



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DOYMUŞ VE DOYMAMIŞ YAĞ ASİDİ İÇERİĞİ DENGELENMİŞ OLEOJEL ÜRETİMİ

Fatma IŞIK

BURDUR, 2020

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DOYMUŞ VE DOYMAMIŞ YAĞ ASİDİ İÇERİĞİ DENGELENMİŞ OLEOJEL ÜRETİMİ

Fatma IŞIK

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şükran KULEAŞAN

BURDUR, 2020

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Doymuş Ve Doymamış Yağ Asidi İçeriği Dengelenmiş Oleojel Üretimi”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarımı ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

20 / 07 / 2020

(İmza)

Fatma IŞIK

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Şükran KULEAŞAN' a teşekkürlerimi sunarım. Deneylerimi yapmam için laboratuvarlarını bana açan ve araştırmalarımnda hiçbir yardımı esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Yusuf YILMAZ' a ve Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY' a teşekkür ederim.

XRD ve DSC analizleri için, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde görev yapan Mahmut DOĞANTÜRK' e teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm laboratuvar arkadaşım Elif Buse TAŞ' a teşekkür ederim.

0552-YL-18 No' lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni daima destekleyen, bu zorlu ve yorucu süreçte her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, sevgili babam Özkan IŞIK, sevgili annem Birsen IŞIK ve birtanecik kardeşim Berat Yusuf IŞIK' a sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2020

Fatma IŞIK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Yağ Modifikasyon Teknikleri	3
2.2. Geleneksel Modifikasyon Teknikleri	5
3.3.1. Hidrojenasyon Tekniği	6
3.3.2. İnteresterifikasyon Tekniği	6
3.3.3. Fraksiyone Kristalizasyon Tekniği	7
2.3. Yeni Bir Yağ Modifikasyon Tekniği: Oleojel Tekniği	8
2.4. Gıda Alanında Kullanılan Oleojelatörler	10
2.4.1. Sorbitan Monostearat (SMS)	10
2.4.2. Lesitin	10
2.4.3. Etil Selüloz (EC)	11
2.4.4. 12- Hidroksi Stearik Asit (12-HSA)	11
2.4.5. Mono ve diglisarit	11
2.4.6. Bitki Mumu Esaslı Oleojeller	12
2.4.7. Yağ asitleri-Yağ alkolleri	13
2.4.8. Lesitin-Sorbitan Tristearat	13
2.4.9. γ -Orizanol-fitosteroller	14
2.5. Gıda Endüstrisinde Oleojel Uygulamaları	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.2. Aletler ve Cihazlar	19
3.3. Yöntem	19
3.3.4. Karışım Yağının Hazırlanması	19
3.3.5. Oleojellerin Hazırlanması	19
3.3.6. Kurabiyelerin Hazırlanması	20
3.3.7. Oleojel Örneklerinin Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi	23
3.3.8. Peroksit Analizi	24
3.3.9. Renk Değerlerinin Belirlenmesi	24
3.3.10. Oleojellerin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi	25
3.3.11. Katı Yağ İndeksinin (SFI) Belirlenmesi	25
3.3.12. DSC Analizi	25
3.3.13. X-ışını Kırınım (XRD) Analizi	26
3.3.14. Yağ Asidi Profilinin Belirlenmesi	27
3.3.15. Su Aktivite (aw) Değerlerinin Belirlenmesi	28
3.3.16. Kuru Madde İçeriğinin Belirlenmesi	29
3.3.17. Kül İçeriğinin Belirlenmesi	29
3.3.18. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi	29
3.3.19. Kurabiye Örneklerinin Şeker İçeriğinin Belirlenmesi	30

3.3.20. Kurabiye Örneklerinin Boyut Analizi	30
3.3.21. Tekstürel Analiz	30
3.3.22. Duyusal Değerlendirme	31
3.3.23. İstatistiksel Değerlendirme	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	33
4.1. Oleojel Örneklerinin Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi	33
4.2. Depolama Boyunca Oleojellerin Peroksit Değerlerinin Belirlenmesi	33
4.3. Oleojel Örneklerinde Renk Değerlerinin Belirlenmesi	36
4.4. Oleojel Örneklerinin Tekstürel Değerlendirilmesi	38
4.5. Katı Yağ İndeksi (SFI) Değerleri.....	41
4.6. DSC Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	42
4.7. XRD Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	44
4.8. Yağ Asidi Profiline Belirlenmesi	48
4.9. Kurabiye Örneklerinde Peroksit Değerlerinin Belirlenmesi.....	52
4.10. Kurabiye Örneklerinde Renk Değerlerinin Belirlenmesi.....	53
4.11. Kurabiye Örneklerinde Bazı Fizikokimyasal Özelliklerin Değerlendirilmesi..	54
4.12. Kurabiye Örneklerinin Tekstürel Değerlendirilmesi.....	57
4.13. Duyusal Analiz.....	59
5. SONUÇ	62
EKLER	69
EK-1. Oleojel İçeren Kurabiye Duyusal Test Formu	69
EK-2. Duyusal Analiz Katılım Kabul Formu (Consent Form)	70
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Polimorfik formlar (Himawan vd., 2006)	4
Şekil 3.1. Oleojel yapımında kullanılan oleojelatörler.....	18
Şekil 3.2. Oleojel yapımında kullanılan çift cidarlı cam reaktör.....	20
Şekil 3.3. Balmumu, karnauba ve parafin oleojelleri	20
Şekil 3.4. Kurabiye örneklerinin şekillendirilmesi.....	21
Şekil 3.5. Kurabiyelerin paketlenmesi	22
Şekil 3.6. Hazırlanan kurabiye örnekleri.....	23
Şekil 3.7. Santrifüjlenen oleojel örnekleri.....	23
Şekil 3.8. Oleojel örneklerinde renk ölçümü.....	24
Şekil 3.9. TPA analizi	25
Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan DSC cihazı.....	26
Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan XRD cihazı	27
Şekil 3.12. Çalışmada kullanılan GC analizörü	28
Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan su aktivite cihazı	28
Şekil 3.14. Çalışmada kullanılan Soxhlet cihazı	30
Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan tekstür cihazı	31
Şekil 3.16. Duyusal değerlendirme ve kullanılan özel kabinler.....	32
Şekil 4.1. BO, CO ve PO 0-45-90. gün 4 °C depolama	37
Şekil 4.2. BO, CO ve PO 0-45-90. gün 23 °C depolama	38
Şekil 4.3. Oleojel yapımında kullanılan BYK.....	38
Şekil 4.4. TPA analizi	39
Şekil 4.5. BO örneğine ait XRD görüntüsü.....	46
Şekil 4.6. CO örneğine ait XRD görüntüsü.....	46
Şekil 4.7. PO örneğine ait XRD görüntüsü	47
Şekil 4.8. BYK örneğine ait XRD görüntüsü.....	47
Şekil 4.9. Margarine örneğine ait XRD görüntüsü.....	48
Şekil 4.10. BYK, margarin ve oleojeller ile üretilen kurabiye örnekleri	54
Şekil 4.11. Kurabiye örneklerinde yağ salımı	59
Şekil 4.12. Kurabiye örneklerinin dokusal yapılarının karşılaştırılması	59

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Kurabiye yapımında kullanılan formülasyon	21
Tablo 4.1. Depolanan oleojel örneklerinin peroksit değerleri (meq O ₂ /kg yağ).....	35
Tablo 4. 2. BO, CO ve PO örneklerinin 23 °C' de depolama sonu renk değerleri	36
Tablo 4.3. BO, CO ve PO örneklerinin 4°C depolama sonu renk değerleri	36
Tablo 4.4. Oleojel örneklerinde 23°C depolama sonu sertlik değerleri (N)	40
Tablo 4.5. Oleojel örneklerinde 23 °C depolama sonu yapışkanlık değerleri (N).....	41
Tablo 4.6. BYK ve oleojel örneklerine ait SFI değerleri	41
Tablo 4.7. Kullanılan yağlar ve oleojel örnekleri için DSC sonuçları.....	43
Tablo 4.8. Margarin ve oleojel örneklerine ait XRD değerleri.....	44
Tablo 4.9. Ayçiçek yağına ait yağ asidi profili	48
Tablo 4.10. Zeytinyağına ait yağ asidi profili	49
Tablo 4.11. Keten tohumu yağına ait yağ asidi profili	49
Tablo 4.12. Palm çekirdeği yağına ait yağ asidi profili	50
Tablo 4.13. BYK' ya ait yağ asidi profili	50
Tablo 4.14. Margarine ait yağ asidi profili	51
Tablo 4.15. Kurabiye örneklerinde depolama sonu peroksit değerleri (meq O ₂ /kg yağ)	52
Tablo 4.16. Kurabiye örneklerine ait renk değerleri.....	53
Tablo 4.17. Kurabiye örneklerine ait su aktivitesi değerleri.....	55
Tablo 4.18. Kurabiye örneklerine ait kuru madde, kül, şeker ve yağ içeriği.....	55
Tablo 4.19. Kurabiye örneklerinin ağırlık ve boyutsal değerleri.....	57
Tablo 4.20. Depolama sonu kurabiye örneklerinde ölçülen sertlik değerleri (N)	57
Tablo 4.21. Kurabiye örneklerinde duyusal değerlendirme.....	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a*	: Kırmızılık-yeşillik renk değeri
AM	: Ayçiçeği mumu
aw	: Su aktivitesi
b*	: Sarılık-mavilik renk değeri
BK	: Balmumu oleojeli ile üretilen kurabiye
BM	: Balmumu
BO	: Balmumu oleojeli
BYK	: Bitkisel yağ karışımı
CK	: Karnauba oleojeli ile üretilen kurabiye
CO	: Karnauba oleojeli
DHA	: Dokosaheksaenoik asit
DmYA	: Doymamış yağ asidi
DYA	: Doymuş yağ asidi
DSC	: Differansiyel Taramalı Kalorimetri
EC	: Etilselüloz
EPA	: Eikosapentaenoik asit
FDA	: ABD Gıda ve İlaç Dairesi
GRAS	: Genellikle güvenli olarak kabul edilen
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein, iyi kolesterol
KM	: Kandelila mumu
KRK	: Bitkisel yağ karışımı ile üretilen kurabiye
KRM	: Karnauba mumu
L*	: Parlaklık-siyahlık renk değeri
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein, kötü kolesterol
M	: Margarin
MG	: Monogliserit
MK	: Margarin ile üretilen kurabiye
P	: Parafin
PD	: Peroksit değeri
PK	: Parafin oleojeli ile üretilen kurabiye
PO	: Parafin oleojeli
SFI	: Katı yağ endeksi

SMS	: Sorbitan monostearat
TAG	: Triaçilgliserol
TYA	: Trans yağ asidi
XRD	: X-ışınları kırınım desenleri
12-HSA	: 12 Hidroksi stearik asit



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Doymuş ve Doymamış Yağ Asidi İçeriği Dengelenmiş Oleojel Üretimi

Fatma IŞIK

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şükran KULEAŞAN

Temmuz, 2020

Bu tez çalışmasında, Dünya Sağlık Örgütü'nün dengeli bir yağ asidi tüketimi için önerdiği yağ asitleri oranı dikkate alınarak oleojel örneklerinin üretimi amaçlanmıştır. Balmumu (BM), karnauba mumu (KRM) ve parafin (P) oleojelatörleri % 15 oranında bitkisel yağ karışımına (BYK) eklenerek oleojeller hazırlanmıştır. Ayrıca hazırlanan oleojel örnekleri, BYK ve margarin kurabiye formülasyonunda kullanılarak kalite parametreleri karşılaştırılmıştır. En yüksek katı yağ indeksi değerinin 35 °C' da parafin oleojeli (PO) için 0,39 ml/kg olduğu, margarin örneğinde bu oranın 0,24 ml/kg, BYK' da ise 0,21 ml/kg olduğu saptanmıştır. Margarin örneğinin pik erime sıcaklığının 37,75 °C olduğu ve en yakın değerin PO örneği için 41,5 °C olduğu, bu değerin BYK için 19,1 °C olduğu belirlenmiştir. Oleojel örneklerinin X ışını kırınım (XRD) grafiklerinde, β' piklerin olduğu ancak, margarinde β' piklerin daha fazla miktarda meydana geldiği belirlenmiştir. Oleojel örneklerinin 23 °C' daki başlangıç ve depolama sonu en yüksek peroksit değeri sırasıyla 13,98 meqO₂/kg (karnauba oleojeli, CO) ve 28,3 meqO₂/kg (PO) tespit edilmiştir. 4 °C' daki başlangıç ve depolama sonu en yüksek peroksit değerinin ise sırasıyla 12,32 meqO₂/kg (CO) ve 13,43 meqO₂/kg (CO) olduğu tespit edilmiştir. Kurabiye örnekleri depolama boyunca (23 °C) oksidatif olarak stabil kalmıştır. Kurabiyelerde duyusal analiz sonucu görünüm ve doku olarak en çok BM içeren kurabiye (BK); koku, lezzet ve kabul edilebilirlik bakımından margarin içeren kurabiye (MK) tercih edilmiştir. Koku, lezzet ve kabul edilebilirlikte MK' ya en yakın değer parafin içeren kurabiye (PK) belirlenmiştir. Oleojel kurabiyelerinin sertlik değerleri MK' ya göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Oleojel kurabiyelerinin yağ tutma kapasitelerinin MK' ya göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma yağ asidi içeriği dengelenmiş oleojellerin, margarine alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Oleojel, oleojelatör, yağ asidi içeriği dengelenmiş oleojel, parafin, balmumu, karnauba mumu.

