oluşturulan oleojellerin  $a^*$  değerlerinin farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Balmumu kullanılarak üretilen aromatize fındık yağı oleojellerinin (FBC, FBD ve FBM)  $b^*$  değerlerinin 8.65 – 34.92 arasında, zeytinyağı oleojellerinin (ZBÇ, ZBD ve ZBM) 16.85 – 40.43 arasında ve kahvaltılık margarin örneklerinin (KM-I-ve -II-)  $b^*$  değerlerin ise 9.28 ve 13.05 arasında olduğu bulunmuştur. Elde edilen verilere göre fındık yağı ve balmumu ile üretilen oleojellerin  $b^*$  değerlerinin kahvaltılık margarin örneklerinin  $b^*$  değerlerine benzer olduğu belirlenmiştir (60 ve 90. Günlerde) ( $p \leq 0.001$ ).

Aromatize fındık yağı oleojellerinin depolama süreci boyunca peroksit sayılarının 0.37 – 1.81 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği, zeytinyağı oleojellerinin ise 0.94 – 2.09 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği, kahvaltılık margarin örneklerinin ise 0.05 – 0.54 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.28). Depolama süreci sonunda aromatize rafine fındık yağı oleojelleri (FB ve FS) ile aromatize natürel sızma zeytinyağı oleojellerinin (ZB ve ZS) peroksit değeri bakımından, Türk Gıda Kodeksi’nde (rafine yağlar için peroksit değeri en çok 10 mekO<sub>2</sub>/kg) (TGK, 2012) ve (natürel sızma zeytinyağı için peroksit değeri en çok 20 mekO<sub>2</sub>/kg) (TGK, 2010) belirtilen limitlere uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, TS 2812 bitkisel margarin standardına göre margarinlerin peroksit değerinin en çok 5

mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> olması gerektiği belirtilmiştir (TSE,1977). Çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan kahvaltılık grubu margarinlerin depolama süreci sonunda TS 2812’de belirtilen limitler içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Depolamanın 90. gün sonuçlarına göre peroksit sayıları bakımından kahvaltılık margarin grubu ile fındık yağı oleojellerinin benzer, zeytinyağı oleojellerinin ise farklı olduğu tespit edilmiştir (p≤0.001). Söz konusu farklılığın margarin örneklerinin doymuş yağ içeriğinin yüksek olması, kullanılan yağların farklı olması ve üretim tekniklerin farklı olması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

Oleojel örneklerinin toplam antioksidan kapasite değerlerinin depolama süreci boyunca fındık yağı oleojelleri için 0.14 – 0.34 µmol TEAC/g aralığında, zeytinyağı oleojelleri için ise 0.84 – 1.26 µmol TEAC/g aralığında değiştiği bulunmuştur (Çizelge 4.28). Aromatize fındık yağı oleojelleri ile aromatize zeytinyağı oleojellerinin toplam antioksidan kapasitelerinin farklı olduğu saptanmıştır (p≤0.001). Bu farklılığın yağların kimyasal kompozisyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira, zeytinyağı tamamen fiziksel işlemler sonucu üretilen fenolik bileşen içeriği yüksek bir yağ iken, fındık yağı rafinasyon işlemi sonucunda üretilen bir yağ olarak göze çarpmaktadır. Literatürde rafinasyon işlemi, esnasında yağın doğal stabilitesini sağlayan fenolik bileşenler ve doğal antioksidanlar gibi maddelerin kayba uğradığı bildirilmiştir (Verleyen ve ark., 2002). Fındık yağında yapılan bir çalışmada rafinasyon işleminin, ham yağın renk değeri, tokoferol ve sterol miktarında azalmaya yol açtığı bildirilmiştir. Buna göre, ham fındık yağında 51.89 mg/100g olan toplam tokoferol miktarının rafinasyon sonrası 46.67 mg/100g düştüğü rapor edilmiştir (Karabulut ve ark., 2005). Öğütücü ve ark. (2008) tarafından natürel zeytinyağları ile ilgili bir çalışmada zeytinyağlarının toplam antioksidan kapasite değerlerinin 0.25 – 1.67 mmol TE/kg arasında saptandığı belirtilmiştir. Literatür verileri ile çalışmadan elde edilen bulguların benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Aromatize balmumu içeren fındık yağı oleojellerinin sertlik değerlerinin deopolama süreci boyunca 94.98 – 456.02 g kuvvet arasında değiştiği ayçiçek mumu içeren fındık yağı oleojellerinin ise sertlik değerlerinin 203.99 – 564.40 g kuvvet arasında değiştiği bulunmuştur (Çizelge 4.28). Aromatize balmumu içeren zeytinyağı oleojellerinin sertlik değerlerinin deopolama süreci boyunca 110.14 – 466.01 g kuvvet arasında değiştiği ayçiçek mumu içeren zeytinyağı oleojellerinin ise sertlik değerlerinin 191.34 – 403.61 g kuvvet değerleri arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.28). Bununla birlikte, balmumu ile üretilen aromatize oleojellerin yapışkanlık değerlerinin 63.23 – 332.55 g kuvvet, aromatize ayçiçeği mumu oleojellerinin ise 70.51 – 259.76 g kuvvet değerleri arasında

değiştiği tespit edilmiştir. Kahvaltılık margarin örneklerinin sertlik değerlerinin 4 °C’de depolama süresi boyunca 201.02 – 370.93 g kuvvet değerleri arasında, yapışkanlık değerlerinin ise 72.06 – 199.40 g kuvvet arasında değerliği belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Çalışmada elde edilen bu sonuçlara göre, özellikle aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin sertlik değerlerinin kahvaltılık margarin örneklerinin sertlik değerleriyle oldukça benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ) (60. ve 90 günlerde).

**Çizelge 4. 29.** 20°C’ de 90 gün boyunca depolanan biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellerin renk, peroksit sayısı ve tekstürel özellikleri (Ort. ± Sd)

0. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (μmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FBC</b>	46.04±0.42a	-5.43±0.06bc	26.51±1.23d	0.57±0.04a	0.20±0.01a	91.00±5.28a	188.50±8.16a	-61.32±4.63ab	-25.82±2.01a
<b>FBD</b>	45.29±0.05a	-5.60±0.04bc	27.74±0.11d	0.65±0.03a	0.11±0.00a	126.44±9.30a	289.21±25.89a	-87.63±9.59ab	-36.17±1.73a
<b>FBM</b>	45.30±0.19a	-5.54±0.04bc	25.61±0.50d	0.40±0.03a	0.26±0.00a	115.76±14.33a	259.76±31.46a	-84.41±11.29ab	-34.74±3.04a
<b>FSC</b>	57.61±0.01b	-5.06±0.01b	36.69±0.02a	0.44±0.03a	0.20±0.01a	294.43±48.14b	687.83±113.82b	-99.65±8.87b	-46.99±4.59b
<b>FSD</b>	55.72±0.02b	-4.63±0.02b	36.55±0.13a	0.56±0.03a	0.12±0.01a	347.46±47.38b	842.20±113.82b	-119.02±10.79b	-57.50±6.39b
<b>FSM</b>	58.07±0.00b	-5.05±0.04b	35.82±0.03a	0.42±0.04a	0.15±0.01a	321.91±42.68b	758.52±11.75b	-107.44±1.95b	-52.34±3.56b
<b>ZBC</b>	45.19±0.21a	-5.81±0.06c	31.01±1.12b	1.09±0.03b	0.96±0.01b	115.04±12.67a	288.70±45.71a	-68.49±7.17a	-39.19±2.66ab
<b>ZBD</b>	50.69±0.06a	-6.41±0.03c	32.35±0.12b	1.17±0.03b	1.03±0.00b	117.90±13a	284.64±34.39a	-74.42±10.86a	-39.82±4.57ab
<b>ZBM</b>	44.40±0.32a	-5.52±0.09c	31.10±1.03b	1.07±0.03b	1.07±0.01b	115.00±12.34a	279.05±35.9a	-70.51±9.19a	-39.54±4.12ab
<b>ZSC</b>	56.04±0.01b	-5.13±0.01b	41.37±0.05c	1.03±0.03b	1.10±0.01b	358.54±44.13c	1035.75±179.58c	-146.71±23.64c	-80.92±17.74c
<b>ZSD</b>	56.40±0.01b	-5.19±0.01b	40.35±0.07c	1.06±0.03b	0.98±0.01b	422.61±65.26c	1183.19±206.06c	-150.4±17.41c	-74.39±10.68c
<b>ZSM</b>	56.03±0.18b	-5.05±0.08b	42.43±0.61c	1.07±0.03b	1.46±0.01b	439.88±70.01c	1344.12±281.46c	-177.77±23.06c	-89.31±9.93c
<b>KM-I-</b>	85.34 ± 1.21c	-2.68 ± 0.05a	12.17 ± 0.07e	0.07 ± 0.02c	Nd	90.87 ± 4.41a	137.77 ± 5.66a	-40.98 ± 3.48a	-25.59 ± 3.08ab
<b>KM-II-</b>	87.23 ± 1.57c	-2.51 ± 0.01a	10.66 ± 0.61e	0.09 ± 0.06c	Nd	102.49 ± 3.51a	187.18 ± 3.99a	-51.72 ± 2.43a	-42.70 ± 3.25ab

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.29. Devamı

30. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FBC</b>	46.52±0.01a	-5.74±0.00a	23.82±0.05a	1.17±0.01a	0.20±0.01	51.04±6.01a	85.84±12.75a	-24.72±3.44a	-11.63±0.67a
<b>FBD</b>	46.46±0.09a	-6.31±0.00a	23.80±0.01a	0.74±0.04a	0.14±0.00	58.75±4.96a	111.40±11.75a	-34.79±7.93a	-16.36±0.88a
<b>FBM</b>	45.34±0.02a	-5.54±0.01a	22.89±0.01a	0.76±0.02a	0.23±0.01	59.00±5.72a	112.19±15.21a	-32.18±3.44a	-15.34±1.87a
<b>FSC</b>	57.09±0.00b	-5.01±0.00b	33.42±0.08b	0.88±0.02a	0.20±0.00	176.28±27.51b	354.08±68.65b	-68.63±15.93b	-28.32±4.97bc
<b>FSD</b>	55.08±0.04b	-4.97±0.02b	33.84±0.12b	1.10±0.02a	0.12±0.01	198.73±36.7b	440.26±96.89b	-81.88±17.74b	-35.14±6.89bc
<b>FSM</b>	57.36±0.03b	-4.94±0.01b	33.42±0.08b	0.64±0.01a	0.17±0.00	226.67±12.45b	532.43±17.74b	-91.07±2.39b	-40.72±3.42bc
<b>ZBC</b>	45.78±0.10a	-6.40±0.05a	27.89±0.21c	1.59±0.01b	1.23±0.01	89.08±6.84a	205.57±22.94a	-58.39±5.39a	-29.65±2.05ab
<b>ZBD</b>	49.21±0.02a	-6.93±0.00a	28.02±0.05c	1.69±0.02b	1.03±0.00	63.53±3.58a	124.22±10.35a	-35.55±0.51a	-19.14±1.06ab
<b>ZBM</b>	45.29±0.01a	-6.13±0.03a	27.36±0.07c	1.66±0.02b	1.23±0.01	72.11±7.09a	152.01±20.46a	-40.83±4.27a	-21.09±1.11ab
<b>ZSC</b>	55.27±0.00b	-5.08±0.01b	38.03±0.01d	1.65±0.01b	1.09±0.01	229.31±18.79b	558.33±49.95b	-97.34±8.65b	-41.13±5.06c
<b>ZSD</b>	55.56±0.04b	-5.08±0.02b	37.77±0.12d	1.60±0.01b	0.98±0.00	227.90±55.67b	538.14±154.01b	-82.24±19.84b	-39.48±8.04c
<b>ZSM</b>	55.43±0.06b	-4.91±0.00b	38.81±0.06d	1.66±0.01b	1.15±0.00	221.64±15.17b	515.22±30.98b	-87.63±8.22b	-43.79±3.66c
<b>KM-I-</b>	84.70 ± 0.61c	-2.73 ± 0.01c	12.52 ± 0.05e	0.45 ± 0.01c	Nd	102.90 ± 7.34a	172.18 ± 16.70a	-43.04 ± 3.435a	-29.29 ± 3.15ab
<b>KM-II-</b>	86.15 ± 1.74c	-2.65 ± 0.07c	11.10 ± 0.92e	0.15 ± 0.04c	Nd	67.57 ± 4.745a	88.07 ± 8.81a	-33.84 ± 2.135a	-20.78 ± 1.87ab

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.29. Devamı

60. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FBC</b>	43.02±0.25a	-3.92±0.06c	13.20±0.05a	1.13±0.02a	0.20±0.00a	106.19±17.16a	270.20±68.98a	-59.29±11.22ab	-36.29±6.45ab
<b>FBD</b>	42.91±0.15a	-3.99±0.01c	12.93±0.04a	1.47±0.02a	0.17±0.00a	74.81±12.34a	163.53±45.84a	-41.15±8.58ab	-22.35±4.35ab
<b>FBM</b>	42.79±0.07a	-3.78±0.03c	11.88±0.06a	1.02±0.01a	0.22±0.00a	88.13±8.36a	200.02±31.20a	-52.23±6.12ab	-27.12±4.17ab
<b>FSC</b>	49.55±0.04b	-3.34±0.02b	20.23±0.00b	0.79±0.00a	0.20±0.00a	251.04±20.27b	559.23±39.76b	-102.54±4.81c	-44.67±3.60b
<b>FSD</b>	49.19±0.66b	-3.32±0.05b	20.07±0.17b	1.47±0.02a	0.14±0.00a	174.38±24.97b	368.61±72.93b	-71.41±14.44c	-32.62±6.16b
<b>FSM</b>	49.80±0.24b	-3.42±0.00b	20.27±0.09b	0.82±0.02a	0.11±0.00a	278.95±1.34b	783.91±87.54b	-123.57±6.66c	-56.61±10.05b
<b>ZBC</b>	42.88±0.02a	-4.18±0.01c	14.74±0.01c	1.84±0.02a	1.09±0.00b	94.36±11.84a	228.04±49.12a	-56.61±11.00a	-30.17±5.18a
<b>ZBD</b>	43.97±0.02a	-4.27±0.04c	15.24±0.03c	1.97±0.02a	0.95±0.00b	56.39±4.63a	104.01±11.59a	-27.36±1.38a	-14.49±1.47a
<b>ZBM</b>	42.36±0.10a	-3.74±0.01c	13.93±0.00c	1.75±0.02a	1.20±0.00b	67.10±7.60a	129.76±15.59a	-34.09±3.76a	-19.08±1.58a
<b>ZSC</b>	48.05±0.10c	-3.35±0.01b	21.99±0.07d	2.11±0.01a	1.03±0.00b	234.86±49.98b	594.19±152.63b	-101.31±20.23bc	-45.78±9.95ab
<b>ZSD</b>	47.93±0.04c	-3.29±0.03b	22.01±0.02d	2.02±0.02a	0.92±0.00b	225.02±2.79b	507.81±9.42b	-86.76±5.97bc	-38.02±1.27ab
<b>ZSM</b>	48.63±0.01c	-3.40±0.01b	22.30±0.03d	1.91±0.02a	1.00±0.00b	209.67±29.43b	480.60±65.25b	-84.33±11.80bc	-39.83±5.82ab
<b>KM-I-</b>	84.57±0.52d	-2.68±0.04a	12.59±0.06a	2.12±0.14a	Nd	79.31±0.10a	123.27±2.52a	-42.28±0.87a	-25.71±1.56ab
<b>KM-II-</b>	84.79±0.21d	-2.89±0.32a	12.13±1.61a	1.15±0.07a	Nd	83.58±1.78a	106.92±1.71a	-41.92±0.15a	-23.91±0.26ab

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.29. Devamı

90. Gün									
Örnek	L	a*	b*	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Toplam Antioksidan Kapasite (µmol TE/g)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
FBC	42.61±0.07a	-3.99±0.01a	12.78±0.01a	1.45±0.01a	0.21±0.01a	63.42±4.92a	137.95±23.18b	-30.91±3.76a	-20.68±2.59a
FBD	41.53±0.12a	-3.84±0.02a	12.55±0.00a	1.88±0.01a	0.17±0.01a	73.45±10.10a	176.33±45.41b	-41.59±6.33a	-26.79±5.27a
FBM	42.56±0.02a	-3.84±0.06a	11.54±0.07a	1.41±0.01a	0.24±0.01a	61.10±0.43a	136.95±8.96b	-33.19±0.90a	-21.47±0.84a
FSC	49.59±0.33b	-3.64±0.01a	20.02±0.03b	1.22±0.02a	0.21±0.01a	329.65±87.56c	963.01±383.63a	-169.08±46.80b	-70.07±18.79b
FSD	48.16±0.38b	-3.34±0.04a	19.65±0.03b	1.90±0.02a	0.15±0.01a	283.68±20.60c	747.89±5.76a	-121.01±10.46b	-53.28±4.69b
FSM	49.54±0.03b	-3.62±0.03a	19.89±0.00b	1.16±0.02a	0.18±0.01a	264.10±37.57c	661.43±123.60a	-107.62±8.72b	-50.23±9.44b
ZBC	42.50±0.15a	-4.10±0.02a	14.00±0.00a	2.32±0.02a	1.01±0.01b	86.33±6.70a	231.48±42.39b	-52.16±5.39a	-31.40±3.00a
ZBD	43.89±0.02a	-4.31±0.00a	14.52±0.03a	2.36±0.02a	0.93±0.01b	34.86±2.35a	55.32±5.18b	-16.40±0.69a	-8.47±0.40a
ZBM	42.10±0.18a	-3.73±0.01a	13.36±0.04a	2.27±0.02a	0.99±0.01b	48.76±3.95a	92.06±11.84b	-24.11±1.38a	-13.58±0.75a
ZSC	47.72±0.42b	-3.50±0.09a	21.37±0.06b	2.45±0.05a	1.01±0.01b	187.76±42.46b	442.36±133.95ab	-74.31±16.76ab	-34.90±9.71ab
ZSD	49.22±0.01b	-3.85±0.01a	22.07±0.06b	2.48±0.05a	0.92±0.00b	248.68±63.42b	644.40±226.78ab	-104.61±24.54ab	-45.16±11.68ab
ZSM	48.73±0.38b	-3.66±0.11a	21.99±0.12b	2.48±0.05a	0.98±0.00b	145.99±15.38b	281.43±13.38ab	-53.10±4.96ab	-26.27±0.81ab
<b>KM-I-</b>	84.16±0.00c	-2.74±0.01a	12.79±0.04a	2.71±0.05a	Nd	99.9±0.36a	171.61±4.05b	-50.13±0.4a	-34.85±0.31a
<b>KM-II-</b>	84.77±0.01c	-3.68±0.02a	15.81±0.08a	1.21±0.06a	Nd	82.6±3.26a	99.62±8.65b	-41.01±2.21a	-20.98±2.18a

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.29’da aromatize fındık ve zeytinyağlarının 20 °C’de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk, peroksit değeri, toplam antioksidan kapasite ve tekstrürel özelliklerine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Balmumu kullanılarak üretilen fındık yağı oleojellerinin (FBC, FBD ve FBM) L değerlerinin 41.53 – 46.52 arasında zeytinyağı oleojellerinin (ZBÇ, ZBD ve ZBM) ise 42.10 – 50.69 arasında değiştiği saptanmıştır. Ayçiçek mumunun oleojelatör olarak kullanıldığı fındık yağı oleojellerinin (FSC, FSD ve FSM) L değerlerinin 48.10 – 58.07 arasında ve zeytinyağı oleojellerinin (ZSC, ZSD ve ZSM) ise 47.72 – 56.40 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Çalışmada 4 °C’de depolanan örneklere benzer olarak, farklı yağlarda aynı oleojelatörler kullanılarak oluşturulan oleojellerin L değerlerinin benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, kontrol grubu örneklerinin L değerlerinin 84.16 – 87.23 arasında değiştiği ve aromatize oleojellerden farklı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.29). Aromatize fındık yağı oleojellerinin  $a^*$  değerlerinin -3.32 ile -5.60 arasında zeytinyağı oleojellerinin -3.29 ile -6.41 değerleri arasında ve kahvaltılık margarin örneklerinin -2.51 ile -3.68 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Buna göre depolama süreci sonunda (90. Gün) fındık ve zeytinyağı oleojellerinin  $a^*$  değerlerinin kahvaltılık margarin örneklerinin  $a^*$  değerlerine benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Yine, aynı yağda farklı oleojelatörler ile elde edilen oleojellerin  $a^*$  değerleri bakımından birbirlerinden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Balmumu kullanılarak üretilen aromatize fındık yağı oleojellerinin  $b^*$  değerlerinin 11.54 – 36.69 arasında, zeytinyağı oleojellerinin 13.36 – 42.43 değerleri arasında ve kahvaltılık margarin örneklerinin  $b^*$  değerlerin ise 10.66 – 15.81 arasında olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.29). Elde edilen verilere göre fındık yağı ve balmumu ile üretilen oleojellerin  $b^*$  değerlerinin kahvaltılık margarin örneklerinin  $b^*$  değerlerine benzer olduğu belirlenmiştir (60 ve 90. Gün) ( $p \leq 0.001$ ).

Aromatize fındık yağı oleojellerinin 20 °C’de depolama süreci boyunca peroksit sayılarının 0.40 – 1.90 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği zeytinyağı oleojellerinin ise 1.03 – 2.48 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği kahvaltılık margarin örneklerinin ise 0.07–2.71 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.29). Peroksit sayısı değerinin TGK 2012/29’a göre rafine fındık yağlarında en çok 10 mekO<sub>2</sub>/kg, TGK 2010/35’e göre natürel sızma zeytinyağlarında en çok 20 mekO<sub>2</sub>/kg ve TS 2812’ye göre bitkisel margarinlerde en çok 5 mekO<sub>2</sub>/kg olması gerektiği belirtilmiştir. 20 °C’de 90 günlük depolama süreci sonunda tüm örneklerin peroksit sayısı değeri bakımından standartlarda belirtilen limitlere uygun olduğu belirlenmiştir (TGK, 2010; TGK, 2012; TSE 1977). Depolama sürecinin 0.



ve 30. günlerde elde edilen sonuçlara göre fındık ve zeytinyağı oleojelleri ile kahvaltılık margarin örneklerinin peroksit değerlerinin birbirinden farklı, 60. ve 90. gün sonuçlarına göre kahvaltılık margarin grubu ile oleojellerin peroksit değerlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, gerek oleojellerin, gerekse kontrol grubu örneklerinin peroksit değerlerinin depolama sıcaklığından etkilendiği ve 20 °C'deki örneklerin peroksit değerlerinin 4 °C'deki örneklerin peroksit değerlerine göre 90 günlük depolama sürecinde daha fazla artış gösterdiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Oleojel örneklerinin toplam polar antioksidan kapasite değerlerinin 20 °C'de depolama süreci boyunca fındık yağı oleojelleri için 0.11 – 0.26  $\mu\text{mol TEAC}$  aralığında, zeytinyağı oleojelleri için ise 0.92 – 1.46  $\mu\text{mol TEAC}$  aralığında değiştiği bulunmuştur (Çizelge 4.29). Aromatize fındık yağı oleojelleri ile aromatize zeytinyağı oleojellerinin toplam antioksidan kapasitelerinin farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Söz konusu farklılık, yağların elde edildikleri kaynağın, elde edilme yönteminin ve kimyasal kompozisyonlarının farklı olması ile açıklanabilmektedir. Zeytinyağı tamamen mekaniksel işlemler ile üretilen ve ham yağ olarak tüketilebilen bir yağ iken, fındık yağının rafinasyon işlemi sonucunda üretilen bir yağ olduğu bilinmektedir (Nas, 2001). Verleyen ve ark. (2002) tarafından rafinasyon işlemi, esnasında yağın doğal stabilitesini sağlayan fenolik bileşenler gibi maddelerin kayba uğradığı bildirilmiştir. Fındık yağında yapılan bir çalışmada rafinasyon işleminin, ham yağın renk değeri, tokoferol ve sterol miktarında azalmaya yol açtığı bildirilmiştir. Buna göre, ham fındık yağında 51.89 mg/100g olan toplam tokoferol miktarının rafinasyon sonrası 46.67 mg/100g düştüğü, 168.04 mg/100g olan sterol miktarının ise 141.48 mg/100g düştüğü rapor edilmiştir (Karabulut ve ark., 2005). Literatürde naturel zeytinyağları ile ilgili yapılan çalışmada toplam antioksidan kapasite değerlerinin 0.25 - 1.67 mmol TE/kg arasında saptandığı belirtilmiştir (Öğütücü ve ark., 2008). Buna göre 20 °C'de depolanan zeytinyağı oleojellerinin antioksidan kapasiteleri ile literatür verileri arasında benzerlik olduğu belirlenmiştir. Burada ölçülen toplam polar antioksidan kapasite olduğundan, yağ fazında bulunan antioksidan etkiye sahip bileşenlerin (tokoferoller ve steroller gibi) etkisi gözlemlenmemiştir.

Aromatize balmumu içeren fındık yağı oleojellerinin (FBC, FBD ve FBM) sertlik değerlerinin depolama süreci boyunca 51.04 – 126.44 g kuvvet arasında değiştiği, ayçiçek mumu içeren fındık yağı oleojellerinin (FSC, FSD ve FSM) ise sertlik değerlerinin 174.38 – 347.46 g kuvvet arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.29). Aromatize balmumu içeren zeytinyağı oleojellerinin (ZBC, ZBD ve ZBM) sertlik değerlerinin depolama süreci

boyunca 34.84 – 115.04 g kuvvet arasında değiştiği ayııecek mumu iıeren zeytinyağı oleojellerinin (ZSC, ZSD ve ZSM) ise sertlik değerlerinin 145.99 – 422.61 g kuvvet değerleri arasında değeritiği saptanmıştır. Kahvaltılık margarin örneklerinin sertlik değerlerinin ise 67.57 – 102.90 g kuvvet değerleri arasında değeritiği belirlenmiştir (ıizelge 4.29). Tüm örneklerin sertlik değerlerinin depolama sıcaklığından etkilendiği ve 4  C’de depolanan oleojel ve kahvaltılık margarin örneklerinin sertlik değerlerinin 20  C’de depolanan örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Bunun yanı sıra, depolama süreci boyunca fındık ve zeytinyağı ile balmumu (FB ve ZB) kullanılarak elde edilen aromatize oleojellerin sertlik değerlerinin kahvaltılık margarin örneklerinin sertlik değerleriyle oldukıa benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Literatür verilerinde genel olarak yüksek sertliğe sahip ürünlerin daha düşük sürülebilirliğe sahip oldukları rapor edilmiştir. Ayrıca, doymuş yağ iıeriği ile yapışkanlık ve sertlik özellikleri arasında pozitif bir ilişki olduğu, yani doymuş yağ iıeriği arttııkıa sertlik değerinin arttığı bildirilmiştir. Yine, sürülebilir ürünlerin tekstürel özellikleri üzerine sıcaklık değerinin önemli etkisin olduğu belirtilmiştir (Glibowski ve ark., 2008; Mousazadeh ve ark., 2014). Literatür verilerine dayanarak, ıalışma kapsamında üretilen biyo-aktif bileşen iıeren aromatize oleojellerden 20  C’de depolanan oleojellerin 4  C’de depolanan oleojellere göre ve balmumu oleojelleri ile kahvaltılık margarinlerin ise ayııecek mumu oleojellerine göre daha sürülebilir oldukları tespit edilmiştir.

Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından yapılan mumlar ile ilgili %3 Candelilla mumu iıeren oleojelin 5 ve 25  C kesme kuvveti değerinin 2742.98 g/mm ve 1542.15 g/mm olduğu rapor edilmiştir. Toro-Vazquez ve ark. (2009) tarafından yapılan benzer ıalışmada, 15  C’de ve 25  C’ de oluşturulan ve %3 Candelilla mumu iıeren oleojellerin sertlik değerlerinin 2.52 K/mm ve 1.49 K/mm olduğu rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2009). Hwang ve ark. (2012) tarafından yapılan ıalışmada soya yağı ile %1 ile %6 arasında değerşen oranlarda ayııecek mumu ile hazırlanan oleojellerin sertlik değerlerinin 20-350 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı ıalışmada söz konusu oleojellerin hidrojene bitkisel yağların ikamesi olarak kullanılabilecekleri vurgulanmıştır. Ayrıca, sertlik değerinin kullanılan oleojelatör türüne, saflık derecesine konsantrasyonuna ve soğutma oranına bağlı olarak değeritiği bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2012). Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan bir diğer ıalışmada, %5 Candelilla ve pirinı kepek mumu iıeren oleojellerin sertlik değerlerinin 200 - 400 g kuvvet arasında, %5 ayııecek mumu iıeren oleojellerin ise sertlik değerlerinin 400 - 600 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir

(Hwang ve ark., 2013). Aynı çalışmada, kontrol grubu olarak kullanılan sürülebilir yağ örneklerinin sertlik değerlerinin 23.20 - 58.80 g kuvvet arasında değiştiği, ticari margarin grubu örneklerinin sertlik değerlerinin ise 1707.60 - 2056.80 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Rocha ve ark (2013) tarafından yapılan çalışmada. %2 ve %4 oranında şeker kamışı mumu ile üretilen oleojelin sertlik değerinin sırasıyla 0.10 ve 1.65 N olduğu, %2 ve %4 oranında candelilla mumu ile üretilen oleojelin sertlik değerinin ise sırasıyla 1.75 ve 14.60 N olduğu rapor edilmiştir

Aromatize oleojellerin 4 ve 20 °C'de depolama süreci boyunca belirlenen tekstürel özelliklerine ait bulguların, Hwang ve ark. (2012 ve 2013) tarafından elde edilen bulgular ile benzer, Toro-Vazquez ve ark. (2007 ve 2009) ile Rocha ve ark. (2013) tarafından elde edilen bulgulardan farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılığın sebebinin, kullanılan oleojelatörün kimyasal kompozisyonun, çeşidinin ve oleojel oluşumu esnasında uygulanan soğutma oranının farklı olması yanında uygulanan ölçüm tekniğinin ve ölçüm sıcaklıklarının farklı olmasıyla da açıklanabileceği düşünülmektedir.

**Çizelge 4. 30.** Biyo-aktif bileşen içeren fındık yağı-balmumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (Ort. $\pm$ Sd)

RT	Aroma Maddesi	FBC (Taze)	FBC (Depolanmış)	FBD (Taze)	FBD (Depolanmış)	FBM (Taze)	FBM (Depolanmış)
601	2,3-Butanedion	Nd	Nd	108.59 $\pm$ 1.26	83.04 $\pm$ 24.11	Nd	Nd
608	Asetik Asit	2374.01 $\pm$ 703.39	7285.33 $\pm$ 1442.59	15465.17 $\pm$ 2550.85	6251.09 $\pm$ 715.09	1825.10 $\pm$ 399.34	2969.39 $\pm$ 65.54
613	Etil Asetat	393.74 $\pm$ 154.78	Nd	Nd	Nd	500.80 $\pm$ 145.42	Nd
665	Metil bütanoat	391.72 $\pm$ 153.25	363.15 $\pm$ 33.70	Nd	Nd	76.83 $\pm$ 13.06	Nd
709	2-Bütanon, 3-hidroksi-	Nd	Nd	1804.84 $\pm$ 494.93	3606.24 $\pm$ 633.06	Nd	Nd
763	Etil izobütanoat	115.79 $\pm$ 65.85	95.50 $\pm$ 4.40	Nd	Nd	Nd	Nd
768	Toluen	157.62 $\pm$ 99.01	64.24 $\pm$ 16.48	143.35 $\pm$ 34.14	164.62 $\pm$ 94.03	Nd	Nd
798	Hekzanal	Nd	Nd	19.86 $\pm$ 0.65	551.84 $\pm$ 252.73	Nd	Nd
801	Etil bütanoat	5262.15 $\pm$ 1453.47	5702.04 $\pm$ 528.60	Nd	Nd	Nd	Nd
851	Etil, 2-metilbütanoat	8703.95 $\pm$ 2704.19	8864.70 $\pm$ 776.29	Nd	Nd	Nd	Nd
855	2-Hekzenal	Nd	Nd	Nd	Nd	371.81 $\pm$ 72.29	495.65 $\pm$ 60.19
860	Z-3- Hekzan -1-Ol	3098.77 $\pm$ 624.15	3302.37 $\pm$ 372.23	Nd	Nd	Nd	Nd
868	Bütanoik Asit	222.04 $\pm$ 133.01	280.46 $\pm$ 55.92	30598.14 $\pm$ 3614.56	6251.09 $\pm$ 715.09	Nd	Nd
869	E-2-Hekzen-1-Ol	Nd	709.45 $\pm$ 75.88	Nd	Nd	Nd	Nd
874	İzovalerik asit	Nd	Nd	12.71 $\pm$ 5.15	40.86 $\pm$ 7.22	Nd	Nd
878	İzoamyl acetate	470.47 $\pm$ 64.42	683.75 $\pm$ 71.64	Nd	Nd	10072.45 $\pm$ 2818.54	558.40 $\pm$ 69.01
898	Heptanal	Nd	Nd	Nd	88.99 $\pm$ 43.76	Nd	164.79 $\pm$ 70.54
913	Oktil asetat	Nd	Nd	Nd	Nd	103.30 $\pm$ 46.33	Nd
925	Metil caproat	Nd	Nd	79.07 $\pm$ 8.25	159.74 $\pm$ 106.20	Nd	Nd
932	$\alpha$ -Metilbütirik asit	7902.99 $\pm$ 653.41	4027.69 $\pm$ 379.00	Nd	67.76 $\pm$ 63.62	Nd	Nd
933	Alpha-Pinene	Nd	Nd	53.06 $\pm$ 0.40	65.73 $\pm$ 47.27	38.76 $\pm$ 13.15	48.03 $\pm$ 21.50
935	Pentanoik Asit	462.42 $\pm$ 22.59	721.05 $\pm$ 143.76	Nd	1137.17 $\pm$ 138.81	Nd	Nd
937	3-Heptanone 2-MEtil (IS)	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00
948	Propil 2-metilbütanoat	13.96 $\pm$ 10.24	23.53 $\pm$ 7.69	Nd	Nd	Nd	Nd
997	Pentanoic Asit. 2-Metil (IS)	3807.36 $\pm$ 659.54	2562.92 $\pm$ 328.60	2060.09 $\pm$ 104.25	Nd	3214.68 $\pm$ 737.56	2720.49 $\pm$ 245.66
998	Etil kaproat	474.65 $\pm$ 113.82	504.40 $\pm$ 58.00	Nd	Nd	Nd	Nd
1000	Oktanal	Nd	Nd	189.95 $\pm$ 72.95	739.65 $\pm$ 7.94	Nd	Nd
1006	Z-3-Hekzen-1-ol Asetat	346.76 $\pm$ 77.64	366.90 $\pm$ 25.04	Nd	Nd	Nd	Nd
1014	Hekzanoik Asit	929.39 $\pm$ 47.83	Nd	17490.53 $\pm$ 976.74	8763.36 $\pm$ 1764.77	791.97 $\pm$ 219.01	1159.40 $\pm$ 224.68
1028	D-Limonen	111.19 $\pm$ 3.91	225.42 $\pm$ 41.58	884.44 $\pm$ 14.33	29.07 $\pm$ 10.57	104.08 $\pm$ 23.98	221.54 $\pm$ 137.02
1042	Pentil 2-metilbütanoat	9.75 $\pm$ 11.22	14.94 $\pm$ 2.94	Nd	Nd	Nd	Nd
1066	Asetofenon	9.37 $\pm$ 5.17	9.30 $\pm$ 0.33	Nd	13.01 $\pm$ 9.27	Nd	5.57 $\pm$ 2.96
1069	2,3-Hekzanedion	Nd	Nd	144.58 $\pm$ 9.63	189.65 $\pm$ 79.05	Nd	Nd
1074	Cis - Linalool Oksid	21.05 $\pm$ 10.91	23.01 $\pm$ 1.02	Nd	Nd	26.45 $\pm$ 1.98	37.76 $\pm$ 25.94
1078	Heptanoik Asit	19.69 $\pm$ 7.99	56.02 $\pm$ 11.36	194.24 $\pm$ 4.98	99.89 $\pm$ 6.77	Nd	Nd
1090	2-Nonanon	16.19 $\pm$ 4.88	17.47 $\pm$ 0.65	Nd	Nd	Nd	19.40 $\pm$ 13.47
1101	Nonanal	149.68 $\pm$ 23.39	155.38 $\pm$ 12.28	114.48 $\pm$ 16.26	91.74 $\pm$ 21.57	Nd	Nd
1104	İzoamil valerianat	Nd	Nd	Nd	Nd	4186.98 $\pm$ 1400.41	6818.45 $\pm$ 1209.75
1114	Maltol	61.05 $\pm$ 26.07	63.39 $\pm$ 16.01	Nd	7.82 $\pm$ 11.06	Nd	Nd

**Cizelge 4.30. Devamı**

1123	Metil kaprilat	Nd	Nd	32.64±16.61	104.13±54.18	Nd	Nd
1143	Cis-3-Hekzenil İzo-Bütirat	8.46±3.33	9.25±3.64	Nd	Nd	Nd	Nd
1150	3-Oktanon. 2-Metil	94.66±17.20	330.46±97.76	37.49±7.89	48.94±12.52	39.46±9.06	46.36±3.56
1173	Oktanoik Asit	Nd	Nd	6093.83±156.34	6061.86±127.09	48.45±15.61	50.48±4.04
1174	Süksinik asit	549.91±146.45	573.26±54.65	Nd	Nd	Nd	Nd
1185	(Z)-3-Hekzen-1-ol, bütanoat	20.60±3.09	23.51±3.14	Nd	Nd	Nd	Nd
1189	1-Dodekanol	4.03±1.68	2.88±0.17	Nd	Nd	Nd	Nd
1191	2-Dekanon	3.08±0.54	2.91±0.19	Nd	Nd	Nd	Nd
1195	Etil oktanoat	Nd	Nd	8.75±5.09	11.90±2.33	Nd	Nd
1199	(Z)-3-Hekzen-1-ol, heksanoat	2.19±1.81	2.97±0.00	Nd	Nd	Nd	Nd
1203	Dekanal	33.82±5.02	32.56±1.90	32.75±18.42	49.44±13.35	18.61±4.96	36.36±7.11
1237	2,5-Dimetil, 3-Hekzanon	3.97±0.08	2.97±0.13	Nd	Nd	Nd	Nd
1241	Z-3-Hekzenil Bütanoat	2.42±0.46	1.92±0.32	Nd	Nd	Nd	Nd
1267	Nonanoik Asit	56.21±12.19	91.21±20.48	Nd	Nd	Nd	Nd
1291	2-Undekanon	1.84±0.50	1.38±0.59	Nd	Nd	Nd	1.64±1.21
1303	Tetradekanal	2.17±0.99	1.65±0.28	3.32±3.34	Nd	Nd	Nd
1362	γ-Nonalakton	17.59±0.01	20.23±0.72	Nd	Nd	Nd	Nd
1382	Sinamic asit	29.24±5.24	43.75±3.61	Nd	Nd	Nd	Nd
1397	Vanilin	14.71±3.02	19.39±1.00	Nd	Nd	15.20±5.27	23.35±12.80
1467	γ-Undekalakton	10.39±1.48	10.05±0.47	Nd	Nd	Nd	Nd
1495	δ-Dekalakton	Nd	Nd	49.54±13.06	11.84±5.75	Nd	Nd
1521	Metil laurat	0.71±0.49	0.41±0.06	Nd	3.11±0.09	Nd	Nd

Biyo-aktif bileşen içeren aromatize fındık yağı ile balmumu kullanılarak üretilen oleojellerde saptanan aroma maddeleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Aromatize fındık yağı oleojellerinde toplamda 64 aroma maddesi saptanmıştır. Fındık yağı ile balmumu kullanılarak üretilen oleojellerde uçucu bileşenler olarak aldehitler; hekzenal, oktanal, heptanal, 2-hekzenal, nonanal, dekanal, tetradekanal, ketonlar; 2-nonanon, 2-dekanon, 2-undekanon, karboksilik asitler; asetik, oktanoik, nonanoik, hekzanoik, pentanoik, butanoik, heptanoik asitler diğer uçucu bileşenler;  $\alpha$ -pinene, D-limonen ve esterler olarak tespit edilmiştir.