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0552-YL-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Production of Saturated and Unsaturated Fatty Acid Balanced Oleogels

Fatma IŞIK

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Food Engineering Department**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şükran KULEAŞAN

July, 2020

In this thesis, the production of oleogels is aimed under consideration of the ratio of fatty acids recommended by the World Health Organization for a balanced fatty acid consumption. Oleogels were prepared by addition of beeswax (BW), carnauba wax (CW) and paraffin (P) oleogelators into 15% vegetable oil mixture (VOM). In addition, quality parameters of cookie formulations prepared by using oleogel samples, VOM and margarine were compared. It was determined that the highest solid fat index value was 0.39 ml / kg for paraffin oleogel (PO) at 35 ° C, this ratio was 0.24 ml / kg in margarine sample and it was 0.21 ml / kg in VOM. It was determined that the peak melting temperature of the margarine sample was 37.75 ° C and the closest value was 41.5 ° C for the PO sample, this value was 19.1 ° C for VOM. In the X-ray diffraction (XRD) plots of oleogel samples, although the occurrence of β' peaks were determined in all samples, they were determined in margarine to be more. The highest peroxide value of oleogel samples at 23 °C at the beginning and at the end of storage was 13.98 meqO₂ / kg (carnauba oleogel, CO) and 28.3 meqO₂ / kg (PO), respectively. Cookie samples remained oxidatively stable during storage (23 ° C). As a result of sensory analysis of cookies, the cookies containing beeswax (BC) were preferred for appearance and texture while cookies containing margarine (MC) were preferred considering their smell, taste and acceptability. Cookies (PC) containing paraffin were determined as the closest to the values that of MC regarding their odor, flavor and acceptability. It was determined that the hardness values of oleogel cookies were higher than that of margarine cookies. It has been determined that the oil holding capacities of oleogel cookies are higher than that of margarine cookies. This study showed that oleogels with balanced fatty acid content can be used as an alternative to margarines.

Keywords: Oleogel, oleogelator, fatty acid-balanced oleogel, paraffin wax, beeswax, carnauba wax.

The present M.Sc. Thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Coordination Office with project number 0552-YL-18

1. GİRİŞ

Yemeklik yağlar oda sıcaklığındaki fiziksel özelliklerine göre sıvı, katı ve yarı-katı olarak sınıflandırılmaktadırlar. Yağın fiziksel durumu, yağ asitlerinin zincir uzunluğuna ve doymunluk seviyesine, cis / trans izomer içeriğine ve yağ asitlerinin pozisyonuna bağlıdır (Öğütücü ve Yılmaz, 2015). Yağların fiziksel özellikleri, onların temel özelliklerini oluşturduğu gibi, kullanım alanlarını da belirlemektedir. Sıvı yağlar geleneksel olarak pişirme, salata ve kızartma yağları olarak kullanılırken, katı yağlar ve yarı katı yağlar ağırlıklı olarak unlu mamuller, margarinler ve şekerleme ürünlerinin üretiminde, ayrıca pişirme, salata ve kızartma yağları olarak da kullanılmaktadır (Doan vd., 2018). Sıvı yağlar, gıda ürünlerinde doku ve stabilite taleplerini karşılamak için gerekli işlevsel özelliklere sahip değildir (Toro-Vazquez vd., 2007). Katı yağlar, gıdalara fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla gıda endüstrisinde kullanılan önemli bir gıda maddesi grubudur. Dondurma, peynir, tereyağı, çikolata ve unlu mamüller gibi birçok gıda ürününe istenen yapısal özellikleri trans yağ asitleri (TYA) ve doymuş yağ asitlerinden (DYA) oluşan koloidal yağ kristal ağı kazandırmaktadır (Rogers, 2009; Patel vd., 2014). TYA ve DYA'nın yüksek oranda tüketimi kardiyovasküler hastalıklara, obezite, diyabet ve hipertansiyon gibi hastalıklara neden olduğu yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır (Estadella vd., 2013). Bu nedenle, Amerikan Kalp Birliği tarafından, TYA ve DYA tüketiminin azaltılması ve bitkisel yağlardan doymamış yağ asitleri (DmYA) tüketiminin artırılması önerilmektedir (Lichtenstein vd., 2006). Dünya Sağlık Örgütü sağlıklı bir yağ tüketimi için doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin sırasıyla 1:1-1,5:1 aralığında olması gerektiğini vurgulamıştır. ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından 2006 yılında getirilen gıda ürünlerinde trans yağ asidi içeriğinin etikette yer alması gereği, halkın bilinçlenmesini sağlamış ve gıda üreticilerinin TYA'ları ortadan kaldırmaya ve DYA içeriğini azaltmaya zorlamıştır (Doel vd., 2012). 17 Haziran 2015 tarihinde FDA, kısmen hidrojene edilmiş yağların artık "GRAS" (genellikle güvenli olarak kabul edilen) olmadığını ve Haziran 2018' e kadar gıda ürünlerinden çıkarılması gerektiğini belirlemiştir (Doan vd., 2018). Unlu mamuller, margarinler ve şekerleme gibi gıda ürünlerine istenen fonksiyonel ve duyuşal özellikleri TYA ve DYA'dan meydana gelen koloidal ağ yapısı kazandırdığından dolayı, TYA'ları ve DYA'ları DmYA ile değiştirmek ürün kalitesini etkilemektedir (Rogers, 2009). Bu nedenle, birçok araştırmacı

TYA ve DYA kullanmadan sıvı yağları modifiye etmek için alternatifler aramaya odaklanmıştır. Aynı zamanda hem akademik hem de endüstriyel anlamda sıvı yağların besinsel profillerini değiştirmeden, gıdalara katı yağların sağladığı fonksiyonel özelliklere benzer özellikler kazandırmak oldukça önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Patel vd., 2014). DYA içeriğini düşürmek ve TYA içeriğini ortadan kaldırmak için sağlıklı bir alternatif bulmak, son yıllarda gıda bilimcileri ve gıda üreticilerinin dikkatini çekmiştir. Bu amaçla, sağlıklı alternatifler (oleojeller) formüle etmek için “oleojelasyon” olarak adlandırılan sıvı yenilebilir yağın yapılandırılması yeni bir yöntem olarak önerilmiştir. Bu yöntemin amacı, TYA içermeyen ve düşük miktarlarda DYA içeren gıda ürünlerinin geliştirilmesi ve aynı zamanda tüketicilerin fonksiyonel ve duysal özelliklerle ilgili beklentilerini karşılamaktır (Doan vd., 2018).

2. GENEL BİLGİLER

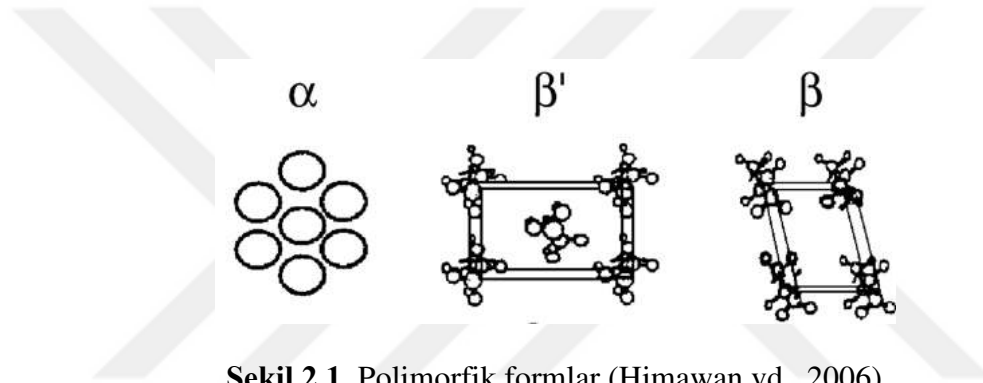
2.1. Yağ Modifikasyon Teknikleri

Lipid fazlarının yapılandırılması; üretim ve depolama aşamalarında yağ bakımından zengin ürünlerin kıvamını ve plastitesini, duyu özelliklerini, kristallerin oluşumu ve sedimentasyonu ile ilgili fiziksel kararlılığını, yağ sızmasını, partiküllerin ve emülsiyonların birleşmesini ve görsel görünümü gibi önemli gıda özelliklerini; yapılandırma ajanlarının büyüklüğü, şekli ve etkileşimleri, nihai ürünün yapısını ve sonuç olarak fiziksel özelliklerini belirlemektedir (Chaves vd., 2018).

Birçok gıda ürününde, hatta bazı gıda üretim proseslerinde kristal fazda istenen boyut dağılımını, polimorfik yapıyı ve dispersiyonunu elde etmek için lipit kristalleşmesini kontrol edebilmek önemlidir (Metin ve Hartel, 2005). Kristalizasyon, soğutma işleminin başlangıç aşamasında gerçekleşmekte; nispi çekirdeklenme ve büyüme oranları, başlangıçtaki kristal boyutu dağılımını belirlemektedir. Bu işlem tekstür için oldukça önemli bir parametredir, onlarca mikrondan daha büyük kristaller dil tarafından algılanabilir ve bu nedenle pürüzsüz bir tekstür gerektiren ürünlerde iri kristal yapılar istenmeyen bir duruma yol açabilmektedir (Himawan vd., 2006). Yağlar yaklaşık % 98 TAG' lardan oluşur, yağın geri kalanı diaçilgliseroller, monoacilgliseroller, serbest yağ asitleri, fosfolipitler, glikolipitler, steroller ve daha küçük polar lipitler oluşturur. Rafine yağlarda, bu küçük lipitler rafine edilmemiş yağlardan çok daha düşük konsantrasyondadır. TAG' lar ana kristal fazı oluştursa da, küçük bileşenler veya safsızlıklar, kristalleşmenin meydana gelmesinde genellikle büyük bir rol oynayabilir ve kristalizasyon, rafine edilmiş bir yağda rafine edilmemiş yağa göre önemli ölçüde farklı olabilmektedir. Ayrıca doğal yağlar, farklı zincir uzunluğu ve doymamışlık derecesinde yağ asitleri olan çok çeşitli TAG türleri içermektedir. TAG' lar, bir gliserol molekülü üzerinde düzenlenmiş üç yağ asidinden oluşmakta ve yağ asitlerinin zincir uzunluğu ve doymunluk derecesindeki değişiklikler ile çok çeşitli trigliseritler elde edilebilmektedir. TAG molekülü, kristal kafes içinde genellikle birden çok form alabilecek şekildedir. Yani, aynı molekül, işleme koşullarına bağlı olarak farklı formlara kristalleşebilmektedir. Buna polimorfizm denilmektedir (Martini vd., 2006).

Polimorfizm, bir molekülün kristal kafes içindeki düzenlemesine bağlı olarak birden fazla kristalin form alma kabiliyetidir. Lipidlerde, hidrokarbon zincir dizilimindeki farklılıklar ve hidrokarbon zincir diziliminin eğim açısındaki farklılıklar polimorfik formların yapılarını farklılaştırmaktadır (Metin ve Hartel, 2005). Kristalleşme hızı, kristal

boyutu, morfoloji ve toplam kristallik dahil TAG' ın kristalleşme davranışı polimorfizmden etkilenmektedir (Sato, 2001). Polimorfizm, TAG bileşimi, diaçilgliserollerin varlığı, monoaçilgliseroller veya diğer küçük bileşenler ve moleküler etkileşimler gibi özellikler ile ilgilidir (Martini vd., 2006). TAG' ın moleküler yapısı ve sıcaklık, basınç, kristalleşme hızı, safsızlıklar gibi çeşitli dış faktörler polimorfizmi etkilemektedir. Tüm bu parametreler yağ kristal ağ yapısını, dokusunu ve reolojik özelliklerini etkilemektedir. Polimorfik yağ formları genellikle stabilite sırasına göre basitçe α , β' ve β olmak üzere üç kategoriye ayrılır. α formu, hekzagonal yarı kararlı, en düşük erime noktasına ve gizli füzyon ısısına sahip en az kararlı polimorftur. β' formu, ortorombik ve daha kararlı, β formu ise, triklinik, en yüksek erime noktasına sahip en kararlı polimorfik yapıdır (Gibon, 2006; Metin ve Hartel, 2005).