Fındık yağı ile balmumu kullanılarak üretilen ve çilek aroması ile aromatize edilen oleojellerde (FBÇ) miktar olarak en fazla etil asetat (muz), metil bütanoat (meyvemsi), etil izobütanoat (meyvemsi), etil bütanoat (ananas, muz), etil-2-metil bütanoat (elma, yapay tatlandırılmış şeker), (Z)-3-hexen-1-ol, izoamil asetat (muz), alpha-metil bütirik asit (elma, ananas), etil kaproat, 3-hexen-1-ol asetat (yeşil, çimen), D-limonen (portakal, turunçgil), nonanal gibi uçucu bileşenler tespit edilmiştir. Taze ve depolama süreci sonunda FBÇ örneklerinde yukarıda sayılan aroma maddelerinden sadece etil asetat bileşenin depolama süreci sonunda tespit edilemediği gözlemlenmiştir. Diğer bahsi geçen uçucu bileşenlerin hem taze hemde depolama süreci sonunda oleojel örneklerinde tespit edilebildiği görülmüştür. Tereyağı aroması ile aromatize edilen oleojellerde (FBD) miktar olarak en fazla diasetil (tereyağ), 2-butanon, 3-hidroksi (tereyağ), hexanal (çimen), bütirik asit (ransit tereyağ), metil kaproat (yağlı, peynir, mumsu), alpha-pinen (çam, yeşil), oktanal (meyvemsi), hekzanoik asit (yağlı, peynir), D-limonen (portakal, turunçgil), nonanal, oktanoik asit (sabunsu) ve metil kaprilat (mumsu) bileşenler saptanmıştır. FBD örneklerinde bahsi geçen uçucu bileşenler hem taze, hemde depolanmış örneklerde saptandığı tespit edilmiştir. Muz aroması ile aromatize edilen örneklerde (FBM) ise miktar olarak en fazla, etil asetat (muz), (E)-2-hekzenal (yeşil-muz), D-limonen (portakal), izoamil valerinat (muz, armut), izoamil asetat (muz, armut) gibi bileşenler saptanmıştır. FBM örneklerinde FBÇ örneğine benzer şekilde etil asetat bileşeni hariç diğer tüm bileşenlerin hem taze hemde depolama süreci sonunda tespit edildiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre fındık yağı ile balmumu kullanılarak elde edilen aromatize oleojellerin (FBÇ, FBD ve FBM) depolama süreci boyunca uçucu bileşen kompozisyonlarını korudukları belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 31.** Biyo-aktif bileşen içeren fındık yağı-ayçiçek mumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (Ort. $\pm$ Sd)

RT	Aroma maddesi	FSC (Taze)	FSC (Depolanmış)	FSD (Taze)	FSD (Depolanmış)	FSM (Taze)	FSM (Depolanmış)
<600	1-Propanol. 2-metil-	Nd	Nd	22.86 $\pm$ 23.94	14.59 $\pm$ 0.07	Nd	Nd
601	2.3-Bütanedion	Nd	Nd	816.49 $\pm$ 165.93	35.92 $\pm$ 2.64	Nd	Nd
608	Asetik asit	395.15 $\pm$ 135.02	1484.19 $\pm$ 401.2	273.95 $\pm$ 77.40	6798.31 $\pm$ 446.26	99.61 $\pm$ 13.46	78.75 $\pm$ 20.19
613	Etil Asetats	Nd	Nd	Nd	Nd	8.61 $\pm$ 2.97	3.83 $\pm$ 1.15
705	2-Bütanon. 3-hidroksi	Nd	Nd	1188.96 $\pm$ 150.05	1593.18 $\pm$ 55.99	Nd	Nd
723	Metil bütanoat	72.40 $\pm$ 13.39	25.27 $\pm$ 3.52	Nd	Nd	Nd	Nd
790	Bütanoik asit	Nd	757.91 $\pm$ 168.27	14067.79 $\pm$ 3445.60	9086.85 $\pm$ 2241.42	Nd	Nd
762	Etil izobütanoat	300.56 $\pm$ 105.20	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
768	Toluene	65.32 $\pm$ 26.12	Nd	111.15 $\pm$ 3.41	41.04 $\pm$ 24.63	Nd	Nd
795	Hekzanal	Nd	Nd	14.97 $\pm$ 6.08	23.19 $\pm$ 4.00	433.01 $\pm$ 65.16	240.08 $\pm$ 55.71
800	Etil butanoate	210.44 $\pm$ 55.17	2643.14 $\pm$ 380.13	Nd	Nd	Nd	Nd
853	Etil 2-metilbutanoat	2092.86 $\pm$ 545.76	1052.58 $\pm$ 311.70	Nd	Nd	Nd	Nd
856	2-Hekzenal	Nd	Nd	Nd	Nd	235.25 $\pm$ 140.12	113.85 $\pm$ 12.23
858	Z-3-Hekzen-1-ol. format-	600.91 $\pm$ 216.62	169.43 $\pm$ 35.22	Nd	Nd	Nd	Nd
877	İzoamyl asetat	Nd	19.39 $\pm$ 2.22	5.93 $\pm$ 5.61	65.63 $\pm$ 5.37	5912.37 $\pm$ 601.20	3945.73 $\pm$ 591.67
889	2-Heptanon	39.38 $\pm$ 15.94	42.35 $\pm$ 12.92	81.81 $\pm$ 43.46	60.01 $\pm$ 2.48	495.58 $\pm$ 43.86	366.75 $\pm$ 55.13
897	Heptanal	Nd	Nd	Nd	3.58 $\pm$ 0.82	Nd	Nd
912	Pentanoik asit	2424.22 $\pm$ 198.96	8977.78 $\pm$ 498.76	378.95 $\pm$ 33.65	2201.03 $\pm$ 349.33	Nd	Nd
921	$\alpha$ -Metilkaproik asit	Nd	1175.21 $\pm$ 263.40	Nd	Nd	Nd	Nd
925	Metil kaproat	Nd	Nd	71.31 $\pm$ 4.68	98.38 $\pm$ 0.41	13.15 $\pm$ 4.56	9.45 $\pm$ 1.46
937	3-Heptanone. 2-metil-(IS)	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00
970	İzopentil alkol	Nd	Nd	Nd	Nd	176.92 $\pm$ 30.38	104.75 $\pm$ 20.08
989	Furan. 2-pentil-	Nd	22.07 $\pm$ 5.83	21.55 $\pm$ 0.14	24.31 $\pm$ 9.88	Nd	18.02 $\pm$ 0.24
994	n-Butil bütanoat	Nd	Nd	183.15 $\pm$ 32.00	209.24 $\pm$ 66.66	Nd	Nd
998	Etil kaproat	239.76 $\pm$ 80.12	317.88 $\pm$ 110.95	Nd	Nd	Nd	Nd
999	Oktanal	Nd	Nd	Nd	3.26 $\pm$ 2.47	Nd	Nd
1005	Z-3-Hekzen-1-ol. Asetat	110.58 $\pm$ 9.90	151.98 $\pm$ 38.42	Nd	Nd	Nd	Nd
1009	Pentanoik asit. 2-metil-(IS)	2799.85 $\pm$ 705.80	723.63 $\pm$ 310.22	2499.34 $\pm$ 1403.12	2849.45 $\pm$ 36.45	3089.23 $\pm$ 303.85	2645.82 $\pm$ 431.00
1027	D-Limonen	Nd	16.04 $\pm$ 12.32	Nd	22.69 $\pm$ 29.98	Nd	25.46 $\pm$ 6.29
1038	Hekzanoik asit	8298.83 $\pm$ 2515.96	3187.80 $\pm$ 968.69	Nd	12183.11 $\pm$ 238.95	5465.57 $\pm$ 224.14	3529.06 $\pm$ 945.03
1041	$\gamma$ -Vinil- $\gamma$ -valerolakton	Nd	Nd	Nd	Nd	53.05 $\pm$ 2.74	Nd
1048	(E)-2-Hekzenoik asit	13.22 $\pm$ 0.20	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
1055	$\gamma$ -Valerolaktone	40.03 $\pm$ 5.91	24.24 $\pm$ 30.00	Nd	Nd	Nd	Nd
1068	2.3-Hekzanedion	Nd	Nd	Nd	92.94 $\pm$ 1.64	Nd	Nd
1072	1-Oktanol	10.12 $\pm$ 3.73	32.14 $\pm$ 16.42	Nd	Nd	Nd	Nd
1087	Heptanoik asit	533.65 $\pm$ 161.79	39.55 $\pm$ 32.52	Nd	465.78 $\pm$ 180.39	86.15 $\pm$ 17.70	156.16 $\pm$ 21.53
1090	2-Nonanon	23.29 $\pm$ 10.66	34.84 $\pm$ 13.81	Nd	96.48 $\pm$ 27.33	28.29 $\pm$ 19.77	20.63 $\pm$ 1.83
1092	$\delta$ -kaproilaktone	14.88 $\pm$ 0.46	20.08 $\pm$ 9.45	Nd	Nd	17.91 $\pm$ 9.82	13.65 $\pm$ 1.24
1101	Nonanal	54.96 $\pm$ 14.91	75.51 $\pm$ 27.43	51.41 $\pm$ 16.06	78.46 $\pm$ 0.67	Nd	Nd

Çizelge 4.31. Devamı

1103	İzo-Amil izovalerat	Nd	Nd	Nd	Nd	2227.46±548.51	1701.01±187.75
1111	Heptil asetat	2.80±0.23	Nd	Nd	7.60±0.62	Nd	Nd
1113	2-heptenoik asit	3.80±0.45	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
1119	Maltol	14.89±1.96	38.83±17.92	Nd	Nd	Nd	Nd
1123	Metil kaprilat	Nd	6.09±6.00	18.01±6.81	32.09±8.68	Nd	Nd
1140	trans -3-Nonen-2-on	12.48±5.39	12.75±9.28	Nd	Nd	9.92±0.41	Nd
1150	3-oktanon. 2-metil.-	Nd	Nd	Nd	35.26±1.76	Nd	43.36±12.12
1159	Nonenal	Nd	Nd	Nd	11.08±1.47	Nd	Nd
1168	3-Oktanon	Nd	Nd	Nd	Nd	3.07±0.91	Nd
1174	Octanoik Asit	Nd	Nd	3682.54±673.10	3929.55±491.36	188.47±40.38	150.78±26.92
1183	E-2-Pentalen	2.68±0.55	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
1185	cis 3 hekzenil bütirat	7.96±4.22	11.61±4.81	Nd	Nd	Nd	Nd
1189	Amil kaproat	11.55±6.81	27.44±9.83	22.22±9.86	47.01±1.19	11.54±6.68	10.28±0.36
1191	2-Dekanon	Nd	Nd	18.02±7.56	29.29±0.17	11.16±5.44	7.76±1.46
1203	Dekanal	8.23±1.79	10.16±3.52	12.49±2.10	13.47±2.74	Nd	8.29±0.42
1228	1-Nonanol	Nd	4.06±2.77	Nd	Nd	Nd	Nd
1231	cis-3-Hekzenil izovalerat	Nd	14.90±6.35	Nd	Nd	Nd	Nd
1258	γ-Oktalakton	6.41±2.86	8.76±4.64	5.94±2.17	8.26±0.15	Nd	6.27±3.31
1278	2-Dekenal. (E)-	5.91±3.07	6.60±2.94	Nd	Nd	Nd	Nd
1265	γ-Nonalakton	5.05±3.52	7.59±4.31	5.54±2.82	10.92±0.10	5.62±2.84	4.49±0.73
1267	Nonanoik asit	37.69±6.73	433.47±46.44	37.69±2.01	Nd	Nd	Nd
1270	5-Dekanon. 2-metil-	Nd	Nd	Nd	Nd	8.17±0.60	Nd
1369	6-Undekanon	Nd	Nd	Nd	Nd	1.44±0.74	7.51±1.12
1377	.alpha.-Cubebene	5.17±0.90	8.02±3.91	5.66±0.73	6.93±0.11	6.65±3.96	5.53±0.15
1382	Metil sinamat	6.83±5.01	15.28±4.23	Nd	Nd	Nd	Nd
1396	Vanillin	3.88±1.32	13.34±9.45	Nd	Nd	Nd	Nd
1422	Karyofilen	2.03±0.72	2.54±1.53	2.77±0.22	4.04±0.19	1.69±1.01	Nd
1452	(E)-3(10)-Karene-2-ol	Nd	0.68±0.35	Nd	Nd	Nd	Nd
1468	γ-Dekalaktone	2.73±2.52	4.08±1.04	Nd	Nd	Nd	Nd
1478	.alpha.-Kopaen	Nd	1.01±0.41	Nd	Nd	Nd	Nd
1494	δ-Dekalakton	Nd	Nd	16.87±7.82	39.23±4.81	Nd	Nd
1522	Metil laurat	Nd	Nd	Nd	0.77±0.24	Nd	Nd



Biyo aktif bileşen içeren aromatize fındık yağı ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerde taze ve 90 günlük depolama süreci sonunda tespit edilen uçucu bileşenler Çizelge 4.31’de verilmiştir. Aromatize fındık yağı ile ayçiçek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerde toplamda 73 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Fındık yağı ile ayçiçek kullanılarak üretilen oleojellerde uçucu bileşenler olarak aldehitler; hekzanal, 2-hekzanal, oktanal, heptanal, nonanal, dekanal, (E)-2-dekanal, tetradekanal, (E)-2-pentanal, ketonlar; 2,3-bütanedion, 3-oktanon, 2-heptanon 2-nonanon, 2-dekanon, 6-undekanon, karboksilik asitler; asetik, oktanoik, nonanoik, hekzanoik, pentanoik, bütanoik, heptanoik asitler diğer uçucu bileşenler;  $\alpha$ -pinene, D-limonen ve esterler olarak tespit edilmiştir. Fındık yağı ile ayçiçek mumu kullanılarak ve çilek aroması ile aromatize edilen (FSC) örneklerde miktar bakımından en fazla uçucu bileşenler etil izobütanoat, etil bütanoat, etil 2-metil bütanoat, (Z)-3-hexen-1-ol format, 3-hexen-1-ol asetat, hekzanoik asit, etil kaproat, pentanoik asit, asetik asit nonanal, alfa-metil kaproik asit olarak tespit edilmiştir. Tereyağı aroması ile aromatize edilen oleojellerinde (FSD) miktar olarak en fazla uçucu bileşenler diasetil, asetik asit, 2-bütanon, 3-hidroksi, bütanoik asit, 2-heptanone, n-bütil bütanoat, hekzanoik asit, nonanal, 2-nonanon, amil kaproat, oktanoik asit, metil kaproat, 1-propenal, 2-metil, hekzanal ve izoamil asetat olarak saptanmıştır. Muz aroması ile aromatize edilen örneklerde miktar olarak en fazla uçucu bileşenler izoamil valerat, hekzanoik asit, izoamil asetat, hekzanal, etil asetat, 2-hekzanal olarak belirlenmiştir. Fındık yağı ile balmumu kullanılarak elde edilen aromatize oleojellere benzer olarak FSC, FSD ve FSM oleojellerinde depolama süreci boyunca uçucu bileşen kompozisyonlarını korudukları belirlenmiştir. Çalışmada belirlenen uçucu bileşenlerin eşik değerleri ve aromalarına ilişkin veriler Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada Türkiye’den elde edilen rafine fındık yağlarında temel aroma bileşenleri asetik asit (%33.7–34.4), 3-hidroksi-2-butanon (%0.6-0.9), 2,3-butandiol (%1.8-0.4), hekzanal (%3.3–10.1), oktan (%0.5-3.4), 3(2H)-furanon-dihidro-2-metil (%1.6), 2-metilpirazin (%2.0–3.2), furfural (%2.3–9.0), furfurilalkol (%0.5–3.2), hekzanol (%0.4), 2-heptanon (%0.9), heptanal (%0.2-1.3),  $\gamma$ -butirolakton (%0.4-1.1),  $\alpha$ -pinene (%0.1), *trans*-2-heptenal (%1.1), benzaldehid (%0.3-0.7), 5-metilfurfural (%0.9), 2-pentil furan (%0.5), oktanal (%0.8), heptan (%1.6), hekzanoik asit (%0.7) olarak rapor edilmiştir (Bail ve ark., 2009). Bir diğer çalışmada hekzenal, furfural, (E)-5-metil hept-2-en-4-one, pentil furan, pirazin, furfuril alkol, nonanal, fenil asetaldehit, sabinen, oktanol, dekanal, terpineol, 2-asetilpirol, (Z)-2-dekanal, 2,4-dekadienal, 2-undecanal rafine fındık

yağı uçucu bileşenleri olarak rapor edilmiştir (Caja ve ark., 2000). Literatürde tespit edilen uçucu bileşenlerden hekzanal için yeşil, elma, bütanoik asit için ransit, peynir, pentanoik asit için tatsız, keskin, hekzanoik asit için buruk keskin ve oktanoik asit için yağlı (Morales ve ark., 2005), 2-nonanon için meyvemsi, etil asetat için tatlı aromatic (Z)-3-hekzen-1-ol için muz, (E)-2-hekzen-1-ol için yeşil, çimen (Morales ve ark., 1997) aroma verdikleri bildirilmiştir. Araştırma kapsamında rafine fındık yağı oleojelerinde saptanan temel aroma maddelerinden bazıları asetik asit, 3- hidroksi-2-butanon, hekzanal, 2-heptanon, heptanal,  $\alpha$ -pinene, oktanal, hekzanoik asit, 2-pentil furan olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4. 32.** Biyo-aktif bileşen içeren aromatize oleojellerde tespit edilen bazı uçucu bileşenlerin eşik değeri ve duyuşal tanımları

Aroma Maddesi	Eşik Değeri (mg/L)	Duyusal tanım	Kaynak	Aroma Maddesi	Eşik Değeri (mg/L)	Duyusal Tanım	Kaynak
Etil kaproat		Elma, meyvemsi, tatlı		Pentanal	0.24	Acı, odunsu	Morales ve ark.. 2005
İzoamil valerinat		Muz, armut		3-Methylbütan-1-al		Malt	Reiners ve Grosch. 1998
Etil asetat	0.94	Muz, meyvemsi	Morales ve ark.. 1997	(E)-2-nonenal		Karton, yağlı	Reiners ve Grosch. 1998
Metil bütanooat		Meyvemsi	Garutti ve ark.. 2003	İzopentil alkol	0.10	Tatlı, odunsu	Morales ve ark.. 1997
Etil izobütanoat		Meyvemsi	Garutti ve ark.. 2003	(Z)-3-hekzen-1-ol		Muz	Kiritsakis. 1998
Etil Bütanooat	0.03	Ananas, parfüm	Garutti ve ark.. 2003	1-pentanol		Keskin	Kiritsakis. 1998
Etil. 2-metil bütanooat		Elma,tatlı	Garutti ve ark.. 2003	(E)-2-hexen-1-ol	5.00	Yeşil, çimen	Morales ve ark.. 2005
İzoamil asetat		Muz, armut	Kiritsakis. 1998	2-Nonanone		Meyvemsi	Kritsakis. 1998
Metil kaproat		Yağlı, peynir		2.3-bütanedion		Tereyağ	
Metil kaprilat		Mumsu		2-bütanon. 3- hidroksi		Tereyağ	
(E)-3-hekzen-1-ol asetat		Yeşil, çimen	Morales ve ark.. 1997				
α-metil bütirik asit		Elma, ananas		6-Methyl-5-hepten-2-one		Meyvemsi	Kritsakis. 1998
(E)-2-hekzenal	0.42	Acı badem	Morales ve ark.. 2005	Pentanoic acid	0.60	keskin	Morales ve ark.. 1997
Nonanal	0.15	Turunçgil benzeri	Reiners ve Grosch. 1998	Hekzanoik asit	0.70	Yağlı, peynir	Morales ve ark.. 2005
Hekzenal	0.08	Çimen	Morales ve ark.. 2005	Bütanoik asit	0.14	Ransit, tereyağ	Morales ve ark.. 2005
Oktanal	0.32	meyvemsi	Morales ve ark.. 1997	Oktanoik asit	3.00	Sabunsu	Morales ve ark.. 2005
Dekanal	0.65	Keskin,tatlı, mumsu	Morales ve ark.. 2005	Heptanoik asit	0.10	Ransit	Morales ve ark.. 2005
2.4-Decadienal	2.15	Güçlü yağlı	Morales ve ark.. 2005	Asetik asit	0.50	Keskin, ekşi	Morales ve ark.. 2005
2.4-Nonadienal	2.50	Sabunsu	Morales ve ark.. 2005	D-limonen		Portakal	Morales ve ark.. 1997
(E)-2-Dekenal	0.01	Balık kokulu	Morales ve ark.. 2005	α-pinen		Çam, yeşil	Morales ve ark.. 1997
2-Methyl büt-2-enal		Solvent benzeri	Kiritsakis. 1998	Ocimene	-	Küflü	Morales ve ark.. 2005
2.4-Hexadienal		Ham meyve	Kiritsakis. 1998				
Heptenal		Yağlı, odunsu	Morales ve ark.. 1997				
2-heptenal		Okside, keskin	Morales ve ark.. 1997				
2.4 Heptadienal	3.62	Yağlı ransit	Morales ve ark.. 2005				

**Çizelge 4. 33.** Biyo-aktif bileşen içeren natürel zeytinyağı-balmumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları (µg/kg) (Ort.±Sd)

RT	Aroma maddesi	ZBÇ (Taze)	ZBÇ (Depolanmış)	ZBD (Taze)	ZBD (Depolanmış)	ZBM (Taze)	ZBM (Depolanmış)
601	2,3-Bütanedione	Nd	Nd	26.43±5.33	28.03±4.72	Nd	Nd
608	Asetik asit	6551.95±673.05	18589.67±1682.75	20481.75±2221.30	3061.21±424.54	714.15±201.93	134.62±12.24
686	3-Metilbütan-1-al	215.36±33.14	171.63±31.90	Nd	Nd	17.89±7.45	5.78±2.11
709	2-Bütanone. 3-hidroksi-	Nd	Nd	1401.89±258.04	1359.13±331.94	Nd	Nd
724	Metil bütanoat	182.82±55.46	166.26±30.90	Nd	Nd	Nd	Nd
757	2-Metil büt-2-enal	Nd	Nd	58.86±9.47	51.14±10.19	Nd	Nd
764	α-Metilbütül izobütirat	83.27±13.99	83.25±15.47	Nd	Nd	Nd	Nd
768	Toluen	136.18±47.06	74.13±13.78	39.80±11.86	61.54±15.48	Nd	Nd
799	Hekzanal	Nd	Nd	439.91±143.26	55.98±5.83	57.16±10.42	25.65±8.55
801	Etil bütanoat	2401.09±302.05	2594.62±482.18	Nd	Nd	Nd	Nd
854	Etil 2-metilbütanoat	864.33±268.64	556.01±103.33	Nd	Nd	Nd	Nd
855	2-Hekzanal	Nd	Nd	995.48±238.76	96.09±16.61	249.07±28.61	559.38±124.73
860	Z-4-Hekzen-1-ol	283.25±74.07	249.11±46.29	Nd	Nd	Nd	Nd
862	Bütanoik asit	Nd	Nd	11442.70±118.55	12.788.90±1285.98	Nd	Nd
870	İzovaleric asit	Nd	Nd	99.53±16.47	Nd	Nd	Nd
874	E-2-Hekzen-1-ol	Nd	Nd	Nd	56.66±9.02	Nd	Nd
875	1-Bütanol	Nd	Nd	77.22±20.22	Nd	Nd	Nd
878	İzoamil asetat	Nd	Nd	Nd	86.23±15.72	7458.82±1917.20	6035.83±1536.18
892	3-Hidroksi-2-bütanon. Asetat	Nd	Nd	265.15±105.73	348.09±47.16	Nd	Nd
899	Heptanal	Nd	Nd	81.22±12.96	61.22±0.69	228.66±85.82	104.00±27.45
909	Z-2-Bütenedioik asit	Nd	Nd	51.01±4.10	41.64±2.50	Nd	Nd
912	2,4-Hekzadienal	Nd	Nd	Nd	Nd	96.68±15.43	41.22±28.62
921	α-Metilkaproik asit	1152.78±266.34	1307.92±243.06	Nd	Nd	Nd	±64.01
925	Pentanoik asit	878.40±24.90	2322.19±238.95	3792.24±453.66	2145.84±170.29	Nd	Nd
934	1R-.alpha.-Pinene	16.75±3.55	20.44±3.80	41.52±8.06	39.96±2.34	72.16±22.07	36.41±11.33
938	3-Heptanone. 2-metil- (IS)	273.33±0.00	273.33±0.00	273.33±0.00	273.33±0.00	273.33±0.00	273.33±0.00
946	(E,Z)-3-Etil-1.5-octadiene	89.12±28.58	84.24±15.66	6.12±1.91	94.31±5.06	140.15±42.78	120.80±61.03
957	(E)-2-Heptenal	Nd	11.28±2.10	Nd	20.28±1.01	Nd	Nd
958	(Z)-2-Heptenal	Nd	Nd	Nd	Nd	25.47±4.41	7.41±3.95
960	2(5H)-Furanon. 5-etil-	Nd	24.41±4.54	Nd	Nd	Nd	28.17±7.81
971	3-Metilbütül propionate	Nd	Nd	Nd	Nd	522.69±109.60	252.42±90.25
986	6-Metil-5-Hepten-2-One	Nd	Nd	Nd	6.41±1.17	Nd	Nd
993	E-3-Hekzenoik asit, metil ester	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	26.72±4.83
994	n-Bütül bütanoat	Nd	Nd	201.36±50.08	883.16±176.63	Nd	Nd
994	2,4- Heptadienal	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	19.49±1.22
998	Hekzanoik asit. etil ester	203.23±45.10	243.94±45.33	Nd	Nd	Nd	Nd
1000	Oktanal	Nd	Nd	Nd	17.26±3.15	172.31±46.50	16.83±3.04
999	Pentanoik asit. 2-metil (IS)	1928.64±564.97	2773.31±404.48	1399.69±362.82	1149.37±350.12	1889.24±451.94	3231.10±372.03
1005	E-3-Hekzen-1-ol. Asetat	767.45±109.57	212.81±39.55	27.55±3.61	22.20±7.90	282.19±46.10	35.78±13.82
1012	Hekzil asetat	72.83±13.39	Nd	Nd	192.52±26.57	164.89±29.28	55.55±10.05

**Cizelge 4.33. Devami**

1016	Z-2-Hekzen-1-ol. Asetat	38.45±7.07	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
1028	D-Limonen	59.92±1.23	153.36±28.50	Nd	33.50±18.90	178.62±12.98	126.23±20.69
1028	Hekzanoik asit	Nd	2678.64±730.98	10096.50±113.64	13125.45±1186.20	Nd	504.82±74.04
1035	1-Hekzanol. 2-etil-	Nd	Nd	Nd	Nd	12.40±4.07	12.53±2.27
1035	Oktan. 2,3-dimetil-	7.06±0.12	8.83±1.64	Nd	Nd	Nd	Nd
1039	3,5-Oktadien-2-ol	Nd	Nd	Nd	Nd	41.69±13.05	11.74±4.74
1044	Benzeneasetaldehid	Nd	13.76±2.56	266.29±54.57	Nd	Nd	Nd
1049	1,3,6-Oktatrien. 3,7-dimetil-	18.25±1.42	42.70±7.94	Nd	Nd	43.80±2.44	49.66±18.11
1069	$\alpha$ -Metilbütül izobütirat	Nd	Nd	69.58±1.63	87.75±13.38	Nd	Nd
1071	3,5-Oktadien-2-one	Nd	Nd	Nd	Nd	13.56±2.11	9.11±1.65
1073	Cis-linalool oksit	13.49±3.44	15.96±2.97	15.90±2.35	16.29±5.02	Nd	Nd
1078	E-sitral	7.02±2.51	12.12±2.25	6.22±0.76	13.00±2.94	11.27±1.95	16.33±11.61
1082	Heptanoik asit	Nd	Nd	389.72±60.70	1062.82±222.12	Nd	Nd
1090	2-Nonanon	5.68±2.46	7.08±1.32	4.41±0.24	7.15±0.94	22.14±7.58	11.36±1.09
1094	2-Nonen-4-on	Nd	Nd	Nd	4.77±1.15	Nd	Nd
1101	Nonanal	83.38±0.13	128.97±23.97	65.68±1.18	128.98±17.18	Nd	Nd
1105	İzoamil valerianat	Nd	Nd	Nd	Nd	7483.65±1120.68	3928.27±1285.46
1114	Maltol	38.01±4.39	58.08±10.79	Nd	Nd	Nd	Nd
1123	Octanoik asit. metil ester	Nd	Nd	8.65±1.75	15.61±1.92	Nd	15.62±2.82
1141	2,4,6-Oktatrien. 2,6-dimetil-	11.14±3.13	9.91±1.84	Nd	Nd	Nd	Nd
1143	Bütanoik asit. 3-metil-. propil ester	Nd	Nd	Nd	Nd	6.11±0.29	7.25±2.03
1159	(E)-2-Nonenal	Nd	7.23±1.34	Nd	6.56±0.65	Nd	9.32±3.91
1164	Asetik asit. fenillmetil ester	Nd	4.27±0.79	Nd	Nd	Nd	Nd
1167	Fenol, 4-etil-	2.19±0.97	2.42±0.45	1.82±0.60	2.33±0.15	3.48±1.18	3.93±0.71
1171	Octanoik asit	25.57±1.34	Nd	3365.5±32.43	7067.55±601.12	Nd	Nd
1185	cis-3-Hekzenil izo-bütirat	132.39±67.71	13.24±2.46	Nd	Nd	Nd	Nd
1189	2-Heptenoik asit	Nd	Nd	Nd	Nd	3.09±0.07	18.46±3.34
1191	2-Dekanone	Nd	Nd	4.12±0.89	9.19±2.53	4.50±1.84	6.74±3.01
1212	(E,E)-2,4-Nonadienal	Nd	Nd	Nd	4.09±0.58	Nd	6.08±3.34
1256	İzotiyazol 5-metil-	Nd	Nd	Nd	Nd	10.45±3.15	11.71±1.87
1260	3-metilbütül hekzanoat	Nd	Nd	20.25±0.11	43.06±7.91	Nd	Nd
1266	Nonanoik asit	Nd	113.75±26.92	Nd	381.83±46.44	Nd	Nd
1291	(E,Z)-2,4-Dekadienal	0.99±0.37	2.80±0.52	3.48±0.56	11.86±2.52	1.28±0.03	2.99±0.68
1314	2,4-Dekadienal	Nd	2.18±0.41	0.97±0.12	1.92±0.28	Nd	6.78±5.63
1377	.alpha-Cubebene	Nd	67.12±12.47	Nd	Nd	Nd	Nd

Biyo aktif bileşen içeren aromatize zeytinyağı ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerde taze ve 90 günlük depolama süreci sonunda tespit edilene uçucu bileşenler Çizelge 4.33'de verilmiştir. Aromatize zeytinyağı oleojellerinde 77 uçucu bileşen belirlenmiştir. Genel olarak tüm örneklerde yer alan uçucu bileşenlerden hidrokarbonlar; toluene, 1,5-oktadien-3-etil, aldehitler; izovaleraldehit, hekzanal, 2-hekzenal, heptanal, oktanal, 2-heptenal (E,Z), nonanal, 2-nonenal, 2,4-dekadienal (E,Z) ketonlar; 2-nonanon, 2-dekanon, asitler; asetik asit, pentanoik asit, oktanoik asit, hekzanoik asit, esterler; oktanoik asit metil ester, asetik asit hekzil ester, 3-hekzen-1-ol asetat, izo amil asetat, alkoller; p-ethylphenol diğerleri;  $\alpha$ -pinene, *trans*-alloocimene, D-limonene, linalool oksit, E-sitral,  $\alpha$ -cubebene olarak tespit edilmiştir. Zeytinyağı ile balmumu kullanılarak oluşturulan çilek aroması ile aromatize edilen oleojellerde ise miktar olarak en yüksek, asetik asit, izovaleraldehit, metal bütanoat,  $\alpha$ -metilbutil izobütirat, toluene, etil bütanoat, etil 2-metilbütanoat, (Z)-4-hexen-1-ol,  $\alpha$ -metal kaproik asit, 1,5-oktadien 3-etil, hekzanoik asit, metil ester, hekzanoik asit etil ester, D-limonen, 3-hekzen-1-ol asetat, nonanal, cis-3-hekzenil izobütirat, maltol gibi uçucu bileşenler saptanmıştır. Söz konusu uçucu bileşenlerin taze ve depolanmış örneklerde miktarları değişmekle beraber tüm örneklerde tespit edildiği gözlemlenmiştir. Tereyağ aroması ile aromatize edilen örneklerde ise 2,3-bütanedion, asetik asit, 2-bütanon 3-hidroksi, 2-metil 2-bütanal, toluene, hekzanal, 2-hekzenal, bütirik asit, 1-bütanol, 3-hidroksi 2-bütanon asetat, heptanal, 2-bütenedioik asit, pentanoik asit, pinen, limonene, n-bütül bütanoat, hekzanoik asit, n-metil butyl izobütirat, nonanal, izovalerik asit uçucu bileşenleri belirlenmiştir. Söz konusu uçucu bileşenlerden depolama süreci sonunda 1-bütanol ve izovalerik asidin depolama süreci sonundaki örneklerde saptanamadığı görülmüştür. Muz aroması ile aromatize edilmiş zeytinyağı ayçiçek mumu oleojellerinde miktar olarak fazla bulunana uçucu bileşenler asetik asit, toluene, 2-hekzenal, izoamil asetat, heptanal, piene, 2,4-hekzenedienal, 3-metilbütül propionate, oktanal, (Z)-3-hekzen-1-ol asetat, hekzil asetat, limonene, izoamil valerinat, 3-etil 1,5-oktadien uçucu bileşenler olarak tespit edilmiştir. Tereyağı aromasıyla hazırlanmış örneklerde bahsi geçen uçucu bileşenlerin taze ve depolanmış örneklerde miktarları değişmekle beraber tüm örneklerde tespit edildiği gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4. 34.** Biyo-aktif bileşen içeren natürel zeytinyağı-ayçiçek mumu oleojellerinin taze ve üç ay depolama sonrası belirlenen uçucu bileşen kompozisyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (Ort. $\pm$ Sd)

RI	Aromatik madde	ZSÇ (Taze)	ZSÇ (Depolanmış)	ZSD (Taze)	ZSD (Depolanmış)	ZSM (Taze)	ZSM (Depolanmış)
601	2,3-Bütanedion	Nd	Nd	19.72 $\pm$ 12.16	14.79 $\pm$ 4.69	Nd	Nd
608	Asetik Asit	401.84 $\pm$ 53.84	425.39 $\pm$ 16.15	6798.31 $\pm$ 659.63	7217 $\pm$ 612.52	207.31 $\pm$ 42.90	Nd
613	Etil Asetat	Nd	Nd	Nd	Nd	30.32 $\pm$ 35.18	33.39 $\pm$ 23.62
686	2-Bütanone. 3-hidroksi	Nd	Nd	1283.28 $\pm$ 205.21	1468.84 $\pm$ 198.52	Nd	Nd
688	Pentanal	16.65 $\pm$ 2.72	28.63 $\pm$ 1.41	Nd	Nd	Nd	Nd
724	Metil bütanoat	21.43 $\pm$ 3.52	132.97 $\pm$ 7.54	Nd	Nd	Nd	Nd
763	İzobütirik asit	103.37 $\pm$ 16.97	517.11 $\pm$ 9.83	Nd	Nd	Nd	Nd
766	Toluen	52.16 $\pm$ 8.56	324.58 $\pm$ 6.81	85.58 $\pm$ 26.51	108.27 $\pm$ 35.30	Nd	Nd
774	1-Pentanol	62.38 $\pm$ 9.92	509.84 $\pm$ 13.47	Nd	Nd	Nd	Nd
789	2-Hekzanon	49.10 $\pm$ 7.99	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
794	Hekzanal	Nd	Nd	51.59 $\pm$ 13.52	56.09 $\pm$ 11.01	58.89 $\pm$ 4.37	37.40 $\pm$ 18.09
800	Etil bütanoat	2263.08 $\pm$ 356.26	15469.87 $\pm$ 814.87	Nd	Nd	Nd	Nd
851	E-2-Hekzenal	Nd	Nd	65.54 $\pm$ 13.87	92.03 $\pm$ 29.98	157.12 $\pm$ 27.95	720.64 $\pm$ 216.98
852	Bütanoik asit	96.92 $\pm$ 4.03	247.70 $\pm$ 7.40	11644.63 $\pm$ 2241.20	12990.83 $\pm$ 3500.12	Nd	Nd
853	Etil 2-metilbütanoat	3830.36 $\pm$ 566.94	28020.01 $\pm$ 1167.77	Nd	Nd	Nd	Nd
859	Z-3-Hekzen-1-ol. format	1835.61 $\pm$ 296.85	9767.61 $\pm$ 279.27	Nd	Nd	Nd	Nd
869	Z-2-Hekzen-1-ol	Nd	1576.11 $\pm$ 36.27	120.52 $\pm$ 83.70	5.13 $\pm$ 0.88	Nd	Nd
878	İzoamil asetat	Nd	Nd	Nd	10.01 $\pm$ 1.71	10091.72 $\pm$ 1961.50	1293.92 $\pm$ 406.77
889	2-Heptanon	3.83 $\pm$ 0.57	282.48 $\pm$ 8.65	28.70 $\pm$ 7.68	57.52 $\pm$ 33.06	799.15 $\pm$ 236.13	280.90 $\pm$ 92.32
890	2-Bütanon-3-ol. asetat	Nd	Nd	33.97 $\pm$ 21.42	43.81 $\pm$ 24.54	Nd	Nd
898	Heptanal	Nd	Nd	Nd	5.09 $\pm$ 0.98	Nd	109.96 $\pm$ 25.53
911	E,E-,4-Hekzadienal	Nd	Nd	Nd	Nd	131.17 $\pm$ 34.99	42.85 $\pm$ 23.67
911	2-Hekzanone. 3-metil-	Nd	Nd	71.00 $\pm$ 28.98	6.22 $\pm$ 1.06	Nd	Nd
915	$\alpha$ -Metilkaproik asit	1283.16 $\pm$ 195.30	8633.11 $\pm$ 163.34	Nd	Nd	193.84 $\pm$ 64.76	128.18 $\pm$ 39.24
923	Metil kaproat	Nd	Nd	16.33 $\pm$ 6.20	52.39 $\pm$ 5.27	Nd	Nd
933	1R-.alpha.-Pinene	14.03 $\pm$ 2.30	Nd	20.98 $\pm$ 7.24	32.42 $\pm$ 20.77	62.48 $\pm$ 10.26	62.22 $\pm$ 13.77
937	3-Heptanone. 2-metil-(IS)	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00	273.33 $\pm$ 0.00
946	E,Z-3-Etil-1.5-oktadien	54.26 $\pm$ 9.38	435.31 $\pm$ 19.80	46.49 $\pm$ 15.74	75.81 $\pm$ 34.04	Nd	Nd
985	6-metil-5-hepten-2-on	Nd	Nd	4.88 $\pm$ 1.53	Nd	Nd	Nd
989	Furan. 2-pentil-	Nd	127.43 $\pm$ 0.28	13.84 $\pm$ 3.57	11.03 $\pm$ 6.36	28.17 $\pm$ 4.92	14.71 $\pm$ 4.64
993	n-Bütül bütanoat	Nd	Nd	61.91 $\pm$ 17.39	199.69 $\pm$ 21.77	Nd	Nd
998	Etil kaproat	377.02 $\pm$ 63.44	1482.16 $\pm$ 12.37	Nd	Nd	Nd	Nd
1000	Oktanal	Nd	Nd	Nd	9.71 $\pm$ 0.90	Nd	Nd
1005	E-3-Hekzen-1-ol. asetat	169.54 $\pm$ 26.76	127.81 $\pm$ 0.27	23.09 $\pm$ 7.64	187.70 $\pm$ 32.11	35.31 $\pm$ 8.06	22.98 $\pm$ 6.85
1012	Asetik asit. heksil ester	Nd	Nd	Nd	21.56 $\pm$ 3.69	Nd	84.56 $\pm$ 13.89
1024	Pentanoik asit. 2-metil-(IS)	4650.01 $\pm$ 623.49	21316.83 $\pm$ 81.21	3022.41 $\pm$ 1454.74	3139.10 $\pm$ 1601.32	4281.94 $\pm$ 439.91	3649.96 $\pm$ 1240.49
1027	Limonen	Nd	71.79 $\pm$ 3.81	6.84 $\pm$ 1.83	32.75 $\pm$ 5.60	17.75 $\pm$ 8.07	11.65 $\pm$ 2.65
1045	Hekzanoik asit	3789.55 $\pm$ 300.87	3702.05 $\pm$ 23.55	11442.70 $\pm$ 2759.71	14067.80 $\pm$ 4846.32	3365.50 $\pm$ 301.93	2839.80 $\pm$ 455.01
1050	E-2-Hekzenoik asit-	15.51 $\pm$ 2.59	63.38 $\pm$ 0.60	Nd	Nd	Nd	8.01 $\pm$ 1.61
1058	E-2-Hekzenal-	Nd	Nd	Nd	57.04 $\pm$ 9.76	Nd	Nd

**Cizelge 4.34. Devami**

1068	2,3-Hekzanedion	Nd	Nd	72.52±7.56	106.38 ± 38.92	Nd	Nd
1075	1-Oktanöl	Nd	Nd	Nd	Nd	18.49±5.95	39.43±3.55
1077	Z-2,6-Oktadienal. 3,7-dimetil	Nd	133.67±4.70	Nd	15.12±2.59	18.19±6.24	12.22±4.52
1088	Heptanoik asit	438.18±25.57	Nd	152.79±14.78	170.96±51.82	450.97±85.48	473.18±87.50
1090	2-Nonanon	29.21±6.35	958.57±11.57	10.97±7.96	9.79±3.45	65.05±26.91	50.28±8.22
1092	delta.-Kaprolakton	30.68±5.66	183.90±4.58	Nd	Nd	Nd	Nd
1101	Nonanal	110.94±18.22	789.73±56.51	73.78±6.80	134.53±37.16	Nd	Nd
1106	2,4- nonadienal	Nd	Nd	4.64±0.13	7.86±2.29	Nd	Nd
1111	Heptil asetat	10.90±3.34	54.36±1.73	4.52±1.64	11.03±4.74	Nd	Nd
1118	Benzen etanol	Nd	Nd	12.12±1.22	20.42±6.88	Nd	Nd
1120	Maltol	34.59±5.68	542.43±14.36	Nd	Nd	Nd	Nd
1123	Metil kaprilat	4.04±0.60	Nd	14.03±2.62	28.13±11.94	Nd	Nd
1128	n-Oktil format	21.83±3.46	249.11±5.44	Nd	Nd	Nd	Nd
1131	Dodekan-6-On	Nd	Nd	4.71±0.84	7.98±4.52	Nd	Nd
1135	1-Heptadeken	Nd	Nd	4.65±0.79	9.35±3.82	Nd	Nd
1139	3-Nonen-2-on	18.36±4.56	121.89±5.71	16.99±4.55	25.58±4.38	Nd	20.86±2.12
1143	cis-3-Hekzenil izo-bütirat	8.63±2.04	46.99±1.08	Nd	Nd	Nd	Nd
1151	3-Oktanone. 2-metil-	64.27±14.31	220.23 ± 6.33	49.08±19.23	6.66±1.22	68.01±13.47	67.26±21.32
1160	E-2-Nonenal	12.14±2.15	121.11±4.28	9.01±3.27	21.79±6.94	Nd	15.77±2.75
1189	Oktanoik Asit	Nd	Nd	2967.69±948.72	7092.45±1050.03	Nd	Nd
1189	n-Amil izovalerat	14.38±2.36	137.35±3.06	Nd	Nd	Nd	Nd
1191	2-Dekanon	11.24±1.65	130.07±2.86	18.22±8.79	Nd	19.36±3.09	20.56±4.95
1195	Etil kaprilat	Nd	Nd	Nd	7.31±1.25	Nd	Nd
1212	2,4-Nonadienal	Nd	49.19±14.97	Nd	5.27±1.41	Nd	7.77±0.33
1239	2(5H)-Furanon, 5-bütıl-	8.58±1.25	98.34±3.74	Nd	Nd	Nd	Nd
1244	Adipik asit	Nd	Nd	Nd	Nd	6.38±1.05	Nd
1245	2,4-dekadienoik asit metil ester	Nd	Nd	3.27±2.94	5.47±0.18	Nd	Nd
1258	γ-Oktalakton	16.22±2.83	130.76±19.34	7.74±1.85	13.31±3.88	Nd	Nd
1261	trans -2-Dekenal	13.00±2.67	164.91±2.76	24.36±7.39	52.56±16.95	Nd	Nd
1265	γ-Nonalakton	6.68±1.06	78.90±1.82	6.05±3.29	12.13±3.36	9.15±3.08	12.61±3.92
1267	Nonanoik asit	41.05±0.67	96.92±0.67	Nd	Nd	1076.28±431.48	201.93±14.13
1286	n-Amil kaproat	17.14±2.83	254.93±32.68	18.21±8.41	48.27±22.07	19.61±8.03	35.48±9.53
1291	E,Z-2,4-Dekadienal-	4.08±0.70	41.70±1.43	1.29±0.73	3.16±1.77	4.08±3.85	5.13±2.28



Biyo aktif bileşen içeren aromatize zeytinyağı ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerde taze ve 90 günlük depolama süreci sonunda tespit edilene uçucu bileşenler Çizelge 4.34'te verilmiştir. Aromatize zeytinyağı oleojellerinde 78 uçucu bileşen belirlenmiştir. Genel olarak tüm örneklerde yer alan uçucu bileşenlerden hidrokarbonlar; toluene, 1,5 oktadien 3-etil, aldehitler; izovaleraldehit, hekzanal, 2-hekzenal, heptanal, oktanal, 2-heptenal (E,Z), nonanal, 2-nonenal, 2,4-dekadienal (E,Z) *trans* -2-dekenal ketonlar; 3-Nonen-2-on, 2-nonanon, 2-dekanon, 2- metil 3-oktanon, asitler; asetik asit, pentanoik asit, oktanoik asit, hekzanoik asit, nonanoik asit esterler; oktanoik asit metil ester, asetik asit hekzil ester, heptil asetat, 3-hekzen-1-ol asetat, izo amil asetat, n-amil kaproat alkoller; p-etilfenol diğerleri;  $\alpha$ -pinene, *trans* -alloocimene, D-limonen, linalool oksit, E-sitral,  $\alpha$ -cubebene,  $\gamma$ -nonalactone,  $\gamma$ -oktalaktone olarak tespit edilmiştir. Zeytinyağı ile ayçiçek kullanılarak oluşturulan çilek aroması ile aromatize edilen oleojellerde ise miktar olarak yüksek, asetik asit, pentanal, metil bütanoat, toluene, etil bütanoat, etil 2-metilbütanoat, 3-hekzen-1-ol format, 2-hekzen-1-ol,  $\alpha$ - metil kaproik asit, 1,5 oktadien 3-etil, etil kaproat, hekzanoik asit, D-limonen, nonanal, 2-heptanon, 2-nonanon, 3-oktanon 2-metil, maltol, 2-nonenal, n-amil izovalerat, 3-nonen-2-on, n-amil kaproat, n-oktil format, delta-kaprolaktone,  $\gamma$ -oktalaktone,  $\gamma$ -nonalaktone, *trans* -2-dekenal, 2-dekanaon gibi uçucu bileşenler saptanmıştır. Söz konusu uçucu bileşenlerin taze ve depolanmış örneklerde miktarları değişmekle beraber tüm örneklerde tespit edildiği gözlemlenmiştir. Tereyağ aroması ile aromatize edilen örneklerde ise 2,3-bütanedion, asetik asit, 2-bütanon 3-hidroksi, toluene, hekzanal, 2-hekzenal, bütirik asit, hekzanoik asit, oktanoik asit, 2,3-hekzenedion, 3-hekzen -1-ol asetat, 2-hekzen-1-ol, 3 etil 1,5-oktadien, nonanal, uçucu bileşenleri belirlenmiştir. Söz konusu uçucu bileşenlerin taze ve depolanmış örneklerde saptandığı görülmüştür. Muz aroması ile aromatize edilmiş zeytinyağı ayçiçek mumu oleojellerinde miktar olarak fazla bulunana uçucu bileşenler 2-metil 3-oktanon, izoamil asetat, heptanal, 2-hekzenal, 2-heptanon, 2,4-hekzenedienal,  $\alpha$ -metilkaproik asit, pinene, hekzanoik asit 2-nonanon uçucu bileşenler olarak tespit edilmiştir. Aromatize tereyağı örneklerinde bahsi geçen uçucu bileşenlerin taze ve depolanmış örneklerde miktarları değişmekle beraber tüm örneklerde tespit edildiği gözlemlenmiştir. Çalışmada belirlenen uçucu bileşenlerin eşik değerleri ve aromalarına ilişkin veriler Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Konuyla ilgili natürel zeytinyağında yapılan bir çalışmada uçucu bileşenler olarak hidrokarbonlar; oktan, 1-okten, nonan, (E)-2-okten, 1,5 hekzadien, 3,4-dietil,dekan,

undekan, etilbenzen, ksilen, stiren, tridekan1,5-oktadien, 3-etil (E,Z), aldehitler aldehitler; sinnamaldehit, benzaldehid, (E)-2hekzenal, (E)-2-heptenal, (E)-2-pental (E,Z)-2,4-hekzadienal, (E,Z)-2,4-heptadienal, (Z)-3-hekzenal, hekzenal, pentanal, nonanal etil fenol, heptanol, 1-oktanol, 1-pentanol, (E,Z)-3 hekzenol, (E,Z)-2-helzenol, heptanol, 3-metil bütanol, 2-metil bütanol, 1-penten-3-ol, izobütanol, (E,Z)-2-pentenol, benzil alkol, feniletil alkol ketonlar; 2-propanon, 2-pentanon, 3-pentanon, 1-penten-3-on, 2-heptanon, 2-oktanon, 6-metil-5-hepten-2-on asitler; asetik asit, propanoik asit, bütanoik sit, hekzanoik asit, izovalerik asit, esterler; metal asetat, etil asetat, izoamil astetat, hekzil asetat, (Z)-3-hekzenil asetat, metal salsilat, diğerleri; *a*-ocimene, -pinene, -copaene şeklinde belirlendiği rapor edilmiştir (Vichi ve ark., 2003; Cavalli ve ark., 2004; Morales ve ark., 1997; Morales ve ark., 2005). Vichi ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada farklı zeytin çeşidinden elde edilen ve farklı orjinlere sahip natürel zeytinyağlarının uçucu bileşen kompozisyonlarında farklı olduğu rapor edilmiştir. Literatürde yer alan natürel zeytinyağlarına ait uçucu bileşen kompozisyonları ile çalışmada elde edilen verilerin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 35.** Biyo- aktif bileşen içeren aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin görünüş, tekstür ve ağız hissi özelliklerine ilişkin duyusal tanımlayıcı analiz sonuçları (Ort±SE; Me)

Örnek	Pürüzlülük	Parlaklık	Homojenlik	Sıklık	Bıçağa Sıvanma	Sürülebilirlik	Likitleşme	Ergime Hızı	Kumluluk	Kaplama
<b>FBC</b>	3.17±0.37 3.00a	6.83±0.27 6.50a	8.43±0.20 8.50a	3.33±0.37 3.50a	3.27±0.38 3.00a	8.17±0.27 8.00a	4.80±0.52 4.50a	5.73±0.47 5.50a	3.27±0.48 3.00a	5.57±0.41 5.50a
<b>FBD</b>	3.20±0.29 3.00a	6.83±0.25 7.00a	8.23±0.26 8.00a	3.63±0.45 3.50a	3.33±0.48 3.00b	8.17±0.25 8.50a	4.80±0.46 4.50a	5.97±0.57 6.00a	2.87±0.44 2.00a	5.23±0.52 5.00b
<b>FBM</b>	3.23±0.40 3.00a	6.70±0.31 7.50a	8.30±0.20 8.00a	3.60±0.34 3.50a	3.23±0.47 3.00b	8.10±0.22 8.00b	4.97±0.45 5.00a	5.67±0.50 6.00a	3.03±0.36 3.00a	5.40±0.46 5.50a
<b>FSC</b>	4.29±0.45 3.50b	6.00±0.42 6.00b	7.71±0.36 8.00b	5.43±0.53 5.00b	3.43±0.53 3.00a	8.00±0.17 8.00b	3.07±0.35 3.00b	4.20±0.49 3.50b	3.67±0.41 4.00b	5.63±0.43 5.50a
<b>FSD</b>	4.14±0.36 4.00b	6.21±0.41 6.00b	7.82±0.37 8.00b	5.50±0.41 6.00b	2.97±0.44 3.00b	8.07±0.17 8.00b	2.93±0.26 3.00b	4.63±0.43 4.50b	3.47±0.38 4.00b	5.00±0.45 5.00b
<b>FSM</b>	4.10±0.40 4.00b	6.20±0.42 7.00a	7.67±0.35 7.50b	5.53±0.51 6.00b	3.13±0.40 3.00b	8.27±0.18 8.00a	3.17±0.33 3.00b	4.60±0.49 4.00b	3.60±0.39 3.50b	5.23±0.45 5.00a
<b>ZBÇ</b>	3.16±0.43 3.00a	6.50±0.33 6.50a	8.13±0.20 8.50a	3.80±0.43 3.50a	3.53±0.49 3.00a	8.67±0.18 8.50a	4.70±0.51 4.50a	5.93±0.53 6.50a	2.63±0.44 2.50a	4.43±0.28 4.00b
<b>ZBD</b>	3.13±0.51 2.50a	6.27±0.31 6.00b	8.37±0.22 8.50a	3.53±0.36 3.50a	3.17±0.50 3.00b	8.53±0.17 8.50a	4.07±0.43 4.00a	5.93±0.54 6.00a	2.80±0.45 2.50a	4.60±0.35 4.50b
<b>ZBM</b>	3.13±0.41 3.00a	6.47±0.34 6.50a	7.77±0.41 8.50a	3.70±0.41 3.50a	3.43±0.52 3.00a	8.53±0.16 8.50a	4.53±0.55 4.50a	5.77±0.50 5.50a	2.70±0.42 2.00a	4.73±0.42 5.00b
<b>ZSÇ</b>	4.83±0.50 4.50b	5.77±0.52 6.00b	7.07±0.55 8.00b	5.67±0.33 6.00b	3.70±0.64 3.50a	7.63±0.31 8.00b	3.37±0.55 3.00b	4.13±0.56 3.50b	3.67±0.53 3.50b	6.03±0.33 6.50a
<b>ZSD</b>	4.40±0.45 3.50b	5.60±0.48 5.50b	7.13±0.54 8.00b	5.83±0.50 6.00b	3.73±0.69 3.00a	7.67±0.32 8.00b	3.03±0.48 3.00b	4.33±0.55 4.00b	3.57±0.48 4.00b	5.77±0.35 6.00a
<b>ZSM</b>	4.20±0.33 4.00b	5.33±0.49 5.00b	7.13±0.57 7.50b	5.77±0.34 6.00b	3.80±0.65 3.00a	7.87±0.25 8.00b	3.27±0.51 3.00b	4.37±0.54 4.00b	3.37±0.43 3.50b	5.57±0.41 5.50a

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Aromatize oleojellerin görünüş ve tekstür özelliklerine ait tanımlayıcı duyusal analiz (Kantitatif Tanımlama Analizi-QDA) sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Buna göre, aromatize oleojellerin görünüş özellikleri olarak “pürüzlülük”, “parlaklık”, ve “homojenlik”, tekstür özellikleri olarak “sıklık” “bıçağa sıvanma” “sürülebilirlik” “likitleşme”, ağız hissi özellikleri olarak “ergime hızı” “kumluluk” ve “kaplama” terimleri panel tarafından belirlenmiştir. Aromatize oleojellerden balmumu ile üretilen örneklerin (FB ve ZB) görünüş özelliklerinden “pürüzlülük” özelliğinin 3.13 – 3.23 skorlarını, ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin (FS ve ZS) ise 4.10 – 4.83 skorlarını aldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, ayçiçek mumu ile elde edilen oleojellerin her iki yağda, balmumu ile üretilen oleojellere göre daha pürüzlü yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Oleojellerin “parlaklık” özelliğinin panel tarafından belirlenen skorlarının 5.33 – 6.83 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Buna göre, en parlak örneklerin zeytinyağı-balmumu (ZB), fındık yağı-ayçiçek (FS) ve fındık yağı-balmumu (FB) oleojellerinin olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Oleojel örneklerinin ‘homojenlik’ özellikleri bakımından panelden yüksek skorlar (7.07 – 8.43) aldığı görülmüştür. Diğer görünüş özelliklerine benzer olarak homojenlik değeri bakımından her iki yağda balmumu ile elde edilen örneklerin ayçiçek mumu ile üretilen oleojellere göre daha yüksek skorlar aldığı tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Oleojel örneklerinin tekstürel özelliklerinden “sıklık” skorlarının fındık ve zeytinyağı ile balmumu kullanılarak üretilen oleojellerde 3.33 – 3.80 arasında skorlar aldığı, fındık ve zeytinyağı ile ayçiçek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin ise 5.43 – 5.83 arasında duyusal skorlar aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Buna göre, her iki yağda ayçiçek mumu ile üretilen (FS-ZS) örneklerin, her iki yağda balmumu (FB-ZB) ile üretilen örneklere göre daha sıkı tekstürel yapıya sahip oldukları tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Yine, tekstürel özelliklerden “bıçağa sıvanma” özelliği bakımından en yüksek skoru ZSM örneği (3.80) alırken en düşük duyusal skoru FSD örneğinin (2.97) aldığı görülmektedir. Genel olarak, üretilen tüm oleojellerin “sürülebilirlik” özelliklerinin panel tarafından yüksek skorlar (7.63 – 8.67) aldığı saptanmıştır. Sürülebilirlik özelliği bakımından balmumu ile üretilen örneklerin (FB-ZB) ayçiçek mumu ile üretilenlere (FS-ZS) göre daha sürülebilir olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Ayrıca, “likitleşme” ve “ergime hızı” “kumluluk” ve “kaplama” özellikleri bakımından benzer sonuçlar alınmıştır. Buna göre, her iki yağda balmumu ile elde edilen oleojellerin, ayçiçek mumu ile elde edilenlere göre söz konusu özellikler bakımından daha düşük skorlar aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.35).

**Çizelge 4. 36.** Biyo- aktif bileşen içeren aromatize fındık ve zeytinyağı oleojellerinin tat ve koku özelliklerine ilişkin tanımlayıcı duyu analizi sonuçları (Ort±SE; Me)

Örnek	Meyve	Katılmış Aroma	Tatlı-Aromatik	Ransit	Tatlı	Acı	Yağlı	Mumsu
<b>FBC</b>	2.67±0.37	6.63±0.48	3.23±0.40	0.13±0.07	2.23±0.27	0.27±0.11	8.20±0.31	5.47±0.56
	2.50a	6.50a	3.00a	0.00a	2.00a	0.00a	8.00a	5.50a
<b>FBD</b>	3.13±0.36	6.03±0.47	2.97±0.23	0.43±0.14	2.27±0.33	0.23±0.09	8.33±0.29	5.60±0.58
	3.00a	6.00b	3.00a	0.00b	2.00a	0.00a	8.00b	5.50b
<b>FBM</b>	2.93±0.36	5.73±0.34	3.23±0.26	0.13±0.05	2.47±0.27	0.20±0.08	8.00±0.37	5.50±0.50
	3.00a	6.00b	3.00a	0.00a	2.00b	0.00a	8.00a	5.50a
<b>FSC</b>	2.70±0.38	6.87±0.31	3.57±0.39	0.17±0.07	2.07±0.17	0.47±0.09	8.23±0.24	5.53±0.64
	3.00a	7.00a	3.50b	0.00a	2.00a	0.50b	8.00a	5.00a
<b>FSD</b>	3.67±0.48	6.30±0.42	2.90±0.24	0.37±0.11	2.07±0.14	0.43±0.16	8.50±0.20	5.37±0.49
	4.00a	6.00a	3.00a	0.00b	2.00a	0.00b	8.50b	5.00a
<b>FSM</b>	2.77±0.39	5.13±0.24	3.13±0.30	0.20±0.09	2.27±0.23	0.40±0.12	7.97±0.40	5.37±0.56
	3.00a	5.50b	3.00a	0.00a	2.00b	0.50b	8.00a	5.00a
<b>ZBÇ</b>	6.03±0.35	6.67±0.47	3.63±0.40	0.40±0.11	2.50±0.34	0.30±0.13	8.10±0.32	5.37±0.53
	6.00b	7.50a	4.00b	0.50b	2.00b	0.00a	8.50a	6.00a
<b>ZBD</b>	6.13±0.42	6.27±0.45	3.53±0.36	0.40±0.10	2.07±0.27	0.40±0.12	8.50±0.17	5.70±0.62
	6.00b	6.00a	3.50b	0.50b	1.50a	0.50b	8.50b	7.00b
<b>ZBM</b>	5.73±0.42	6.10±0.37	3.73±0.43	0.23±0.08	2.57±0.26	0.37±0.14	8.20±0.29	5.30±0.56
	6.00b	6.00b	4.00b	0.00a	2.50b	0.00a	8.50a	6.00a
<b>ZSC</b>	5.93±0.60	6.30±0.40	3.23±0.28	0.33±0.11	2.30±0.27	0.30±0.11	8.03±0.39	5.57±0.59
	6.50b	6.00a	3.00a	0.00b	2.00b	0.00a	8.00a	5.50b
<b>ZSD</b>	5.93±0.56	6.27±0.35	3.17±0.34	0.37±0.09	1.93±0.19	0.57±0.16	8.17±0.37	5.83±0.66
	6.50b	6.00b	3.00a	0.50b	1.50a	0.50b	8.50b	5.00b
<b>ZSM</b>	5.73±0.53	6.20±0.34	3.30±0.36	0.10±0.05	2.07±0.16	0.47±0.11	8.07±0.34	5.47±0.59
	6.00b	6.00b	3.00a	0.00a	2.00a	0.50b	8.50a	5.00a

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Aromatize oleojellerin koku ve lezzet özelliklerine ait tanımlayıcı duyu analizi sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir. Buna göre aromatize oleojellerin koku özellikleri olarak “meyve”, “katılmış aroma” (çilek, tereyağ ve muz), ve “tatlı-aromatik”, lezzet özellikleri olarak “tatlı” “acı” “yağlı” ve “mumsu” terimleri panel tarafından belirlenmiştir. Aromatize oleojellerden fındık yağı ile üretilen örneklerin (FB ve FS) “koku” özelliklerinden “meyve” özelliğinin 2.67 – 3.67 skorlarını, zeytinyağı ile üretilen oleojellerin (ZB ve ZS) ise 5.73 – 6.03 skorlarını aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Bu sonuçlara göre, zeytinyağı ile üretilen oleojellerin fındık yağı ile üretilen oleojellere göre daha meyvemsi kokuya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun zeytinyağının tamamen fiziksel yollar ile elde edilen natürel bir yağ olması, bir başka deyişle fındık yağının rafinasyon işlem esnasında aroma maddelerinin kayba uğraması ile açıklanabilmektedir. Oleojellerin “katılmış aroma” özelliklerinin panel tarafından belirlenen skorlarının 5.13–6.87 arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre en yüksek skoru alan örneklerin çilek aroması ile katkılandırılan oleojeller (FBC, FSC, ZBC ve ZSC) olduğu en düşük skorları alan oleojellerin ise muz aroması ile katkılandırılan oleojeller (FBM, FSM, ZBM ve ZSM) olduğu saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Olejel örneklerinin “tatlı aromatik” özellikleri bakımından benzer skorlar (2.97 – 3.63) aldığı görülmüştür (Çizelge 4.36).

Olejel örneklerinin lezzet özelliklerinden “ransit” skorlarının 0.10–0.43 arasında skorlar aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Daha önce aromatize oleojellerin belirtilen peroksit sayısı değerleri ile duyu analizi sonuçlarının birbirleriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir (Çizelge 4.28 ve 4.29). Yine lezzet özelliklerinden “acı” skorlarının 0.23–0.57 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Genel olarak üretilen tüm oleojellerin “yağlı” özelliklerinin panel tarafından yüksek skorlar (7.97 – 8.50) aldığı saptanmıştır. Üretilen aromatize oleojellere ait bir başka lezzet özelliği “mumsu” skorlarının 5.30 – 5.83 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Natürel sızma zeytinyağlarının duyu analizi olarak değerlendirilmesine ilişkin Uluslararası Zeytin Konseyi (IOC) tarafından natürel zeytinyağlarında belirlenen negatif özelliklerin medyan değerinin  $Me = 0$  ve pozitif özelliklerin ise medyan değerinin  $Me > 0$  olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, natürel zeytinyağları için negatif özelliklerin medyan değerinin  $0 < Me < 3.5$  arasında ve pozitif özelliklerin medyan değerinin ise  $Me > 0$  olması gerektiği bildirilmiştir. IOC’nin önerdiği negatif duyu özellikler “küflü”, “sirke”, “asit-ekşi”, “ransit” ve “metalik”, pozitif duyu özellikler ise “meyvemsi”, “acı-bitter” ve “keskin” olarak bildirilmiştir (IOC, 2013). Çalışmada elde edilen natürel

zeytinyağı oleojellerinin duyuşal özellikleri bakımından standartta belirtilen limitlere uygun olduğu saptanmıştır.

Ronn ve ark. (1998) yađ içeriği dűřürölműş sürölebilir ürünlerin duyuşal özelliklerini duyuşal tanımlayıcı analiz kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmada duyuşal tanımlayıcı analizin 9 eğitimli panelist tarafından 15 cm skala kullanılarak gerçekleştirildiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada duyuşal tanımlayıcı terimler olarak “parlaklık”, “su ayrımı”, “yađ ayrımı”, “sıklık”, “bıçağa sıvanma”, “kumluluk”, “tazelik”, “sürölebilirlik”, “homojenlik”, “ergime” “unsu” ve “mumsu” terimlerinin geliştirildiği rapor edilmiştir (Ronn ve ark., 1998). Michicich ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada kolesterol içeriği dűřürölműş süt yağı, margarin, tereyağ ve appetize domuz yağı gibi sürölebilir ürünlerin duyuşal özelliklerini belirlemişlerdir. Söz konusu çalışmada duyuşal tanımlayıcı analizin 8 eğitimli panelist ile 150 mm skala kullanılarak gerçekleştirildiği bildirilmiştir. Çalışmada duyuşal tanımlayıcı terimler olarak görünüş özelliklerinden “sarı”, “beyaz“, “su”, “dağılan”, “parlak”, “donuk” ve “lapa lapa” terimlerinin geliştirildiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada tekstürel özellikler olarak “sıklık”, “yumuşaklık”, “pürüzsüzlük” “ergime oranı” ve “kaygan” terimlerinin geliştirdiği belirtilmiştir. Örneklerin koku özellikleri olarak “depo”, “meyvemsi”, “tereyağ”, “yağsı”, “ransit”, “margarin” ve “duman” terimlerinin geliştirildiği bildirilmiştir. Yine lezzet özellikleri olarak “tuzlu”, “yağlı”, “margarin”, ”tereyağ”, ”plastik”, ”tatlı” “ransit” ve “mentollü” terimlerinin geliştirdiği rapor edilmiştir (Michicich ve ark., 1999). Michicich ve ark. (1999) tarafından sürölebilir ürünler için geliştirilen duyuşal tanımlayıcı terimler ile araştırmada geliştirilen terimlerin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Shewfelt ve ark. (2005) tarafından yapılan bir başka çalışmada saf tereyağı, tereyağı kanola yağı karışımı ve tereyağı yeniden yapılandırılmış lipit karışımları gibi sürölebilir ürünlerin duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Söz konusu çalışmada duyuşal tanımlayıcı analizin 8 eğitimli panelist ile 150 mm skala kullanılarak gerçekleştirildiği bildirilmiştir. İncelenen örnekleri tanımlayıcı terimler olarak tekstürel özelliklerden “soğuk-sürölebilirlik”, “yağlılık”, “sertlik”, “yapışkanlık” ve “sıvanma” terimlerini belirlemişlerdir. Aynı çalışmada lezzet özellikleri için “tereyağ”, “margarin”, “kaprilik asit” “ransit” ve “yağlı” terimlerini geliştirmişlerdir. Çalışmada sonuç olarak tereyağının tekstürel özelliklerinden “soğuk-sürölebilirlik” skorunun 53.00, tereyağı kanola karışımının 88.00 ve yeniden yapılandırılmış yağıle tereyağ karışımının 83.00 olduğu rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada “sertlik” skorlarının tereyağı için 29.00, tereyağı kanola karışımı için

20.00 ve yapılandırılmış lipit tereyağı karışımı için 20.00 skorlarını aldığı vurgulanmıştır. Bir başka tekstürel özellik olan “ergime hızının” terayğında 89.00, tereyağı kanola karışımında 102.00 ve yeniden yapılandırılmış lipit tereyağı karışımında 103.00 skorlarını aldığı belirtilmiştir. Literatürden elde edilen terimler ile çalışmada kullanılan terimlerin benzerlik gösterdiği ancak duysal analiz sonuçlarının farklı olduğu belirlenmiştir. Sonuçların literatür verilerinden farklı olmasının analiz edilen ürünlerin ve analizde kullanılan skalanın farklı olması ile açıklanabilmektedir. Bu çalışmada oleojel ürünleri literatürde ilk kez olmak üzere duysal analizler ile tanımlanmıştır.



#### 4.4. Emülsiyon Oleojelleri

Tez çalışması kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerinin ergime sıcaklığı ( $T_m$ ), ergime entalpisi ( $H_m$ ), katı yağ içeriği (KYİ), kristal oluşum zamanı (KOZ), santrifüj stabilite testi (SS) sonuçları ile renk özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 4.37’de verilmiştir.

**Çizelge 4. 37.** Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerine ait termal ve fiziko-kimyasal özellikler (Ort±Sd)

Örnekler	Onset <sub>m</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	ΔH <sub>m</sub> (J/g)	KYİ (%, 20 °C)	KYİ (%, 35 °C)	KOZ (dak)	SS (1300 g)	ΔE (4°C)	ΔE (20°C)
EM1	49.93±0.11a	55.72±0.04ab	27.02±2.13a	3.64±0.01a	2.43±0.04a	10a	+	1.25a	0.73a
EM2	51.34±0.01a	52.29±0.03b	26.48±0.15a	3.68±0.00a	2.50±0.01a	10a	+	1.26a	0.40a
EM3	55.93±0.30a	57.52±0.48a	21.82±0.89a	3.63±0.09a	2.55±0.09a	15b	-	1.17a	0.47a
EM4	53.04±1.02a	54.30±0.86ab	27.48±1.16a	3.57±0.02a	2.46±0.10a	15b	+	1.15a	0.44a
KM*	37.42±0.01b	40.36±0.00c	24.62±0.21a	7.70±0.01b	Nd	Nd	+	3.13b	1.33b

\*KM; kahvaltılık margarin, EM; Emülsiyon, nd : ölçüm yapılmadı, SS; Santrifüj stabilite testi.

ΔE = Toplam renk farkı; ΔE = 1 fark önemli, ΔE ≥ 1 fark çok önemli, ΔE ≤ 1 fark önemsiz

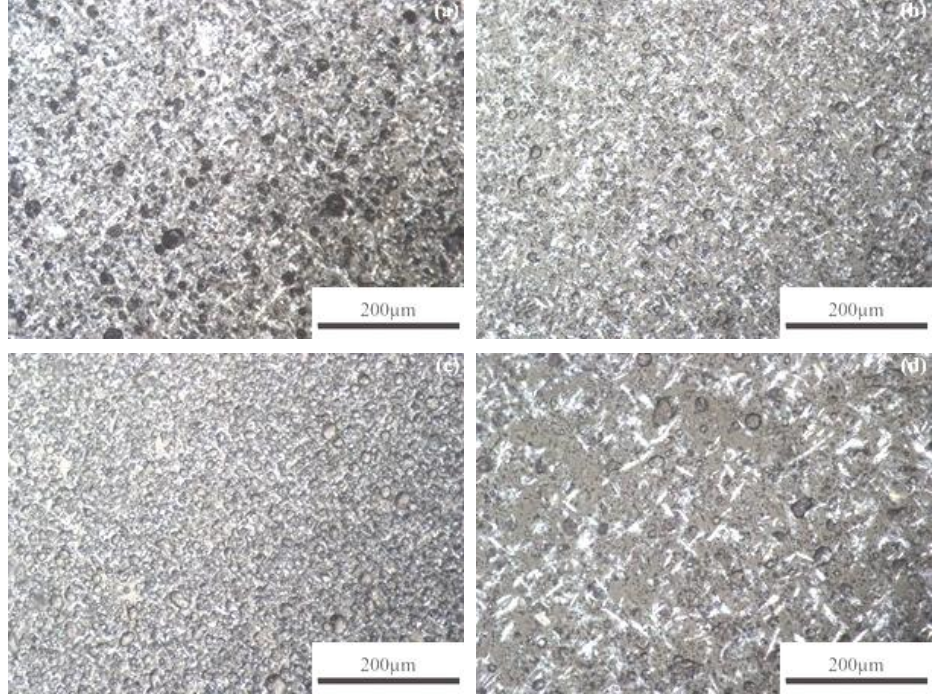
\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çizelge 4.37 incelendiğinde emülsiyon oleojellerinin yaklaşık 49 °C de yumuşamaya başladığı ve maksimum 56 °C de tamamen ergidiği saptanmıştır. Bir başka deyişle, geliştirilen emülsiyon oleojellerinin ergime aralıklarının dar olduğu belirlenmiştir. Ticari margarin örneğinin ise daha düşük bir sıcaklıkta ergidiği tespit edilmiştir (40 °C). Ayrıca, ergime sıcaklıkları bakımından geliştirilen tüm emülsiyon oleojellerinin kahvaltılık margarin örneğinden farklı olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Bununla birlikte, EM1 ile EM4 oleojellerinin ergime sıcaklıklarının benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Öte yandan, emülsiyon oleojellerinin ergime entalpisi değerlerinin, kahvaltılık margarin örneğinin ergime entalpisi ile benzer olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Konuyla ilgili literatürde yer alan bir çalışmada, β-sitosteril+γ-orizanol organojelinden üretilmiş emülsiyonda DSC ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre DSC termogramında 3 ana pikin görüldüğü belirtilmiştir. Söz konusu piklerin yaklaşık olarak 45 °C, 80 °C ve 100 °C görüldüğü rapor edilmiştir. Aynı çalışmada emülsiyondaki oleojelatör oranı arttıkça ergime noktasının yükseldiği bildirilmiştir (Bot ve ark., 2011). Toro-Vazquez ve ark. (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada geliştirilen Candelilla mumu emülsiyon oleojellerinin ergime sıcaklıklarının 36.20 ile 68.90 °C arasında değiştiği rapor edilmiştir. Candelilla mumu oranı %0.5’den %4’e kadar arttıkça ergime noktasında yükseldiği belirtilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2013). Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada ticari margarin ve sürülebilir

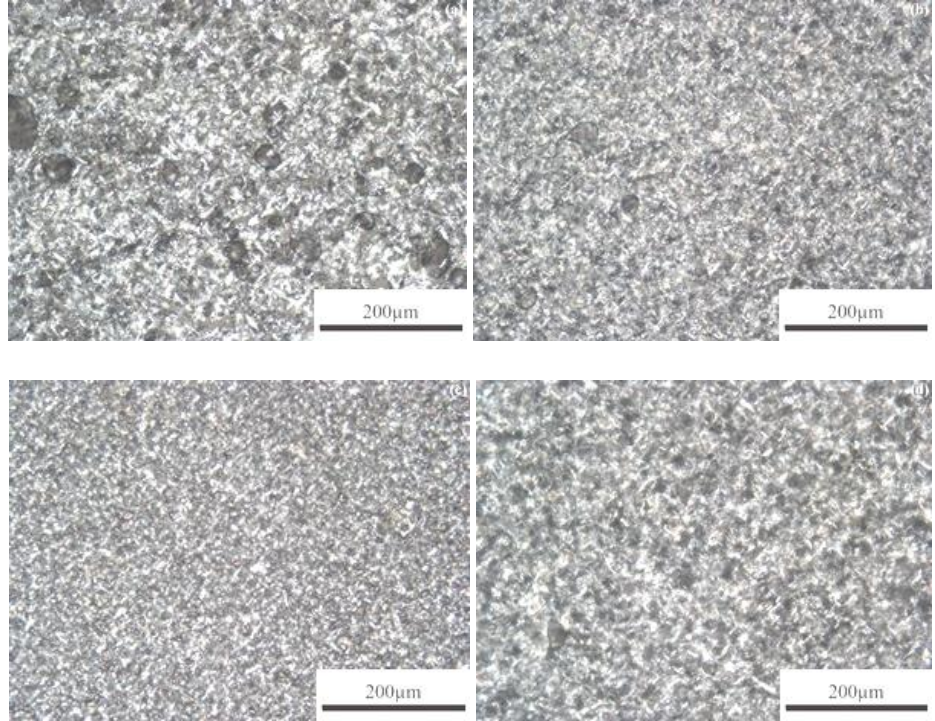
yağ örneklerinin ergime noktalarının 25 - 40 °C arasında değiştiği, %1 - 6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu içeren oleojel-margarinlerinin ise ergime noktalarının 30-60 °C arasında değiştiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada margarin üretiminde kullanılan oleojelin, oleojelatör içeriğindeki artışa bağlı olarak üretilen oleojel-margarinlerinin ergime noktalarının yükseldiği vurgulanmıştır (Hwang ve ark., 2013). Literatür verileriyle ve ticari margarin örneğiyle karşılaştırıldığında, örneklerde ölçülen ergime noktalarının son derece uygun ve kabul edilebilir olduğu görülmektedir.