Şekil 2.1. Polimorfik formlar (Himawan vd., 2006)

TAG' lar genellikle başlangıçta α veya β' formlarında kristalleşmekte, ancak en kararlı β formuna dönüşüm eğiliminde olmaktadır. α formu, yağın hızlı bir şekilde soğutulmasından sonra elde edilmekte; ısıtmada β' ve β formlarına geçiş mümkün olmaktadır (bu geçişler geri döndürülemez). β' formunun kristalizasyonu, α formunun erime noktasının üzerindeki sıcaklıkta hafif bir artışla sağlanmaktadır. Kararlı polimorflara dönüşüm, daha az kararlı formların erime noktasının üzerindeki sıcaklıkta hafif bir artışla sağlanabilmektedir. Sıcaklıktaki bu artış ilk önce kararsız formların erimesine ve daha sonra daha kararlı bir formda katılaşmaya neden olmaktadır (Gibon, 2006; Metin ve Hartel, 2005). Erime sıcaklığı, moleküler dizilim yoğunluklarındaki fark nedeniyle, daha az kararlı olandan daha kararlı forma yükselmektedir. Sabit sıcaklıklarda, α ve β' formları zamanın bir fonksiyonu olarak katı-katı veya katı-sıvı-katı dönüşüm mekanizmaları yoluyla β formuna dönüşmektedir (Martini vd., 2006; Herrera ve Marquez Rocha, 1996). α ve β' formlarının termodinamik stabilitelerinin birbirlerine yakın değerlerde ve β formunununkinden düşük olduğu bildirilmektedir. Ayrıca β formunun en yüksek erime

noktasına, α formunun ise en düşük erime noktasına sahip olduğu ve β' formunun erime noktasının α ve β formlarına ait değerler arasında yer aldığı belirtilmektedir (Kayahan, 2003). Kararlı formlar daha az kararlı formlardan daha yüksek erime noktasına ve daha yüksek füzyon ısisına sahiptir. Farklı polimorfik formlar tipik olarak stabilitelere göre kristalleşmektedir ($\alpha < \beta' < \beta$). Bu nedenle, en az kararlı polimorfik form, düşük yüzey enerjisinden ötürü tipik olarak aşırı soğutulmuş, erimiş bir yağda ilk önce kristalleşmektedir. Polimorfik dönüşüm oranı, yağ asidi zincirinin uzunluğuna bağlıdır ve kısa zincirli yağ asitleri olan TAG' lar için en yüksektir. Doğal yağlar genellikle çok sayıda TAG içermekte; dolayısıyla, kararsız formların kararlı formlara dönüşümü genellikle çok yavaş olmaktadır. α formu genellikle hızlı bir şekilde soğutulmuş sıvı yağda oluşmakta, ancak genellikle çok kararsızdır ve hızla β' formuna dönüşmektedir. β' formu uzun bir süre stabil kalabilmektedir (saatlerce veya günlerce), ancak birçok yağda, genellikle en kararlı form olan β formuna dönüşmektedir. Bununla birlikte, birçok doğal yağda, β' formu, trigliseritlerin bileşimine veya katı fraksiyon oluşumuna bağlı olarak uzun süre var olabilir. Yani, bazı karışık asitli TAG' larda, β formu oluşmayabilir ve β' en kararlı form olarak kalabilmektedir (Metin ve Hartel, 2005).

Margarinde erime, sürülebilirlik, doku ve kıvam özelliklerini, ürünün kalitesini, raf ömrünü ve stabilitesini yağ kristalleri belirlemektedir. Margarinde büyük tanelerin (taneciklerin) varlığı, en kararlı β polimorfunun kristalizasyonu ile ilişkilidir. β kristaller sıvı haldeki yağı daha az içerdiklerinden dolayı, margarinin yüzey parlaklığı donuklaşmakta ve kristaller çok büyüdüğünde yüzey benekli/pütürlü görünür ve doku kırılğan hale gelmektedir (Martini vd., 2006). Üç form arasında, β' formdaki yağ kristalleri, kristal morfolojisi, dispersiye olma ve optimum erime özelliğiyle margarin ve şortening benzeri ürünlere pürüzsüz doku ve ağızda bıraktığı iyi his gibi daha iyi özellikler kazandırmaktadır (Dassanayake vd., 2009).

Trigliserit matrislerinin yapılandırma süreci, geleneksel ve geleneksel olmayan mekanizmalara göre sınıflandırılabilir (Chaves vd., 2018).

2.2. Geleneksel Modifikasyon Teknikleri

Gıdalardaki lipitlerin makroskopik özellikleri özellikle yağların mikro yapısından etkilenmektedir. Bu nedenle, makroskopik özelliklerin analizi için yağların mikro yapısının etkilerini değerlendirmek gerekir. Geleneksel lipit modifikasyon işlemlerinde, sıvı ve katı yağların temel yapısı, hidrojenasyon, interesterifikasyon veya fraksiyone kristalizasyon gibi teknikler kullanılarak istenen plastisite profiline göre hammadde özelliklerine bağlı

kalarak yeniden tasarlanabilmektedir (Marangoni ve Garti, 2011; Taşan ve Dağlıoğlu, 2005).

3.3.1. Hidrojenasyon Tekniği

Hidrojenasyon tekniği, sıvı yağların doymamış yağ asitlerinin çift bağlarını hidrojenle doyurma işlemi olarak tanımlanmaktadır (Akbulut ve Karagözlü, 2014; Kayahan, 2002). Kısmi hidrojene edilmiş bitkisel yağlar; margarin, şekerleme ve unlu mamüllerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kısmi hidrojenasyon tekniğinde, ortam sıcaklığının yükselmesiyle hidrojenasyon seçiciliği artarken, trans yağ asitleri oluşumu da artmaktadır. Sıcaklığın yükselmesi ve ortamda yüksek miktarda hidrojen bulunması durumunda tepkime hızından kaynaklı katalizör yüzeyinde hidrojen açlığı oluşmakta ve bunun sonucunda da trans bileşikler artmaktadır. Katalizör yüzeyinde doymamış yağ asitlerinin doyması için yeterli miktarda hidrojen bulunmaması durumunda ise tepkimenin uzamasının yanı sıra doymadan doymamış yağ asitlerinin trans izomerlerine dönüşümü artmaktadır (Kayahan, 2002). TYA'nın yüksek tüketiminin, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL, kötü kolesterol) düzeylerini yükselterek ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL, iyi kolesterol) miktarını düşürerek koroner kalp hastalığı riskini artırdığına dair çok fazla bilimsel kanıt vardır. 17 Haziran 2015 tarihinde FDA, kısmi hidrojene edilmiş yağların artık “GRAS” olmadığını ve Haziran 2018'e kadar gıda ürünlerinden çıkarılması gerektiğini belirlemiştir (Doan vd., 2018). Bunun üzerine gıda endüstrisi kısmi hidrojene edilmiş yağların yerine eşdeğer fonksiyonellik ve ekonomik canlılığa sahip TYA içermeyen yağların geliştirilmesi üzerine çalışmaya başlamıştır. TYA içermeyen yağ talebi, yağ modifikasyon çalışmalarının ve süreçlerinin geliştirilmesini, özellikle de fraksiyonlama ve interesterifikasyon tekniklerinin geliştirilmesini teşvik etmiştir (Garcia vd., 2013).

3.3.2. İnteresterifikasyon Tekniği

İnteresterifikasyon, yağ asitlerinin TAG' larda dağılımının yeniden düzenlenmesi işlemidir. İşlem enzimatik ya da kimyasal olarak yapılabilir. Kimyasal interesterifikasyon işleminde üç gliserol pozisyonu arasında yağ asitlerinin rastgele dağılımını sağlamak amacıyla katalizör ve 90-110 °C aralığında ısıya ihtiyaç duyulmaktadır. Enzimatik interesterifikasyon işleminde ise, sn-2 pozisyonunda değişiklik olmadan 1 ve 3 pozisyonlarına konumsal seçicilik gösteren lipazlar kullanılmaktadır (Chaves vd., 2018). Enzimatik interesterifikasyon tepkimeleri kimyasal tepkimelere göre daha seçicidir ve

yüksek kalitede ürünlerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda reaksiyonların 40-60 °C sıcaklıkta gerçekleşmesinden dolayı reaksiyona giren bileşenler ve elde edilen ürünler termal zarara karşı korunmaktadırlar (Kuleaşan, 2011). Ancak tepkime duyarlılığının yüksekliği, işletme maliyetinin daha yüksek olmasına sebep olduğundan sıklıkla kakao yağı, anne sütü yağı ikâmesi gibi özel ve pahalı yağların işlenmesinde tercih edilmektedir (Kayahan, 2002). Enzimatik interesterifikasyon tekniğinin avantajlarına rağmen, kimyasal interesterifikasyon tekniği daha düşük katalizör maliyetine sahiptir, ölçeklendirmek kolaydır ve daha hızlıdır; bu nedenlerden dolayı modifiye yağ üretiminde çoğunlukla kimyasal interesterifikasyon tekniğinden yararlanıldığını söylemek mümkündür (Teles dos Santos vd., 2014; Kayahan, 2002). Ancak tüm bu teknolojik alternatifler endüstriyel uygulamalarda DYA içeriğini azaltmamaktadır, sn-2 pozisyonunda DYA meydana gelebilmektedir (Chaves vd., 2018). Yapılan bir çalışmada, sn-2 pozisyonunda palmitik asidin katılması ile TAG molekülünün merkezi pozisyonundaki DYA miktarının artması, bu tür yağ asidinin vücut tarafından daha fazla emilmesini sağlamış ve laboratuvar hayvanlarında büyük bir aterosklerotik potansiyele yol açmıştır (Hunter, 2001).

3.3.3. Fraksiyone Kristalizasyon Tekniği

Fraksiyone kristalizasyon tekniği, sıvı yağ içerisinde karışım halinde bulunan ve erime dereceleri yüksek olan trigliseritlerin, soğuk tekniği uygulanarak katı faz haline dönüştürülmeleri sonrasında bu fazların birbirinden ayrılmaları şeklinde iki aşamada gerçekleştirilen bir işlemdir (Kayahan, 2002). Lipit kristalizasyonu, fiziksel özellikleri büyük ölçüde yağ kristallerine bağlı olan çikolata, margarin gibi lipit bazlı ürünlerin endüstriyel olarak işlenmesinde önemli etkilere sahiptir. Kristal ağ oluşumu ve polimorfik dönüşümler, sıvı ve katı yağların işlevselliğini ve uygulama alanlarının belirlenmesine yardımcı olduğundan önemlidir (Chaves vd., 2018). Kompleks bir trigliserit karışımı soğutmaya tabii tutulduğunda, yüksek erime noktasına sahip moleküllerin sınırlı çözünürlüğü çekirdeklenme olaylarına yol açarak kovalent olmayan kuvvetler vasıtasıyla büyüyen ve birbirleriyle etkileşen küçük boyutlu kristaller oluşturarak üç boyutlu sürekli kristal kafes geliştirir. Kristalizasyonun tamamlanmasından sonra kristaller zayıf bağlar aracılığıyla bir araya gelerek kümeleşir ve makroskopik kristal ağ oluşumuna yol açarak trigliseritlere dayalı lipit sistemlerinin geleneksel modifikasyonunu karakterize eder (Tang ve Marangoni, 2017). Ancak ham maddelerin kimyasal bileşimi nedeniyle faz uyumsuzluk sorunları vardır ve endüstriyel uygulama için lipit formülasyonlarında DYA içeriğini azaltmamaktadır (Chaves vd., 2018).

2.3. Yeni Bir Yağ Modifikasyon Tekniği: Oleojel Tekniği

Lipit bazlı materyallerin trans ve doymuş yağ asitlerinden oluşan kolloidal yağ ağı yapıları yerine trans ve doymamışlık düzeylerini düşürmek ya da tamamen ortadan kaldırmak için moleküler jellerin kullanılması önerilmektedir (Yılmaz ve Öğütçü, 2012). Bu yeni yağ bazlı materyallere "organojeller" veya "oleojeller" denir (Marangoni ve Garti, 2011). Genellikle organojel olarak isimlendirilen jel yapı, bitkisel yağ kullanıldığında oleojel; kullanılan jel ajanı jelatör ve teknik oleojelasyon olarak adlandırılmaktadır. Son yıllarda gıda bilimciler ve gıda üreticileri tarafından büyük ilgi gören oleojelasyon tekniği, sıvı yağlara viskoelastik özelliklerin kazandırıldığı, sıvı yağların kendi başına stabil, anhidroz, termodönüşümlü ve üç boyutlu jel yapıya dönüştürüldüğü yeni ve gelişim aşamasında olan bir tekniktir (Demirkese, 2017). Oluşturulan jelin suda çözünür bileşiklerle oluşturulan jellerden ayıran özelliği, yapısallaştırıcı ajanlar ve apolar sıvı fazdan oluşan viskoelastik yapıya sahip olmasıdır (Chaves vd., 2018). Oleojelasyon tekniğinde sıvı fazı organik bir çözgen ya da bitkisel yağ, jel ajanını da düşük molekül ağırlıklı organik jelatörler ya da polimerik jelatörler oluşturmaktadır. Sıvı fazın jel ağı içerisinde immobilizasyonu, polimerik jelatörlerin fiziksel ve kimyasal etkileşimler sonucu çapraz ya da karışık bağlar kurması, düşük molekül ağırlıklı organik jelatörlerin de fiziksel etkileşimler sonucu iri agregatlar oluşturması ile sağlanmaktadır (Yenioğlu Demiralp vd., 2017). Jelleştirmeden sorumlu olan etkileşimler; hidrojen bağları, Van der Waals kuvvetleri ve π - π etkileşimi gibi zayıf etkileşimlerdir (Singh vd., 2017). Oleojellerin hazırlanması kullanılan oleojelatöre ve bitkisel yağa bağlı olarak genellikle kesikli bir sistemde ve yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada doymamış yağ asitlerinin oksidasyona karşı duyarlı oldukları da unutulmamalıdır (Yenioğlu Demiralp vd., 2017). Yağ ve oleojelatör karışımına ısı işlem sırasında oleojelatörün yağ fazına homojen olarak dağıtılması için mekanik karıştırma işlemi uygulanmaktadır (Jang vd., 2015). Jelleşmeyi sağlamak için, oleojelatörün yağ fazına dağılmasının ardından, oluşan çözelti, çekirdeklenme ve kristal büyümesini uyarmak için soğutulmakta ve oda sıcaklığında 24 saat boyunca bekletilerek kendi kendine birleştirilmiş ağların oluşumu sağlanmaktadır (Singh vd., 2017). Böylece bitkisel yağlar bu ağlar arasında tutularak oleojel oluşumu gerçekleşmektedir (Barbut vd., 2016). Jel yapının oluşumunda; kullanılan jelatörün kimyasal yapısı, moleküler karakteristiği, formülde tek veya farklı jelatörlerin kullanılması, kristal partiküllerin ve ağ yapının oluşum mekanizması gibi faktörler etkilidir (Patel ve Dewettinck, 2016). Oluşan jelin ağ yapısının korunmasında ise; soğutma hızı, karıştırma

düzeyi, kristalleşme derecesi, dallanma oranı, porların büyüklüğü, ağın katılığı, bitkisel yağ ile ağ arasındaki ara yüzey alanının değişimi ve depolama koşulları etkilidir (Yenioğlu Demiralp vd., 2017).

Oleojel üretiminde sıvı fazı; ayçiçek yağı, zeytinyağı, kanola yağı, mısır yağı, hint yağı ve susam yağı gibi bitkisel yağlar oluşturmaktadır. Kullanılacak bitkisel yağ seçimi yapılan çalışmaya göre değişiklik göstermekle birlikte yağ asidi profili büyük önem taşımaktadır. Zeytinyağı ve kanola yağı yapılan çalışmalarda en sık tercih edilen bitkisel yağlar olmuştur. Zeytinyağı tekli doymamış yağ asidi oranı en yüksek olan bitkisel yağdır; % 56,3-86,5 tekli doymamış yağ asidi, % 8-25 doymuş ve % 3,6-21,5 çoklu doymamış yağ asidi içermektedir. Tokoferol, fenolik bileşenler ve E vitamini gibi antioksidan özellikteki bileşenler açısından da zengin olması zeytinyağını oleojel üretimi için önemli kılmıştır (Nobile vd., 2009). Kanola yağı ise yaygın olarak kullanılan bitkisel yağlar içerisinde doymuş yağ asidi seviyesi en düşük (% 6) olan yağdır (Stortz vd., 2012). Kanola yağı % 61 oranında tekli doymamış yağ asidi (oleik asit) ve % 32 oranında çoklu doymamış yağ asitleri (linoleik ve linolenik yağ asitleri) içermektedir (Tosun ve Özkal, 2000). Vücutta sindirimi esnasında EPA (eikosapentaenoik asit) ve DHA (dokosaheksaenoik asit)'e dönüştürülebilir en iyi yağdır ve iyi bir tokoferol kaynağıdır (Youssef ve Barbut, 2009).

Oleojelatör olarak adlandırılan jel ajanları; kristal parçacıklar, kendiliğinden oluşan düşük molekül ağırlıklı bileşenler, kendiliğinden oluşan polimerik bileşenler, kolloid parçacıklar ve emülsiyon damlacıkları gibi yapılardan oluşmaktadır (Patel ve Dewettinck, 2016). Oleojelatör olarak; trigliseritler, digliseritler, monogliseritler, yağ asitleri, yağlı alkoller, mumlar, sorbitan monostearat, 12-Hidroksi stearik asit, etil selüloz, sorbitan tristearat, lesitin, sterol ve oryzanol kullanılmaktadır (Yenioğlu Demiralp vd., 2017). Oleojelatörler tek başlarına kullanılabildikleri gibi yağ asitleri-yağ alkoller, lesitin-sorbitan tristearat ve fitosteroller-orizanol gibi karışımlar şeklinde de kullanılabilmektedir (Zetzel ve Marangoni, 2011). Oleojelatör seçimi sektöre göre değişiklik göstermekle birlikte gıda sektöründe genellikle düşük molekül ağırlıklı; 12-hidroksi stearik asit, mono-digliseritler, etilselüloz, sorbitan monostearat, sorbitan tristearat-lesitin, fitosteroller-γ-oryzanol ve yağ asitleri-yağ alkoller kullanılmaktadır (Yenioğlu Demiralp vd., 2017). İyi oleojelatör fonksiyonu taşımaları, çeşitli gıdalar için uygunlukları, fiyatlarının kısmen uygun olması, ticari olarak ulaşılabilirliği ve düşük konsantrasyonlarda etkili şekilde kullanım uygunluğu gibi pek çok özelliklerinden dolayı gıda endüstrisinde en sık tercih edilen oleojelatörler ise mumlardır (Demirkesen, 2017). Oleojelatör seçilirken; gıdaya uygun olmasına, ekonomik yönden uygun olmasına, düşük konsantrasyonlarda etkin

şekilde jel oluşturma kabiliyeti olmasına, kullanılan yağın fiziksel özelliklerine uyumlu olmasına dikkat edilmelidir (Yenioğlu Demiralp vd., 2017). Etkili oleojelatörler, apolar sıvılar içerisinde ağırlıkça % 0,5 gibi düşük konsantrasyonlarda jel oluşturmaktadırlar ve düşük konsantrasyonlarda oleojel yapabilme kabiliyeti gıda endüstrisi için caziptir (Singh vd., 2017). Bu alandaki en büyük zorluk, sadece gıda sınıfı değil, aynı zamanda fonksiyonel bir avantaj sunan bir oleojelatör bulmaktır (Zetzl ve Marangoni, 2011).

2.4. Gıda Alanında Kullanılan Oleojelatörler

2.4.1. Sorbitan Monostearat (SMS)

Gıda endüstrisinde bir emülgatör olarak kullanılan ve Span 60 olarak anılan SMS, yaklaşık 4,7 hidrofilik-lipofilik balans değerine sahiptir ve yağ içerisinde su emülsiyonlarını oluşturmaktadır. SMS molekülleri jelasyon sıcaklığında kendi kendine halka şeklinde yapılar oluşturmaktadır. Soğutma ile halkalar çubuk şeklindeki tübüllere dönüşmekte ve tübüller bir araya gelerek çözücüyü hareketsizleştiren üç boyutlu bir ağ oluşturmaktadır. Hidrofobik noniyonik yüzey aktif madde olan SMS; kanola, susam ve zeytinyağı gibi bitkisel yağlar ile oleojel oluşturmaktadır. SMS oleojelleri opak, termodönüşümlü, yarı katı ve haftalarca oda sıcaklığında kararlıdırlar (Dassanayeke vd., 2011). Genellikle kek, dolgu maddesi ve soslar için polisorbitatlarla birlikte kullanılan, hacim artışı ve yumuşaklığı destekleyen ve lipit sistemlerinde kristalizasyon özelliklerini modifiye etmek için yüksek potansiyel sunan, iyonik olmayan hidrofobik emülsifiye edici bir yüzey aktif maddedir (Chaves vd., 2018).

2.4.2. Lesitin

Lesitin yaygın olarak gıda, kozmetik, ilaç ve biyoteknoloji endüstrilerinde bir emülgatör olarak kullanılmaktadır. Lesitin soya fasulyesi, ayçiçeği çekirdeği ve kolza tohumu gibi yağlı tohumlardan, bitkisel yağ üretimi sırasında yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır (Chaves vd., 2018). Lesitin emülsifiye edici özelliği, iki yağ asidi ve bir fosfat grubu veya fosfat grubu ve farklı azotlu bazlarla esterleştirilmiş bir gliserolden oluşan fosfolipitlerden kaynaklandığı belirtilmektedir (Arnold vd., 2013). Lesitin oleojel yapısının oluşumu, az miktarda suyun doymamış bitkisel yağ içerisine eklenmesi ile oluşan birbirine karışmış ters miseller içinde hareketsiz hale gelmesi şeklinde açıklanabilmektedir. Lesitin kullanımının en büyük dezavantajı çok dar su aktivitesi aralığında çalışmaya imkân

vermesi, dolayısıyla karmaşık gıda sistemlerine uygulanma imkânının olmamasıdır (Yılmaz ve Ögütçü, 2012).

2.4.3. Etil Selüloz (EC)

Etil selüloz, selüloz polimerinin eterleştirilmesiyle üretilmektedir (Gravelle vd., 2012). Etil selüloz plastik, seramik, kaplama, ilaç, kozmetik ve gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır; nispeten ucuzdur (Singh vd., 2017). EC yağa ilâve edildikten sonra jelleşmenin sağlanabilmesi için camsı geçiş sıcaklığının (~135 °C) üzerinde ısıtılması gerekmektedir (Gravelle vd., 2016). Polimerin, yağı tutan karmaşık bir ağ oluşturması için hidrojen bağı yoluyla katı hale getirmek üzere soğutulması gerekmektedir (Singh vd., 2017). Yenilebilir EC oleojellerinin mekanik özellikleri, kullanılan yağın çeşidine, karışımın formülasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Mekanik özellikleri etkileyen yağ parametreler; molekül ağırlığı, TAG bileşimi, polar oksidasyon ürünleri ve yüzey aktif madde ilavesi olarak sıralanabilir (Gravelle vd., 2016).

2.4.4. 12- Hidroksi Stearik Asit (12-HSA)

12-HSA, hint yağının bileşimindeki stearik asitten elde edilmektedir (Zetzi ve Marangoni, 2011). Yağ bazlı gıda ürünlerini jelleştiren ilk uzun zincirli substitüe yağ asidi olduğu bildirilmiştir (Marangoni ve Garti, 2011). 12-HSA, yağda kristalleştirildiğinde, ağırlıkça % 0,5-2,0' ye kadar düşük konsantrasyonlarda bile yağı jelleştirebilen supramoleküler bir yapıya yol açan ve kendi kendine bir araya gelen düşük moleküler ağırlıklı bir maddedir (Stortz vd., 2012). 12-HSA, ağırlıkça % 1' den daha az konsantrasyonlarda toluen, dodekan, parafin yağı, nitrobenzen, silikon yağı veya trigliserit gibi çok çeşitli organik çözücüler içeren oleojelleri oluşturabilmektedir (Burkhardt vd., 2016).

2.4.5. Mono ve digliserit

Mono ve digliseritler gliserol molekülüne ester bağı ile kovalent olarak bağlanmış yağ asidinden oluşan gliseritlerdir. Amfifilik karakterli olan bu gliseritler gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Yenioğlu Demiralp vd., 2017). Amfifilik karakterleri nedeniyle farklı şekillerde kendi kendine bağ yapma özelliğine sahiptirler (Marangoni ve Garti, 2011). Mono ve digliseritler hidrofilik ve hidrofobik özellik göstermelerinden dolayı su ve yağda kısmen çözünmektedirler ve su ile kolayca sıvı kristal faz oluşturabilmektedirler. Molekülde polar kısım sulu fazda ve apolar kısım yağ fazında

olacak şekilde yağ-su ara yüzeyinde bulunmaktadır ve bu yönüyle monogliseritler ara yüzey gerilimini düşürücü ve emülsiyonları stabilize edici olacak şekilde davranmaktadırlar (Yılmaz ve Öğütçü, 2012).