Emülsiyon oleojellerinin 20 °C'de ölçülen katı yağ içeriklerinin (KYİ) %3.57 ile %3.68 arasında olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.37). Aynı sıcaklıkta ticari margarin örneğinin katı yağ içeriği ise %7.70 olarak ölçülmüştür. Literatürde yer alan bilgiye göre organojelasyon işleminin, likit yağın yağ asidi bileşiminde veya izomerlerinde herhangi bir değişime neden olmadığı rapor edilmiştir. Emülsiyon organojellerinde belirlenen katı yağ içeriğinin çoğunlukla katılan organojelatörden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Literatürde söz konusu özelliğin oleojellerin en önemli avantajlarından birisi olarak ifade edilmiştir (Co ve Marangoni, 2012). Ayrıca emülsiyon organojel ürünlerinin formülasyonunda katı bileşenler olarak Ksantan zımkı ve diğer katkıları da bulunmaktadır.

Kristal oluşum zamanı, daha önceki bölümlerde değinilen yemeklik yağ ve aromatize oleojel örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.37). Buna sebep olarak emülsiyon oleojellerinin su fazı içermesi nedeniyle balmumu kristal ağ yapısının oluşmasının daha uzun zaman aldığı düşünülmektedir. Ancak, üretilen emülsiyon oleojellerinin yapısal olarak stabil ve homojen oldukları (Şekil 4.10 ve 4.11) gözlemlenmiştir. Emülsiyon oleojel örneklerinden EM3 örneği hariç, diğer tüm örneklerin santrifüj stabilite testi sonrası faz ayrımının meydana gelmediği belirlenmiştir (Çizelge 4.37). Her iki sıcaklık derecesinde (4 ve 20 °C) 90 gün boyunca depolanan örneklerde aletsel renk ölçülmüş ve elde edilen L, a\* ve b\* değerlerinden 'toplam renk farkı' ( $\Delta E$ ) hesaplanmıştır. Çizelge 4.37' de görüldüğü gibi tüm örneklerde buzdolabı koşullarında depolamayla oluşan renk farkı önemli bulunurken, oda sıcaklığındaki örneklerde bu fark önemsiz bulunmuştur.



**Şekil 4. 10.** Emülsiyon organojellerinin polarize ışık mikroskobu görüntüleri, (a) EM1 (b) EM2 (c) EM3 (d) EM4 (Taze örnekler)

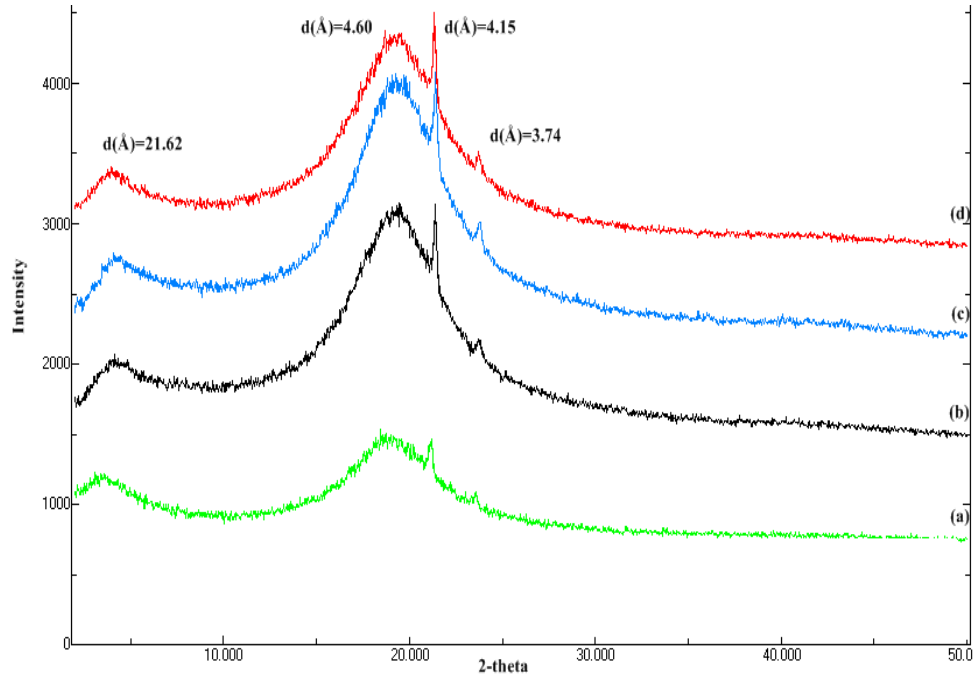


**Şekil 4. 11.** Emülsiyon organojellerinin polarize ışık mikroskobu görüntüleri, (a) EM1 (b) EM2 (c) EM3 (d) EM4 (Oda sıcaklığında 90 gün depolama sonrası)

Şekil 4.10'da yağ sürekli fazı içinde dağılmış su damlacıklarının kesikli fazı oluşturduğu yağ-içinde-su tip emülsiyonun PLM görüntüleri verilmiştir. Ayrıca sürekli faz içinde balmumu tarafından oluşturulan iğne benzeri kristal ağ yapısı, PLM ile elde edilen görüntülerde tespit edilmiştir. Organojel emülsiyonlarının oluşturulmasında hidrofilik tip Tween 20, Tween 80 emülgatörleri ve Ksantan zankı ile oleojelatör olarak balmumu kullanılmıştır. Literatürde yer alan HLB teorisine göre bu tip emülsiyonlarda emülgatörün daha lipofilik olması gerektiği belirtilmiştir. Yine literature verilerinde balmumunun da kuvvetli bir emülgatör olduğu ve HLB değerinin 4–6 arasında değiştiği bildirilmiştir. Öte yandan Tween 20'nin HLB değeri 10.5 ve Tween 80'in ise 15 olduğu belirtilmiştir. Burada ortama eklenen Tween serisi emülgatörlerin, balmumunun kuvvetli lipofilik özelliğini, hidrofilik yönde dengelediği ve kararlı emülsiyonların bu sayede oluştuğu saptanmıştır. Emülsiyon oleojel örneklerinde 20 °C'de 90 günlük depolama sonunda (Şekil 4.11) su damlacıklarında çok az bir irileşmenin olduğu, ancak yapısal olarak çok ciddi boyutta bir değişim oluşmadığı gözlemlenmiştir. Bir başka deyişle emülsiyon organojelleri 4 ve 20 °C'de 90 gün boyunca yapısal stabilitelelerini korudukları belirlenmiştir.

Literatürde yer alan konuyla ilgili çalışmada ışık mikroskopu ve SEM/TEM ile yapılan görüntü çekimlerinde (Duffy ve ark., 2009), benzer yağ sürekli fazı içerisinde yer alan kesikli su fazı görüntüleri rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada (Bot ve ark., 2011), ışık mikroskopu görüntülerinde, emülsiyonun yaşlanmasıyla su damlacıklarının büyüdüğü ve aşırı soğutma ile de su damlacıklarının organojelatör ağları üzerinde kristallendiği gösterilmiştir. Yakın zamanda yapılan bir diğer çalışmada (Toro-Vasquez ve ark., 2013) Candelilla mumu organojel emülsiyonlarında ortama ilave edilen monogliserid oranı arttıkça su damlacık çapının küçüldüğü bildirilmiştir (Toro-Vasquez ve ark., 2013). Patel ve ark. (2014) tarafından yapılan diğer bir çalışmada şellak mumu ile üretilen emülsiyon oleojellerinin emülgatör katkısına ihtiyaç duyulmadan üretildiği belirtilmiştir. Çalışmada şellak mumu bileşiminde bulunan uzun zincirli yağ alkolleri gibi yüzey aktif maddelerin varlığına bağlı olarak ergimiş şellak oleojeli içinde su damlacıklarının dağıldığı ve sistemin soğutulması ile ara yüzeyde şellağın kristalleşmesi sonucu emülsiyon stabilitesinin meydana geldiği bildirilmiştir. Çalışmada %60 su oranı içeren yağ içinde su emülsiyonlarının emülgatör madde ilavesine gerek duyulmadan hazırlandığı ve 4 ay boyunca stabilitesini koruduğu bildirilmiştir.

Emülsiyon oleojellerinin kristal yapısına ilişkin X-ışınları kırınım deseni sonuçları Şekil 4. 12. ile Çizelge 4.37'de verilmiştir.



**Şekil 4. 12.** Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları; (a)EM1, (b) EM2,(c) EM3 ve (d) EM4

**Çizelge 4. 38.** Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerin X-ışınları kırınım deseni sonuçları

Örnekler	2-theta	d (Å)
<b>EM1</b>	4.08, 13.04, 19.24, 21.38, 23.76	21.62, 6.78, 4.60, 4.15, 3.74
<b>EM2</b>	4.12, 19.24, 21.38, 23.75, 37.76	21.42, 4.60, 4.15, 3.74, 2.38
<b>EM3</b>	3.39, 18.74, 21.45, 23.83, 31.92	25.97, 4.73, 4.13, 3.72, 2.80
<b>EM4</b>	3.75, 19.36, 21.41	23.51, 4.58, 4.14
<b>KM</b>	2.12, 4.23, 6.32, 19.04, 23.32	41.63, 20.84, 13.97, 4.65, 3.81

Emülsiyon organojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçlarına göre dar-açı bölgesinde yer alan 2.80-3.74 Å, 4.14-4.60 Å ve 21-25 Å pikleri tüm örneklerde ortak olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.38 ve Şekil 4.12). Benzer pikler balık yağı-monogliserid organojelleri (Da Pieve ve ark., 2010), pirinç kepeği mumu-salata yağı organojelleri (Dassanayake et al., 2009) Candelilla mumu-aspir yağı oleojellerinde tespit edildiği rapor edilmiştir. Szydłowska-Czerniak ve ark. (2005) tarafından, bu piklerin  $\beta'$  polimorfik yapının tipik pikleri olduğu ve alt-hücre tipi olarak da orthorhombic-perpendicular tiplerin olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada söz konusu polimorfik yapının genel karakteri

olarak, yapının çok ince, homojen ve krem gibi olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca bu yapının margarin ve sürülebilir ürünler için en çok istenen ve duyuusal yönden en çok beğenilen polimorfik yapı olduğu rapor edilmiştir (Chrysam, 1996).

Katı (plastik) yağ ürünlerinin en önemli teknolojik özelliklerinden birisinin de tekstür (yapı) özellikleri olduğu ve özellikle margarin, sürülebilir ve benzer ürünlerde bu özelliklerin son derece önemli olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde dondurma, çikolata, pastacılık yağları gibi ürünlerde de tekstür son ürün kalitesini belirlemede büyük etken olduğu belirtilmiştir. Fırıncılık ürünlerinde kullanılan margarin ve şortening tarzı yağların, kullanıldıkları üründe havalandırma, yapı, gevreklik, yağlama, nem koruma, raf-ömrünün uzatılması ve aroma sağlama gibi nitelikleri geliştirdikleri rapor edilmiştir (O'Brien, 2004). Literatür verilerinde genel olarak, margarin yapısını değerlendirilmesinde en fazla 'sertlik' ve 'yapışkanlık' parametreleri kullanıldığı bildirilmiştir. 'Sürülebilirlik' özelliğinin ise söz konusu iki parametrenin birlikte değerlendirilmesiyle anlamlandırılan bir ölçüt olduğu kabul edilmiştir. Özellikle literatürde yer alan konuyla ilgili çalışmalarda margarin ve benzeri ürünler için en önemli yapısal kalite kriterinin sürülebilirlik olduğu belirtilmiştir. Sürülebilirliğin aletsel olarak doğrudan ölçmek mümkün olmasa da, tekstür cihazı ile ölçülen sertlik ve yapışkanlık özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda sürülebilirliğin belirlenebildiği bildirilmiştir. Sertlik, belli koşullar altında örnekte belli bir miktar deformasyon yapan kuvvet miktarı olarak, yapışkanlık ise, örnekten probun veya bıçağın geri çekilmesi için gereken güç miktarı olarak tanımlanmıştır. Buna göre optimum sürülebilirliğin üründe, örnek bütünlüğünü bozmayacak derecede orta kuvvetle bulunan bir sertlik ile, yüzeye sürülmesine yetecek kadar bulunması gereken yine orta düzeydeki bir yapışkanlık ile karakterize olduğu belirtilmiştir. Genel anlamda sürülebilirlik, bir örneğin ince bir tabaka olarak bir yüzeye yayılmasındaki kolaylık olarak tanımlanmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar çoğunlukla orta seviyeli sertlik ve yapışkanlığa sahip örneklerin daha iyi sürülebilirlik özelliğine sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca tekstür ölçümlerinde ölçümün yapıldığı sıcaklığın son derece önemli olduğu ve mutlaka belirtilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Moskowitz, 1987; Chrysam, 1996). Araştırma kapsamında geliştirilen emülsiyon oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değerleri ile tekstürel özellikleri Çizelge 4.39'da verilmiştir.

**Çizelge 4. 39.** Emülsiyon oleojellerinin ve kahvaltılık margarin örneğinin 4 °C’de depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değerleri ve tekstürel özellikleri (Ort.±Sd)

0. Gün					
Örnekler	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
EM1	0.99±0.01c	37.28±3.19d	67.09±11.83c	-24.07±1.27a	-12.87±1.68a
EM2	1.83±0.02a	57.51±4.23bc	107.40±9.48bc	-42.35±4.49b	-20.28±2.14ab
EM3	1.02±0.02c	43.25±0.40cd	58.96±0.21c	-36.99±0.87ab	-10.19±0.30a
EM4	2.31±0.05b	64.50±2.90b	150.48±5.67b	-32.90±2.86ab	-24.72±2.76b
KM	0.06±0.03d	250.51±2.60a	522.40 ± 19.60a	-121.22±1.03c	-82.40±1.85c
30. Gün					
EM1	1.30±0.02a	29.03±2.17c	45.81±8.99c	-13.39±0.72a	-9.33±0.56a
EM2	1.85±0.02b	53.69±2.80b	109.92±8.99b	-30.05±1.95b	-18.84±0.97a
EM3	1.07±0.02c	47.61±2.43b	77.22±2.28bc	-31.75±2.79b	-14.70±0.99a
EM4	1.95±0.02b	41.74±2.93bc	80.73±9.42bc	-17.67±1.38a	-15.49±1.71a
KM	0.07±0.02d	212.63±17.45a	272.57±4.44a	-72.07±1.91c	-45.13±5.52b
60. Gün					
EM1	1.23±0.05a	29.64±2.35a	47.56±6.11a	-14.55±0.65a	-8.29±0.68a
EM2	2.16±0.04b	60.45±4.20b	128.75±10.11b	-37.46±3.37b	-23.33±2.83b
EM3	1.26±0.05c	55.49±2.21b	101.11±4.03b	-36.27±2.53ab	-19.57±0.36ab
EM4	1.89±0.06a	48.10±3.29b	100.51±13.28b	-23.74±2.90b	-17.49±1.56b
KM	0.43±0.20d	201.02±1.44c	273.08±4.36c	-83.58±5.06c	-41.67±2.35c
90. Gün					
EM1	1.45±0.05a	33.16±3.26c	51.47±8.32a	-19.55±3.19a	-8.63±0.98a
EM2	2.35±0.03b	77.76±6.08bc	161.04±12.56a	-51.48±5.07ab	-29.71±3.66b
EM3	1.26±0.04c	90.21±5.43bc	192.75±10.59a	-56.43±6.12ab	-28.30±0.26ab
EM4	2.03±0.10b	50.75±4.13b	101.01±15.39a	-28.20±3.73b	-17.92±3.16b
KM	0.54±0.01d	221.15±16.87a	364.57±59.93b	-94.47±9.34c	-55.48±10.85c

\* Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\* Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Geliştirilen emülsiyon oleojellerinin peroksit değerlerinin depolama süresi boyunca 0.99 – 2.35 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği, kahvaltılık margarin örneğinin ise 0.06 – 0.54 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Geliştirilen örneklerin peroksit değerleri bakımından birbirlerinden ve kahvaltılık margarin örneğinden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Bu farklılığın ürünlerin formülasyonlarında yer alan yağların farklı olması ve/veya ürünlerin üretim tekniklerinin farklı olması ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca TS 2812 (TSE, 1977) bitkisel margarin standardına göre margarinlerin peroksit değerinin en çok 5 mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> olması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre, çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan kahvaltılık grubu margarinlerin ve emülsiyon oleojellerinin 4 °C’de 90 günlük depolama süreci sonunda TS 2812’ de

belirtilen limitler içerisinde olduğu gözlemlenmiştir (TSE, 1977). Geliştirilen emülsiyon ürünlerinin sertlik değerlerinin depolama süreci boyunca 29.03 – 90.21 g kuvvet arasında değiştiği ve kahvaltılık margarin örneğinin ise 201.02 – 250.51 g kuvvet değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Yapısal olarak sertlik değeri en yüksek örneğin EM4 (0. Gün), sertlik değeri en düşük örneğin ise EM1 (60. Gün) olduğu tespit edilmiştir. Yine emülsiyon örneklerinin yapışkanlık değerlerinin depolama süreci boyunca 13.39 – 56.43 g kuvvet arasında olduğu ve kahvaltılık margarin örneğinin yapışkanlık değerinin ise 72.07 – 121.22 g kuvvet arasında olduğu saptanmıştır. Yapışkanlık özelliği bakımından en yüksek değere sahip örneğin EM3 (90. Gün) ve en düşük değer sahip örneğin EM1 (30. Gün) olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre geliştirilen emülsiyon oleojellerinin kahvaltılık margarin örneğine göre sertlik ve yapışkanlık değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).



**Çizelge 4. 40.** Emülsiyon oleojellerinin ve kahvaltılık margarin örneğinin 20 °C’de depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değeri ve tekstürel özellikleri (Ort.±Sd)

0. Gün					
Örnekler	Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
EM1	1.85±0.02a	22.04±2.57c	29.82±5.73c	-11.94±0.51c	-8.44±0.24c
EM2	2.80±0.02a	22.15±1.23c	30.13±4.59c	-12.20±0.04c	-7.73±0.19c
EM3	2.43±0.02a	38.55±1.41a	63.65±2.12b	-25.95±1.85a	-13.08±0.50a
EM4	2.49±0.02a	20.92±0.58c	28.94±1.63c	-8.72±0.62c	-7.35±0.25c
KM	0.07±0.02b	90.87 ± 4.41b	137.77 ± 5.66a	-40.98 ± 3.48b	-25.59 ± 3.08b
30. Gün					
EM1	2.29±0.02a	9.56±0.51a	6.28±0.04a	-7.78±0.40a	-3.33±0.25a
EM2	2.84±0.02a	17.99±1.41a	19.67±2.50a	-7.82±0.00a	-6.42±0.14a
EM3	2.48±0.03a	22.73±1.01a	34.57±2.85a	-13.07±0.11a	-7.17±0.16a
EM4	2.55±0.02a	13.36±1.27a	10.14±4.30a	-6.26±0.25a	-4.34±0.42a
KM	0.45±0.01b	102.90 ± 7.34b	172.18 ± 16.70b	-43.05 ± 3.435b	-29.29 ± 3.15b
60. Gün					
EM1	1.93±0.03a	14.59±1.27d	11.35±3.01d	-9.77±0.65a	-5.82±0.36a
EM2	2.36±0.02a	24.43±0.98a	36.08±3.76a	-12.92±0.69a	-8.74±0.09a
EM3	1.75±0.02a	39.31±0.94b	77.76±2.50b	-24.40±0.65b	-14.86±0.10b
EM4	2.40±0.04a	17.23±0.65d	18.89±1.89d	-8.80±0.83a	-4.90±0.45a
KM	2.12±0.14a	79.31±0.10c	123.27±2.52c	-42.28±0.87c	-25.71±1.56c
90. Gün					
EM1	1.81±0.05b	22.08±0.72c	29.49±4.25bc	-11.58±0.14a	-7.89±0.00ab
EM2	2.35±0.03ab	34.17±2.68b	58.85±8.80b	-18.86±0.54b	-10.52±0.69b
EM3	1.67±0.03b	22.88±0.72c	19.87±0.10c	-21.68±1.12b	-5.50±0.10a
EM4	2.32±0.06ab	21.83±2.79c	28.99±6.98bc	-11.51±0.87a	-6.09±0.89a
KM	2.71±0.05a	99.90±0.36a	171.61±4.05a	-50.13±0.4c	-34.85±0.31c

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

\*\*Depolama sürecinin her 30 günlük periyodu ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

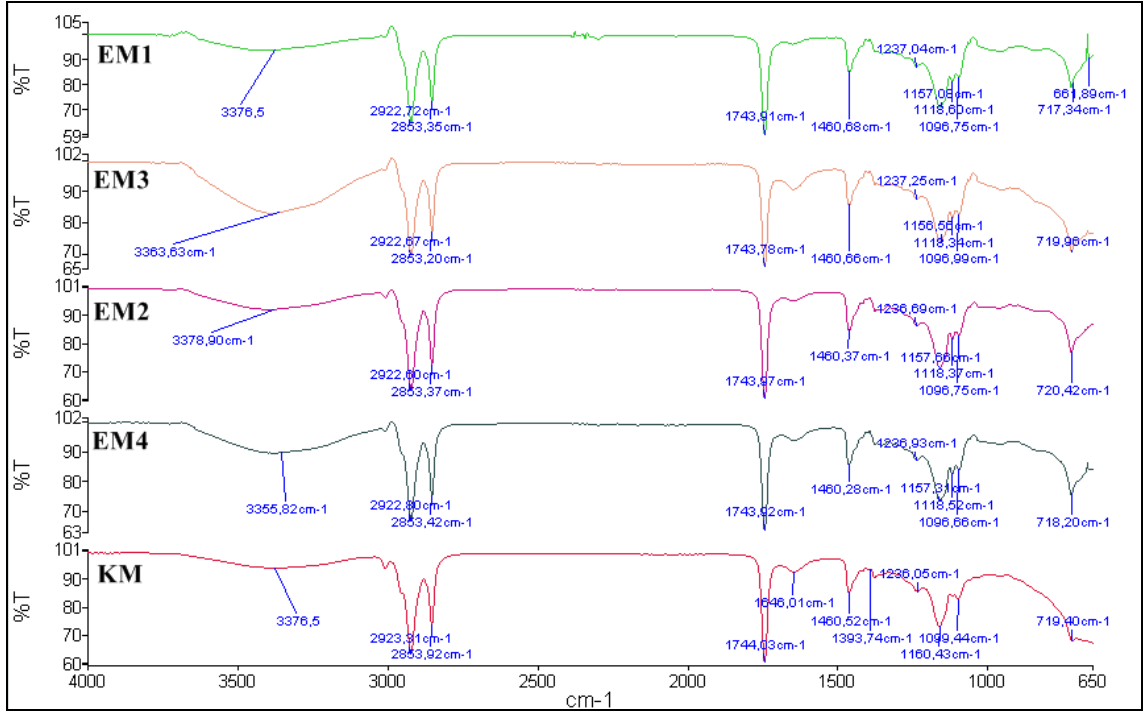
Geliştirilen emülsiyon oleojellerinin peroksit değerlerinin 20 °C’de depolama süresi boyunca 1.67 – 2.84 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği, kahvaltılık margarin örneğinin ise 0.07 – 2.71 mekO<sub>2</sub>/kg arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Depolama süreci sonunda geliştirilen örneklerin peroksit değerleri bakımından EM1 ile EM3 ve EM2 ile EM4 örneklerinin benzer olduğu, kahvaltılık margarin örneğinin ise emülsiyon örneklerine göre daha yüksek peroksit değerine sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca TS 2812 (TSE, 1977) bitkisel margarin standardına göre margarinlerin peroksit değerinin en çok 5 mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada kontrol grubu olarak kullanılan kahvaltılık grubu margarinlerin ve emülsiyon oleojellerinin 20 °C’de 90 günlük depolama

süreci sonunda TS 2812' de belirtilen limitler içerisinde olduğu gözlemlenmiştir (TSE, 1977).

Geliştirilen emülsiyon ürünlerinin sertlik değerlerinin depolama süreci boyunca 9.56 – 39.31 g kuvvet arasında değiştiği ve kahvaltılık margarin örneğinin ise 79.31 – 102.90 g kuvvet değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapısal olarak sertlik değeri en yüksek örneğin EM3 (60. Gün), sertlik değeri en düşük örneğin ise EM1 (30. Gün) olduğu tespit edilmiştir. Yine emülsiyon örneklerinin yapışkanlık değerlerinin depolama süreci boyunca 7.78 – 25.95 g kuvvet arasında olduğu ve kahvaltılık margarin örneğinin yapışkanlık değerinin ise 40.98 – 50.13 g kuvvet arasında olduğu saptanmıştır. Yapışkanlık özelliği bakımından en yüksek değere sahip örneğin EM3 (0. Gün) ve en düşük değer sahip örneğin EM1 (30. Gün) olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre geliştirilen emülsiyon oleojellerinin kahvaltılık margarin örneğine göre sertlik ve yapışkanlık değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Genel olarak tüm örneklerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin, 4 °C sıcaklıkta depolanan örneklerde, 20 °C sıcaklıkta depolanan örneklerden daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Ancak her iki depolama sıcaklığında da emülsiyon organojellerinin tam dayanıklı, yapısı korunmuş, homojen ve plastik formda oldukları gözlemlenmiştir. Üretilen tüm emülsiyon oleojel örnekleri ile analiz edilen özellikler bakımından ticari KM örneği arasında yapısal olarak benzerlik olduğu tespit edilmiştir. Araştırma neticesinde elde edilen sonuçlar üretilen ürünlerin direkt margarin-benzeri ürün olarak tüketilebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, kullanılan likit yağın yağ asidi kompozisyonu değişikliğe uğramadan korunmuş ve beslenme kalitesi açısından da üstün nitelikli ürünler oluşturulabilmiştir. Zeytinyağı-su emülsiyon organojellerinde yapılan bir çalışmada, tekstürel özellikler, rheometre cihazıyla belirlenmiştir (Lupi ve ark., 2011). Söz konusu çalışma da ticari margarinle yapılan karşılaştırma sonucunda, elde edilen emülsiyon organojel ürünlerinin plastik yağ olarak kullanım için yeterli yapısal özelliklerde oldukları bildirilmiştir (Lupi ve ark., 2011). Sawalha ve ark. (2012) tarafından %90 yağ fazı (%32  $\gamma$ -orizanol: $\beta$ -sitosterol) ve %10 su fazı (%1-25 NaCl) içeren oleojel emülsiyonlarının sertlik değerlerinin 2 ile 6 N arasında değiştiği ve tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak sertlik değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Benzer şekilde Candelilla mumu oleojel emülsiyonlarında tekstür bir penetrometre ile ölçülmüş ve emülsiyonların sade organojellerden biraz daha yumuşak olduğu ancak yapının yeterli sertlikte olduğu bildirilmiştir (Toro-Vasquez ve ark., 2013). Yakın zamanda yayınlanan bir

diğer çalışmada (Patel ve ark., 2014) şellak oleojellerinden üretilen emülsiyon oleojellerinin kompleks modulus değerlerinin reometre ile ölçüldüğü bildirilmiştir. Üründeki şellak oranı arttıkça modulus değerlerinin arttığı ve üretim anında uygulanan kesme kuvvetinin modulus değerini düşürdüğü bildirilmiştir. Çalışmada %60 su oranı içeren yağ içinde su emülsiyonlarının emülgatör madde ilavesine gerek duyulmadan hazırlandığı ve 4 ay boyunca stabilitesini koruduğu bildirilmiştir (Patel ve ark., 2014). Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan benzer çalışmada, %6 ayçiçek mumu içeren oleojelin kullanıldığı margarinin sertlik değerinin 400 – 500 g kuvvet arasında, aynı oranda pirinç kepek mumu ile üretilen oleojelin kullanıldığı margarinin sertlik değerinin ise 10 - 100 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, margarin üretiminde yağ fazı olarak kullanılan oleojelin, oleojelatör içeriği arttıkça, margarin örneklerinin sertlik değerlerinde arttığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada, %2 ayçiçek mumu ayçiçek mumu içeren oleojelden üretilen margarinin sertlik değerinin ticari sürülebilir ürünler ile benzer olduğu ve %10 ayçiçek mumu içeren oleojelden üretilen margarinin ise sertlik değerinin ticari margarin örneği ile benzer olduğu bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Çalışmada ayrıca kontrol grubu olarak kullanılan sürülebilir örneklerin sertlik değerlerinin 23.20 - 58.80 g kuvvet arasında değiştiği, ticari margarin grubu örneklerinin sertlik değerlerinin ise 1707.60 - 2056.80 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Literatürde rapor edilen bulgular ile çalışmadan elde edilen verilerin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.



**Şekil 4. 13.** Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerine ve kahvaltılık margarin örneğine ait FT-IR spektrumları

Çalışma kapsamında üretilen emülsiyon oleojellerinin FT-IR spektrumları Şekil 4.13'te verilmiştir. FT-IR spektroskopisi ile 4000 – 650  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında emülsiyon örneklerinde meydana gelmesi muhtemel moleküler etkileşimler hakkında bilgi edinilebileceği bildirilmiştir. Buna göre emülsiyon oleojellerinin FT-IR spektrumlarında 2800-3100  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan 2922  $\text{cm}^{-1}$  ve 2853  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki piklerin trigliseridlerin  $-\text{CH}_2$  ve  $-\text{CH}_3$  alifatik gruplarının simetrik ve asimetrik C-H gerilim titreşimlerinden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Yine 1600-1800  $\text{cm}^{-1}$  bantında görülen 1743  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikin yağlarda doymuş yağ asidi içeriği ve kısa -C zincirine sahip yağ asitleri ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra 1390-1600  $\text{cm}^{-1}$  bantında görülen özellikle 1450  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pikin yağlarda toplam doymamışlık derecesini gösterdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte literatürde, 3010  $\text{cm}^{-1}$  civarında yer alan pikin yağlarda doymamışlık derecesi ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca 1200-1390  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan 1236  $\text{cm}^{-1}$  civarında görülen pikin konjuge olmayan *cis* çift bağına özgü deformasyon titreşimi sonucu ve 1378  $\text{cm}^{-1}$  civarında görülen pikin ise metilen grubunun deformasyon titreşimi sonucu oluştuğu rapor edilmiştir. 1000-1100  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin C-C bağı titreşimi sonucu ve 800-970  $\text{cm}^{-1}$  bantında yer alan piklerin ise C=O bağı titreşimi sonucu meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca literatür verilerinde özellikle

bitkisel yağlarda 3100-4000  $\text{cm}^{-1}$  bantında herhangi bir pikin gözlemlenmediği belirtilmiştir (Vlachos ve ark., 2006; Poiana ve ark., 2012). Ancak emülsiyon oleojel örneklerinde 3000–3500  $\text{cm}^{-1}$  aralığında bir pikin olduğu belirlenmiştir. Söz konusu bantlarda yer alan pikin kahvaltılık margarine örneğinde de yer aldığı belirlenmiştir. Literatürde  $\beta$ -sitosterol +  $\gamma$ -orizanol organojelleriyle yapılan çalışmada, H-bağlarının varlığı gösterilmiştir (den Adel ve ark., 2010). Bu çalışmada 3550–3450  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki orta şiddetteki bantların, örnekte intermoleküler H-bağlarının varlığını ve 3570–3540  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki bantların ise intramoleküler H-bağlarının varlığını gösterdiği rapor edilmiştir. Şekil 4.13'den görülebileceği üzere geliştirilen tüm emülsiyon organojel ürünlerinde söz konusu aralıklarda bantların bulunduğu saptanmıştır. FT-IR spektrumlarına göre emülsiyon oleojellerinde hem intermoleküler hem de intramoleküler H-bağları bulunduğu belirlenmiştir.

#### **4.5. Optimum özelliklerdeki oleojellerin, kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak ve fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması**

Bu amaçla, daha önceki bölümlerde incelenen oleojel örneklerinin analiz sonuçlarından elde edilen verilere dayanarak, balık yağı, fındık yağı ve natürel zeytinyağı ile ayçiçek ve balmumu oleojelatörleri seçilerek hazırlanan oleojeller kullanılmıştır. Buna göre, balık yağı ile balmumu kullanılarak üretilen oleojellerin tüketiciler tarafından arzu edilmeyen ve balık yağından kaynaklanan koku ve tadının baskılanması amacıyla limon ve çilek aromaları ile aromatize edilmiştir. Ayrıca, bu bölüm kapsamında tereyağ ikamesi olarak kullanım potansiyelini belirlemeye yönelik fındık yağı ile ayçiçeği mumu ve balmumu kullanılarak geliştirilen oleojeller tereyağ aroması ile aromatize edilmiştir. Yine, bu bölüm kapsamında sürülebilir/kahvaltılık margarin benzeri ürün olarak kullanım potansiyellerini belirlemek amacıyla zeytinyağı ile ayçiçek mumu ve balmumu temelli oleojeller geliştirilmiştir.

##### **4.5.1. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak aromatize balık yağı oleojellerinin hazırlanması**

Araştırmada daha önceki bölümlerde geliştirilen ve belirlenen analitik özellikleri bakımından optimum özellikleri taşıyan, ayrıca yapısal stabilitesini her iki depolama sıcaklığında (4 ve 20 °C) 90 gün boyunca koruyan balık yağı-balmumu oleojelleri seçilmiştir. Balık yağı ile % 5 balmumu katkılı oleojeller üretilmiş ve üretilen oleojellerin

fizikokimyasal, yapısal ve duyusal özellikleri analiz edilmiştir. Araştırmanın bu bölümünde, balık yağı kaynaklı ve tüketiciler tarafından beğenilmeyen kokuya sahip oleojellerin, çilek ve limon aromaları ile aromatize edilerek tüketiminin sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla üretilen oleojellere 5-noktalı tüketici beğeni testi 150 katılımcı ile uygulanmıştır.

Üretilen balık yağı oleojellerinin kristal oluşum zamanı, yağ bağlama kapasitesi, katı yağ içeriği değerleri ile termal özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 4.41’de, kristal morfolojilerine ilişkin X-ışınları kırınım deseni sonuçları ise Çizelge 4.42’de verilmiştir.

**Çizelge 4. 41.** Çalışma kapsamında geliştirilen balık yağı ve aromatize balık yağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal ve termal özellikleri (Ort±Sd)

Örnek	KOZ (Dak)	YBK (%)	KYİ		Kristalizasyon			Ergime		
			(%, 20 °C)	(%, 35 °C)	Onset <sub>c</sub> (°C)	Pik (T <sub>c</sub> ) (°C)	Δ H <sub>C</sub> (J/g)	Onset <sub>m</sub> (°C)	Pik (T <sub>m</sub> ) (°C)	Δ H <sub>M</sub> (J/g)
<b>BY</b>	Nd	Nd	Nd	Nd	-11.22±0.03b	-13.83±0.00b	-4.78±0.02a	-26.95± 0.18a	-18.07 ± 0.36a	40.74±1.22b
<b>BBL</b>	6.25±0.25a	0.99±0.01a	5.15±0.07a	3.71±0.01a	43.79±0.02a	40.90±0.00a	-4.44±0.42a	30.11±0.32b	49.43±0.00b	4.97±0.11a
<b>BBÇ</b>	6.25±0.25a	0.99±0.01a	5.10±0.15a	3.70±0.03a	43.79±0.02a	40.90±0.00a	-4.44±0.42a	30.11±0.32b	49.43±0.00b	4.97±0.11a

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Nd: Ölçüm yapılmamıştır.