2.4.6. Bitki Mumu Esaslı Oleojeller

Mum, fonksiyonel ya da fonksiyonel olmayan gruplu uzun hidrokarbon zincirleri içeren yağlı bir madde olarak tanımlanmaktadır (Dassanayake vd., 2011). Mumlar gıda, ilaç ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Fiyatlarının uygun olması, düşük konsantrasyonlarda etkili jelleşme kabiliyeti olması ve ticari olarak ulaşılabilirliğinin kolay olması gibi özelliklerinden dolayı da gıda sektöründe sıklıkla tercih edilen oleojelatörlerdir (Demirkesen, 2017). Mum esaslı jelatörler, mumun orijinine bağlı olarak değişen n-alkanlar, yağ alkolleri ve yağ asitleri fraksiyonlarından oluşmaktadır ve bu bileşenlerin oranları, jelasyon üzerinde kritik bir role sahiptir (Singh vd., 2017). Mum esterleri, TAG' lara kıyasla, yenilebilir iğne benzeri kristaller oluşturur ve olumsuz sağlık etkilerine sahip değildirler. Kandelila mumu (KM), karnauba mumu (KRM), pirinç kepeği mumu (PM) ve balmumu (BM) gıda sınıfı mumlar olarak büyük önem taşımaktadırlar (Singh vd., 2017).

KRM, meyve ve sebzeler için yenilebilir kaplama formülasyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. 81-86 °C arasında erime noktasına sahip olan, yüksek molekül ağırlıklı asit ve hidroksil asit esterlerinin kompleks karışımından oluşan çok sert bir materyaldir. Kozmetikte ve yenilebilir filmlerde yağ yapılandırma malzemesi olarak kullanılmaktadır (Dassanayake vd., 2011).

BM, FDA tarafından onaylanmış ve herhangi bir sınırlama olmaksızın gıdalarda kullanılan bir katkı maddesidir (Dassanayake vd., 2011). BM, arı kovanlarında bal arıları *A. mellifera* tarafından üretilen doğal olarak oluşan bir balmumdur. Bununla birlikte BM, *A. dorsata*, *A. florea* ve *A. indica* dahil olmak üzere diğer bal arısı türlerinden de elde edilebilmektedir. Erime noktası BM bileşimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu sıcaklık genellikle 61-66 °C arasında değişiklik göstermektedir. BM bileşimi üretim yerine, bal arısı türüne ve balmumunun yaşına bağlı olarak değişiklik göstermekte ve genellikle, hidrolize olmamış balmumu hidrokarbonlar (% 15), esterler (% 71), serbest asitler (% 8) ve diğer bileşikler (% 6) içermektedir (Bonvehı ve Bermejo, 2012; Tulloch, 1970).

Euphorbia cerifera bitkisinin yapraklarından elde edilen KM, 29-33 karbonlu n-alkanlardan oluşmaktadır (Singh vd., 2017). Genel olarak 67-69 °C arasında bir erime noktasına sahip olan KM esas olarak sakız, yüzey kaplama maddesi, gıda katkı maddesi,

parlatıcı (glazing agent) maddesi ve matlaştırıcı (clouding agent) olarak kullanılmaktadır (Rocha vd., 2013; Dassanayake vd., 2011). KM, KRM' ye kıyasla daha etkili bir oleojelatördür, KM % 2 gibi düşük konsantrasyonlarda jel oluşumunu desteklerken, KRM % 4 konsantrasyona kadar jel oluşturmamaktadır (Zetzel ve Marangoni, 2011).

BM oleojelleri, kanola yağı içerisinde oluşturulan KRM ve KM oleojelleri ile karşılaştırıldığında, üstün yapışma ve özelliklere sahip olduğu görülmektedir. KM sertlik değeri en yüksek olan, BM ise sertlik değeri en düşük olan mumdur (Dassanayake vd., 2011).

PM, pirincin öğütülmesinde yan ürün olan pirinç kepeğinden elde edilen doğal bir bitki mumudur (Dassanayake vd., 2011). Son zamanlarda, PM, KM' yi bile aşan jelleşme potansiyeli göstermektedir. PM' nin, ve KM ve KRM gibi diğer pek çok mumdan farkı, oleojel oluşumunu kolaylaştıran, uzun, iğne benzeri kristaller oluşturmastır. KM veya KRM, % 2 ve % 4 konsantrasyonlarda jel oluştururken, PM % 0,5 kadar düşük konsantrasyonlarda jel oluşturabilmektedir (Zetzel ve Marangoni, 2011).

PM kozmetik, ilaç, gıda, polimer ve deri endüstrilerinde KRM ve KM gibi verimli bir şekilde potansiyel uygulamalara sahiptir (Dassanayake vd., 2011). Ancak % 5 gibi yüksek konsantrasyonlarda mumun yağlı görünümü ve ağız hissi, bu ürünü çoğu gıdada kullanmak için zor bir bileşen haline getirmiştir (Zetzel ve Marangoni, 2011).

2.4.7. Yağ asitleri-Yağ alkolleri

Uzun zincirli yağ asitleri ile yağ alkollerinin tek başlarına kullanımlarının oleojel üretiminde etkili olmadığı fakat kombinasyonları halinde olejel üretiminin mümkün olduğu belirtilmektedir. Bu kombinasyon sonucu elde edilen oleojeller homojen yapıdadır (Öğütücü ve Yılmaz, 2001). Bitkisel yağın yapısı üzerinde büyük bir etkisi olmasa da asit ile alkol arasındaki oranın elde edilen yapı sertliği üzerinde büyük etkisi olmaktadır (Dassanayake vd., 2009). Stearik asidin stearyl alkole oranı 3:7 olduğu durumda sertliğin en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür (Öğütücü ve Yılmaz, 2001).

2.4.8. Lesitin-Sorbitan Tristearat

Lesitin, az miktarda su, gliserol veya formamid ilâve edildiğinde su içermeyen ortamda ters ve devasa silindirik misellere kendiliğinden yerleşir. Kritik bir uzunluğa ulaştıktan sonra misellerle örtüşür ve viskoelastik olmayan özelliklere yol açan geçici üç boyutlu bir ağ oluşturulur (Dassanayake vd., 2011). Lesitin oleojelleri, suya karşı aşırı duyarlı olduğundan dolayı gıda kullanımı için sınırlı bir potansiyele sahip olmakla birlikte

lesitin ve sorbitan tristearat kombinasyonu katı yağlar için iyi bir alternatif olabilir. Sorbitan tristearatın ise bitkisel yağı tek başına jelleştiremediği ve lesitin ile kullanıldığında etkili bir jel yapı oluşturduğu saptanmıştır (Öğütücü ve Yılmaz, 2001). Lesitin ve sorbitan tristearat oranları 40:60 ve 60:40 aralığında ayarlandığında, % 4 kadar düşük konsantrasyonlarda sıkı bir jel yapı elde edilebilir. Ancak, lesitin ve sorbitan tristearat kombinasyonu, katı yağ ikâme maddesi olarak sınırlı bir kullanıma sahiptir, çünkü jel yaklaşık olarak 15° C'de yumuşamaya başlar ve 30° C'de çöker (Marangoni ve Garti, 2011).

2.4.9. γ -Orizanol-fitosteroller

γ -oryzanol ve β -sitosterol, doğal olarak pirinç kepeği yağında ve birçok bitkisel yağda bulunmaktadır (Dassanayake vd., 2011). γ -orizanol ve fitosterol karışımı % 2 - 4 oranındaki konsantrasyonlarda bitkisel yağlarda oleojel oluşturabilme yeteneğine sahip olduğu ve oluşan karma yapının 7,2 nm çapında içi boş tüp şeklinde olduğu belirtilmektedir. γ -orizanol ve fitosterol karışımı ile elde edilen oleojellerde sertlik ve bulanıklık değerinin orizanol ve fitosterol oranına göre değişiklik gösterdiği ve orizanol oranı yükseldikçe bulanıklık düzeyinin düştüğü bildirilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2001). Diğer oleojelatörlerin çoğundan farklı olarak γ -oryzanol- β -sitosterol oleojeli soğutma işlemi ile hemen oluşmamakta, aynı zamanda oleojel oluşumunu teşvik etmek için uzun süreli mekanik karıştırma işleminin uygulanmasının gerekli olduğu bildirilmiştir (Dassanayake vd., 2011).

2.5. Gıda Endüstrisinde Oleojel Uygulamaları

Kanola yağına % 3 ve % 6 oranlarında KM ilâve edilerek hazırlanan oleojel örnekleri kurabiyelerde şorteninglere alternatif olarak kullanılmıştır. Oleojellerle hazırlanan kurabiye örnekleri şortening ile hazırlanan kurabiye örnekleriyle karşılaştırıldığında oleojel içeren kurabiyelerde, DmYA miktarının % 92' ye kadar arttığı DYA miktarının ise % 8-10' a kadar düştüğü, pişirme sırasında düşük viskozite göstermesinden dolayı kurabiye çapının arttığı ve yüksekliğinin azalmasıyla arzu edilen yayılabilir nitelikler kazandığı, kopma kuvvetinin azalmasıyla daha yumuşak yeme özelliğine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir (Jang vd., 2015).

Üç farklı kaynaktan elde edilmiş mum ile hazırlanmış (PM, BM ve KM) ayçiçeği yağı oleojellerinin keklerde yağ ikâme edici olarak kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Aynı koşullar altında şortening ve oleojelle kek hazırlanmış ve karşılaştırılmıştır. Mum

esaslı oleojelin şortening ile değiştirilmesi keklerde sabit kayma viskozitesinin ve viskoelastik parametrelerinin azalmasına sebep olmuştur. Daha düşük viskozite ve daha az dağılma özelliklerine sahip kek hamurları üretilmiştir. Ayrıca oleojelin şortening ile değiştirilmesiyle kek hamurlarının yapışkan yapısı daha baskın hale gelmiştir. Oleojelle yapılan yağ değişimi keklerde toplam gözenekliliği düşürürken, hacim bakımından önemli bir fark yaratmamıştır. Ayrıca oleojelleri içeren keklerde DYA seviyesi şortening (% 58) ile karşılaştırıldığında % 14-17' ye kadar düşmüştür. Yapılan çalışmada, oleojellerin kullanıldığı keklerin, şortening ile yapılan keklere kıyasla daha iyi özelliklere sahip olduğu, ayrıca besleyici olarak üstün keklerin üretilmesinde en etkili yöntem olduğu bildirilmiştir (Oh vd., 2017).

Kanola yağına KM eklenerek oleojel örnekleri elde edilmiştir. Üretilen oleojellerin bir kısmı şortening ile 4 farklı şekilde harmanlanmış ve kodlanmışlardır (1. % 60 KM3 % 40 şortening, 2. % 30 KM3 % 70 şortening, 3. % 60 KM6 % 40 şortening, 4. % 30 KM6 % 70 şortening). Sonrasında oleojelleri ve oleojel-şortening harmanlarını kurabiye formülasyonlarına dahil ederek kurabiye hamurunun reolojik özelliklerini ve kurabiyelerin kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kontrol grubu olarak hazırlanan şortening ve kanola yağı kullanılan kurabiyelerle karşılaştırılmışlardır. Şorteningin ana yağ asidi bileşeni palmitik asit olduğu, kanola yağının ise oleik ve linoleik asitler yönünden zengin olduğu ve KM kanola yağına dahil edildiğinde ise DYA' da hafif artışlar olduğu görülmüştür. Oleojel ve oleojel-şortening yağ harmanları şortening ile karşılaştırıldığında daha sağlıklı yağ asidi profiline sahip DmYA miktarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Hamur numunelerinde yapılan analizler oleojel içeren numunelerin şortening içeren numunelere göre çok daha yüksek uzayabilirlik ve daha düşük sertliğe sahip olduğunu göstermiştir. Oleojellerin şortening ile harmanlanması elde edilen hamurun daha sert özelliğe sahip olmasına neden olmuştur. Formülasyonda kanola yağı kullanıldığında kurabiyeler daha yüksek yayılma ve sertlik değerleri göstermiştir. Oleojellerin şortening ile harmanlanması, kurabiyelerin fiziksel özelliklerini önemli ölçüde geliştirmiştir. Bu çalışmanın sonuçları oleojellerin kullanımının kurabiyelerin kalitesini kanola içeren kurabiyelere kıyasla arttırdığını göstermiştir (Mert ve Demirkese, 2016).

Nar çekirdeği yağına (PSO); monogliserid (MG), balmumu (BM) ve propolis (PRM) oleojelatörleri eklenerek elde edilen oleojel örnekleri palm yağına 1:1 oranında ilâve edilerek çikolata formülasyonunda yağ fazı olarak kullanılmış ve çikolata yayılımının fiziksel özellikleri incelenmiştir. PSO' daki MG, BM ve PRM' nin farklı kristal yapıları, oleojel-palmiye yağı karışımının farklı fiziko kimyasal özelliklerine ve farklı çikolata

yayımlarına neden olmuştur. MG ile palm yağı arasındaki etkileşimin güçlü oleojel-palm yağı karışımı oluşumunda en yüksek etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte BM ve palm yağı arasındaki düşük kimyasal uyum daha zayıf bir karışım oluşumuna neden olmuştur. MG içeren çikolata BM esaslı çikolataya kıyasla daha yüksek sertlik göstermiştir. Depolama esnasında ise MG' nin hidrojen bağı ve polimorfik yapıdaki değişiklikler çikolata yayılımında sertliğin azalmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, depolama esnasında BM ve PRM kristallerinin yeniden düzenlenmesi mum esaslı çikolata dağılımlarının sertliğini arttırmıştır. Her durumda, oleojel-palmiye yağı karışımı iyi bir yağ bağlama özelliği göstermiştir ve DYA içeriğini düşürmek için iyi bir seçenek olmuştur (Fayaz vd., 2017).

Ayçiçek yağına % 5 oranında AM, PM, ve KRM eklenerek elde edilen oleojellerin reolojik ve tekstürel özellikleri değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Üç farklı mum ile elde edilen oleojel örnekleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; AM ile elde edilen oleojel örneklerinin daha sert bir tekstüre sahip olduğu görülmüştür. En yumuşak tekstür ise KRM içeren oleojel örneklerinden elde edilmiştir. Sıcaklığa karşı en fazla duyarlılığı KRM içeren oleojel örnekleri ve en düşük hassasiyeti ise AM içeren oleojel örnekleri göstermiştir. AM içeren oleojeller en yüksek depolama ve kayıp modülüs değeri verirken, en düşük depolama ve kayıp modülüs değerleri KRM içeren oleojeller tarafından elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, işlenmiş gıda üretiminde oleojel kullanımının arttırılmasının gıda endüstrisi için yararlı olacağı, özellikle de ayçiçek yağı ve AM ile elde edilen oleojellerin başarı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Demirkese, 2017).

Dondurmalarda fitosteroller ve γ -oryzanol ile yapılan ayçiçek yağı oleojellerinin süt yağına ikâme olarak kullanılmasını değerlendirilmiştir. Jelleştiriciler, bir fitosterol ve γ -oryzanol karışımından ağırlıkça 40:60 oranında oluşturulmuştur. Ayçiçeği yağı termostatik bir banyoda 70 °C' ye kadar ısıtıldıktan sonra jelatör sürekli karıştırma uygulanarak ilâve edilmiştir. Karıştırma işlemi, jelatörler yağ içinde tamamen eriyene kadar devam ettirilmiştir. Ardından, yağ ve jelatörlerin sıcak karışımı, pastörizasyon sırasında dondurma karışımına ilâve edilmiştir. Sonuç olarak, dondurmalarda süt kreması yerine oleojellerin kullanılması daha sağlıklı ürün elde edileceğini göstermiştir. Özellikle, 12 g / 100 g jelatör içeren oleojel ile üretilen dondurmalar, süt yağı ile yapılan örneklerle göre benzer ya da daha iyi kalite özellikleri göstermiştir. 4-8 g / 100 g oleojel ile üretilen dondurmalar, ürünlerin toplam enerji içeriğinin yaklaşık % 3-5' ini oluşturan; 0,48 g / 100 g-0,86 g / 100 g DYA içermektedir (Moriano ve Alamprese, 2017).

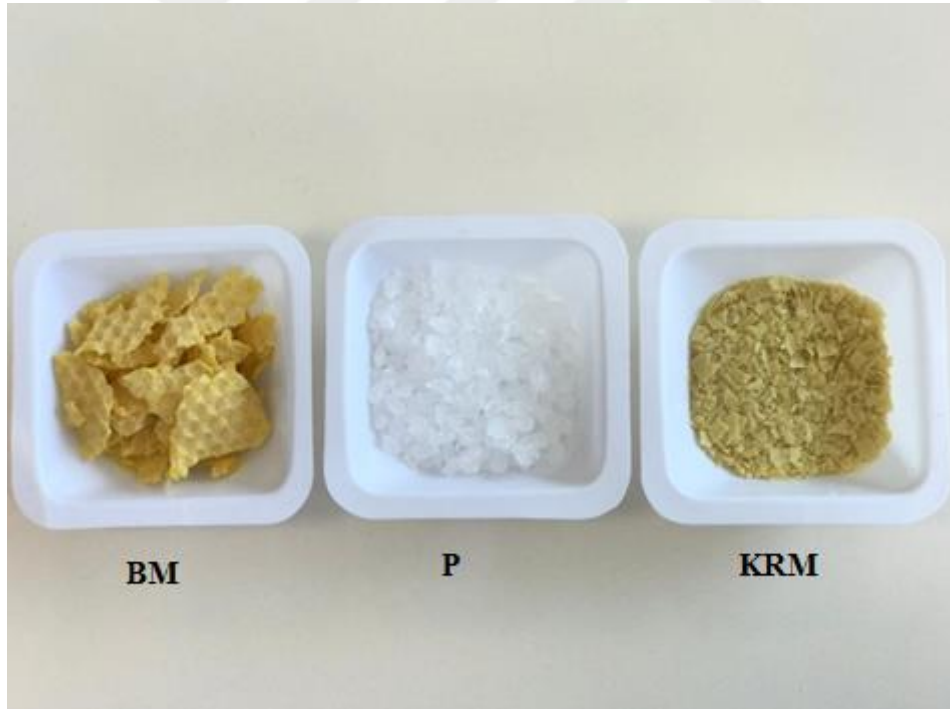
PM'nin, pirinç kepeği yağına ilâve edilerek hazırlanan oleojelin lipid sindirilebilirliğine olan etkisi, margarin ve sığır don yağıyla kıyaslanarak ratlar üzerinde araştırılmıştır. Ratlar 12 saat ışık 12 saat karanlık döngü altında penceresiz klimalı bir odada paslanmaz elik kafeslere yerleştirilmiş ve ticari bir kemirgen diyeti ile 7 gün boyunca beslendikten sonra gece boyunca aç bırakılarak tartılmıştır. Sekizerli olarak 4 gruba bölündükten sonra 4 hafta boyunca yüksek yağlı diyetlerle beslenmişlerdir [1. grup; sığır don yağı (kontrol), 2. grup; margarin, 3. grup RBW-pirinç kepeği yağı oleojel 4. grup; % 5 RBW % 95 pirinç kepeği yağı]. Araştırma sonucunda oleojel obezitenin önlenmesi bakımından bir etki göstermemiştir; ancak, RBW' nin kristal ağ yapısı ve pirinç kepeği yağı karaciğer koruyucu etki göstermiştir. RBW-pirinç kepeği yağı oleojel alternatif yarı katı yağ olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır (Limpimwong vd., 2017)



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Yapılan çalışmada, rafine ayçiçek yağı, soğuk sıkım keten tohumu yağı, rafine zeytinyağı ve rafine palm çekirdeği yağı olmak üzere dört çeşit bitkisel yağ kullanılmıştır. Bu yağlar Manolya Doğal ve Aromatik Ürünler adlı firmadan temin edilmiştir. Yağların tamamı oksidasyonu engellemek amacıyla 1 litrelik şişelere tam dolum yapılarak 4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Bitkisel yağda jel formu elde etmek amacıyla Muğla Petek firmasından temin edilen balmumu (BM), Aldrich Chemistry marka karnauba mumu (KRM) ve Merck marka parafin (P) olmak üzere üç çeşit oleojelatör kullanılmıştır. Kontrol olarak kullanılan % 75 yağlı bitkisel margarin yerel bir marketten satın alınmıştır. Kurabiye yapımında kullanılan maltodekstrin (Tito Premium), buğday unu, şeker, buğday nişastası, hamur kabartma tozu, tuz, yumurta ve mutfak araç gereçleri yerel marketten satın alınmıştır.



Şekil 3.1. Oleojel yapımında kullanılan oleojelatörler

3.2. Aletler ve Cihazlar

Kullanılan yağların ve oleojelatörlerin tartımını yapmak için SHIMADZU (Shimadzu Scientific Instruments, Japonya) 0,001 g hassasiyette olan terazi kullanılmıştır. Oleojelasyon işlemi çift cidarlı cam reaktör içinde, sirküleli su banyosu kullanılarak (Huber CC1-106A, Almanya) sabit sıcaklıkta ve vakum altında, manyetik karıştırıcı (Velp Scientifica, İtalya) ile karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen karışımların aynı koşullarda jel oluşumunu ve depolamalarını sağlamak amacıyla, 70 g kapasiteli cam kavanoz kullanılmıştır. Oleojellerin 23 °C depolamaları için (Wisecube, Daihan, Güney Kore) soğutmalı inkübatör, 4 °C depolamaları için Arçelik marka buzdolabı kullanılmıştır. Kurabiyelerin üretiminde ise, 67 cm genişliğe, 19 cm kalınlığa ve 7 cm yüksekliğe sahip bir kalıp kullanılmıştır. Kurabiye pişirme işleminde etüv (Nüve EN500, Ankara, Türkiye) kullanılmıştır. Kurabiyelerin depolamasını yapmak için (Wisecube, Daihan, Güney Kore) soğutmalı inkübatör kullanılmıştır.

3.3. Yöntem

Oleojelasyon işlemi ve analizler üç tekerrür olarak yapılmıştır ve işlem aşağıda özetlenmiştir.

3.3.4. Karışım Yağının Hazırlanması

Ayçiçek yağı (% 50) ve keten tohumu yağı (% 50) karıştırılmıştır; bu karışım, palm çekirdeği yağı ve zeytinyağı 1:1:1 oranlarında eklenerek bitkisel yağ karışımı (BYK) elde edilmiştir.

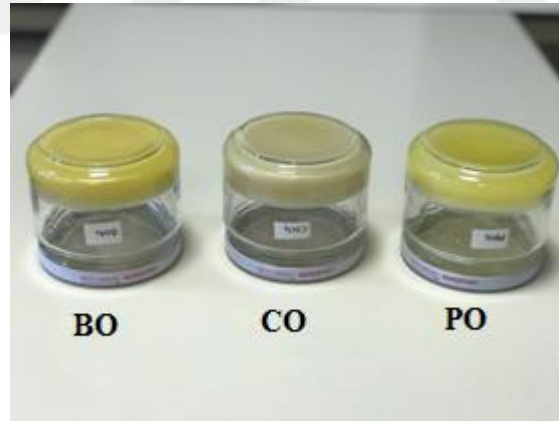
3.3.5. Oleojellerin Hazırlanması

Oleojelatör oranının belirlenmesinde oleojelin ters çevrilen kavanozun cidarlarından akmaması dikkate alınmıştır. Oleojelatör oranı her üç oleojelatör için % 15 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan BYK' ya ağırlığının % 15' i oranında oleojelatör eklenmiştir. Çift cidarlı reaktöre vakum uygulanarak oksijen uzaklaştırılmıştır. Manyetik karıştırıcı ile 300 rpm hızla karıştırma uygulanmıştır. Oleojelatörlerin BYK içinde homojen dağılımını sağlamak amacıyla, balmumu (BO) ve parafin (PO) oleojelleri 80 °C sıcaklıkta, karnauba oleojeli (CO) ise 90 °C sıcaklıkta 25 dakika karıştırma işlemi uygulanarak hazırlanmıştır.