**Çizelge 4. 42.** Çalışma kapsamında geliştirilen aromatize balık yağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları

2-theta	d (Å)	BG	Height	H%	Area	A%	FWHM
3.97	22.19	400	101	26.1	5140	54.7	0.866
19.25	4.60	1121	186	48.1	9401	100	0.858
21.36	4.15	950	387	100	3342	35.6	0.147
23.77	3.73	506	136	35.2	1415	15.1	0.177

Üretilen aromatize balık yağı oleojellerin kristal oluşum zamanları 6.25 (dak) olarak tespit edilmiştir. Kristal oluşum zamanı bakımından farklı aroma maddeleri ile aromatize edilen balık yağı oleojelleri arasında farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). Dassanayake ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada zeytinyağı ile %0.2 – 4.0 arasında değişen konsantrasyonlarda pirinç kepek, Candelilla ve Carnauba mumu kullanılarak üretilen oleojellerinin kristal oluşum zamanlarını belirlemişlerdir. Çalışmada, üretilen oleojellerden pirinç kepek mumu için jel oluşum süresinin 4.0 – 11.0 dak arasında, Candelilla mumu için 9.0 – 14.0 dak arasında ve Carnauba mumu için 12 - 14 dak arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Aynı çalışmada, aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu ve oleojelatör konsantrasyonu arttıkça KOZ değerinin kısaldığı vurgulanmıştır. Dassanayake ve ark. (2009) tarafından rapor edilen sonuçlar ile çalışmadan elde edilen verilerin benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Çizelge 4.41’den görüleceği üzere, çalışma kapsamında üretilen aromatize balık yağı oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin  $>99\%$  olduğu belirlenmiştir. Yine, farklı aroma maddeleri ile aromatize edilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin benzer olduğu bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Da Pieve ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada morina karaciğer yağı ve monoglisericid kullanılarak oluşturulan oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin %50 – 80 arasında değiştiği bildirilmiştir. Literatür verilerinden elde edilen sonuçlar ile çalışma bulgularının benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Geliştirilen oleojellerin katı yağ içerikleri iki farklı sıcaklıkta 20 ve 35 °C’de belirlenmiştir. Buna göre üretilen oleojellerin 20 °C’deki katı yağ içerikleri %5.10 ve %5.15 olarak, 35 °C’deki katı yağ içeriklerinin ise %3.71 ve %3.70 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.41). Ayrıca oluşturulan aromatize balık yağı oleojellerin 20 °C’deki katı yağ içeriği değerlerinin 35 °C’deki katı yağ içeriği değerlerinden farklı olduğu saptanmıştır ( $p\leq 0.001$ ). Ancak aromatize balık yağı oleojeli üretiminde aroma maddelerinin katı yağ içeriğini etkilemediği saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada aspir yağı ve Candelilla mumu kullanılarak geliştirilen oleojellerin katı yağ içerikleri rapor edilmiştir. Çalışmada %1 Candelilla mumu içeren oleojelin 5 °C’deki katı yağ içeriği değerinin %0.90, 25 °C’deki katı yağ içeriğinin ise %0.59 olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada %3 Candelilla mumu içeren oleojelin katı yağ içeriği 5 °C’de %2.57 ve 25 °C’de % 2.11 olarak rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007). Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan benzer çalışmada %1 – 6 arasında değişen



oranlarda ayçiçek mumu içeriği ile üretilen oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin 35 °C’ de %1.0 – 8.0 değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, üretilen oleojellerin katı yağ içeriklerinin 35 °C’de eklenen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Toro-Vazquez ve ark. (2007) ve Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular ile çalışmada elde edilen verilerin örtüştüğü tespit edilmiştir.

Balık yağı ve oleojellerinin termal özellikleri kristalizasyon başlangıç sıcaklığı ( $Onset_c$ ) kristalizasyon sıcaklığı ( $T_c$ ), kristalizasyon entalpisi ( $H_c$ ) ile ergime başlangıç sıcaklığı ( $Onset_m$ ), ergime sıcaklığı ( $T_m$ ) ve ergime entalpisi ( $H_m$ ) değerleri Çizelge 4.41’ da gösterilmiştir. Balık yağının kristalizasyon başlangıç sıcaklığı (-11.22) °C, kristalizasyon sıcaklığı (-13.83) °C ve kristalizasyon entalpisinin (-4.78) J/g olduğu saptanmıştır. Aromatize balık yağı oleojellerinin ise kristalizasyon başlangıç sıcaklıkları 43.79 °C, kristalizasyon sıcaklıkları 40.90 °C ve kristalizasyon entalpilerinin (-4.40) J/g olduğu saptanmıştır. Balık yağının ergime başlangıç sıcaklığının (-26.95) °C, ergime sıcaklığının (-18.07) °C ve ergime entalpisinin ise 40.74 J/g olduğu belirlenmiştir. Aromatize balık yağı oleojellerinin ise ergime başlangıç sıcaklıklarının 30.11 °C, ergime sıcaklıklarının 49.43 °C ve ergime entalpilerinin 4.97 J/g olduğu saptanmıştır. Balık yağı ile aromatize balık yağı oleojellerinin termal özellikleri bakımından farklı oldukları fakat farklı aroma maddeleri ile aromatize edilen oleojellerin termal özelliklerinin benzer olduğu belirlenmiştir. Konuyla ilgili literatürde yer alan bir çalışmada geliştirilen %5, %7 ve %9 oranında monogliseric katkıyla üretilen morina karaciğer yağı oleojellerinin ergime noktalarının sırasıyla 49.2, 53.2 ve 54.7 °C olduğu entalpi değerlerinin ise sırasıyla 9.0, 12.9 ve 17.1 J/g olduğu rapor edilmiştir (Da Pieve ve ark., 2011). Soya yağı ile %0.5 – 10.00 gibi farklı konsantrasyonlarda ayçiçek mumu katılarak oluşturulan oleojellerin ergime noktalarının 47 – 65 °C arasında değiştiği bildirilmiştir (Hwang ve ark., 2012). Zeytinyağı ile %5 – 10 pirinç kepek mumu kullanılarak elde edilen oleojellerinin kristalizasyon sıcaklıkları sırasıyla 57.90 °C ve 60.30 °C ergime sıcaklıkları ise 60.80 °C ve 65.20 °C olarak belirtilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Toro-Vazquez ve ark. (2007) tarafından yapılan konuyla ilgili bir çalışmada aspir yağı ile %3.0 Candelilla mumu içeren oleojelin kristalizasyon sıcaklığı 44.00 °C ergime sıcaklığı ise 69.90 °C olarak rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007). Morales Rueda ve ark. (2009b) tarafından yapılan bir başka çalışmada yüksek triolein içeriğine sahip aspir yağı ile %3 Candelilla mumu içeren oleojelinin kristalizasyon ve ergime sıcaklıklarının 35 – 40 °C arasında

değiştirdiği bildirilmiştir (Morales-Rueda ve ark., 2009b). Çalışmada balık yağı ile monogliserid, ayçiçek mumu, Carnauba mumu ve balmumu kullanılarak üretilen oleojellerin termal özellikleri ile literatürden elde edilen verileri arasında benzerlik olduğu görülmüştür.

Balık yağı oleojellerine ait X-ışınları kırınım deseni sonuçları Çizelge 4.42’de verilmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen aromatz balık yağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni dar ve geniş açı bölgesinde 22.19 4.60, 4.15 ve 3.73 Å civarındaki piklerin yer aldığı belirlenmiştir. Zeytinyağı ile pirinç kepek mumu, Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak üretilen oleojellerinin, X-ışınları kırınım desenlerinde görülen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin polimorfik  $\beta'$  formuna benzer olduğu vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Morina karaciğer yağı ve monogliserid (%5) kullanılarak hazırlanan oleojellerin X-ışınları kırınım deseninde belirgin piklerin 46.44, 24.20, 4.55, 4.35, 3.90 Å görüldüğü rapor edilmiştir. XRD sonuçlarına göre 4.50 ve 24.20 Å piklerin likit durumdaki triaçilgliserollerin amorf saçılma pikleri ile ilişkili olduğu ve bu yapının %95 oranında jel özelliğine sahip olduğu vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra çalışmada geniş açı bölgesinde 4.55 Å görülen ve bunu takip eden (3.90 ve 3.70 Å) bantlarda görülen çeşitli piklerin  $\beta$ -fazı içerisine monogliserid alifatik zincirinin düzenlenmesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır (Da Pieve ve ark., 2010). Morina karaciğer yağı ile %7 konsantrasyonda monogliserid ilave edilerek üretilen oleojeller örneklerinde benzer sonuçlar Da Pieve ve ark. (2011) tarafından rapor edilmiştir. Literatür verileri ile araştırma bulgularının paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

**Çizelge 4. 43.** Aromatize balık yağı oleojellerinin 4 °C’de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk, peroksit ve oksidatif indüksiyon zamanı değerleri (Ort±Sd)

	L			a*			b*			Peroksit Değeri (mekO <sub>2</sub> /kg)			OİT (Dak)		
	0	45	90	0	45	90	0	45	90	0	45	90	0	45	90
<b>BY</b>	89.01±2.35 A*	88.39±1.09 A	86.41±0.64 A	-5.48±0.39 C	-5.61±0.18 C	-5.91±0.05 C	13.03±1.26A	13.54±0.63A	14.41±0.26A	0.50±0.01 G	1.09±0.02 F	4.02±0.03 C	7.03±0.06 A	4.83±0.04 C	2.58±0.05 E
<b>KNT</b>	49.54±0.19 BC	46.98±0.04 C	50.76±0.30 B	-2.56±0.03 A	-3.34±0.01 B	-3.53±0.05 B	1.88±0.02 B	2.80±0.01 B	2.79±0.11 B	0.57±0.02 G	4.69±0.01B	7.02±0.32 A	6.87±0.04 A	4.30±0.01 D	0.31±0.00 G
<b>BBC</b>	50.57±0.09 B	47.02±0.04 C	51.13±0.08 B	-2.37±0.00 A	-3.27±0.06 B	-3.46±0.03 B	1.56±0.01 B	2.66±0.16 B	2.70±0.01 B	0.59±0.04 G	1.38±0.00 F	2.65±0.10 E	6.89±0.08 A	4.27±0.00 D	2.30±0.00 F
<b>BBL</b>	50.50±0.06 B	47.04±0.03 C	50.49±0.06 B	-2.37±0.00 A	-3.27±0.00 B	-3.56±0.04 B	1.56±0.01 B	2.58±0.01 B	2.88±0.04 B	0.59±0.04 G	1.28±0.07 F	3.10±0.06 D	6.89±0.08 A	5.51±0.01 B	2.11±0.01 F

\*Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasındaki farklılığı, aynı satırdaki farklı büyük harfler ise günler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

BY: Balık yağı, KNT; Kontrol, BBC; Çilek aromalı balık yağı balmumu oleojeli, BBL; Limon aromalı balık yağı balmumu oleojeli.

**Çizelge 4. 44.** Aromatize balık yağı oleojellerinin 4 °C’de 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen tekstürel özellikleri (Ort±Sd)

Örnek	Sertlik (g kuvvet)			Kesme Kuvveti (g s)			Yapışkanlık (g kuvvet)			Yapışma kuvveti (g s)		
	0	45	90	0	45	90	0	45	90	0	45	90
<b>KNT</b>	107.68±0.75 B*	83.75±2.05 B	205.74±39.32 A	180.09±14.25 C	145.26±9.81 C	297.24±58.73 A	-73.18±2.60 B	-38.01±2.35 A	-136.43±23.09 C	-15.66±0.78 A	-16.14±0.80 A	-54.09±7.33 C
<b>BBC</b>	107.68±0.75 B	96.42±5.12 B	121.91±19.86 B	187.09±14.25 BC	216.87±8.70 BC	294.67±37.89 B	-73.18±2.60 B	-50.93±5.89 AB	-60.71±7.22 AB	-15.66±0.78 A	-28.65±2.33 B	-33.22±2.22 B
<b>BBL</b>	107.68±0.75 B	104.22±0.40 B	105.08±0.33 B	180.09±14.25 C	236.94±19.08 BC	246.56±13.17 BC	-73.18±2.60 AB	-54.91±4.45 AB	-75.58±0.80 B	-15.66±0.78 A	-28.03±1.05 B	-33.55±0.86 B

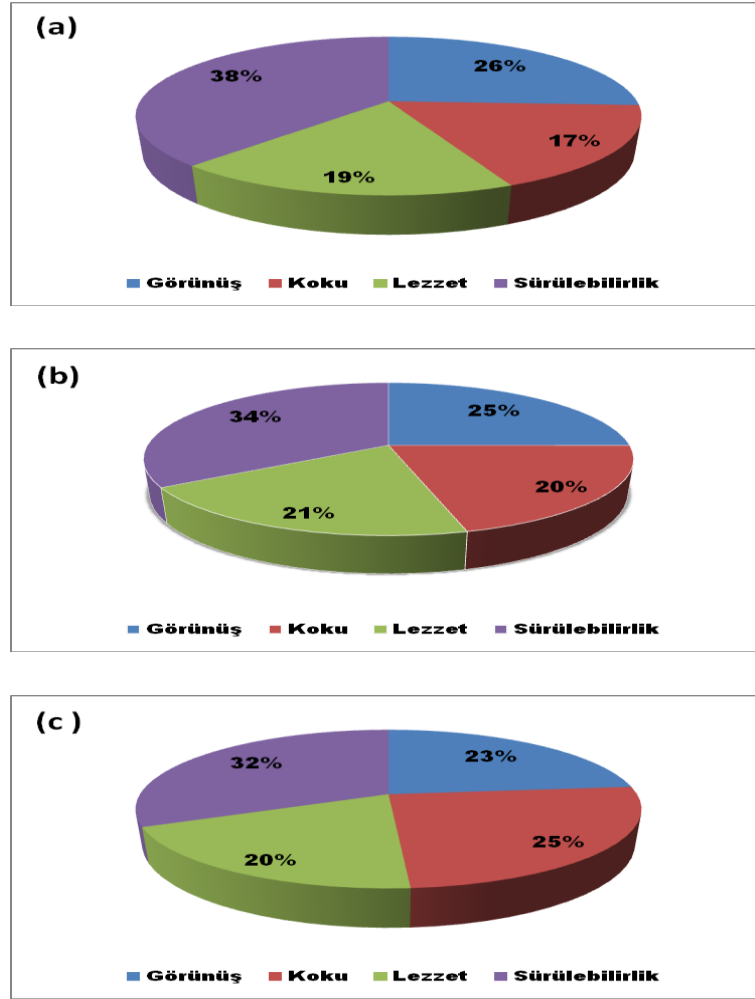
\*Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasındaki farklılığı, aynı satırdaki farklı büyük harfler ise günler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Balık yağı, sade balık yağı oleojeli (KNT) ve aromatize balık yağı oleojellerine ilişkin renk (L, a\* ve b\*), peroksit sayısı, oksidatif indüksiyon zamanı (OİT) ve tekstürel değerler Çizelge 4.43'de verilmiştir. Buna göre balık yağının L değeri depolama süreci boyunca 86.41 – 89.01 arasında değiştiği, KNT oleojelinin 46.98 – 50.76 arasında değiştiği ve aromatize oleojellerin ise L değerlerinin 47.01 – 51.13 arasında değiştiği belirlenmiştir. Genel olarak depolama süreci boyunca L değerlerinde kayda değer değişimin gözlemlenmediği saptanmıştır. Bunun yanı sıra balık yağı ile olejel örneklerinin renk değerlerinin farklı olduğu bulunmuştur. Balık yağı (BY) peroksit değerinin depolama süresi boyunca 0.50 – 4.02 arasında, sade oleojelin (KNT) 0.57 – 7.02 arasında ve aromatize oleojellerin ise (BBÇ/BBL) 0.59 – 3.10 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.43). Bu sonuçlara göre, depolamanın başında örneklerin peroksit değerlerinin aynı olduğu ancak depolama süresi sonunda farklılık gösterdiği bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Depolama süreci sonunda KNT oleojeli dışındaki tüm örneklerin peroksit değerleri bakımından balık yağları için belirlenen tüketilebilir limit değerlere ( $< 5 \text{ mekO}_2/\text{kg}$ , CRN, 2014) uygun oldukları belirlenmiştir. Benzer sonuçlara örneklerin DSC ile belirlenen oksidatif indüksiyon zamanı sonuçlarında da rastlanılmıştır. Buna göre balık yağının OİT değerlerinin depolama süreci boyunca 7.03 – 2.58 dak arasında, KNT oleojelinin ise 6.87 – 0.31 dak ve aromatize oleojellerin ise 6.89 – 2.11 dak arasında olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre depolama süresinin peroksit değerini artırdığı bir başka deyişle örneklerin oksidatif stabilitelelerini düşürdüğü belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Depolama süreci boyunca aromatize oleojellerin sade oleojellere ve balık yağına göre daha yüksek oksidatif stabiliteye sahip oldukları tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Tez çalışması kapsamında geliştirilen aromatize balık yağı oleojellerinin 4 °C'de 90 günlük depolama süreci boyunca tekstürel özelliklerine ilişkin veriler Çizelge 4.43'de verilmiştir. Üretilen sade ve aromatize oleojellerin tekstürel özelliklerinden sertlik değerlerinin depolama süreci boyunca sırasıyla 83.75 – 205.74 g kuvvet arasında ve 96.42– 121.91 arasında değiştiği saptanmıştır. Yine sade oleojellerin yapışkanlık değerlerinin depolama süreci boyunca 38.01 – 136.43 g kuvvet arasında ve aromatize oleojellerin ise 50.93 – 75.58 g kuvvet arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sade oleojellerin kesme kuvveti değerlerinin 145.26 – 297.24 g s arasında değiştiği ve aromatize oleojellerin ise 216.87 – 294.67 g s arasında değiştiği bulunmuştur. Geliştirilen tüm oleojellerin depolama süresi boyunca belirtilen tüm tekstürel özelliklerinde dalgalanmalar olduğu ve depolama süresi

boyunca farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ancak tüm örneklerin depolama süreci boyunca ve sonunda yapısal olarak stabil oldukları gözlemlenmiştir.

Konuyla ilgili yapılan çalışmada %3 Candelilla mumu içeren oleojelin 5 ve 25 °C’de sırasıyla kesme kuvveti değerleri 2742.98 g/mm ve 1542.15 g/mm olduğu rapor edilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007). Yine aynı çalışmada 5 °C’de %3 Candelilla içeren oleojelin 90 gün boyunca stabilitesini koruduğu belirtilmiştir (Toro-Vazquez ve ark., 2007). Da Pieve ve ark. (2010) yapılan bir çalışmada balık yağı ile monoglisericid kullanılarak geliştirilen oleojellerin yapısal özelliklerinin reometre kullanılarak tespit edildiği bildirilmiştir. Çalışmada oleojellerin statik koşullar altında ölçülen kesme kuvveti değerlerinin 3427.50 G’(Pa) olduğu rapor edilmiştir. Da Pieve ve ark. (2010 ve 2011) balık yağı oleojellerinde MG miktarındaki artışa bağlı olarak reolojik özelliklerdede artış tespit edildiği rapor edilmiştir. Mumlar ile ilgili bir çalışmada ise sertlik değerinin kullanılan oleojelatör türüne, saflık derecesine, konsantrasyonuna ve soğutma oranına bağlı olarak değiştiği vurgulanmıştır (Hwang ve ark., 2012; Dassanayake ve ark., 2009). Bunların dışında mumların oleojelatör olarak kullanıldığı bir başka çalışmada, %5 Candelilla ve pirinç kepek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 200 – 400 g kuvvet arasında, %5 ayçiçek mumu içeren oleojellerin ise sertlik değerlerinin 400 – 600 g kuvvet arasında olduğu Hwang ve ark. (2013) tarafından belirtilmiştir. Literatürden elde edilen bulgular ile çalışmadan çıkarılan sonuçların farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılığın kullanılan materyallerin (oleojelatör ve yağ) ve analiz yöntemlerinin farklı olmasından dolayı meydana geldiği düşünülmektedir.



**Şekil 4. 14.** Aromatize balık yağı oleojellerinin tüketici beğeni testi sonuçları, (a) KNT; sade balık yağı oleojeli, (b)BBL, Limon aromalı balık yağı oleojeli, (c)BBC, Çilek aromalı balık yağı oleojeli

Araştırma kapsamında geliştirilen sade, limon ve çilek aromalı balık yağı oleojellerine ilişkin tüketici beğeni testi sonuçları Şekil 4.14'te verilmiştir. Görünüş özellikleri bakımında analiz edilen örneklerden tüketiciler tarafından en çok beğenilen oleojelin sırasıyla sade (KT), daha sonra limon aromalı ve çilek aromalı oleojel olarak sıralandığı belirlenmiştir. Koku özelliği bakımından ise tüketiciler tarafından en az beğenilen örneğin sade balık yağı oleojeli olduğu en çok beğenilen oleojelin ise çilek aroması katkılı oleojelin olduğu tespit edilmiştir. Tüketicilerin lezzet özelliği bakımından aromatize oleojelleri, sade oleoejele göre daha çok beğendikleri saptanmıştır. Sürülebilirlik özellikleri bakımından ise en çok beğenilen oleojelin sade balık yağı oleojeli olduğu en az beğenilen oleojelin ise çilek aroması ile katkılanırılan oleojel olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak özellikle lezzet ve koku özellikleri bakımından tüketicilerin aromalı oleojelleri tercih ettikleri belirlenmiştir.

#### **4.5.2. Kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ olarak rafine fındık yağı ve natürel zeytinyağı oleojellerinin hazırlanması**

Araştırma kapsamında daha önceki bölümlerde fizkokimyasal, termal ve tekstürel özellikleri belirlenen oleojeller arasından söz konusu özellikler bakımından optimum değerleri taşıyan örnekler seçilerek kahvaltılık margarin ve sürülebilir yağ olarak kullanım potansiyelleri incelenmiştir. Bu amaçla, yemeklik yağlardan fındık yağı ve natürel zeytinyağı, oleojelatörlerden ise ayçiçek mumu ve balmumu seçilmiştir. Natürel zeytinyağı ile ayçiçek mumu ve balmumu kullanılarak üretilen oleojellerin kahvaltılık margarin eşdeğeri olarak kullanım potansiyelleri araştırılmıştır. Fındık yağı ile ayçiçek mumu ve balmumu kullanılarak üretilen ve terayağ aroması ile aromatize edilen oleojellerin ise tereyağ ikamesi olarak kullanım potansiyelleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, fındık ve zeytinyağlarının %5 ayçiçek mumu ve %5 balmumu içeren oleojelleri hazırlanmıştır. Hazırlanan oleojellerin renk (L, a\* ve b\*) değerleri, kristal oluşum zamanları (KOZ), yağ bağlama kapasiteleri (YBK), katı yağ içeriği değerleri (KYİ), peroksit değeri (PV), serbest yağ asitliği (SYA), iyot sayısı (IV), kalori değerleri, kristal yapıları, termal, tekstürel ve duyusal özellikleri analiz edilmiştir (Çizelge 4.45).

Çizelge 4. 45. Fındık yağı ve zeytinyağı oleojellerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (Ort.±Sd)

Örnek	L	a*	b*	KOZ (Dak)	YBK (%)	KYİ		PV (mekO <sub>2</sub> /kg)	IV (g)	SYA (%)	Enerji (Kal/g)
						(%, 20 °C)	(%, 35 °C)				
FB	42.40±0.04a	-2.18±0.01a	-0.69±0.04a	6.50±0.7a	99.90±0.01	3.50±0.07a	2.30±0.13a	0.76±0.10a	88.43±3.92a	0.63±0.01a	9677.80±22.50a
FS	59.52±0.47b	-2.34±0.01b	4.11±0.07b	3.50±0.7b	99.19±0.01	3.55±0.05a	3.69±0.09b	0.70±0.15a	92.02±2.78a	0.57±0.01b	9876.60±2.50a
TY	91.39±0.28c	-3.90±0.02c	32.53±0.06c	Nd	Nd	nd	nd	0.00±0.00b	29.70±0.59b	0.92±0.01c	7968.90±35.40b
Örnek	L	a*	b*	KOZ (Dak)	YBK (%)	KYİ		PV (mekO <sub>2</sub> /kg)	IV (g)	SYA (%)	Enerji (Kal/g)
ZB	40.10±0.90a	-6.01±0.21a	19.87±0.84a	6.00±0.01a	99.80a	3.64±0.12a	2.37±0.08a	2.01±0.01a	83.91±2.89a	1.47±0.01a	9914.10±7.20a
ZS	60.30±1.62b	-7.95±0.22b	36.32±1.53b	3.50±0.07b	99.58a	3.52±0.16a	3.53±0.03b	1.36±0.17b	82.71±4.81a	1.19±0.02b	9992.60±1.60b
KM	88.68±2.00c	-2.44±0.03c	14.61±0.76c	Nd	Nd	7.70±0.01b	1.63±0.10c	0.73±0.06c	57.85±7.91b	0.73±0.03c	5299.40±0.60c

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.



Üretilen fındık yağı (FB ve FS) ve zeytinyağı (ZB ve ZS) oleojelleri ile kahvaltılık margarin (KM) ve tereyağ (TY) örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri Çizelge 4.45'te verilmiştir. Fındık yağı balmumu oleojelinin (FB) L değerinin 42.40, fındık yağı ayçiçek mumu oleojelinin (FS) L değerinin 59.52 ve tereyağ örneğinin (TY) L değerinin 91.39 olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, tüm örneklerin renk değerlerinin birbirinden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada, fındık yağını, ayçiçek mumunun 3.50 dak jelleştirdiği ve balmumunun ise 6.50 dak jelleştirdiği belirlenmiştir. Dassanayake ve ark. (2009) tarafından zeytinyağı ile %0.2 – 4.0 arasında değişen oranlarda pirinç kepek, Candelilla ve Carnuba mumları kullanılarak elde edilen oleojellerin jel oluşum sürelerinin sırasıyla 4.0 – 11.0, 9.0 – 14.0 ve 12 – 14 dak arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Yine, üretilen fındık yağı oleojellerinin yağ bağlama kapasiteleri ile 20 °C'deki katı yağ içerikleri bakımından benzer oldukları saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Aynı zamanda, balmumu ile üretilen oleojellerin kristal oluşum zamanlarının ayçiçek mumu ile üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu, yani balmumunun fındık yağında daha geç jel oluşumu gösterdiği belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Balmumu ile üretilen fındık yağı oleojellerinin 35 °C'deki katı yağ içeriklerinin ayçiçek mumu ile üretilen oleojellere göre daha düşük olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Araştırma kapsamında üretilen tereyağ aromalı fındık yağı oleojellerinin peroksit sayısı ve iyot sayıları bakımından benzer oldukları tereyağ örneğinin ise söz konusu özellikler bakımından oleojellerden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). İyot sayısının yağlarda doymuşluk-doymamışlık derecesinin bir göstergesi olduğu ve peroksit sayısının ise oksidasyonun derecesini gösterdiği bildirilmiştir (Nas, 2001). TGK 2012/29'da rafine fındık yağı için peroksit değeri en çok  $10 \text{ mekO}_2\text{kg}^{-1}$  ve iyot sayısı değerinin 81 - 92 g arasında olması gerektiği rapor edilmiştir (TGK, 2012). Elde edilen sonuçlara dayanarak, fındık yağı içerisine eklenen oleojelatörlerin bir başka deyişle jel oluşturma işleminin likit yağın doymuşluk-doymamışlık oranını değiştirmediği belirlenmiştir (Çizelge 4.45). Yine, tüm örneklerin serbest yağ asitliği değerleri bakımından birbirlerinden farklı oldukları bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). TGK 2012/29'da rafine yağlarda asit sayısı değerinin en çok 0.6 mgKOH/ g yağ olması gerektiği rapor edilmiştir (TGK, 2012). Sonuç olarak, araştırmadan elde edilen bulguların standartlarda belirtilen limitler içerisinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.45).

Natürel zeytinyağı balmumu oleojelinin (FB) L değerinin 40.10, zeytinyağı ayçiçek mumu oleojelinin (FS) L değerinin 60.30 ve tereyağ örneğinin (TY) L değerinin 88.60 olduğu belirlenmiştir. Genel olarak tüm örneklerin renk değerlerinin birbirinden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada, zeytinyağını ayçiçek mumunun 3.50 dak jelleştirdiği ve balmumunun ise 6.50 dak jelleştirdiği belirlenmiştir. Dassanayake ve ark. (2009) tarafından zeytinyağı ile %0.2 – 4.0 arasında değişen oranlarda pirinç kepek, Candelilla ve Carnuba mumları kullanılarak elde edilen oleojellerin jel oluşum sürelerinin sırasıyla 4.0 – 11.0, 9.0 – 14.0 ve 12 – 14 dak arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, oleojelatör konsantrasyonu yükseldikçe KOZ değerinin düştüğü vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada, aynı yağda farklı oleojelatörlerin KOZ değerlerinin farklı olduğu bildirilmiştir (Dassanayake ve ark., 2009). Aynı zamanda, balmumu ve ayçiçek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin oldukça yüksek olduğu ( $> \%99$ ) ve söz konusu özellik bakımından oleojelatörler arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Üretilen zeytinyağı oleojellerinin 20 °C'deki katı yağ içerikleri açısından benzer oldukları, 35 °C'de belirlenen katı yağ içerikleri bakımından farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Araştırma kapsamında üretilen oleojellerin peroksit değerlerinin farklı olduğu ve balmumu oleojelinin peroksit değerinin 2.01 mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>, ayçiçek mumu oleojelinin 1.36 mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> ve kahvaltılık margarin örneğinin 0.73 mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada, üretilen oleojellerin iyot sayıları bakımından benzer oldukları, ancak KM örneğinin oleojellerden farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Buna göre, kullanılan oleojelatör çeşidinin iyot sayısı üzerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. İyot sayısı değerinin yağlarda doymuşluk-doymamışlık derecesinin bir göstergesi olduğu bildirilmiştir (Nas, 2001). TGK, 2010/35 zeytinyağı ve pirina yağı tebliğine göre natürel sızma zeytinyağının iyot sayısı değeri 78 – 88 g arasında olduğu rapor edilmiştir. Bu verilere dayanarak, zeytinyağına eklenen oleojelatörlerin iyot sayısını etkilemediği, yani likit yağın doymuşluk-doymamışlık oranını değiştirmediği belirlenmiştir. Yine, tüm örneklerin serbest yağ asitliği değerleri bakımından birbirlerinden farklı oldukları bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Natürel sızma zeytinyağının TGK, 2010/35'e göre peroksit değerinin en çok 20 mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> ve serbest yağ asitliği değerinin oleik asit cinsinden en çok %0.8 olması gerektiği bildirilmiştir (TGK, 2010). Kahvaltılık margarinin (KM) TS 2812'ye (TSE, 1977) göre peroksit değerinin en çok 5 mekO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup> ve serbest yağ asitliği değerinin ise oleik asit cinsinden en çok %1.50 olması gerektiği belirtilmiştir (TSE, 1977). Çalışmada zeytinyağı oleojellerinin ve KM örneğinin belirlenen peroksit ve serbest yağ asitliği değerlerinin standartlara uygun olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 4. 46.** Sürülebilir yağ olarak geliştirilen fındık ve zeytinyağı oleojellerinin termal özellikleri (Ort±Sd)

Örnek	Kristalleşme			Ergime		
	Onset <sub>c</sub> (°C)	Pik (T <sub>c</sub> ) (°C)	ΔH (J/g)	Onset <sub>m</sub> (°C)	Pik (T <sub>m</sub> ) (°C)	ΔH (J/g)
<b>FB</b>	43.51±0.06a	40.14±0.01a	-5.88±0.94a	36.32±0.54a	49.39±0.05a	7.82±0.97a
<b>FS</b>	58.15±0.94b	55.62±0.05b	-9.38±0.47b	51.64±0.41b	61.02±0.026b	9.76±0.19a
<b>TY</b>	15.71±0.01c	8.23±0.01c	-38.87±0.12c	36.78±0.01a	49.61±0.01a	167.17±0.98b
	Onset <sub>c</sub> (°C)	Pik (T <sub>c</sub> ) (°C)	ΔH (J/g)	Onset <sub>m</sub> (°C)	Pik (T <sub>m</sub> ) (°C)	ΔH (J/g)
<b>ZB</b>	40.62±0.03a	38.15±0.01a	-4.76±0.76a	36.18±0.24a	47.76±0.01a	5.57±0.27a
<b>ZS</b>	60.46±0.02b	56.99±0.01b	-11.27±0.59b	47.30±0.38b	62.26±0.01b	10.99±0.69a
<b>KM</b>	19.01±0.57c	16.54±0.53c	-2.58±0.43a	36.39±1.46a	43.74±4.77a	85.50±12.30b

\*Aynı sütündeki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen fındık ve zeytinyağı oleojelleri ile ticari kahvaltılık margarin ve tereyağ örneklerine ilişkin termal özellikler Çizelge 4.46'da gösterilmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen tereyağ aromalı fındıkyacağı-balmumu (FB) oleojellerinin kristalizasyon başlangıç sıcaklığı, 43.51 °C, fındık yağı-ayçiçek mumu oleojelinin (FS) 58.15 °C ve tereyağının (TY) ise 15.71 °C olarak saptanmıştır. Yine, FB oleojelinin kristalizasyon sıcaklığı 40.14 °C, FS oleojelinin kristalizasyon sıcaklığı 55.62 °C ve TY örneğinin kristalizasyon sıcaklığı ise 8.23 °C olarak tespit edilmiştir. FB, FS ve TY örneklerinin kristalizasyon entalpilerinin ise sırasıyla -5.88, -9.39 ve -38.87 J/g olduğu belirlenmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen FB oleojelinin ergime başlangıç sıcaklığı, 36.32 °C, FS oleojelinin 51.64 °C ve TY örneğinin ise 49.61 °C olarak saptanmıştır. Yine FB oleojelinin ergime sıcaklığı 49.39 °C, FS oleojelinin ergime sıcaklığı 61.02 °C ve TY örneğinin ergime sıcaklığı ise 49.21 °C olarak tespit edilmiştir. FB, FS ve TY örneklerinin kristalizasyon entalpilerinin ise sırasıyla 7.82, 9.76 ve 167.17 J/g olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, özellikle ergime sıcaklıkları bakımından FB oleojeli ile TY örneğinin oldukça benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Araştırma kapsamında geliştirilen zeytinyağı-balmumu oleojelinin (ZB) kristalizasyon başlangıç sıcaklığı, 40.62 °C, zeytinyağı-ayçiçek mumu oleojelinin (ZS) 60.46 °C ve kahvaltılık margarin örneğinin ise (KM) ise 19.01 °C olarak saptanmıştır. Yine, ZB oleojelinin kristalizasyon sıcaklığı 38.15 °C, ZS oleojelinin kristalizasyon sıcaklığı 56.99 °C ve KM örneğinin kristalizasyon sıcaklığı ise 16.54 °C olarak tespit edilmiştir. FB, FS ve TY örneklerinin kristalizasyon entalpilerinin ise sırasıyla (-4.76), (-11.27) J/g ve (-2.58) J/g olduğu belirlenmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen ZB oleojelinin ergime başlangıç sıcaklığı, 36.18 °C, ZS oleojelinin 47.30 °C ve KM örneğinin ise 36.39 °C olarak saptanmıştır. Aynı zamanda, ZB oleojelinin ergime sıcaklığı 47.76 °C,

FS oleojelinin ergime sıcaklığı 62.26 °C ve KM örneğinin ergime sıcaklığı ise 43.74 °C olarak tespit edilmiştir. ZB, ZS ve KM örneklerinin kristalizasyon entalpilerinin ise sırasıyla 5.57, 10.99 ve 85.50 J/g olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre özellikle ergime sıcaklıkları bakımından ZB oleojeli ile KB örneğinin oldukça benzer olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Süt yağı ve tereyağı ile ilgili yapılan bir çalışmada süt yağında potansiyel olarak binden fazla triaçilgliserol çeşidi bulunduğu ve buna bağlı olarak süt yağının ergime noktasının -40 ile 40 °C gibi geniş bir aralığa sahip olduğu rapor edilmiştir (Wright ve ark., 2001). Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, kontrol grubu olarak kullanılan ticari sürülebilir ürünlerin ve ticari margarin örneklerinin ergime noktalarının 25 – 40 °C arasında değiştiği, %1 – 6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu içeren margarin-oleojellerin ise ergime noktalarının 30 – 60 °C arasında değiştiği rapor edilmiştir. Margarin üretiminde kullanılan oleojelin, oleojelatör içeriğindeki artışa bağlı olarak, üretilen oleojel-margarinlerinin ergime noktalarının yükseldiği vurgulanmıştır (Hwang ve ark., 2013). Benzer sonuçlar Dassanayake ve ark. (2009) tarafından zeytinyağı pirinç kepek, carnauba ve Candelilla mumu oleojellerinde, Hwang ve ark. (2012) tarafından soya yağı ile %1 – 6 oranında ayçiçek mumu içeren oleojellerde, Toro-Vazquez ve ark. (2009) ve Chopin-Doreteo ve ark. (2011) tarafından aspir yağı ile %3 Candelilla mumu içeren oleojellerde rapor edilmiştir.

**Çizelge 4. 47.** Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen fındık yağı ve zeytinyağı oleojellerinin X-ışınları kırınım deseni sonuçları

	2-Theta	d (Å)
<b>BW</b>	19.33, 21.56, 23.96, 30.04, 36.16, 40.07, 40.66	4.58, 4.11, 3.71, 2.97, 2.48, 2.24, 2.21
<b>SW</b>	2.61, 3.93, 5.34, 19.32, 21.47, 23.87, 28.28, 29.93, 31.53, 36.13, 40.07, 41.94, 43.16, 43.85, 47.23	33.82, 22.46, 16.50, 4.58, 4.13, 3.72, 3.15, 2.98, 2.83, 2.48, 2.24, 2.15, 2.09, 2.06, 1.92
<b>KM</b>	4.11, 6.38, 19.23, 21.06, 22.78, 23.29	21.43, 13.84, 4.60, 4.21, 3.89, 3.81
<b>TY</b>	nd	Nd
<b>FB</b>	4.15, 19.02, 21.39, 23.77	21.23, 4.66, 4.14, 3.73
<b>FS</b>	4.16, 19.38, 21.44, 23.80, 36.09, 43.03	21.22, 4.57, 4.14, 3.73, 2.48, 2.10
<b>ZB</b>	3.84, 19.09, 21.42, 23.74	22.97, 4.64, 4.14, 3.74
<b>ZS</b>	3.80, 19.38, 21.36, 23.80	23.21, 4.57, 4.15, 3.73

Araştırma kapsamında geliştirilen FB-FS ve ZB-ZS oleojelleri ile kullanılan oleojelatörlere, tereyağı ve kahvaltılık margarin örneklerine ait X-ışınları kırınım deseni

sonuçları Çizelge 4.46’da verilmiştir. Çalışmada kullanılan olejelatörlerin dar açı bölgesinde yer alan 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin, söz konusu olejelatörlerin kullanıldığı jel örneklerindedeki saptandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca KM örneğinde dar açı bölgesinde yer alan 3.81, 4.21, 47.60 Å ve geniş açı bölgesinde yer alan 21.43 Å etrafındaki piklerin olejel örnekleri ile benzer olduğu görülmüştür. Zeytinyağı ile pirinç kepek mumu, Candelilla ve Carnauba mumları kullanılarak üretilen oleojellerinin, X-ışınları kırınım desenlerinde görülen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin polimorfik  $\beta'$  formuna benzer olduğu vurgulanmıştır (Dassanayake ve ark., 2009). Benzer pikler balık yağı-monogliserit organojelleri (Da Pieve ve ark., 2010), pirinç kepeği mumu-salata yağı organojelleri (Dassanayake et al., 2009) Candelilla mumu-aspir yağı oleojellerinde tespit edildiği rapor edilmiştir. Szydłowska-Czerniak ve ark. (2005) tarafından, bu piklerin  $\beta'$  polimorfik yapının tipik pikleri olduğu ve alt-hücre tipi olarak da orthorhombic-perpendicular tiplerin olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada söz konusu polimorfik yapının genel karakteri olarak, yapının çok ince, homojen ve krem gibi olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca bu yapının margarin ve sürülebilir ürünler için en çok istenen ve duyuşsal yönden en çok beğenilen polimorfik yapı olduğuda rapor edilmiştir (Chrysam, 1996).

**Çizelge 4. 48.** Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen fındık ve zeytinyağı oleojellerinin tekstürel özellikleri (Ort. $\pm$ Sd)

Örnek	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>FB</b>	172.81 $\pm$ 2.35a	358.48 $\pm$ 25.19a	-133.82 $\pm$ 1.69a	-32.05 $\pm$ 2.63a
<b>FS</b>	238.05 $\pm$ 37.41a	529.84 $\pm$ 76.06ab	-87.38 $\pm$ 15.25a	-44.26 $\pm$ 3.41ab
<b>TY</b>	809.10 $\pm$ 59.02b	664.95 $\pm$ 62.79b	-270.61 $\pm$ 2.96b	-24.89 $\pm$ 0.43b
Örnek	Sertlik (g kuvvet)	Kesme Kuvveti (g s)	Yapışkanlık (g kuvvet)	Yapışma Kuvveti (g s)
<b>ZB</b>	160.46 $\pm$ 30.46a	360.60 $\pm$ 41.38a	-114.46 $\pm$ 11.67a	-40.50 $\pm$ 0.74a
<b>ZS</b>	306.01 $\pm$ 14.33b	510.64 $\pm$ 29.81ab	-85.86 $\pm$ 5.32ab	-33.93 $\pm$ 1.40b
<b>KM</b>	189.45 $\pm$ 16.38a	263.93 $\pm$ 34.80b	-70.51 $\pm$ 5.02b	-34.68 $\pm$ 1.03b

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Üretilen fındık ve zeytinyağı oleojelleri ile ticari tereyağı ve kahvaltılık margarin örneklerine ilişkin tekstürel özellikler Çizelge 4.47’de yer almaktadır. Araştırma kapsamında üretilen tereyağ aromalı FB ve FS oleojelleri ile TY örneğinin sertlik değerlerinin sırasıyla 172.81, 238.05 ve 809.10 g kuvvet olduğu belirlenmiştir. FB ve FS oleojellerinin sertlik değeri bakımından oldukça benzer ancak TY örneğinin sertlik değerleri bakımından farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Söz konusu örneklerin yapışkanlık değerlerinin FB oleojeli için -133.82 g kuvvet, FS oleojeli için -87.38 g kuvvet

ve TY örneği için ise -270.61 g kuvvet olduğu belirlenmiştir. Sertlik değerlerinde elde edilen sonuçlara benzer olarak FB ve FS oleojellerinin yapışkanlık değerlerinin benzer, TY örneğinin ise farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Yine araştırma kapsamında üretilen ZB ve ZS oleojelleri ile KM örneğinin sertlik değerlerinin sırasıyla 160.46, 306.01 ve 189.45 g kuvvet olduğu belirlenmiştir. ZB oleojeli ile KM örneğinin sertlik değeri bakımından benzer olduğu ZS oleojelinin ise sertlik değeri bakımından farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Söz konusu örneklerin yapışkanlık değerlerinin ZB oleojeli için -114.46 g kuvvet, ZS oleojeli için -85.86 g kuvvet ve KM örneği için ise -70.51 g kuvvet olduğu belirlenmiştir. Ele alınan örneklerin yapışkanlık değerleri bakımından farklı oldukları tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ).

Genel olarak sürülebilir ürünlerin tekstürel özelliklerinin sıcaklık, orijin ve katı yağ içeriği gibi faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir. Literatür verilerinde yüksek katı yağ içeriğine sahip ürünlerin yüksek sertlik ve düşük sürülebilirlik değerine sahip oldukları ortaya konulmuştur. Aynı zamanda, yapışkanlık değeri yüksek, yapışma kuvveti düşük olan ürünlerin katı yağ içeriklerinin daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Glibowski ve ark., 2008). Literatür verilerine dayanarak bu çalışmada üretilen oleojellerden en iyi sürülebilirliğe balmumu oleojellerinin (FB ve ZB) ve kahvaltılık margarin örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir.

Glibowski ve ark. (2008) tarafından ticari sürülebilir yağlar ile yapılan bir çalışmada %82 süt yağı içeren tereyağ örneğinin sertlik değerinin 5 °C' de 60 – 80 N arasında sürülebilirlik değerinin ise 400 – 500 N s<sup>-1</sup> değerleri arasında olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, çalışmada %80 yağ içeren ticari margarin örneğinin sertlik değerinin 10 – 20 N arasında sürülebilirlik değerinin ise 100 – 200 N s<sup>-1</sup> değerleri arasında olduğu rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada, 5 °C'de ölçülen yapışkanlık değerlerinin tereyağ için -19.88 N s<sup>-1</sup> ve margarin örneği için -12.99 N s<sup>-1</sup> olduğu belirtilmiştir (Glibowski ve ark., 2008). Bu tez çalışmasında tereyağ ve margarin örneklerinden elde edilen değerler ile Glibowski ve ark. (2008) tarafından elde edilen veriler arasında farklılık olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılığın kullanılan materyallerin bileşen kompozisyonları ile uygulanan ölçüm metodunun farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Oleojeller ile ilgili Hwang ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, soya yağı ile %1 ile %6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin sertlik değerlerinin 20 – 350 g kuvvet arasında değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca söz konusu çalışmada elde edilen oleojellerin hidrojene bitkisel yağların ikamesi olarak kullanılabilceği vurgulanmıştır

(Hwang ve ark., 2012)., Hwang ve ark. (2013) tarafından yapılan benzer çalışmada, %5 Candelilla ve pirinç kepek mumu içeren oleojellerin sertlik değerlerinin 200 – 400 g kuvvet arasında, %5 ayçiçek mumu içeren oleojellerin ise sertlik değerlerinin 400 – 600 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, %6 ayçiçek mumu içeren oleojelin kullanıldığı margarinin sertlik değerinin 400 – 500 g kuvvet arasında, aynı oranda pirinç kepek mumu ile üretilen oleojelin kullanıldığı margarinin sertlik değerinin ise 10 – 100 g kuvvet arasında olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, margarin üretiminde yağ fazı olarak kullanılan oleojelin, oleojelatör içeriği arttıkça, margarin örneklerinin sertlik değerlerinde arttığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada, %2 ayçiçek mumu içeren oleojelden üretilen margarinin sertlik değerinin ticari sürülebilir ürünler ile benzer olduğu ve %10 ayçiçek mumu içeren oleojelden üretilen margarinin ise sertlik değerinin ticari margarin örneği ile benzer olduğu bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca kontrol grubu olarak kullanılan sürülebilir örneklerin sertlik değerlerinin 23.20 - 58.80 g kuvvet arasında değiştiği, ticari margarin grubu örneklerinin sertlik değerlerinin ise 1707.60 - 2056.80 g kuvvet arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2013). Hwang ve ark. (2012) ve Hwang ve ark. (2013) tarafından rapor edilen değerler ile araştırma kapsamında elde edilen bulguların benzerlik gösterdiği görülmektedir.

**Çizelge 4. 49.** Tereyağ ikamesi olarak geliştirilen tereyağ aromalı fındık yağı oleojellerinin duyu analizi sonuçları (Ort.±SE; Me)

Özellik	FB	FS	Tereyağ (TY)
<b>Sertlik</b>	2.44±0.29 2.00a	2.50±0.21 2.75a	7.81±0.50 8.50b
<b>Sürülebilirlik</b>	7.88±0.35 8.00a	7.75±0.57 8.00a	2.94±0.76 2.75b
<b>Likitleşme</b>	5.50±0.88 5.75a	5.38±0.87 5.00a	1.69±0.95 0.75b
<b>Çimen</b>	4.44±0.79 4.50a	4.81±1.00 5.75a	8.81±0.31 9.00b
<b>Sütümsü</b>	2.44±0.80 2.00a	1.00±0.28 1.00ab	0.50±0.25 0.25b
<b>Ransit</b>	1.19±0.30 1.25a	1.25±0.44 0.75a	0.75±0.35 0.50a
<b>Yağlı</b>	6.75±1.04 7.50a	8.44±0.27 8.75a	9.00±0.19 9.00a
<b>Tatlı</b>	2.44±0.56 1.75a	2.44±0.68 2.25a	2.44±0.48 3.00a
<b>Tuzlu</b>	0.88±0.26 0.50a	0.69±0.19 0.75ab	1.75±0.38 1.75b
<b>Mumsu</b>	4.06±0.98 3.50a	3.56±0.79 3.25ab	1.19±0.43 0.75b
<b>Kumluluk</b>	1.75±0.37 2.00a	1.44±0.35 1.00a	0.88±0.28 0.50a
<b>Serinletme</b>	1.31±0.56 1.00a	1.19±0.44 1.00a	1.56±0.38 1.50a
<b>Damak Kaplama</b>	3.06±0.55 3.25a	2.69±0.57 2.50a	2.94±0.68 2.50a

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen tereyağ aromalı fındık yağı-ayçiçek mumu ve fındıkyağı balmumu oleojelleri ile tereyağ örneğine (TY) ilişkin duyu analizi sonuçları Çizelge 4.49’da gösterilmiştir. Çalışmada, panel atarfaından ele alınan örnekleri tanımlayıcı terimler olarak doku özelliklerine ilişkin “sertlik”, “sürülebilirlik”, “likitleşme”, koku özelliklerine ilişkin “çimen”, “sütümsü”, “ransit”, lezzet özelliklerine ilişkin “yağlı”, “tatlı”, “tuzlu”, “mumsu” ve ağız hissi özelliklerine ilişkin “kumluluk”, “serinletme”, “damak kaplama” terimleri geliştirilmiştir. Duyusal tanımlayıcı analiz sonuçlarına göre “sertlik”, “sürülebilirlik”, “likitleşme”, “çimen”, “sütümsü”, “tuzlu”, ve “mumsu” özellikleri bakımından örnekler arasında fark tespit edilirken, “ransit”, “yağlı”, “tatlı”, “kumluluk”, “serinletme”, “damak kaplama” özellikleri bakımından örneklerin benzer oldukları saptanmıştır ( $p < 0.05$ ).



**Çizelge 4. 50.** Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen zeytinyağı oleojellerinin duysal tanımlayıcı analiz sonuçları (Ort.±SE; Me)

Özellik	ZB	ZS	Kahvaltılık Margarin (KM)
<b>Sertlik</b>	3.75±0.46 4.00a	6.50±0.69 7.25ab	5.00±0.66 5.50b
<b>Sürülebilirlik</b>	8.00±0.27 8.00a	5.88±0.69 6.75b	7.75±0.37 8.00a
<b>Likitleşme</b>	5.44±0.73 5.75a	3.00±0.61 3.50ab	2.56±0.75 1.50b
<b>Çimen</b>	3.63±0.66 4.00a	2.75±0.82 2.00a	0.50±0.16 0.50b
<b>Sütümsü</b>	2.13±0.76 1.25a	2.00±0.71 1.25a	4.69±0.86 4.75b
<b>Ransit</b>	1.56±0.53 1.25a	1.88±0.80 0.75a	0.88±0.36 0.50a
<b>Yağlı</b>	7.38±0.65 7.75a	6.94±0.45 7.00a	7.13±0.63 7.50a
<b>Tatlı</b>	2.88±0.77 2.25a	2.31±0.74 1.75a	3.00±0.78 2.00a
<b>Tuzlu</b>	0.63±0.16 0.75a	1.06±0.22 1.00a	1.38±0.52 0.75a
<b>Mumsu</b>	3.88±0.94 2.75a	5.19±0.67 5.00ab	2.00±0.80 1.00b
<b>Kumluluk</b>	1.25±0.38 1.25a	2.69±0.43 2.50b	0.56±0.15 0.50a
<b>Serinletme</b>	1.25±0.60 0.50a	1.00±0.53 0.25a	1.38±0.34 1.25a
<b>Damak Kaplama</b>	3.00±0.71 3.00a	4.19±0.91 4.00a	2.44±0.60 2.00a

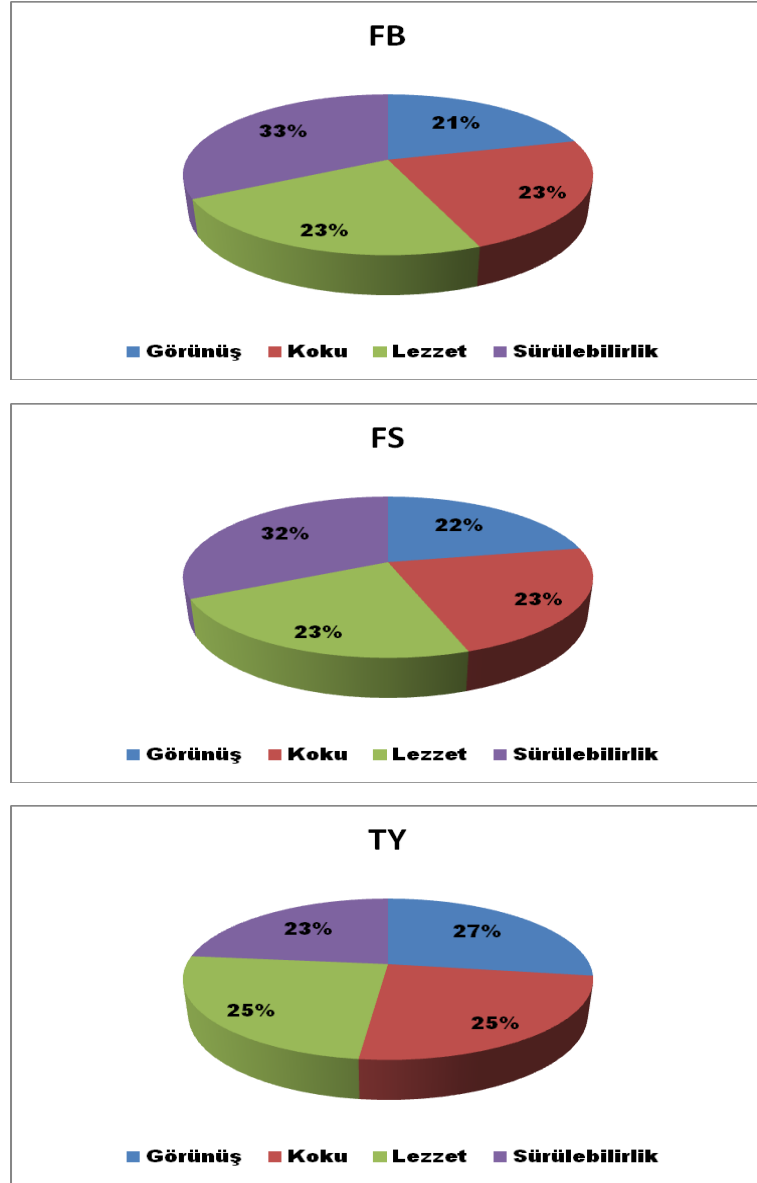
\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen zeytinyağı-ayçiçek mumu ve zeytinyağı balmumu oleojelleri ile kahvaltılık margarin örneğine ilişkin duysal tanımlayıcı analiz sonuçları Çizelge 4.50’de gösterilmiştir. Çalışmada panel atarfaından ele alınan örnekleri tanımlayıcı terimler olarak doku özelliklerine ilişkin “sertlik”, “sürülebilirlik”, “likitleşme”, koku özelliklerine ilişkin “çimen”, “sütümsü”, “ransit”, lezzet özelliklerine ilişkin “yağlı”, “tatlı”, “tuzlu”, “mumsu” ve ağız özelliklerine ilişkin “kumluluk”, “serinletme”, “damak kaplama” terimleri geliştirilmiştir. Duysal tanımlayıcı analiz sonuçlarına göre “sertlik”, “likitleşme”, “çimen”, “sütümsü”, “mumsu” ve “kumluluk”, özellikleri bakımından örnekler arasında fark tespit edilirken “sürülebilirlik”, “ransit”, “yağlı”, “tatlı”, “tuzlu” “serinletme”, “damak kaplama” özellikleri bakımından örneklerin benzer oldukları saptanmıştır ( $p < 0.05$ ).

Ronn ve ark. (1998) yağ içeriği düşürülmüş sürülebilir ürünlerin duysal özelliklerini duysal tanımlayıcı analiz kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmada duysal tanımlayıcı

analizin 9 eğitimli panelist tarafından 15 cm skala kullanılarak gerçekleştirildiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada duyusal tanımlayıcı terimler olarak “parlaklık”, “su ayrımı”, “yağ ayrımı”, “sıkılık”, “bıçağa sıvanma”, “kumluluk” “tazelik” sürülebilirlik”, “homojenlik”, “ergime” “unsu” ve “mumsu” terimlerinin geliştirildiği rapor edilmiştir (Ronn ve ark., 1998). Michicich ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada kolesterol içeriği düşürülmüş süt yağı, margarin, tereyağ ve appetize domuz yağı gibi sürülebilir ürünlerin duyusal özelliklerini belirlemişlerdir. Söz konusu çalışmada duyusal tanımlayıcı analizin 8 eğitimli panelist ile 150 mm skala kullanılarak gerçekleştirildiği bildirilmiştir. Çalışmada duyusal tanımlayıcı terimler olarak görünüş özelliklerinden “sarı”, “beyaz“, “su”, “dağılan” “parlak” “donuk” ve “lapa lapa” terimlerinin geliştirildiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada tekstürel özellikler olarak “sıkılık”, “yumuşaklık”, “pürüzsüzlük” “ergime oranı” ve “kaygan” terimlerinin geliştirdiği belirtilmiştir. Örneklerin koku özellikleri olarak “depo”, “meyvemsi” “tereyağ” “yağsı” “ransit”, “margarin” ve “duman” terimlerinin geliştirildiği bildirilmiştir. Yine lezzet özellikleri olarak “tuzlu”, “yağlı”, “margarin”, ”tereyağ”, ”plastik”, ”tatlı” “ransit” ve “mentollü” terimlerinin geliştirildiği rapor edilmiştir (Michicich ve ark., 1999). Michicich ve ark. (1999) tarafından sürülebilir ürünler için geliştirilen duyusal tanımlayıcı terimler ile araştırmada geliştirilen terimlerin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Shewfelt ve ark. (2005) tarafından yapılan benzer çalışmada saf tereyağı, tereyağı: kanola yağı karışımı ve tereyağı ile yeniden yapılandırılmış lipit karışımları gibi sürülebilir ürünlerin duyusal özelliklerinin belirlendiği bildirilmiştir. Çalışmada duyusal tanımlayıcı analizin 8 eğitimli panelist ile 150 mm skala kullanılarak gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Duyusal olarak analiz edilen örneklerde tanımlayıcı terimler olarak tekstürel özellikler için “soğuk-sürülebilirlik”, “yağlılık”, “sertlik”, “yapışkanlık” ve “sıvanma” lezzet özellikleri için “tereyağ”, “margarin”, “kaprılık asit” “ransit” ve “yağlı” terimlerini geliştirildiği rapor edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak tereyağının tekstürel özelliklerinden “soğuk-sürülebilirlik” skorunun 53.00, tereyağı kanola karışımının 88.00 ve yeniden yapılandırılmış yağ ile tereyağ karışımının 83.00 olduğu rapor edilmiştir. Yine aynı çalışmada “sertlik” skorlarının tereyağı için 29.00, tereyağı kanola karışımı için 20.00 ve yapılandırılmış lipit tereyağı karışımı için 20.00 skorlarını aldığı vurgulanmıştır. Bir başka tekstürel özellik olan “ergime hızının” tereyağında 89.00, tereyağı kanola karışımında 102.00 ve yeniden yapılandırılmış lipit tereyağı karışımında 103.00 skorlarını aldığı belirtilmiştir. Literatürden elde edilen terimler ile çalışmada kullanılan terimlerin benzerlik gösterdiği ancak duyusal analiz sonuçlarının

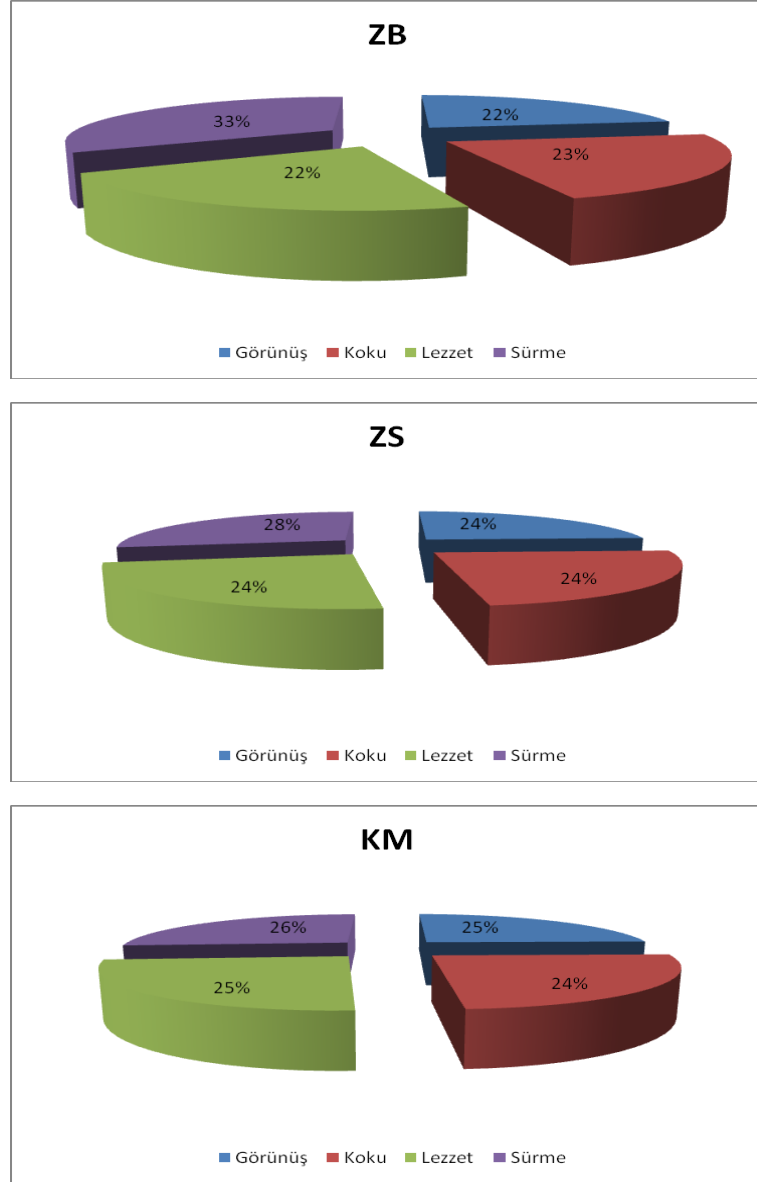
farklı olduğu belirlenmiştir. Sonuçların literatür verilerinden farklı olmasının analiz edilen ürünlerin ve analizde kullanılan skalanın farklı olması ile açıklanabilmektedir.



**Şekil 4. 15.** Tereyağ ikamesi olarak geliştirilen tereyağ aromalı fındık yağı oleojellerinin tüketici beğeni testi sonuçları; FB: Tereyağ aromalı balmumu-fındık yağı oleojeli, FS: Tereyağ aromalı balmumu-fındık yağı oleojeli, TY: Ticari tereyağ örneği

Araştırma kapsamında geliştirilen FB ve FS oleojellerine ilişkin tüketici beğeni testi sonuçları Şekil 4.15'te verilmiştir. Görünüş özellikleri bakımında analiz edilen örneklerden tüketiciler tarafından en çok beğenilen örneğin sırasıyla TY, daha sonra FS ve FB olarak

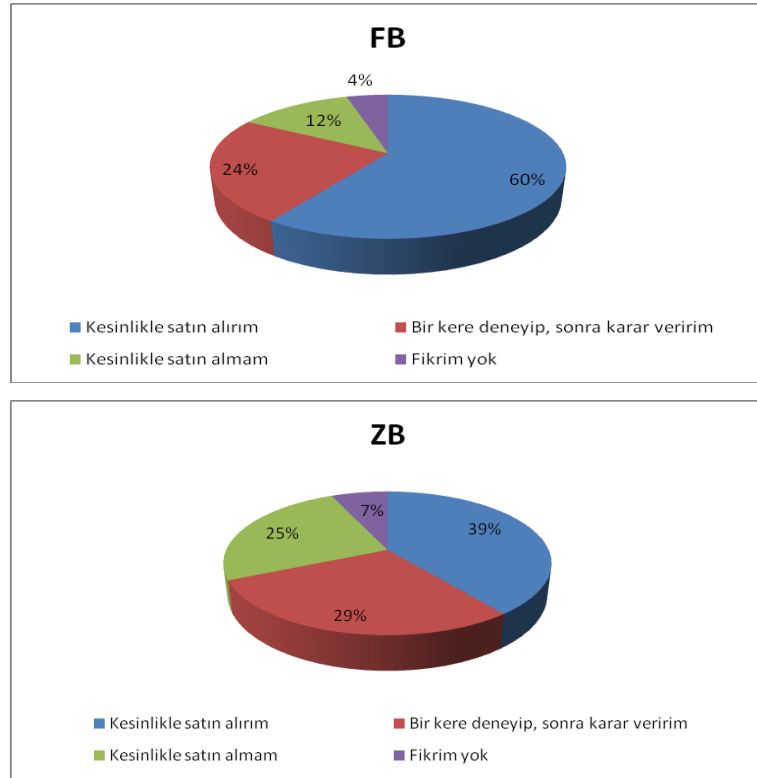
sıralandığı belirlenmiştir. Lezzet ve koku özelliği bakımından ise tüketiciler tarafından TY örneğinin FB ve FS oleojellerine göre daha fazla beğenildiği tespit edilmiştir. Tüketicilerin sürülebilirlik özelliği bakımından aromatize oleojelleri, tereyağına göre daha çok beğendikleri saptanmıştır. Sonuç olarak tüketiciler tarafından özellikle görünüş, koku, ve lezzet özellikleri bakımından örneklerin aldıkları skorların oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ancak oleojellerin sürülebilirlik özelliğine ait skorların tereyağına göre daha yüksek olduğu bir başka deyişle tüketiciler tarafından daha çok tercih edilir oldukları belirlenmiştir.



**Şekil 4. 16.** Sürülebilir yağ ikamesi olarak geliştirilen zeytinyağı oleojellerinin tüketici beğeni testi sonuçları; ZB: Natürel zeytinyağı-balmumu oleojeli, ZS:Natürel zeytinyağı ayçiçeği mumu oleojeli, KM:Ticari kahvaltılık margarin örneği

Araştırma kapsamında geliştirilen ZB ve ZS oleojellerine ilişkin tüketici beğeni testi sonuçları Şekil 4.16'da verilmiştir. Görünüş özellikleri bakımında analiz edilen örneklerden tüketiciler tarafından en çok beğenilen örneğin sırasıyla KM, daha sonra ZS ve ZB olarak sıralandığı belirlenmiştir. Lezzet ve koku özelliği bakımından ise tüketiciler tarafından ZB ve ZS oleojelleri ile KM örneğinin oldukça benzer skorlar aldığı tespit edilmiştir. Tüketicilerin sürülebilirlik özelliği bakımından zeytinyağı balmumu ve zeytinyağı ayçiçek mumu oleojellerini, kahvaltılık margarine göre daha çok beğendikleri

saptanmıştır. Sonuç olarak, tüketiciler tarafından özellikle görünüş, koku, ve lezzet özellikleri bakımından örneklerin aldıkları skorların oldukça benzer olduğu gözlemlenmiştir. Ancak oleojellerin özellikle ZB oleojelinin sürülebilirlik özelliğine ait skorların kahvaltılık margarin örneğine göre daha yüksek olduğu bir başka deyişle tüketiciler tarafından daha çok tercih edilir oldukları belirlenmiştir.



**Şekil 4. 17.** Tereyağ aromalı fındık yağı ve zeytinyağı oleojellerinin tüketici anketi sonuçları; FB:Tereyağ aromalı fındık yağı-balmumu oleojeli, ZB:Natürel zeytinyağı-balmumu oleojeli

Tez çalışması kapsamında geliştirilen tereyağ aromalı fındık yağı-balmumu oleojeli ile zeytinyağı-balmumu oleojeline ait tüketici anketi sonuçları Şekil 4.17’de verilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen ve incelenen özellikler bakımından optimum özellikleri taşıyan tüketici beğeni testi sonuçlarına göre en çok beğenilen tereyağı aroması ile aromatize edilen fındık yağı-balmumu oleojelleri ile zeytinyağı-balmumu oleojellerine ilişkin düzenlenen anket çalışmasının sonuçları Şekil 4.17’de verilmiştir. Bu anket çalışmasında tüketicilere FB oleojellerini tereyağ benzeri sürülebilir ürün olarak, ZB oleojellerini ise kahvaltılık margarin benzeri ürün olarak satın alıp almayacakları yönünde sorular yöneltilmiştir. Anket çalışması ile tüketicilere söz konusu ürünler hakkındaki satın

alma tercihleri, kesinlikle satın alırım, kesinlikle satın almam, bir kere deneyip sonra karar veririm ve fikrim yok şeklinde sorulmuştur. Buna göre tüketicilerin %60'ının FB oleojelleri için tercihlerinin kesinlikle satın alırım, %24'ünün bir kere deneyip sonra karar veririm, %12'sinin kesinlikle satın almam ve %4'ünün fikrim yok şeklinde olduğu belirlenmiştir. Yine tüketicilerin %39'unun ZB oleojelleri için tercihlerinin kesinlikle satın alırım, %29'unun bir kere deneyip sonra karar veririm, %25'inin kesinlikle satın almam ve %7'sinin fikrim yok şeklinde olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre özellikle tereyağı aroması ile aromatize edilen fındık yağı-balmumu oleojellerinin tereyağ benzeri sürülebilir ürün olarak tüketiciler tarafından satın alınacağı tespit edilmiştir.

Patel ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada şellak mumu ile üretilen emülsiyon oleojellerinin emülgatör içermeyen kahvaltılık sürülebilir margarin olarak kullanım potansiyellerinin araştırıldığı belirtilmiştir. Çalışmada şellak mumu bileşiminde bulunan uzun zincirli yağ alkollerini gibi yüzey aktif maddelerin varlığına bağlı olarak ergimiş şellak oleojeli içinde su damlacıklarının dağıldığı ve sistemin soğutulması ile ara yüzeyde şellağın kristalleşmesi sonucu emülsiyon stabilitesinin meydana geldiği bildirilmiştir. Çalışmada %60 su oranı içeren yağ içinde su emülsiyonlarının emülgatör madde ilavesine gerek duyulmadan hazırlandığı ve 4 ay boyunca stabilitesini koruduğu bildirilmiştir (Patel ve ark., 2014). Literatürde rapor edilen veriler ile çalışmadan elde edilen veriler farklılık göstermekte ancak ulaşılmak istenen amaç bakımından benzer çıktılar elde edildiği görülmektedir.

#### **4.5.3. Rafine fındık yağı oleojellerinin fırıncılık şorteningi olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılması**

Çalışma kapsamında fındık yağı ile balmumu (%5) ve ayçiçek mumu (%5) kullanılarak geliştirilen oleojellerden üretilen kurabiyeler ile ticari fırıncılık şorteningi kullanılarak üretilen kurabiyelerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyu özellikleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.51'de üretilen kurabiyeler ilişkin fizikokimyasal özellikler verilmiştir.

**Çizelge 4. 51.** Oleojel kullanılarak üretilen kurabiye örneklerinin bazı fizkokimyasal özellikleri (Ort.±Sd)

Örnekler	L	a*	b*	Ağırlık (g)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	pH	aw	Kül (%)	Yağ (%)	Enerji (Kal/g)
<b>FB-K</b>	79.34±1.76ab	-0.35±0.72a	33.55±1.20b	10.68±0.80b	51.80 2.47a	7.21 ±0.4b	7.35±0.01b	0.17±0.05b	0.53±0.07a	28.12±0.25b	5734.60±2.55b
<b>FS-K</b>	81.77±0.85b	-0.04±0.70a	32.91±0.42b	10.14±0.76b	51.96±0.83a	7.58±0.69b	7.39±0.01b	0.17±0.01b	0.61±0.14a	26.88±0.21c	5794.30±2.83c
<b>KNT-K</b>	84.13±2.03a	-0.41±0.09a	28.97±1.05a	12.41±0.57a	51.70 1.30a	9.20±0.54a	7.54±0.01a	0.46±0.014a	0.79±0.07a	23.61±0.13a	5360.75±5.02a

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.



Üretilen kurabiyelerden renk özelliklerinden, L değerlerinin KNT-K örneği için 84.13, FB-K örneği için 79.34 ve FS-K örneği için ise 81.77 olduğu, a\* değerlerinin KNT-K örneği için -0.41, FB-K örneği için -0.35 ve FS-K örneği için ise -0.04 olduğu, b\* değerlerinin ise KNT-K örneği için 28.97, FB-K örneği için 33.55, FS-K örneği için 32.91 olduğu belirlenmiştir. Buna göre, oleojel ürünleri ile üretilen kurabiyelerin L ve b\* değerlerinin şortening ile üretilen kurabiyelerden farklı, a\* değerinin ise benzer olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Literatürde, kurabiyelerin yüzey renk değerlerinin sıcaklık, hava hızı, nem ve bireysel ısı transferi gibi bir çok faktörden etkilendiği vurgulanmıştır (Shibukawa ve ark., 1989). Yine, üretilen kurabiyelerin ağırlık değerlerinin KNT-K için 12.41 g, FB-K için 10.68 g, FS-K için 10.14 g, çaplarının KNT-K için 51.70 mm, FB-K için 51.80 mm, FS-K için 51.96 mm olduğu ve kalınlık değerlerinin KNT-K için 9.20 mm, FB-K için 7.21 mm, FS-K için 7.58 mm olduğu tespit edilmiştir. Manohar ve Rao (1999) kurabiyelerin ağırlık değerlerinin içerdikleri katı yağ oranına bağlı olarak arttığı bildirilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan ticari şorteningin katı yağ içeriği değerinin (35 °C'de, %30) fındık yağı oleojellerinden (35 °C'de, %2–4) yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Oleojel ile üretilen kurabiyelerin çaplarının şortening ile üretilen kurabiyelerle benzer olduğu ağırlık ve kalınlık değerlerinin ise farklı olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada, şortening ile üretilen kurabiyelerin pH ve aw değerinin sırasıyla 7.54 ve 0.46 olduğu belirlenmiştir. FB ve FS oleojelleri ile üretilen kurabiyelerin pH değerinin sırasıyla 7.35 ve 7.39 olduğu, aw değerinin ise 0.17 olduğu belirlenmiştir. Buna göre oleojel ile üretilen kurabiyelerin pH ve aw değerlerinin şortening ile üretilen kurabiyelerden farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Çalışmada, üretilen kurabiye örneklerinin kül miktarlarının %0.53 – 0.79 arasında olduğu ve kül miktarı bakımından örneklerin benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Kurabiye örneklerinin yağ miktarlarının %23.61 – 28.12 arasında değiştiği ve örneklerin içerdikleri yağ miktarları bakımından farklı oldukları saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Kurabiye örneklerinin enerji değerlerinin KNT-K için 5360.75 kal/g, FB-K örneği için 5734.60 kal/g, ve FS-K örneği için 5794.30 kal/g olduğu belirlenmiştir. Kurabiye örneklerinin yağ içeriklerine benzer olarak kalori değerlerinde birbirinden farklı olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, balmumu içeren oleojel ile üretilen kurabiyelerin kalori değerlerinin ayçiçek mumu içeren oleojel ile üretilen kurabiyelerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.51).