Şekil 3.2. Oleojel yapımında kullanılan çift cidarlı cam reaktör

Hazırlanan karışım kavanozlara alınmış, oda sıcaklığında bekletildikten sonra jel oluşumunu sağlamak için birinci grup 24 saat boyunca 23 °C' da soğutmalı inkübatörde ikinci grup 4 °C' de bekletilmiş ve 0. gün analizleri yapılmıştır. Hazırlanan oleojellerin oksidatif, tekstürel ve renk stabilitelerinin belirlenmesi amacıyla 23 °C ve 4 °C' de 90 günlük depolama yapılmıştır. Belirlenen sürelerde (0.-45.-90. gün) peroksit, renk ve tekstür analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.3. Balmumu, karnauba ve parafin oleojelleri

3.3.6. Kurabiyelerin Hazırlanması

Kurabiye hamuru Yılmaz ve Öğütçü, 2015' e göre hazırlanmış, Tablo 3.1'de formülasyon verilmiştir. Bu tarife göre; % 65 buğday unu, % 19 şeker, % 11 maltodekstrin, % 3,5 buğday nişastası, % 0,5 hamur kabartma tozu (2: 3, sodyum pirofosfat-sodyum bikarbonat) ve %1 tuz kullanılarak standart toz karışım hazırlanmıştır. Daha sonra her bir

oleojel, margarin ve BYK' nın % 24,07' si ve homojen hale getirilmiş yumurtanın % 7,15' i eklenerek 5 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen hamur 9 gramlık küçük parçalar haline getirilerek Şekil 3.4' deki gibi, 67 cm genişliğe, 19 cm kalınlığa ve 7 cm yüksekliğe sahip bir kalıpla şekillendirilmiştir.

Tablo 3.1. Kurabiye yapımında kullanılan formülasyon

İçindekiler (%)	MK	KRK	BK	CK	PK
Toz karışım ¹	68,77	68,77	68,77	68,77	68,77
Yumurta	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15
Margarin ²	24,07	-	-	-	-
BYK ³	-	24,07	-	-	-
BO ⁴	-	-	24,07	-	-
CO ⁵	-	-	-	24,07	-
PO ⁶	-	-	-	-	24,07

¹Toz karışım: % 65 buğday unu, % 19 şeker, % 11 maltodekstrin, % 3,5 buğday nişastası, % 0,5 hamur kabartma tozu (sodyum pirofosfat, sodyum bikarbonat, mısır nişastası) ve % 1 tuz. ²Margarin: % 75 Bitkisel yağlar (değişen miktarlarda palm, kanola, pamuk, aspir, ayçiçek, hindistan cevizi, keten tohumu), su, yağsız pastörize süt, emülgatör (yağ asitlerinin mono ve digliseritleri, ayçiçek lesitini), tuz, koruyucu (potasyum sorbat), asitlik düzenleyici (sitrik asit), aroma verici, vitamin (E), renklendirici (Betakaroten). ³BYK: ayçiçek yağı (% 50) ve keten tohumu yağı (% 50) ile edilen karışım, zayıtınağ ve palm çekirdeğı yağı 1:1:1. ⁴BO: % 85 karışım yağ, % 15 balmumu. ⁵CO: % 85 karışım yağ, % 15 karnauba, ⁶PO: % 85 karışım yağ, % 15 parafin, MK: Margarin içeren kurabiye, KRK: Bitkisel yağ içeren kurabiye, BK: Balmumu içeren kurabiye, CK: Karnauba mumu içeren kurabiye, PK: Parafin içeren kurabiye.

Kurabiyeler yağlı kâğıt ile kaplanmış fırın tepsilerine belirli aralıklarla yerleştirildikten sonra 175 °C' da 10 dakika boyunca pişirilmiştir. Her örnek için aynı pişirme koşulları sağlanmıştır.



Şekil 3.4. Kurabiye örneklerinin şekillendirilmesi

Pişirme işleminden sonra oda sıcaklığına getirilen kurabiyeler şekil 3.5' deki gibi kilitli polipropilen torbalara alınarak muhafaza edilmiş ve 0. gün analizleri yapılmıştır.



şekil 3.5. Kurabiyelerin paketlenmesi

Hazırlanan kurabiyelerde oksidatif stabilite, su aktivitesi ve tekstürel stabilitelerinin belirlenmesi amacıyla 3 ay boyunca 23 °C inkübatörde muhafaza edilmiştir. Belirlenen sürelerde (1. ay, 2. ay ve 3. ay) tekstür, su aktivitesi ve peroksit analizleri yapılmıştır. Hazırlanan kurabiye örneklerinin resmi şekil 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.6. Hazırlanan kurabiye örnekleri

3.3.7. Oleojel Örneklerinin Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi

Yağ bağlama kapasitesinin belirlenmesi amacıyla ependorf tüpleri isimlendirilerek tartılıp kayıt altına alınmıştır. Sonrasında 23 °C ve 4 °C 0. gün oleojel örneklerinden 1' er ml ependorflara alınmıştır ve her ependorf tartılarak kayıt altına alınmıştır. Örnekler, (Daihan Scientific, Kore) santrifüj ile 1350 rpm' de 15 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Şekil 3.7' de gösterildiği gibi ependorflar kâğıt havlu üzerine ters çevrilerek 15 dakika boyunca bekletilmiştir ve tekrar tartılarak sıvı faz ayrımı olup olmadığına bakılmıştır.



Şekil 3.7. Santrifüjlenen oleojel örnekleri

3.3.8. Peroksit Analizi

BYK, 23 °C ve 4 °C' da üretilen oleojel örneklerinin her birinde ve kurabiye örneklerinde depolama boyunca AOCS Cd 8-53 yöntemine göre peroksit analizi yapılmıştır. Peroksit değeri (PD), meqO₂/kg olarak hesaplanmıştır.

3.3.9. Renk Değerlerinin Belirlenmesi

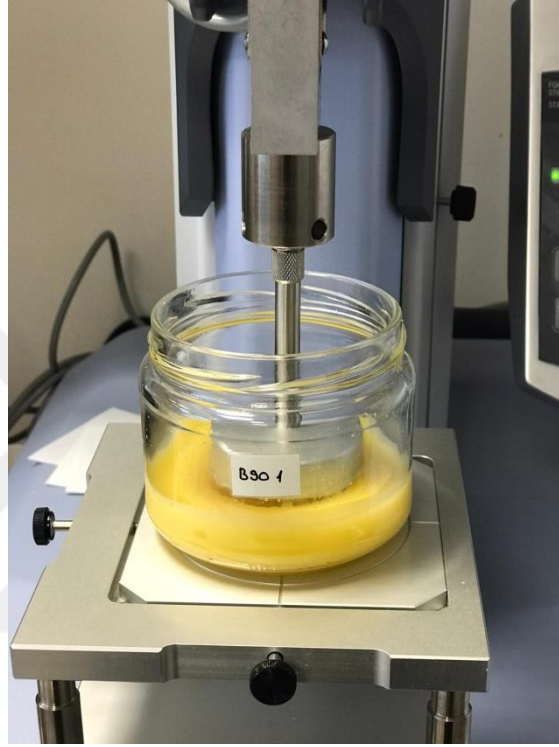
Renk ölçümleri, kolorimetre (Konica-Minolta CR400, Osaka, Japonya) kullanılarak her oleojel örneği için depolama süresi boyunca ve 0. gün kurabiye örneklerinin her biri için yapılmıştır. Şekil 3.8 'de görüldüğü gibi ölçümler her örnek için gün aynı koşulları sağlayacak ortam hazırlanarak yapılmıştır. Oleojel örneklerinin renk ölçümleri, içerisinde bulunduğu kavanoz üzerinden 3 tekerrür ve iki paralel olacak şekilde yapılmıştır. Kurabiye örneklerinin her biri porselen bir havan yardımıyla ezilerek homojen hale getirilmiş ve 3 tekerrür 2 paralel olacak şekilde kolorimetrenin kendi kabı içerisinde Şekil 3.8'deki ortamda renk ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8. Oleojel örneklerinde renk ölçümü

3.3.10. Oleojellerin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi

Depolama süresi boyunca belirlenen aralıklarda ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan oleojellerin sertlik ve yapışkanlık özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla işlem, Tekstür Analizörü (Shimadzu Corporation EZ-X, Kyoto, Japonya) ile Şekil 3.9' daki gibi gerçekleştirilmiştir. Denemelerde 0,2 mm/sec test hızı kullanılmıştır.



Şekil 3.9. TPA analizi

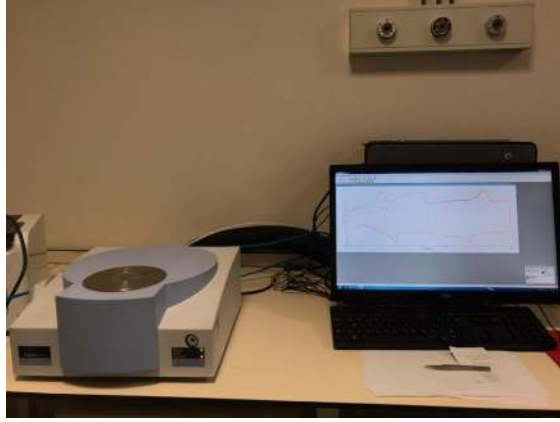
3.3.11. Katı Yağ İndeksinin (SFI) Belirlenmesi

SFI analizi dilatometrik metodla BYK, M ve 0. gün 23 °C oleojel örneklerinde AOCS Oficial Method Cd 10-57 yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde (Kontes Kimble Chase Llc, Amerika Birleşik Devletleri) kalibre dilatometre, (Elma Schmidbauer GmbH, Elmasoniz P 180 H, Almanya) ultrasonik su banyosu, (Daihan Scientific, MaXircu CR-12, Kore) sirküleli su banyosu ve (Huber CC1-106A, Almanya) sirküleli su banyosu kullanılmıştır.

3.3.12. DSC Analizi

BYK, M ve oleojel örneklerinin DSC analizleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde hizmet alımı

şeklinde AOCS Official Method Cj 1-94 ile gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan cihaz ve çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan DSC cihazı

Marka: PerkinElmer

Model: DSC 4000

Örnek Miktarı: 3-10 mg

Çalışma Prensibi: Azot ortamında dakikada 10 derecelik artışlarla 25 °C' den 100 °C' a ısıtılıp 10 dakika bekletildikten sonra, 100 °C' tan -50 °C'a soğutulup 30 dakika bekletilmiş ve -50 °C' tan 100 °C' a ısıtılmıştır.

3.3.13. X-ışını Kırınım (XRD) Analizi

BYK, M ve oleojel örneklerinin XRD analizleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde hizmet alımı şeklinde AOCS Official Method Cd 10-57 ' ye göre yapılmıştır. Analizde kullanılan cihaz ve çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan XRD cihazı

Marka: Bruker

Model: D8 ADVANCE

Işın Kaynağı: 1.5418 Å bakır tüp

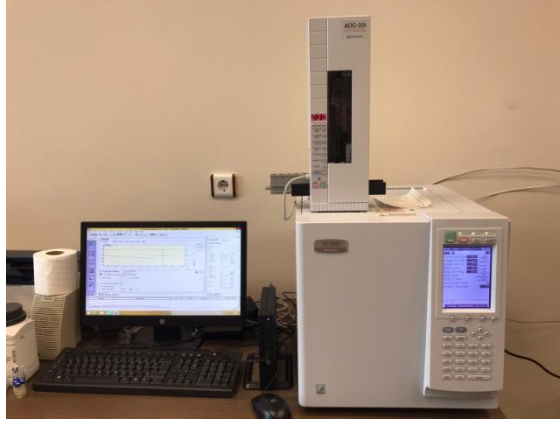
Voltaj: 40 kV

Dedektör: Lynxeye_xe

Çalışma Prensibi: Kristal yapıyı belirlemek amacıyla, 40 kV elektrik enerjisi ışın kaynağı olan bakır tüpe gönderilir ve bir X ışını elde edilir. Elde edilen X ışını, örnekte bir X ışını koparır ve filtreler ile örnekten kopan X ışını dedektör üzerine düşerek pikler elde edilir. 2 tetha 0,01 saniyede 0,02 derece adımlarla ölçülmüştür. Çalışmamızda kullanılan XRD cihazı Şekil 3.11' de verilmiştir.

3.3.14. Yağ Asidi Profiline Belirlenmesi

Oleojel üretiminde kullanılan BYK, M, ayçiçek yağı, keten tohumu yağı, zeytinyağı ve palm çekirdeği yağının yağ asidi profilini belirlemek amacıyla yağ asidi metil esterleri IUPAC2.301, 1987 metoduna göre hazırlanmış ve Şekil 3.12' de gösterilen (Shimadzu, Japonya) GC analizörü kullanılarak ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.12. Çalışmada kullanılan GC analizörü

3.3.15. Su Aktivite (aw) Değerlerinin Belirlenmesi

Kurabiye örneklerinin aw değerlerinin belirlenmesi amacıyla, Şekil 3.13' te gösterilen (Testo 645, Testo, İzmir, Türkiye) su aktivite ölçme cihazı kullanılmıştır. Bu amaçla kurabiyeler porselen bir kroze yardımıyla ezilerek homojen hale getirilmiş ve cihaz içerisinde 15 dakika boyunca bekletilerek aw değerleri ölçülmüştür.