**Çizelge 4. 52.** Oleojel kullanılarak üretilen kurabiyelerin 30 günlük depolama süreci boyunca belirlenen tekstürel özellikleri ve nem değerleri (Ort±Sd)

<b>Örnek</b>		<b>Sertlik (g s)</b>			
<b>Gün</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	
<b>FB-K</b>	3246.60±398.30 D	4486.90±561.50 BC	4631.80±1222.10 BC	4739.20±748.10 BC	
<b>FS-K</b>	3760.80±576.90 CD	3291.20±611.10 D	2806.10±765.20 D	1636.10±313.30 E	
<b>KNT-K</b>	4804.20±492.20 B	6027.90±546.40 A	5911.10±911.20 A	4776.20±679.60 BC	
		<b>Gevreklik (g s)</b>			
<b>Gün</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	
<b>FB-K</b>	3374.40±265.00 BCD	3678.30±252.00 AB	3862.10±395.00 A	3572.20±212.60 ABC	
<b>FS-K</b>	3667.00±236.80 ABC	3338.80±243.00 CD	3371.90±286.60 BCD	2867.50±193.00 EF	
<b>KNT-K</b>	2504.30±306.50 F	2638.60±179.30 EF	3054.90±281.80 DE	2578.30±160.40 EF	
		<b>Nem (%)</b>			
<b>Gün</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	
<b>FB-K</b>	2.63±0.48 DE	3.09±0.04 CD	3.27±0.26 CD	3.54±0.01 C	
<b>FS-K</b>	2.32±0.06 E	2.20±0.10E	2.70±0.17 DE	2.82±0.01 CDE	
<b>KNT-K</b>	5.72±0.01 B	6.60±0.25A	6.77±0.03 A	6.29±0.04 AB	

\*Aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasındaki farklılığı, aynı satırdaki farklı büyük harfler ise günler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çalışma kapsamında üretilen kurabiyelerin 30 günlük depolama süreci boyunca belirlenen sertlik, gevreklik ve nem miktarlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.52’ de verilmiştir. Oleojel ile üretilen kurabiyelerden FB-K örneğinin sertlik değerinin 3246.60 – 4739.20 g kuvvet arasında değiştiği FS-K örneğinin ise 3760.80 – 1636.10 g kuvvet arasında değiştiği belirlenmiştir. KNT-K örneğinin sertlik değerinin ise depolama süreci boyunca 4776.20 – 6027.90 g kuvvet arasında değiştiği saptanmıştır. Tüm kurabiye örneklerinin depolama süresi boyunca sertlik değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, sertlik değeri üzerine depolama süresinin etkili olduğu ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Kurabiye örneklerinin

gevreklik değerlerinin depolama süreci boyunca FB-K için 3374.40 – 3862.10 g arasında, FS-K örneği için 2867.50 – 3667.00 g arasında ve KNT-K örneği için 2504.30 – 3054.90 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, gevreklik değeri en yüksek örneklerin oleojel ile üretilen kurabiyeler olduğu belirlenmiştir. Tüm kurabiye örneklerinin depolama süresi boyunca gevreklik değerlerinin farklı olduğu saptanmıştır ( $p \leq 0.001$ ). Ayrıca, gevreklik değeri üzerine depolama süresinin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir ( $p \leq 0.001$ ). Çalışma kapsamında üretilen kurabiyelerin nem değerlerinin depolama süreci boyunca artış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.52). Buna göre, FB-K örneğinin nem değerleri %2.63 – 3.54 arasında, FS-K örneğinin % 2.32 – 2.82 arasında, ve KNT-K örneğinin ise %5.72 – 6.77 arasında değiştiği bulunmuştur. Bu tez çalışması kapsamında üretilen kurabiye örneklerinden FB-K ve FS-K örneklerinin nem değerlerinin depolama süreci sonunda TS 2383’de (TSE, 1991) belirtilen maksimum değerinin altında olduğu ancak KNT-K örneğinin nem değerinin depolama süreci sonunda TS 2383’de belirtilen (en çok %6.0) değeri aştığı gözlemlenmiştir (TSE, 1991). Tekstür ile nem özellikleri arasında pozitif bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Sertakan, 2006). Buna göre, depolama süreci sonunda KNT-K ve FS-K örneğine göre özellikle FB-K örneğinin tekstürel olarak sert ve gevrek yapıda olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *trans* ve doymuş yağ içeriği düşük oleojel ürünlerinin fırıncılık şorteningi olarak kullanıma uygun oldukları gözlemlenmiştir.

Konuyla ilgili yapılan çalışmada farklı yağlar (şortening, hidrojene yağ, margarin ve ayçiçek yağı) ile üretilen kurabiyelerin tekstürel özelliklerinin farklı olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, sıvı yağ kullanılarak üretilen kurabiyelerin gevreklik (kırılgenlik) değerinin (9.70 kg f) diğer yağlar ile üretilen kurabiyelerin gevreklik değerlerinden (4.00 – 5.50 kg f) yüksek olduğu belirtilmiştir. Buna neden olarak kurabiye hamurunun yoğrulması esnasında katı yağların daha fazla miktarda hava hapsedmesi gösterilmiştir (Jacob ve Leelavathi, 2007). Benzer bir çalışmada MG jeli (emülsiyon) ve ticari şortening ile üretilen kurabiyelerin tekstürel özelliklerinin farklı olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada, MG jeli ile üretilen kurabiyenin, ticari şortening ile üretilen kurabiye örneğine göre daha kırılgen yapıya sahip olduğu belirtilmiştir (Goldstein ve Seetharaman, 2011). Literatürden elde edilen veriler ile araştırma bulgularının benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

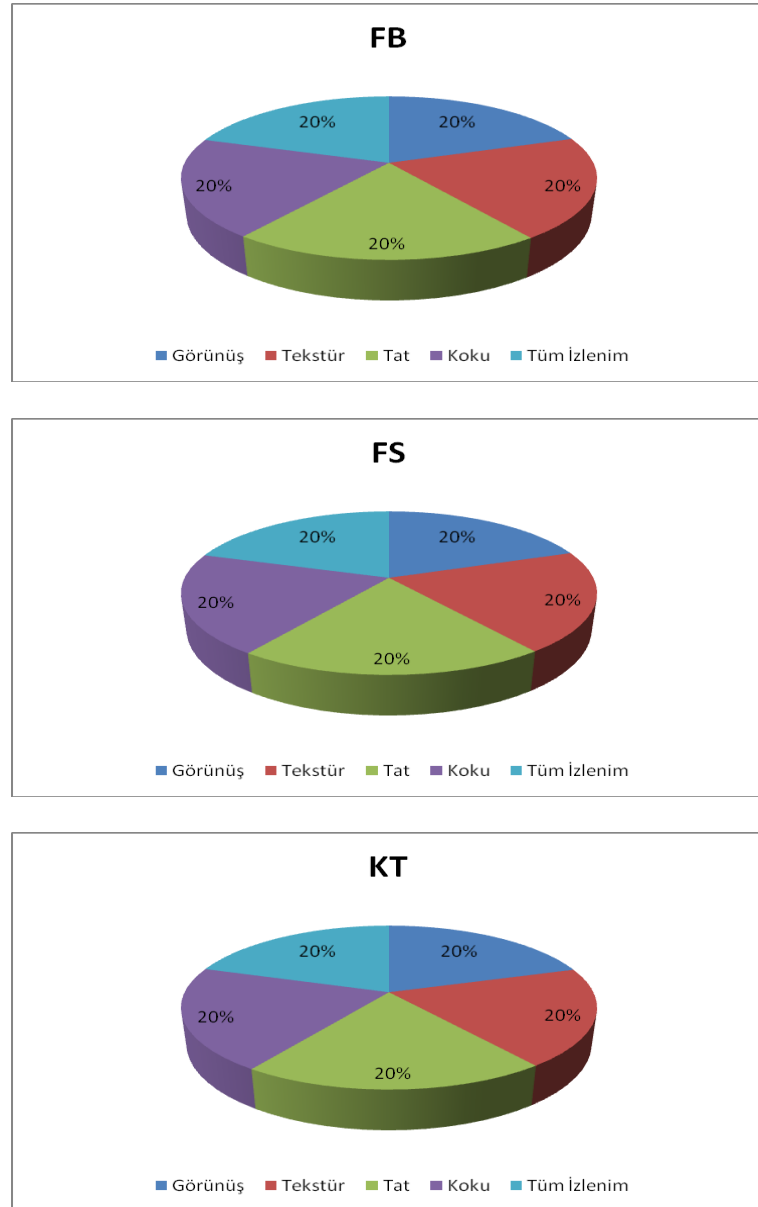
**Çizelge 4. 53.** Oleojel kullanılarak üretilen kurabiye örneklerinin lezzet/doku profil testi sonuçları (Ort±SE; Me)

Özellik	KNT-K	FB-K	FS-K
	3.27±0.35	3.81±0.12	3.90±0.21
<b>Parlaklık-matlık</b>	3.00	4.00	4.00
	3.45±0.20	4.00±0.19	4.00±0.27
<b>Renk</b>	3.00	4.00	4.00
	3.81±0.18	4.09±0.09	3.81±0.29
<b>Yüzey düzgünlüğü</b>	4.00	4.00	4.00
	3.00±0.19	3.90±0.31	4.00±0.23
<b>Sıkı yapı</b>	3.00B	4.00A	4.00A
	3.36±0.24	3.72±0.33	4.09±0.16
<b>Gözenek dağılımı</b>	4.00	4.00	4.00
	3.00±0.23	3.72±0.38	3.81±0.22
<b>Kabuk inceliği</b>	3.00	4.00	4.00
	3.18±0.26	3.72±0.23	4.00±0.27
<b>İç renk</b>	3.00	4.00	4.00
	3.81±0.29	3.81±0.29	3.72±0.27
<b>Kabuk iç renk farkı</b>	4.00	4.00	4.00
	3.00±0.27	4.27±0.30	4.18±0.22
<b>Sertlik</b>	3.00B	5.00A	4.00A
	3.09±0.28	4.27±0.27	4.18±0.29
<b>Gevreklik</b>	3.00B	5.00A	4.00A
	3.36±0.24	3.36±0.31	4.09±0.34
<b>Kumlu -kuru olmama</b>	3.00	4.00	4.00
	3.45±0.15	3.72±0.42	4.45±0.24
<b>Ağızda dağılma</b>	3.00	4.00	5.00
	3.27±0.30	3.90±0.31	4.36±0.24
<b>Çözünürlük</b>	3.00B	4.00AB	5.00B
	3.36±0.31	4.00±0.33	4.18±0.35
<b>Lezzet</b>	3.00	4.00	5.00

\*Aynı sütundaki farklı küçük harfler örnekler arasındaki farklılığı ( $p \leq 0.001$ ) göstermektedir.

Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ilişkin lezzet/doku profil testi sonuçları Çizelge 4.53’de verilmiştir. Buna göre, üretilen kurabiyeler ilişkin panelin geliştirdiği terimler görünüş özelliklerinden “parlaklık-matlık”, “renk”, “yüzey düzgünlüğü” yapısal özelliklerden “sıkı yapı”, “gözenek dağılımı”, “kabuk inceliği”, “iç renk” “kabuk-iç renk farkı”, tekstürel özelliklerden “sertlik” ve “gevreklik” ağız hissi özelliklerinden “kumlu-kuru olma”, “ağızda dağılma”, “çözünürlük” ve “lezzet” olarak geliştirilmiştir. Söz konusu özellikler panel tarafından 1–5 skalası kullanılarak, 1 en düşük 5 en yüksek skor olacak şekilde değerlendirilmiştir. Lezzet profil analizinden elde edilen sonuçlara göre şortening ile üretilen kurabiyeler ile oleojel ile üretilen kurabiyelerin “parlaklık-matlık”, “renk”, “yüzey düzgünlüğü”, “gözenek dağılımı”, “kabuk inceliği”, “iç renk” “kabuk-iç renk farkı”, “kumlu-kuru olma”, “ağızda dağılma”, “çözünürlük” ve “lezzet” özellikleri bakımından benzer oldukları belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Ayrıca, şortening kullanılarak

üretilen kurabiyeler ile oleojeller kullanılarak üretilen kurabiyelerin “sertlik”, “gevreklik” ve “sıkı yapı” özellikleri bakımından farklı oldukları belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Buna göre, “sıkı yapı” özelliği bakımından en yüksek skoru FS örneğinin aldığı, “sertlik” ve “gevreklik” özelliği bakımından en yüksek skoru ise FB örneğinin aldığı tespit edilmiştir. Genel olarak, oleojeller ile üretilen kurabiyelerin “sıkı yapı”, “sertlik” ve “gevreklik” özellikleri bakımından şortening ile üretilen kurabiyelerden daha yüksek skorlar aldığı saptanmıştır.



**Şekil 4. 18.** Oleojel kullanılarak üretilen kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçları; FB: Fındık yağı-(%5) balmumu oleojeli ile üretilen kurabiye örnekleri, FS: Fındık yağı-(%5)balmumu oleojeli ile üretilen kurabiye örnekleri, KT: Ticari fırıncılık şorteningi ile üretilen kurabiye örnekleri

Tez çalışması kapsamında üretilen kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçları Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Tüketiciler kurabiye örneklerini 5 noktalı beğeni skalası üzerinden “görünüş”, “tekstür”, “tat”, “koku” ve “tüm izlenim” özellikleri bakımından değerlendirmişlerdir. Buna göre, oleojel ürünleri ile üretilen kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçları ile şortening kullanılarak üretilen kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçlarının oldukça benzer olduğu bulunmuştur. Buradan hareketle çalışma kapsamında üretilen oleojellerin fırıncılık şorteningi olarak kullanımlarının oldukça iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Calligaris ve ark. (2013) tarafından yapılan konuyla ilgili bir çalışmada palm yağı ve ayçiçek yağı (kontrol grubu) yerine kullanılan MG (monoglisericid) hidro ve oleojellerinin ekmek kalitesi üzerine etkileri incelendiği rapor edilmiştir. Çalışmada, palm yağı ile elde edilen ekmeklerin özgül hacim değerlerinin kontrol grubu için  $3.09 \text{ cm}^3/\text{g}$  palm-MG oleojeli için ise  $3.29 \text{ cm}^3/\text{g}$  ve MG hidrojel için  $3.32 \text{ cm}^3/\text{g}$  olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, ayçiçek yağı ile elde edilen ekmeklerin özgül hacim değerlerinin kontrol grubu için  $2.41 \text{ cm}^3/\text{g}$  ve MG-ayçiçek oleojeli için  $2.38$  ve MG hidrojel için ise  $3.17 \text{ cm}^3/\text{g}$  olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada, ekmeklerin sıklık değerlerinin kontrol grubu için  $1.56 \text{ N}$ , palm-MG oleojeli için  $1.05 \text{ N}$  ve MG-hidrojel için ise  $0.78 \text{ N}$  olduğu rapor edilmiştir. Yine ayçiçek yağı ile üretilen ekmeklerin sıklık değerinin  $1.44 \text{ N}$ , ayçiçek-MG oleojeli için  $1.28$  ve ayçiçek MG-hidrojel için ise  $0.78$  olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sonuç olarak benzer raf ömrü ve duyu özellikleri sağlayacak doymuş yağ içeriği azaltılmış ürünlerin geleneksel fırıncılık yağları yerine kullanımlarının araştırılması gereken konular olduğu vurgulanmıştır (Calligaris ve ark., 2013). Patel ve ark. (2014) tarafından yapılan benzer çalışmada şellak mumu ile üretilen emülsiyon oleojellerinin kek üretiminde fırıncılık şorteningi olarak kullanım potansiyellerinin araştırıldığı belirtilmiştir. Ticari fırıncılık şorteningi ve şellak oleojeli kullanılarak üretilen keklerin tekstürel özelliklerinin oldukça benzer olduğu vurgulanmıştır. Ticari şorteningi ile üretilen keklerin sertlik değerinin  $4.05 \text{ N}$ , çiğnenebilirlik değerinin ise  $1.33$  olduğu, oleojel ile üretilen keklerin sertlik değerinin  $3.48$ , çiğnenebilirlik değerinin ise  $2.23$  olduğu belirtilmiştir. Üretilen keklerde yapılan karşılaştırmalı duyu analiz ile 20 kişiden oluşan panele “hacim”, “gözenek boyutu”, “nemlilik”, “kırıntılı yapı”, “süngerimsi yapı” ve “yapışkanlık” gibi özelliklerin sorulduğu bildirilmiştir. Şellak emülsiyon oleojeli ile üretilen keklerin ticari şortening ile üretilen keklere göre daha yüksek duyu skorlar

aldığı vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak bitkisel sıvı yağlar ve şellak mumu kullanılarak üretilen oleojellerin, kahvaltılık sürülebilir margarin, çikolata formülasyonlarında yağ bağlama ajanı ve fırıncılık şorteningi olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir (Patel ve ark., 2014). Literatür verilerinden elde edilen bulgular ile çalışma bulguları arasında farklılık olmasına rağmen hedeflenen sonuçlar bakımından benzerlik olduğu belirlenmiştir.

## BOLUM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusundaki hızlı artış, bununla birlikte gelişen hızlı yaşam koşulları insan beslenmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Sağlıksız veya dengesiz beslenmeye bağlı olarak obezite, kalp-damar rahatsızlıkları, sindirim sistemi rahatsızlıkları, hiper tansiyon, kanser ve metabolik sendromlar gibi birçok hastalık baş göstermektedir. Yemeklik yağlar oda sıcaklığındaki yapısal özelliklerine göre likit, yarı-katı ve katı (sert) olarak sınıflandırılmaktadırlar. Çoğunlukla bu hastalıkların sorumlusu olarak diyetle alınan katı yağlar gösterilmekte ve doymuş içeriği düşük, *trans* yağ içermeyen bitkisel kaynaklı sıvı yağların tüketilmesi önerilmektedir. Ancak katı yağların oksidatif dayanımları ve işlevsellikleri likit yağlara göre daha yüksek olmaktadır. Katı yağların gıdalara elastikiyet, plastik, sürülebilirlik ve gevreklik gibi yapısal özellikler kazandırmalarının yanı sıra, gıdaların raf ömrü ve lezzeti üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Söz konusu işlevselliklerinden dolayı likit yağlar hali hazırda kullanılan hidrojenasyon, interesterifikasyon ve fraksiyonlama gibi tekniklerden yararlanılmak suretiyle katılaştırılmaktadır. Bahsi geçen tekniklerden özellikle hidrojenasyon tekniği ile yağın mevcut yağ asidi bileşimi değişmekte, doymuş ve *trans* içeriği artmaktadır. Son yıllarda özellikle likit yağın mevcut yağ asitleri kompozisyonunu değiştirmeden yeniden yapılandırılmasına yönelik yeni teknolojiler geliştirmeye yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bu tekniklerden biri de likit yağın bir jel ajanı yardımıyla jel ağı içerince hapsedilmesi prensibine dayanan organojelasyon teknolojisidir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda, yemeklik likit yağlardan organojelasyon teknolojisi ile geliştirilen oleojellerin fiziksel, kimyasal, yapısal ve duyuşsal özellikleri ile kahvaltılık margarin/sürülebilir yağ ve fırıncılık şorteningi olarak kullanım potansiyelleri araştırılmıştır.

Bu amaçla ilk olarak farklı kaynaklardan elde edilen ve yağ asidi kompozisyonları farklı balık, fındık, nar çekirdek ve natürel zeytinyağı ile farklı konsantrasyonlarda (%3,7 ve 10) ayçiçeği mumu, Carnuba mumu, balmumu ve monogliserid kullanılarak üretilen oleojellerin karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca üretilen oleojeller iki farklı sıcaklıkta (4 ve 20 °C) 3 ay süreyle depolanmış ve depolama süreci boyunca oksidatif ve yapısal stabiliteleri belirlenmiştir. Genel olarak tüm yağlarda bahsi geçen konsantrasyonlarda oleojelatör ilavesiyle oleojeller üretilebilmiştir. Ancak tüm yağlarda



sadece %3 Carnauba mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin zayıf jel oluşturduğu ve depolama sürecinde yapısal olarak stabilitelelerini kaybettikleri gözlemlenmiştir. Bununla birlikte genel olarak ayçiçek mumu ve balmumunun %2 gibi çok düşük konsantrasyonlarda bile stabil jel oluşumu sağladıkları belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan oleojelatörlerin çok kısa sürede yemeklik yağı jelleştirdikleri saptanmıştır. Aynı zamanda özellikle ayçiçek mumu ve balmumu oleojelatörlerinin kullanıldıkları tüm yağlarda yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip oldukları tespit edilmiştir. Oleojellerin katı yağ içeriklerinin ölçülen sıcaklık dercesine ve ilave edilen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır. Yine çalışmada üretilen tüm yemeklik yağ oleojellerinin kontrol grubu örneklerine göre 20 ve 35 °C belirlenen katı yağ içeriklerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında üretilen tüm oleojellerin termo-geri dönüşümlü jel oluşturdukları saptanmıştır. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerden en yüksek ergime sıcaklığına sahip Carnauba mumu ile üretilen oleojeller olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra kristalizasyon ve ergime sıcaklıklarının oleojelatör konsantrasyonu arttıkça arttığı saptanmıştır. Yine termal özellikleri bakımından özellikle %3 ve %7 balmumu ve %3 ayçiçek mumu içeren oleojellerin ergime sıcaklıklarının, kahvaltılık margarin grubu örnekleri ile karşılaştırıldığında oldukça benzer oldukları belirlenmiştir. Farklı yağlarda ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin uzun iğne benzeri kristal şekle sahip olduğu, balmumu ve Carnauba mumu ile üretilen oleojellerin ise daha kısa iğne benzeri kristal şekle sahip olduğu tespit edilmiştir. Mumlar ile üretilen oleojellerde yaklaşık 22.50, 4.50, 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin ortak olduğu belirlenmiştir. X-ışınları kırınım desenlerinde görülen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin polimorfik  $\beta'$  formuna benzer olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu piklerin ortorombik dik althücre ( $O\perp$ ) düzenlenmesi ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Farklı yağlarda monogliseridler ile üretilen oleojellerin kristal yapılarının gül benzeri şekle sahip olduğu ve mumlar ile üretilen oleojellerden farklı kristaller oluşturdukları belirlenmiştir. Monogliserid oleojellerinde ise göze çarpan piklerin 43.50, 24.50, 4.50, 3.90 ve 3.70 Å civarında görüldüğü saptanmıştır. Monogliserid oleojellerinde ve kontrol örneklerinde gözlenen 4.10 ile 24.50 Å kadar görülen piklerin triaçilgliserolün likit yağın %90'nını hapsetmesi ile oluşan amorf saçılma pikleri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kontrol grubu örneklerin X-ışınları kırınım desenleri ile çalışma kapsamında üretilen oleojellerin kırınım desenlerinin oldukça benzer olduğu saptanmıştır. Depolama süreci boyunca geliştirilen tüm oleojellerin renk değerlerinde kayda değer bir değişimin gözlemlenmediği ancak oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak özellikle L (parlaklık) değerlerinin arttığı saptanmıştır. Ayrıca oleojellerin renk değerlerindeki

değişimin kullanılan yağın ve ilave edilen oleojelatörün rengine bağlı olduğunda saptanmıştır. Bunun yanı sıra depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değerlerinin oleojel üretiminde kullanılan yağın kimyasal yapısına bağlı olduğu belirlenmiştir. Yine peroksit sayısının depolama süresine ve depolama sıcaklığına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Buna göre 20 °C’de depolanan oleojel örneklerinin 4 °C’de depolanan oleojellere göre daha yüksek peroksit değerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Depolama süreci boyunca belirlenen tekstürel özellikler bakımından en sert yapıdaki örneklerin % 10 Carnauba mumu ilavesiyle üretilen oleojeller olduğu saptanmıştır. Ancak özellikle ayçiçek mumunun düşük konsantrasyonlarda bile diğer oleojelatörlere göre daha sert jel oluşturduğu belirlenmiştir. Yine tekstürel özelliklerin depolama süresi ve sıcaklığına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bununla birlikte tekstürel özelliklerin oleojelatör konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Depolama süreci boyunca belirlenen sertlik değerleri bakımından mutfak margarini ve şortening grubuna en yakın oleojel örneklerin %10 ayçiçek ve Carnauba mumu ilavesiyle üretilen oleojeller olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda %7 balmumu ve %3 ayçiçek mumu ilavesiyle elde edilen oleojellerin sertlik değerleri bakımından kahvaltılık margarin grubuna benzer oldukları saptanmıştır. Sonuç olarak farklı yemeklik yağlar ile farklı konsantrasyonlarda farklı oleojelatörler ile üretilen oleojellerin tümünün (%3 Carnauba mumu içeren oleojeller hariç) 90 günlük depolama süreci boyunca her iki sıcaklıkta (4 ve 20 °C) yapısal olarak homojen, plastik ve dayanıklı jel yapılarını korudukları tespit edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında üretilen yemeklik yağ oleojellerinden elde edilen veriler doğrultusunda optimum analitik ve duyuşsal özellikleri sağlayan fındık ve zeytinyağı ile balmumu ve ayçiçek mumu seçilerek biyo-aktif bileşen katkılı aromatize oleojeller geliştirilmiştir. Söz konusu oleojeller çalışmanın ilk bölümünde elde edilen veriler doğrultusunda %5 oleojelatör konsantrasyonunda hazırlanmış ve başarı ile üretilmiştir. Bu kapsamda biyo aktif bileşen olarak vitamin A ve D, β-karoten, aroma olarak çilek, tereyağ ve muz aromaları kullanılmıştır. Bu bölüm kapsamında üretilen aromatize oleojellerden aynı konsantrasyonda balmumu ile üretilen oleojellerin jel oluşum zamanlarının ayçiçek mumu ile üretilen oleojellere göre daha uzun sürede gerçekleştiği saptanmıştır. Ancak aynı oleojelatör konsantrasyonunda farklı oleojelatör ilavesiyle elde edilen oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre ile belirlenen termal özelliklerin ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin ergime sıcaklıklarının balmumu ile üretilen oleojellerden yüksek olduğu saptanmıştır. Özellikle

balumu ile üretilen aromatize oleojellerin ergime sıcaklıklarının kahvaltılık margarin grubu örnekleriyle oldukça benzer olduğu belirlenmiştir. Polarize ışık mikroskobu görüntülerine göre balmumu ile üretilen oleojellerin daha kısa iğne benzeri kristal şekle ve ayçiçek mumu ile elde edilen oleojellerin uzun iğne benzeri kristal şekle sahip oldukları belirlenmiştir. X-ışınları kırınım deseni sonuçlarına göre her iki oleojelatör ile elde edilen oleojellerde ortak olarak gözlemlenen 4.10 ve 3.70 Å civarındaki piklerin polimorfik  $\beta'$  formuna benzer olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu aromatize oleojel örneklerinin 4 ve 20 °C'lerde 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen renk değerlerinde kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir. Ancak meydana gelen renk farklılıklarının kullanılan yağların renginin farklı olması ve kullanılan oleojelatörlerin renginin farklı olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değerlerinde 4 °C depolanan oleojellerin peroksit değerlerinin 20 °C depolanan örneklere göre daha düşük bulunduğu belirlenmiştir. Yine peroksit değeri bakımından fındık yağı oleojellerinin peroksit değerlerinin zeytinyağı oleojellerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Tüm oleojellerin depolama süreci sonunda peroksit değerleri bakımından yasal limitlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Yine aromatize oleojellerin depolama süreci boyunca belirlenen toplam antioksidan kapasitelerinin zeytinyağı ile üretilen oleojellerde fındık yağı ile üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Depolama sürecinde belirlenen tekstürel özellikler bakımından ayçiçek mumu içeren aromatize oleojellerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin balmumu ile üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bunu yanı sıra ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin 4 °C'deki sertlik değerlerinin kahvaltılık margarin grubu örneklerinin sertlik değerleri ile benzer olduğu, balmumu ile üretilen oleojellerin ise 20 °C'deki sertlik değerlerinin kahvaltılık grubu örneklerinin sertlik değerlerine benzer olduğu saptanmıştır. Aromatize oleojellerde taze örneklerde ve depolama süreci sonunda GC-MS ile belirlenen aroma kompozisyonlarından elde edilen sonuçlara göre zeytinyağı ile elde edilen oleojellerin fındık yağı oleojellerine göre daha aromatik olduğu saptanmıştır. Bunu yanı sıra özellikle katkılandırılan aroma maddeleri bakımından taze örneklerde tespit edilen uçucu bileşenlerin miktarlarında değişim olduğu halde depolama süreci sonunda da tespit edildikleri belirlenmiştir. Bir başka deyişle üretilen tüm aromatize oleojellerin depolama süreci boyunca aromatik bileşen kompozisyonlarını korudukları belirlenmiştir. Aromatize oleojellere uygulanan duyu analizi sonuçlarından elde edilen verilere göre zeytinyağı oleojellerinin fındık yağı oleojellerine göre daha meyvensi aromada oldukları belirlenmiştir. Yine her iki yağda balmumu ile üretilen aromatize oleojellerin ayçiçek mumu ile üretilenlere göre daha

parlak, pürüzsüz ve daha sürülebilir oldukları saptanmıştır. Yine bu kapsamda üretilen tüm oleojellerde çilek aroması ile katkılanırılan oleojellerin lezzet ve koku özellikleri bakımında diğer aromalara göre daha yüksek skorlar aldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu kapsamda balmumu ve ayçiçek mumu ile üretilen oleojellerin aktif bileşenler ve aroma maddeleri için iyi birer taşıyıcı olabilecekleri saptanmıştır.

Tez çalışmasının üçüncü bölümü kapsamında zeytinyağı-balmumu temelli ve hidrokolloid içeren yağ-içinde-su tip emülsiyonlar başarı ile üretilmiştir. Emülsiyon oleojellerinin yaklaşık 49 °C de yumuşamaya başladığı ve maksimum 56 °C de tamamen ergidiği saptanmıştır. Bir başka deyişle geliştirilen emülsiyon organojellerinin ergime aralıklarının dar olduğu belirlenmiştir. Ticari margarin örneğinin ise daha düşük bir sıcaklıkta ergidiği tespit edilmiştir (40 °C). Ayrıca ergime sıcaklıkları bakımından geliştirilen tüm emülsiyon oleojellerinin kahvaltılık margarin örneğinden farklı olduğu bulunmuştur. Bunu yanı sıra emülsiyon oleojellerinin 20 °C’de belirlenen katı yağ içeriklerinin kahvaltılık margarin örneğinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Kristal oluşum zamanı, daha önceki bölümlerde değinilen yemeklik yağ ve aromatize oleojel örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Buna sebep olarak emülsiyon organojellerinin su fazı içermesi bu nedenle balmumu kristal ağ yapısının oluşmasının daha uzun zaman aldığı düşünülmektedir. Ancak üretilen emülsiyon organojellerinin yapısal olarak stabil ve homojen oldukları gözlemlenmiştir. Her iki sıcaklık derecesinde (4 ve 20 °C) 90 gün boyunca depolanan örneklerde hesaplanan ‘toplam renk farkı’ ( $\Delta E$ ) buzdolabı koşullarında depolanan emülsiyon oleojellerinde önemli bulunurken, oda sıcaklığındaki örneklerde bu fark önemsiz bulunmuştur. Polarize ışık mikroskobu görüntülerinden elde edilen mikro fotoğraflara göre yağ sürekli fazı içinde dağılmış su damlacıklarının kesikli fazı oluşturduğu yağ-içinde-su tip emülsiyonları başarı ile oluşturulmuştur. Ayrıca sürekli faz içinde balmumu tarafından oluşturulan iğne benzeri kristal ağ yapı, PLM ile elde edilen görüntülerde tespit edilmiştir. Emülsiyon oleojellerinin X-ışınlarım kırınım deseni sonuçlarına göre dar-açı bölgesinde yer alan 2.80 – 3.74 Å, 4.14 – 4.60 Å ve 21 – 25 Å pikleri tüm örneklerde ortak olduğu belirlenmiştir. Bahsi geçen piklerin  $\beta$ ’ polimorfik yapının tipik pikleri olduğu ve alt-hücre tipi olarak da ortotrombik-perpendiküler tiplerin olduğu belirlenmiştir. Genel olarak tüm örneklerin sertlik ve yapışkanlık değerlerinin, 4 °C sıcaklıkta depolanan örneklerde, 20 °C sıcaklıkta depolanan örneklerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ancak her iki depolama sıcaklığında da emülsiyon organojellerinin tam dayanıklı, yapısı korunmuş, homojen ve plastik formda oldukları gözlemlenmiştir.

Üretilen tüm emülsiyon oleojel örnekleri ile analiz edilen özellikler bakımından ticari KM örneği arasında yapısal olarak benzerlik olduğu tespit edilmiştir. Araştırma neticesinde elde edilen sonuçlar üretilen ürünlerin direkt margarin-benzeri ürün olarak tüketilebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, kullanılan likit yağın yağ asidi kompozisyonu değişikliğe uğramadan korunmuş ve beslenme kalitesi açısından da üstün nitelikli ürünler oluşturulabilmiştir. Emülsiyon oleojellerinin FT-IR spektrumlarında görülen 3550 – 3450  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki orta şiddetteki bantların, emülsiyonlarda intermoleküler H-bağlarının varlığını ve 3570 – 3540  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki bantların ise intramoleküler H-bağlarının varlığını gösterdiği belirlenmiştir. Dolayısıyla bu ürünlerde hem intermoleküler hem de intramoleküler H-bağlarının bulunduğu saptanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında balık yağı oleojellerinin hoşta gitmeyen kokusunu maskeleyen amacıyla çilek ve limon aroması katkılı oleojeller başarı ile üretilmiştir. Balık yağı oleojellerinin 90 günlük depolama süreci boyunca belirlenen peroksit değerleri sonuçlarına göre aromatize balık yağı oleojellerinin peroksit sayılarının sade oleojel ve likit balık yağına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda benzer sonuçların oksidatif indüksiyon zamanı ölçümlerinde de görüldüğü belirlenmiştir. Depolama sürecinde sade ve aromatize oleojellerin tekstürel özelliklerinde değişimler meydana geldiği ancak süreç sonunda tüm oleojellerin yapısal stabilitelerini korudukları gözlemlenmiştir. Yapılan tüketici beğeni testi sonuçlarına ilişkin balık yağında hoşta gitmeyen tipik balık kokusunun maskelemesinde çilek aromasının limon aromasına göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Fındık yağı ile balmumu ve ayçiçek mumu kullanılarak üretilen ve tereyağı aroması ile aromatize edilen oleojellerin tereyağ benzeri ürün olarak kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Söz konusu örneklerin renk değerleri, peroksit sayısı iyot sayısı, serbest yağ asiliği ve kalori içerikleri gibi analitik özellikleri bakımından ticari tereyağından farklı oldukları belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen iyot sayısı sonuçlarına göre oleojelasyon işleminin yağın doymuşluk-doymamışlık oranını değiştirmediği saptanmıştır. Bu kapsamda üretilen ayçiçek mumu oleojellerinin ergime sıcaklıklarının tereyağı ile oldukça farklı, balmumu oleojellerinin ise benzer olduğu saptanmıştır. Bu kapsamda üretilen ayçiçek ve balmumu oleojellerinin belirlenen tüm tekstürel özelliklerinin tereyağından farklı olduğu saptanmıştır. Yapılan tanımlayıcı duyu analizi sonuçlarına göre panel tarafından ticari tereyağı ile çalışma kapsamında üretilen tereyağ aromalı oleojellerin ransit, yağlı, tatlı, kumluluk, serinletme ve damak kaplama gibi özellikler bakımından benzer olduğu

belirlenmiştir. Yine tüketiciler beğeni testi sonuçlarına göre özellikle tereyağ aromalı oleojellerin ticari tereyağına göre daha sürülebilir olduğu saptanmıştır. Yine bu kapsamda yapılan tüketici anketi çalışmasında tüketicilerin satın alma tercihleri bakımından tereyağı aromalı fındıkyağı-balmumu oleojelinin %60 gibi yüksek oranla tercih edildiği tespit edilmiştir. Yine tez çalışmasının bu bölümünde zeytinyağı ile ayçiçek ve balmumu temelli oleojellerin kahvaltılık margarin ikamesi olarak kullanım potansiyelleri incelenmiştir. Üretilen oleojellerin renk, peroksit değeri, iyot sayısı, kalori içerikleri ve serbest yağ asitliği gibi analitik özelliklerinin ticari kahvaltılık margarin örneğinden farklı olduğu belirlenmiştir. Özellikle balmumu ile üretilen oleojellerin ergime sıcaklığının ve sertlik değerinin ticari kahvaltılık margarine benzer olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda yapılan duyu analizi sonuçlarına göre oleojellerin panel tarafından sürülebilirlik, ransit, yağlı, tatlı, tuzlu, serinletme ve damak kaplama özellikleri bakımından ticari kahvaltılık margarine benzer oldukları saptanmıştır. Bu kapsamda yapılan tüketici beğeni testi sonuçlarına göre özellikle zeytinyağı-balmumu temelli oleojelin kahvaltılık margarin örneğine göre daha sürülebilir özellikte olduğu belirlenmiştir. Tüketici anketi çalışmasında tüketicilerin satın alma tercihleri bakımından zeytinyağı-balmumu oleojelinin %39 gibi oranla tercih edildiği tespit edilmiştir.

Üretilen oleojellerin fırıncılık şorteningi olarak kullanım potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla fındık yağı-ayçiçek mumu ve balmumu temelli oleojeller ile ticari şortening kullanılarak üretilen kurabiyelerin analitik ve duyu özellikleri incelenmiştir. Buna göre oleojeller ile üretilen kurabiyelerin renk, ağırlık, su aktivitesi, yağ miktarı ve enerji değerlerinin ticari şortening ile üretilen kurabiyelerden farklı olduğu bulunmuştur. Üretilen kurabiyeler 30 gün boyunca depolanmış ve baytalamanın göstergesi olan gevreklik ve nem değerleri belirlenmiştir. Buna göre depolama süreci sonunda en düşük gevreklik değerine ve en yüksek nem değerine sahip ticari şortening ile üretilen kurabiyelerin diğer oleojel ile üretilen kurabiyelere göre daha bayat olduğu belirlenmiştir. Bir başka deyişle oleojel ile üretilen kurabiyeler depolama süreci boyunca ticari şortening ile üretilen kurabiyelere göre tazeliklerini daha uzun süre korudukları görülmüştür. Lezzet/tekstür profili analizi sonuçlarına göre panel tarafından oleojel ile üretilen kurabiyelerin “sertlik”, “gevreklik” ve “sıkı yapı” özellikleri bakımından ticari şortening ile üretilen kurabiyelerden farklı oldukları belirlenmiştir. Oleojel ürünleri ile üretilen kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçları ile şortening kullanılarak üretilen kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçlarının oldukça benzer olduğu bulunmuştur. Buradan hareketle

çalışma kapsamında üretilen oleojellerin fırıncılık şorteningi olarak kullanımlarının oldukça iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Yapılan bu kapsamlı araştırma sonucunda, bu konuda yapılması gereken bazı önemli araştırma konuları da ortaya koyulmuştur. Bitkisel yağların organojelasyon tekniği ile yapılandırılmasında gıda bazlı, toksik olmayan, kolay erişilebilir kaynaklardan ve ekonomik yeni oleojelatörlerin keşfi araştırılmalıdır. Özellikle katı ve plastik yağların kullanıldığı gıda ürünlerinde oleojellerin göstereceği performans önemli olup bu konuda doymuş ve *trans* yağların yerine kullanım potansiyelleri incelenmelidir. Yağ içeriği düşürölmüş diyet gıda ürünlerin üretimi amacıyla su-içinde-yağ veya yağ-içinde-su emülsiyonu oluşturmada emölgatör maddelere alternatif olabilme ihtimalleri incelenmelidir. Özellikle yağ migrasyonunun önemli sorun oluşturduğu gıda ürünlerinde oleojellerin bu sorunun çözümlünde alternatif kullanım olanakları araştırılmalıdır. Ayrıca yemeklik yağ oleojellerinin özellikle kakao gibi pahalı ve polimorfik yağların ikamesi olarak gıda ürünlerinde kullanım olanakları belirlenmelidir. Yine oleojellerin ve organojelasyon tekniğinin farmasötük ve nütrosötik amaçlı ürünlerin üretiminde kullanımları değerlendirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Aboubacar A., Kirleis A. W., Oumarou M., 1999. Important Sensory Attributes Affecting Consumer Acceptance of Sorghum Porridge in West Africa as Related to Quality Tests. *Journal of Cereal Science*, 30 (3): 217-225.
- Anonim, 2014a. *Pluronic Lecithin Organogel*. (22 Nisan 2014), <http://www.plo-gel.com/Main/plo-gel.php>.
- Anonim, 2014b. *Sunflower Wax*. (22 Nisan 2014), <http://www.innovadex.com/PersonalCare/Detail/4672/130910/Sunflower-Wax>.
- Altuğ T., 1993. *Duyusal Test Teknikleri*. E.Ü. Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın no: 28, İzmir, s. 56.
- Alvarez-Mitre F.M., Morales-Rueda J.A., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M.A., Toro-Vazquez J.F., 2012. Shearing as a Variable to Engineer the Rheology Of Candelilla Wax Organogels..*Food Research International* 49;580–587.
- Alvarez-Mitre F.M., Toro-Vázquez J.F., Moscosa-Santillán M.,2013. Shear Rate and Cooling Modeling for the Study of Candelilla Wax Organogels' Rheological Properties. *Journal of Food Engineering*, 119:611–618.
- American Oil Chemist's Society. 1998. *Official Methods and Recommended Practices*, AOCS, 5th ed., The Society, Champaign, IL, ABD.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed.The Association, Arlington, VA, ABD.
- Augusto P.E.D., Soares B.M.C., Chiu M.C. and Gonçalves L.A.G. 2012. Modelling the Effect of Temperature on the Lipid Solid Fat Content (SFC). *Food Research International*, 45(1), 132-135.
- Bail S., Stuebiger G., Unterweger H., Buchbauer G., and Krist S., 2009. Characterization of Volatile Compounds and Triacylglycerol Profiles of Nut Oils Using SPME-GC-MS and MALDI-TOF-MS. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111: 170–182.
- Batte H.D, Wright A.J, Rush J.W, Idziak S.H.J, Marangoni A.G., 2007a. Phase Behavior, Stability, and Mesomorphism of Monostearin–Oil–Water Gels. *Food Biophysics*, 2:29–37.



- Batte HD, Wright AJ, Rush JW, Idziak SHJ, Marangoni AG., 2007b. Effect of Processing Conditions on the Structure of Monostearin–Oil–Water Gels. *Food Research International*, 40: 982–8.
- Bennett H., 1963. *Industrial Waxes*. Volume 1. Chemical Publishing Company, Inc. New York (NY), p 324.
- Bot A., Adel R., Roijers E., 2008. Fibrils of  $\gamma$ -Oryzanol +  $\beta$ -Sitosterol in Edible Oil Organogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85 (12): 1127-1134.
- Bot A., Adel R., Roijers E., 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., Agterof W. M., 2006. Structuring of Edible Oils by Mixtures of  $\gamma$ -Oryzanol With  $\beta$ -Sitosterol or Related Phytosterols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83 (6): 513-521.
- Bot A., den Adel R., Regkos C., Sawalha H., Venema P., Flöter E., 2011. Structuring in  $\beta$ -Sitosterol and  $\gamma$ -Oryzanol-Based Emulsion Gels During Various Stages of A Temperature Cycle. *Food Hydrocolloids*, 25 (4): 639-646.
- Bot A., Veldhuizen Y. S. J., den Adel R., Roijers E. C., 2009b. Non-TAG Structuring of Edible Oils and Emulsions. *Food Hydrocolloids*, 23 (4): 1184-1189.
- Bungenberg de Jong H. G., 1949. A Survey of the Study Object in This Volume. In: Kruyt HR., Eds. *Colloid Science II*. Elsevier, Amsterdam. 2-18.
- Caja M.D.M., del Castillo M.L.R., Alvarez R.M., Blanch M.H.G.P., 2000. Analysis of Volatile Compounds in Edible Oils Using Simultaneous Distillation-Solvent Extraction and Direct Coupling of Liquid Chromatography with Gas Chromatography. *European Food Research and Technology*, 211: 45–51.
- Calligaris S., Manzocco L., Valoppi F., Nicoli M.C., 2013. 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., Nicoli M.C., 2014. Effect of Oil Type on Formation, Structure and Thermal Properties of  $\gamma$ -oryzanol and  $\beta$ -sitosterol-Based Organogels. *Food Biophysics*, 9:69–75.

- Cavalli J.F., Fernandez X., Lizzani-Cuvelier L., Loiseau A.M., 2004. Characterization of Volatile Compounds of French and Spanish Virgin Olive Oils by HS-SPME: Identification of Quality-Freshness Markers. *Food Chemistry*, 88:151–157.
- Choi Y. J., McCarthy K. L., McCarthy M. J., Kim M. H., 2007. Oil Migration in Chocolate. *Applied Magnetic Resonance*, 32 (1-2): 205-220.
- Chopin-Doroteo M., Morales-Rueda J.A., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M.A., de la Peña-Gil A., & Toro-Vazquez J.F. 2011. The Effect of Shearing in the Thermo-Mechanical Properties of Candelilla Wax and Candelilla Wax–Tripalmitin Organogels. *Food Biophysics*, 6:359–376.
- Chrysam M.M., 1996. Margarines and Spreads-Vol. 3. In: Hui, Y.H., Eds. *Bailey's Industrial Oil & Fat Products*. Wiley-Interscience, New York, US.
- Co E.D., and Marangoni A.G., 2012. Organogels: An Alternative Edible Oil-Structuring Method. *Journal of American Oil Chemists Society*, 89:749-780.
- C.R.N., 2014. Council for Responsible Nutrition, *Internationally Recognized Purity Standards*. 13 May 2014, <http://www.crnusa.org/pdfs/O3FINALMONOGRAPHdoc.pdf>.
- Daniel J. and Rajasekharan R., 2003. Organogelation of Plant Oils and Hydrocarbons by Long-Chain Saturated FA, Fatty Alcohols, Wax Esters, and Dicarboxylic Acids. *Journal of American Oil Chemists Society*, 80(5):417-421.
- Da Pieve S., Calligaris S., Co E., Nicoli M., Marangoni A., 2010. Shear Nanostructuring of Monoglyceride Organogels. *Food Biophysics*, 5 (3): 211-217.
- Da Pieve S., Calligaris S., Panozzo A., Arrighetti G., Nicoli M. C., 2011. Effect of Monoglyceride Organogel Structure on Cod Liver Oil Stability. *Food Research International*, 44 (9): 2978-2983.
- Dassanayake L., Kodali D., Ueno S., Sato K., 2009. Physical Properties of Rice Bran Wax in Bulk and Organogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86 (12): 1163-1173.

- Dassanayake L. S. K., Kodali D. R., Ueno S., 2011. Formation of Oleogels Based on Edible Lipid Materials. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 16 (5): 432-439.
- den Adel R., Heussen P.C.M., Bot A., 2010. Effect of Water on Self-assembled Tubules in  $\beta$ -sitosterol +  $\gamma$ -oryzanol-Based Organogels. *Journal of Physics: Conference Series* 247:012025.
- Duffy N., Blonk H. G., Beindorff C., Cazade M., Bot A., Duchateau G. M. J. E., 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.
- EFSA, 2007. Beeswax (E 901) as a Glazing Agent and as Carrier for Flavours. Scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food. *The European Food Safety Authority Journal*, doi:10.2903/j.efsa.2007.615.
- Elmacı Y., Altuğ T., 1999. Duyusal Değerlendirmelerde Kullanılan Tanımlayıcı Test Tekniklerinden Lezzet Profili Analizinin Gıdalarda Uygulanması. *Gıda Dergisi*, Kasım: 49-51.
- Endlein E. and Peleikis K.H., 2011. Natural waxes – properties, compositions and applications. *SOFW Journal*, 137: 1-8.
- EU, 1995. European Commission Directive 95/2/EC on food Additives Other Than Colours and Sweeteners. Brussels.
- Fauzi S. H. M., Rashid N. A., Omar Z., 2013. Effects of Chemical Interesterification on the Physicochemical, Microstructural and Thermal Properties of Palm Stearin, Palm Kernel Oil and Soybean Oil Blends. *Food Chemistry*, 137 (1–4): 8-17.
- FDA, 2014. *Food and Drug Administration. Food Additive Status List*. (01. Mayıs 2014), <http://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/foodadditivesingredients/ucm091048.htm#ftnC>.
- FDA, 2013a. *Food and Drug Administration. Direct Food Substances Affirmed As Generally Recognized As Safe, 184.1978 Carnauba wax*.(01 Mayıs 2014). <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1978>.

- FDA, 2013b. *Food and Drug Administration*. Direct Food Substances Affirmed As Generally Recognized As Safe, 184.1973 Beeswax. (01 Mayis 2014). <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1973>.
- FDA, 2013c. *Food and Drug Administration*. Direct Food Substances Affirmed As Generally Recognized As Safe, 184.1505 Mono- and diglycerides. (01 Mayis 2014). <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1973>.
- Filipcev B., Šimurina O., Sakac M., Sedej I., Jovanov P., Pestoric M., Bodroza-Solarov M., 2011. Feasibility of Use of Buckwheat Flour as an Ingredient in Ginger Nut Biscuit Formulation. *Food Chemistry*, 125: 164–170.
- Flory P., 1974. Introductory Lecture. *Discussions of the Faraday Society*, 57: 7–18.
- Garruti D.S., Franco M.R.B., Da Silva M.A., Janzantti N.S., Alves G.L., 2003. Evaluation of Volatile Flavour Compounds from Cashew Apple (*Anacardium occidentale L*) Juice by the Osme Gas Chromatography/Olfactometry Technique. *Journal of Science and Food Agriculture*, 83:1455–1462.
- Ghosh V., Ziegler G. R., Anantheswaran R. C., 2002. Fat, Moisture, and Ethanol Migration through Chocolates and Confectionary Coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42 (6): 583-626.
- Glibowski P., Zarzycki P., Krzpekowska M., 2008. The Rheological and Instrumental Textural Properties of Selected Table Fats. *International Journal of Food Properties*, 11: 678–686.
- Goldstein A. & Seetharaman K., 2011. Effect of a novel monoglyceride stabilized oil in water emulsion shortening on cookie properties. *Food Research International*, 44: 1476–1481.
- Grant, D.L. (2005). Beeswax, first draft. WHO food additive series 30. Accessed 12.12.14. URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je11.htm>.
- Heertje I., Roijers E.C., Hendrickx H.A.C.M., 1998. Liquid Crystalline Phases in The Structuring of Food Products. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 31: 387–396.

- Hermans PH., 1949. Gels. Chapter XII. In: Kruyt HR Eds. *Colloid Science; vol II*. Elsevier, Amsterdam (NH). 483 - 651.
- Hughes N. E., Marangoni A. G., Wright A. J., Rogers M. A., Rush J. W. E., 2009. Potential Food Applications of Edible Oil Organogels. *Trends in Food Science & Technology*, 20 (10): 470-480.
- Hwang H.-S., Singh M., Bakota E.L., Kim S., Winkler-Moser J., Liu S., 2013. Margarine from Organogels of Plant Wax and Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90:1705–1712.
- Hwang H.-S., Kim S., Singh M., Winkler-Moser J., Liu S., 2012. Organogel Formation of Soybean Oil with Waxes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89 (4): 639-647.
- IOC, 2013. Internationalolive Council- *Trade Standard Applying To Olive Oils and Olive-Pomace Oils*. COI/T.15/NC No 3/Rev. 7, May 2013
- ISO, 2012. *Animal and vegetable fats and oils -- Determination of solid fat content by pulsed NMR*.
- Jacob J. and Leelavathi K., 2007. Effect of Fat-Type on Cookie Dough and Cookie Quality. *Journal of Food Engineering*, 79 (1):299–305
- Jibry N., Sarwar T., Murdan S., 2006. Amphiphilic gels as Drug Carriers: Effects of Drug Incorporation on the Gel and on active Drug. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 58:187–94.
- Karabulut İ., Kayahan M., Yaprak S., 2003. Determination of Changes in Some Physical and Chemical Properties of Soybean Oil During Hydrogenation. *Food Chemistry* 81: 453–456.
- Karabulut İ., Topçu A., Yorulmaz A., Tekin A., Özyay D.S., 2005. Effects of the Industrial Refining Process on Some Properties of Hazelnut Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107 :476–480.
- Kesselman E., Shimoni E., 2007. Imaging of Oil/Monoglyceride Networks by Polarizing Near-field Scanning Optical Microscopy. *Food Biophysics*, 2:117–123.

- Khan R. S., Rousseau D., 2006. Hazelnut Oil Migration in Dark Chocolate – Kinetic, Thermodynamic and Structural Considerations. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108 (5): 434-443.
- Kim T. H., Kim D. G., Lee M., Lee T. S., 2010. Synthesis Of Reversible Fluorescent Organogel Containing 2-(2'-hydroxyphenyl)benzoxazole: Fluorescence Enhancement Upon Gelation and Detecting Property for Nerve Gas Simulant. *Tetrahedron*, 66 (9): 1667-1672.
- Kim B.H., Shewfelt R.L., Lee H. and Akoh C.C., 2005. Sensory Evaluation of utterfat-Vegetable Oil Blend Spread Prepared with Structured Lipid Containing Canola Oil and Caprylic Acid. *Journal Of Food Science*, 70(7): 406-412.
- Kiritsakis A.K., 1998. Flavor Components of Olive Oil—A Review. *Journal of American oil Chemistry Society*, 75(6):672-681.
- Lorente-Cebrián S., Costa A.G.V., Navas-Carretero S., Martínez J.A., Moreno-Aliaga M.J., 2013. Role of Omega-3 Fatty Acids in Obesity, Metabolic Syndrome, and Cardiovascular Diseases: A Review of the Evidence. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 69 (3): 633-651.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez-Bustos F., 2005. Some Functional Properties of Extruded Orange Pulp and Its Effect on the Quality of Cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 38 (3): 213-220.
- Larsson K, Quinn P, Sato K, Tiberg F., 2006. *Lipids: Structure, Physical Properties and Functionality*. The Oily Press Bridgwater, England.
- Lumor S., Pina-Rodriguez A., Shewfelt R., Akoh C., 2010. Physical and Sensory Attributes of a trans -Free Spread Formulated with a Blend Containing a Structured Lipid, Palm Mid-Fraction, and Cottonseed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87 (1): 69-74.
- Lupi R.F., Gabriele D., de Cindio B., Sanchez M.C., Gallegos C., 2011. A Rheological Analysis of Structured Water-in-Olive Oil Emulsions. *Journal of Food Engineering*, 107(3–4):296–303.

- Lupi F.R., Gabriele D., Facciolo D., Baldino N., Seta L., de Cindio B., 2012. Effect of Organogelator and Fat Source on Rheological Properties of Olive Oil-Based Organogels. *Food Research International*, 46:177–184
- Lupi F.R., Gabriele D., Greco V., Baldino N., Seta L., de Cindio B., 2013. A Rheological Characterisation of an Olive Oil/Fatty Alcohols Organogel. *Food Research International*, 51:510-517.
- Manohar R.S. and Rao P.H., 1999. Effect of Emulsifiers, Fat Level And Type on the Rheological Characteristics of Biscuit Dough and Quality of Biscuits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79 (10):1223–1231
- Marangoni A., 2012. Organogels: An Alternative Edible Oil-Structuring Method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89 (5): 749-780.
- Marangoni A.G., Garti N., 2011. An Overview of the Past, Present and Future of Organogels. In: Marangoni A.G, Garti N., Eds. *Edible Oleogels: Structure and Health Implications*. AOCS Press, Urbana Ill. 1 – 18.
- Martini S., Carelli A., Lee J., 2008. Effect of the Addition of Waxes on the Crystallization Behavior of Anhydrous Milk Fat. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85 (12): 1097-1104.
- Michicich M., Vickers Z., Martini M.C., Labat J.B., 1999. Consumer Acceptance, Consumption and Sensory Attributes of Spreads Made from Designer Fats. *Food Quality and Preference*, 10:147-154.
- Miles L., 2006. Health Benefits of Fish Oils Under Question. *Nutrition Bulletin*, 31: 275–278.
- Minitab, 2010. Minitab Statistical Software (Version 16.1.1).Minitab, Inc., State College, Pennsylvania.
- Morales-Rueda J., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M., Toro-Vazquez J., 2009a. Rheological Properties of Candelilla Wax and Dotriacontane Organogels Measured with a True-Gap System. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86 (8): 765-772.

- Morales-Rueda J. A., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M. A., Weiss R. G., Toro-Vazquez J. F., 2009b. Thermo-mechanical Properties of Candelilla Wax and Dotriacontane Organogels in Safflower Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111 (2): 207-215.
- Morales, M.T., Rios J.J. and Aparicio R., 1997. Changes in the Volatile Composition of Virgin Olive Oil during Oxidation: Flavors and Off-Flavors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:2666-2673.
- Morales M.T., Luna G., Aparicio R., 2005. Comparative Study of Virgin Olive Oil Sensory Defects. *Food Chemistry*, 91:293–301.
- Moreira de Morais J., David Henrique dos Santos O., Delicato T., Azzini Gonçalves R., Alves da Rocha-Filho P., 2006. Physicochemical Characterization of Canola Oil/Water Nano-emulsions Obtained by Determination of Required HLB Number and Emulsion Phase Inversion Methods. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 27 (1): 109-115.
- Moskowitz H. R., 1987. Food Texture- Instrumental and sensory measurements. New York: Marcel Dekker, USA.
- Mousazadeh M., Mousavi M., Emam-Djomeh Z., Hadinezhad M., Gharibzahedi S.M.T., 2014. Formulation Optimization of Pistachio Oil Spreads by Characterization of the Instrumental Textural Attributes. *International Journal of Food Properties*, 17:1355–1368.
- Murdan S., Gregoriadis G., Florence A.T., 1999a. Inverse Toroidal Vesicles: Precursors of Tubules in Sorbitan monostearate Organogels. *International Journal of Pharmaceutics*, 183:47–9.
- Murdan S., Gregoriadis G., Florence A.T., 1999b. Novel Sorbitan monostearate Organogels. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 88:608–14.
- Nas S., Gökalp H.Y., Ünsal M., 1998. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları. Yayın no:005.
- NIST, 2008. NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library. National Institute of Standards and Technology Standard Reference Data Program, Gaithersburg, MD 20899.



- O'Brien R. D., 2004. *Fats and Oils: Formulating and Processing For Applications*. 2nd ed. CRC press, Boca Raton (FL): 592.
- Ojijo N. K. O., Neeman I., Eger S., 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.
- Öğütçü M., Mendeş M. ve Yılmaz E., 2008. Sensorial and Phsyco-Chemical Characterization of Virgin Olive Oil produced in Çanakkale. *Journal of American Oil Chemist Society*,85:441-456.
- Papoti V. T., Tsimidou M. Z., 2009. Looking Through the Qualities of a Fluorimetric Assay for the Total Phenol Content Estimation in Virgin Olive Oil, Olive Fruit or Leaf Polar Extract. *Food Chemistry*, 112 (1): 246-252.
- Patel A. R., Rajarethinem P. S., Gredowska A., Turhan O., Lesaffer A., De Vos W. H., Van de Walle D., Dewettinck K., 2014. Edible Applications of shellac Oleogels: Spreads, Chocolate Paste and Cakes. *Food Function*, 5 (4): 645-652.
- Patel A. R., Schatteman D., De Vos W. H., Lesaffer A., Dewettinck K., 2013. Preparation and Rheological Characterization of Shellac Oleogels and Oleogel-Based Emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 411 (0): 114-121.
- Pernetti M., van Malssen K. F., Flöter E., Bot A., 2007a. Structuring of Edible Oils by Alternatives to Crystalline Fat. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 12 (4-5): 221-231.
- Pernetti M., van Malssen K., Kalnin D., Flöter E., 2007b. Structuring Edible Oil with Lecithin and Sorbitan tri-stearate. *Food Hydrocolloids*, 21 (5-6): 855-861.
- Piga A., Catzeddu P., Farris S., Roggio T., Sanguinetti A. and Scano E., 2005. Texture Evolution of “Amaretti” Cookies During Storage. *European Food Research Technolgy*, 221: 387-391.
- Poiana M.A., Mousdis G., Alexa E., Moigradean D., Negrea M., Mateescu C., 2012. Application of FT-IR Spectroscopy to Assess the Olive Oil Adulteration. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 18 (4): 277-282.

- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C., 1999. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26 (9–10): 1231-1237.
- Reiners J. and Grosch W., 1998. Odorants of Virgin Olive Oils with Different Flavor Profiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2754-2763.
- Rocha J. C. B., Lopes J. D., Mascarenhas M. C. N., Arellano D. B., Guerreiro L. M. R., da Cunha R. L., 2013. Thermal and Rheological Properties of Organogels Formed by Sugarcane or Candelilla Wax in Soybean Oil. *Food Research International*, 50 (1): 318-323.
- Rogers M. A., Wright A. J., Marangoni A. G., 2008. Crystalline Stability of Self-assembled Fibrillar Networks of 12-hydroxystearic Acid in Edible Oils. *Food Research International*, 41 (10): 1026-1034.
- Rogers M. A., Wright A. J., Marangoni A. G., 2009. Oil organogels: the fat of the future? *Soft Matter*, 5 (8): 1594-1596.
- Rogers M. A., 2009. Novel Structuring Strategies for Unsaturated Fats – Meeting the Zero-Trans , Zero-Saturated Fat Challenge: A Review. *Food Research International*, 42 (7): 747-753.
- Rogers M.A., Wright A.J., Marangoni A.G., 2010. Oil Organogels: the Fat of the Future? Novel Approach for Structuring Edible Oils Using Food-Derived Ceramides. *Soft Matter*, 5:1594–6.
- Ronn B.B., Hyldig G., Wienberg L., Qvist K.B., and Laustsen A.m., 1998. Predicting Sensory Properties From Rheological Measurements of Low-Fat Spreads. *Food Quality and Preferences*, 9(4): 187-196.
- Sawalha H., den Adel R., Venema P., Bot A., Flöter E., 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., Flöter E., Linden E., 2011. The Influence of Concentration and Temperature on the Formation of  $\gamma$ -Oryzanol+ $\beta$ -Sitosterol Tubules in Edible Oil Organogels. *Food Biophysics*, 6 (1): 20-25.

- Schaik H. M., van Malssen K. F., Morgado-Alves S., Kalnin D., van der Linden E., 2007. Crystal Network for Edible Oil Organogels: Possibilities and Limitations of the Fatty Acid and Fatty Alcohol Systems. *Food Research International*, 40 (9): 1185-1193.
- Sein A., Verheij J.A., Agterof W.G.M., 2002. Rheological Characterization, Crystallization and Gelation Behavior of Monoglyceride Gels. *Journal of Colloid and Interface Science*, 249:412–422.
- Sertakan S.G., 2006. Bisküvi ve Kraker Üretiminde Tritikale Ununun Kullanım Olanakları. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye.
- Shapiro Y. E., 2011. Structure and Dynamics of Hydrogels and Organogels: an NMR Spectroscopy Approach. *Progress in Polymer Science*, 36 (9): 1184-1253.
- Shibukawa S., Sugiyama K., Yano T., 1989. Effects of Heat-Transfer by Radiation and Convection on Browning of Cookies At Baking. *Journal of Food Science*, 54 (3): 621–624
- Stone H., and Sidel J. L., 1985. Affective Testing. In *Sensory Evaluation Practices* Academic Press, Florida, USA. 227–252.
- Tan C. P., Che Man Y. B., Selamat J., Yusoff M. S. A., 2002. Comparative Studies of Oxidative Stability of Edible Oils by Differential Scanning Calorimetry and Oxidative Stability Index Methods. *Food Chemistry*, 76 (3): 385-389.
- Toro-Vazquez J. F., Morales-Rueda J. A., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M., Alonzo-Macias M., González-Chávez M. M., 2007. Thermal and Textural Properties of Organogels Developed by Candelilla Wax in Safflower Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84 (11): 989-1000.
- Toro-Vazquez J.F., Alonzo-Macias M., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M.A., 2009. The Effect of Tripalmitin Crystallization on the Thermomechanical Properties of Candelilla Wax Organogels. *Food Biophysics*, 4:199–212. DOI 10.1007/s11483-009-9118-7.
- Toro-Vazquez J., Alonzo-Macias M., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M., 2009. The Effect of Tripalmitin Crystallization on the Thermomechanical Properties of Candelilla Wax Organogels. *Food Biophysics*, 4 (3): 199-212.

- Toro-Vazquez J. F., Mauricio-Pérez R., González-Chávez M. M., Sánchez-Becerril M., Ornelas-Paz J. d. J., Pérez-Martínez J. D., 2013. Physical Properties of Organogels and Water in Oil Emulsions Structured by Mixtures of Candelilla Wax and Monoglycerides. *Food Research International*, 54 (2): 1360-1368.
- TGK, 2008. *Türk Gıda Kodeksi Sürülebilir Yağlar/Margarin ve Yoğun Yağlar Tebliği* (Tebliğ No: 2008/21). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- TGK, 2010. *Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği*, (Tebliğ No: 2010/35). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- TGK, 2012. *Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği*, Tebliğ No: 2012/29. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- TSE, 1977. T.S. 2812, *Bitkisel Margarin Standardı*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE, 1986. T.S. 5525, *Tarım Ürünleri-Gıda Madde ve Mamulleri-Duyusal Analizler-Metodoloji- Genel Kurallar*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE, 1988. T.S. 5546, *Tarım Ürünleri-Gıda Madde ve Mamulleri-Duyusal Analizler-Metodoloji- Genel Kurallar*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE, 1991. T.S. 2383, *Bisküvi Standardı*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tur J.A., Bibiloni M.M., Sureda A., and Pons A., 2012. Dietary Sources of Omega 3 Fatty Acids: Public Health Risks and Benefits. *British Journal of Nutrition*, 107, S23–S52.
- Warth A.H., 1956. *The Chemistry and Technology of Waxes*. Reinhold Publishing Corporation, New York (NY). p 940.
- WILEY, 2005. Wiley Registry of Mass Spectral Data. 7th edn. (Fred. W. McLafferty) ISBN: 978-0471473251, CD-ROM.
- Wolfmeier U., Schmidt H., Heinrichs F.L., Michalczyk G., Payer W., Dietsche W., Boehlke K., Hohner G., Wildgruber J., 2002. Waxes. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Weinheim (BW): Wiley-VCH. p 1-63.
- Wright A.J., Scanlon M.G., Hartel R.W. and Marangoni A., 2001. Rheological Properties of Milkfat and Butter. *Journal of Food Science*, 66(8):1056-1071.

- Wright A, Maranagoni AG. 2006. Formation, Structure, And Rheological Properties of Ricinelaiddic Acid-Vegetable Oil Organogels. *Journal of American Oil Chemists Society*, 83:497–503.
- Wright A, Maranagoni AG. 2007. Time, Temperature, And Concentration Dependence of Ricinelaiddic Acid–Canola Oil Organogelation. *Journal of American Oil Chemists Society*, 84:3–9.
- van Duynhoven J.P.M., Broekmann I., Sein A., van Kempen G.M.P., Goudappel G.J.W., Veeman W.S., 2005. Microstructural investigation of monoglyceride- water coagel systems by NMR and Cryo-SEM. *Journal of Colloid and Interface Science*, 285:703–710.
- Verleyen T., Sosinska U., Ioannidou S., Verhe R., Dewettinck K., Huyghebaert A. and De Greyt W., 2002. Influence of the Vegetable Oil Refining Process on Free and Esterified Sterols. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(10):947-953.
- Vichi S., Pizzale L., Conte L.S., Buxaderas S. and Lopez-Tamames E., 2003. Solid-Phase Microextraction in the Analysis of Virgin Olive Oil Volatile Fraction: Characterization of Virgin Olive Oils from Two Distinct Geographical Areas of Northern Italy. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 6572-6577.
- Vintiloiu A., Jean-Christophe L., 2007. Organogel and their use in drug delivery – A review. *Journal of Controlled Released*, 125: 179-192.
- Vlachos N., Skopelitis Y., Psaroudaki M., Konstantinidou V., Chatzilazarou A., Tegou E., 2006. Applications of Fourier Transform-Infrared Spectroscopy to Edible Oils. *Analytica Chimica Acta*, 573–574: 459–465.
- Yagmur A, de Campo L, Sagalowicz L, Leser ME, Glatter O., 2005. Emulsified microemulsions and oil-containing liquid crystalline phases. *Langmuir*, 21:569–77.
- Yagmur A, de Campo L, Salentinig S, Sagalowicz L, Leser ME, Glatter O., 2006. Oil-loaded monolinolein-based particles with confined inverse discontinuous cubic structure (Fd3m). *Langmuir*, 22:517–21.
- Yu H., Shi K., Liu D., Huang Q., 2012. Development of a food-grade organogel with high bioaccessibility and loading of curcuminoids. *Food Chemistry*, 131 (1): 48-54.

Zulim Botega D. C., Marangoni A. G., Smith A. K., Goff H. D., 2013. The Potential Application of Rice Bran Wax Oleogel to Replace Solid Fat and Enhance Unsaturated Fat Content in Ice Cream. *Journal of Food Science*, 78 (9):1334-1339.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mustafa ÖĞÜTCÜ

Doğum Yeri : KÜTAHYA/Tavşanlı

Doğum Tarihi : 22.04.1982

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik  
Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen  
Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (Orta, ÜDS: 61.250), İspanyolca  
(Başlangıç)

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

**SCI (Science Citation Index), SSCI (Social Science Citation Index), AHCI (Arts and Humanities Citation Index) tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makaleler**

1) Yılmaz Emin ve Öğütçü Mustafa 2014. Properties and stability of hazelnut oil organogels with beeswax and monoglyceride. J Amer Oil Chem Soc., 91:1007-1017.

(Doktora Tezi).

2) Öğütçü M. ve Yılmaz E., 2014. Oleogels of Virgin Olive Oil with Carnauba Wax and Monoglyceride as Spreadable Products. Grasas y Aceites, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.034941>. (Doktora Tezi).

3) Öğütçü, M., Arifoğlu, N., and Yılmaz, E. 2014. Storage Stability of Cod Liver Oil Organogels Formed with Beeswax and Carnauba Wax. Intl. J Food Sci. Technol. (Kabul edildi) (Doktora Tezi).

4) Yılmaz, E., and Öğütçü, M. 2014. Characterization of Oleogels Made of Hazelnut Oil with Sunflower Wax and Carnauba Wax. Intl. J. Food properties (Kabul edildi) (Doktora Tezi).

5) Yılmaz, E., and Öğütçü, M. 2014. Comparative Analysis of Olive Oil Organogels Containing Beeswax and Sunflower Wax with Breakfast Margarine. J Food Sci (Kabul edildi) (Doktora Tezi).

6) Yılmaz, E., and Öğütçü, M. 2014. Comparison of the Pomegranate Seed Oil Organogels of Carnauba Wax and Monoglyceride. Journal of Applied Polymer Science (Kabul edildi) (Doktora Tezi).

3) Öğütçü Mustafa, Buket Aydeniz, M. Burak Büyükcan, ve Emin Yılmaz (2012). Determining Frying Oil Degradation by Near Infrared Spectroscopy Using Chemometric Techniques. J Amer. Oil Chem., 89(10), 1823-1830.

4) Mustafa Öğütçü, Emin Yılmaz (2009). Comparison of the Virgin Olive Oils Produced in Different Regions of Turkey. J. Sensory Studies., 24(3), 332-353.

5) Mustafa Öğütçü Emin Yılmaz (2009). Path Analysis for the Behavior of Traditional Olive Oil Consumer in Çanakkale. Food Sci. Technol. Res., 15(1), 2-9.

6) Mustafa Öğütçü, Mehmet Mendeş, Emin Yılmaz (2008). Sensorial and Physico-Chemical Characterization of Virgin Olive Oils Produced in Çanakkale. J. Amer. Oil Chem. Soc., 85(5), 441-456.

**SCI, SSCI, ve AHCI dışındaki indeks ve özetler tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makaleler**

1) Öğütçü Mustafa, Aydeniz Buket, Yılmaz Emin (2013). Comparison of the Virgin Olive Oils Obtained from Different Points of Common Oil Production Systems. GIDA, 38(2), 79-85.

**Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlardışındaki makaleler**



- 1) Emin Yılmaz, Mustafa Ögütçü (2007). Bazı meyvelerin antioksidan kapasiteleri üzerine bir araştırma. Hasad Gıda, (268), 28-32.

**Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar**

- 1) Ögütçü, M. ve Yılmaz, E., 2012. Margarinlere Alternatif Olabilecek Yeni Bir Ürün: Oleojeller- II. Dünya Gıda 02:59-63s.
- 2) Ögütçü, M. ve Yılmaz, E., 2012. Margarinlere Alternatif Olabilecek Yeni Bir Ürün Oleojeller -I. Dünya Gıda, 01:68-73s.
- 3) Yılmaz, E. ve Ögütçü, M. 2012. Çikolatada Bileşen Etkileşimleri ve Kaliteye Etkileri. Dünya Gıda 05:64-72.
- 4) Yılmaz E. ve Ögütçü, M., 2012. Yakın Kızılötesi Spektroskopisinin (NIR) Tekniğinin Yemeklik Yağ Sektöründeki Kullanımları. Dünya Gıda 07:34-39.
- 5) Yılmaz, E. ve Ögütçü, M., 2012. Zeytinyağı aromasının oluşumunda lipoksijenaz yolu reaksiyonları. Zeytin Bilimi 3(1)2012,51-58.
- 6) Yılmaz, E., ve Ögütçü, M. 2006. Natürel zeytinyağlarının duyuusal tanımlama testleriyle analizleri. Hasad Gıda, 252:30-38.
- 7) Yılmaz, E., ve Ögütçü, M. 2004. Zeytinyağı aroma kimyası ve duyuusal değerlendirilmesi. Akademik Gıda, 12:43-46.

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

**Uluslararası kongre, sempozyum, panel gibi bilimsel toplantılarda sunulacak, programda yer alan özet metin olarak yayınlanan bildiri ya da poster veya göster**

- 1) Emin Yılmaz, Mustafa Ögütçü (2013). Thermal Textural and Analytical properties of Oleogels prepared from Refined Hazelnut Oil and Beeswax. 11th Euro Fed Lipid Congress and 30th ISF lecture series. Oils, Fats and Lipids: New Strategies for a High Quality Future, 96-96.
- 2) Emin Yılmaz, Mustafa Ögütçü (2013). Characterization of the Oleogels of Olive Oil and Sunflower wax. 11th Euro Fed Lipid Congress and 30th ISF lecture series. Oils, Fats and Lipids: New Strategies for a High Quality Future, 276-276.

- 3) Emin Yılmaz, Mustafa Ögütçü, Buket Aydeniz (2011). Determination of the Physico-Chemical Properties, Bitterness Value and NIR Spectra of Virgin Olive Oils Obtained from Different Sites within Different Oil Production Systems.. 4th International Congress on Food and Nutrition together with 3rd SAFE Consortium International Congress on Food Safety, 12-14th October 2011

**Ulusal kongre, sempozyum, panel gibi bilimsel toplantılarda sunulacak, programda yer alan özet metin olarak yayımlanan bildiri ya da poster veya gösteri**

- 1) Yılmaz Emin, Ögütçü Mustafa (2012). Geleneksel Triaçilgliserol (TAG) Kristal Ağına Alternatif Bir Yaklaşım. I. Bitkisel Yağ Kongresi, 34-34.
- 2) Emin Yılmaz, Mustafa Ögütçü (2012). Yağların Termal Analizinde Diferansiyal Taramalı Kalorimetrisinin (DSC) Kullanımı.. I. Bitkisel Yağ Kongresi, 43-43.
- 3) Yılmaz Emin, Dülger Alper, Ögütçü Mustafa (2012). Kızartma Yağlarının Kalitelerinin Belirlenmesinde Yakın Kızılötesi Spektroskopisinin (NIR) Kullanımı.. YABİTED I. Bitkisel Yağ Kongresi, 12-12.

**Ulusal kongre, sempozyum, panel gibi bilimsel toplantılarda sunulacak, programda yer alan tam metin olarak yayımlanan bildiri**

- 1) Mustafa Ögütçü, Emin Yılmaz (2006). Sterol konsantrasyonu ve kompozisyonunun zeytinyağı kalitesi üzerine etkileri. Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Sempozyumu ve Sergisi, 565-575.
- 2) Ögütçü Mustafa, Yılmaz Emin (2006). Çanakkale ilinin zeytinyağcılık potansiyeli ve değerlendirilmesi. Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Sempozyumu ve Sergisi, 529-536.
- 3) Mustafa Ögütçü, Emin Yılmaz (2006). Natürel zeytinyağlarının antioksidan maddeleri ve antioksidan kapasiteleri. Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Sempozyumu ve Sergisi, 553-563.
- 4) Selma Güven, Esin Vatan, Mustafa Ögütçü (2004). Boza Üretiminde Bazı Modifikasyonlar. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 339-342.

c) Katıldığı Projeler

1) Tübitak Projesi:Yemeklik Likit Yağlardan Oleojel Ürünlerinin Hazırlanması Ve Kahvaltılık Margarin/Sürülebilir Ve Fırıncılık Şorteningi Olarak Kullanım Potansiyellerinin Araştırılması, TÜBİTAK, 2012 COST 112O038.

2) Tübitak Projesi: Çanakkale İlinde Üretilen Natürel Zeytinyağlarının Duyusal ve Fiziko-Kimyasal Kalitelerinin Belirlenmesi, TÜBİTAK, 2006, TOVAG 105O369.

### **İŞ DENEYİMİ**

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bayramiç Meslek Yüksekokulu / 2009-

### **İLETİŞİM**

E-posta Adresi : mogutcu@comu.edu.tr