Şekil 3.13. Çalışmada kullanılan su aktivite cihazı

3.3.16. Kuru Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Kurabiye rneklerinin kuru madde içeriğinin belirlenmesi, kl içeriğinin belirlenmesi ve Soxhlet analizinin yapılması için, önceden 3-4 saat boyunca 105  C' da kurutulan alüminyum kurutma kapları desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve hassas terazi ile daraları kayıt altına alınmıştır. Sonrasında her kurabiye örneğinden yaklaşık 20 g örnek tartılarak 60  C' a ayarlanan etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Etüvden desikatöre alınan sabit ağırlığa gelen kurabiye örneklerinin kuru madde içeriği (%) hesaplanmıştır.

3.3.17. Kl İçeriğinin Belirlenmesi

Kl içeriğini belirlemek amacıyla öncelikli olarak porselen krozeler 1 saat boyunca 550  C' da kül fırınında (Protherm Furnaces, Türkiye) yakılmış ve desikatöre alınarak oda sıcaklığına getirilmiştir. Daha önce sabit ağırlığa getirilmiş olan kurabiye örneklerinden yaklaşık 3 g tartılmış ve kül fırınında 550  C' da 18-24 saat boyunca renk gri beyaza dönene kadar yakılmıştır. Yakma işleminden sonra krozeler desikatöre alınarak oda sıcaklığına getirilmiş ve kl içerikleri (%), kroze içerisindeki kül miktarının yakma işleminden önceki kuru örnek ağırlığına oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Kl içeriğinin belirlenmesi her tekerrür için iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.3.18. Yağ İçeriğinin Belirlenmesi

Yağ içeriğini belirlemek amacıyla şekil 3.14' te gösterilen (Heating Mantle Mtops, Capa) ısıtma düzeneğine sahip 150 ml kapasiteli Soxhlet cihazı kullanılmıştır. Öncelikli olarak örnekler için kartuşlar hazırlanmış ve daraları hassas terazi ile tartılarak kayıt altına alınmıştır. Daha önce sabit ağırlığa getirilen kurabiye örneklerinin her birinden yaklaşık 3 g tartılarak kartuşlara alınmış ve hassas terazi ile tartılarak kayıt altına alınmıştır. Hazırlanan rnekler Soxhlet cihazına alınmış ve 150 ml'lik haznelere 1,5 sifon yapacak şekilde hekzan ilave edilmiştir. İşlem, hekzanın kaynamaya başlamasından itibaren 4 saat sürdürülmüş ve işlem sonunda kartuşlar 105  C' da 1 saat boyunca kurutulup desikatöre alınarak oda sıcaklığına getirilmiştir. Tekrar hassas terazi ile tartılarak ağırlıkları kayıt altına alınmış ve hesaplamaları yapılmıştır. Yağ içeriğinin belirlenmesi her tekerrür için iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.14. Çalışmada kullanılan Soxhlet cihazı

3.3.19. Kurabiye Örneklerinin Şeker İçeriğinin Belirlenmesi

Kurabiye örneklerinde toplam şeker içeriğinin belirlenmesi amacıyla Lane Eynon (MEGEP, 2011) metodu kullanılmıştır.

3.3.20. Kurabiye Örneklerinin Boyut Analizi

Kurabiye örneklerinde boyutlar 3 tekerrür olacak şekilde kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

3.3.21. Tekstürel Analiz

Kurabiye örneklerinin tekstürel analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla 23 °C' da muhafaza edilmiş ve 1. ay, 2. ay, 3. ay sertlik değerleri Şekil 3.15' te gösterilen kesme aparatı (Warner-Bratzler 60° V-cut flat end face) ve tekstür analizörü (Shimadzu Corporation EZ-X, Kyoto, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerde 0,5 mm/sec kesme hızı kullanılmıştır.



Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan tekstür cihazı

3.3.22. Duyusal Değerlendirme

Duyusal değerlendirme margarin ve 3 farklı oleojelden (BO, CO, PO) elde edilen kurabiyeler ile 35 panelist kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Panel sırasında, panelistlerin birbirinden etkilenmesini engellemek amacıyla Şekil 3.16' da görüldüğü gibi özel kabinler kullanılmıştır. Kurabiyeler aynı tabak içerisinde 3 basamaklı sayılar ile kodlanarak panelistlere tek seferde sunulmuştur. Panelistlerden önce kurabiyelerin görünüm, doku ve kokusunu sonrasında ise lezzet ve kabul edilebilirliğini değerlendirmeleri istenmiştir. Panelistlere damak temizlemek amacıyla örnekler arasında su (Nazlı, Aydın) sunulmuştur. Duyusal analiz değerlendirme formu Ek-1' de yer almaktadır.



Şekil 3.16. Duyusal değerlendirme ve kullanılan özel kabinler

3.3.23. İstatistiksel Değerlendirme

Analizler sonucu elde edilen veriler, SAS University Edition (2020) programında Anova prosedürü ile tek yönlü varyans analizi ile Duncan çoklu ortalama karşılaştırma testi ile $p < 0,05$ önem derecesinde değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Oleojel Örneklerinin Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi

Yağ salınımı olarak bilinen yağ migrasyonunun çikolata, sürülebilir kahvaltılık ürünler, helva gibi lipit temelli birçok üründe kalite kayıplarına neden olduğu bilinmekte ve bu tarz lipit temelli ürünlerde yağ bağlama kapasitesi önemli bir parametre olarak göze çarpmaktadır. Bu sorunun önüne geçebilmek adına, sıcak soğuk değişimlerine karşı stabil ve yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip yağların kullanılması önerilmektedir (Patel vd., 2014). Sonuç olarak, DYA ve DmYA içeriği dengelenmiş ve yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip oleojel ürünlerinin, bu soruna çözüm olarak sunulabileceği düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada balık yağı ve % 10 konsantrasyonlarda BM, KRM, kullanılarak hazırlanan oleojellerde yağ bağlama kapasitesinin sırasıyla % 99,31 ve % 91,28 olduğu belirlenmiştir. Yağ bağlama kapasitesinin BM ve AM ile hazırlanan oleojellerde daha yüksek olduğu belirtilirken, MG ve KRM ile hazırlanan oleojellerde oleojelatör konsantrasyonu arttıkça yağ bağlama kapasitesinin arttığı bildirilmiştir (Öğütücü, 2014).

Öğütücü ve Yılmaz, (2015) tarafından yapılan çalışmada fındık yağı ile % 10 oranında KRM ile hazırlanan oleojellerin yağ bağlama kapasitesinin % 97,7 olduğu saptanmıştır.

Yi vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, kanola yağı-%15 KRM ve üzüm çekirdeği yağı-% 15 BM ile hazırlanan oleojellerde yağ bağlama kapasitesinin sırasıyla % 99,37 ve % 99,47 olduğu bildirilmiştir.

Bir başka çalışmada Da Pieve vd., (2010), morina karaciğer yağı ve % 5 oranında MG kullanılarak hazırlanan oleojel örneğinde yağ bağlama kapasitesinin % 50-80 aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Yaptığımız tez çalışmasında hazırlanan oleojel örneklerinin ilk tartımları ve son tartımları arasında bir fark görülmemiş ve % 15 oleojelatör ile stabil jeller hazırlandığı sonucuna varılmıştır.

4.2. Depolama Boyunca Oleojellerin Peroksit Değerlerinin Belirlenmesi

Yağların oksidatif stabilitesi, işlenmesi ve depolanması sırasında oksidasyona karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır (Guillen ve Cabo, 2002). Oksidatif stabilite, yağ kalitesini ve yağın raf ömrünü belirlemek için önemli bir göstergedir ayrıca oksidasyon

sırasında düşük molekül ağırlıklı bileşikler meydana gelmektedir ve bu işlem gıdaların besinsel ve duyuşal niteliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Choe ve Min, 2006; Roman vd., 2013).

Çalışmamızda BO, CO ve PO' nun 3 ay boyunca 23 °C ve 4 °C sıcaklıklarda 0-30-45-90. günlerde PD' ye bakılmış ve değerler Tablo 4.1' de verilmiştir. Karışım yağımız olan BYK için PD 7,29 olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan yağlara ve üretilen oleojel örneklerine herhangi bir antioksidan koruyucu ilave edilmemiştir. Örnekler depolama süresi boyunca aynı koşullar altında ve aynı kaplar içerisinde muhafaza edilmiştir. Genel olarak, 23 °C' da depolanan oleojel örneklerinin peroksit değerlerinin 4 °C' da depolanan oleojel örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca 23 °C' da depolanan oleojel örneklerinde PD daha yüksek artış göstermiştir. Benzer bir çalışmada morina karaciğer yağı-KRM ve morina karaciğer yağı-BM oleojel örnekleri 3 ay boyunca oda sıcaklığında ve buzdolabı sıcaklığında depolanmıştır. Depolama süresi boyunca, oda sıcaklığında depolanan oleojel örneklerindeki PD' nin daha yüksek olduğu ve PD' deki artışının buzdolabı sıcaklığında depolanan oleojel örneklerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Öğütücü vd., 2015). Fındık yağı-AM ve fındık yağı-KRM oleojellerinin üretildiği bir başka çalışmada da 90 gün boyunca 4 °C ve 20 °C' de depolama yapılmıştır. Benzer şekilde depolama boyunca 20 °C' da oleojellerdeki PD artışının 4 °C' a göre daha fazla olduğu tespit elde edilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2015). Çalışmamızda tüm oleojel örnekleri arasında en düşük PD, 1 gün boyunca 4°C' da depolanan PO örneği için ölçülen 6,83 meq O₂/kg, en yüksek PD ise, 90 gün boyunca 23 °C' da depolanan PO örneği için ölçülen 28,3 meq O₂/kg olmuştur. Elde edilen PD' yi göz önüne alındığında kullanılan oleojelatör tipinin oksidasyonun teşvik edilmesinde etkili olabileceği sonucuna varılabilir. Gravelle vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada, oleojellerin hazırlık sıcaklığında bekletme süresinin oksidatif stabiliteyi nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bir saate kadar geçen bekletme süresi içerisinde PD' de doğrusal bir artış olduğu görülmüştür. Çalışmamızda oleojellerin hazırlık sıcaklığındaki bekletme süresi sabit sıcaklığa gelene kadar ki süre dahil toplamda 25 dakika olduğundan dolayı, ısıtmanın yağ oksidasyonu üzerindeki etkisinin büyük olmadığı düşünülmektedir. Oleojel örneklerimizin başlangıç PD' nin yüksek çıkmasının nedeni, oleojel üretiminde kullanılan ayçiçek yağının PD' nin standartta verilenlerden daha yüksek olması ve keten tohumu yağının soğuk sıkım bir yağ olması aynı zamanda kullanılan yağlarda ve elde edilen oleojel örneklerinde herhangi bir koruyucu, antioksidan içermemesinden kaynaklı olabileceği söylenebilir. Oksidatif stabiliteyi arttırmak ve yüksek

Tablo 4.1. Depolanan oleojel örneklerinin peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ)

	23°C			4°C		
Oleojel	0. gün	45. gün	90. gün	0. gün	45. gün	90. gün
BO	12,62 ^a ±0,42	18,8 ^{b,1} ±0,93	18,18 ^{c,1} ±0,21	9,28 ^{b,4} ±0,84	10,24 ^{b,3,4} ±0,37	11,19 ^{b,3} ±0,43
CO	13,98 ^{a,3} ±0,48	16,72 ^{c,2} ±1,18	22,19 ^{b,1} ±0,21	12,32 ^{a,4} ±0,21	12,32 ^{a,4} ±1,17	13,43 ^{a,3,4} ±0,56
PO	10,92 ^b ±0,72	22,46 ^{a,2} ±0,41	28,3 ^{a,1} ±0,42	6,83 ^{c,5} ±0,42	9,03 ^{b,4} ±0,42	11,47 ^{b,3} ±0,42

BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnauba oleojeli, PO: Parafin oleojeli, harfler: dikey, rakamlar: yatay

oranda DmYA içeren oleojel örneklerinin oksidasyonunu kontrol altına alabilmek için uygun antioksidanların eklenmesi önerilebilir.

4.3. Oleojel Örneklerinde Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Oleojel örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri 23 ve 4 °C' da ki depolama süresi boyunca BO, CO, PO örneklerinde 0-45-90. günlerde ölçülmüş ve değerler Tablo 4.2-4.3' te sunulmuştur.

Tablo 4. 2. BO, CO ve PO örneklerinin 23 °C' de depolama sonu renk değerleri

Oleojel/ L^*	0. gün	45. gün	90. gün
BO	47,53 ^{a,1} ±0,46	47,09 ^{b,1} ±0,42	48,68 ^{a,1} ±0,31
CO	48,41 ^{a,1} ±0,58	49,88 ^{a,1} ±1,46	49,21 ^{a,1} ±1,65
PO	32,31 ^{a,1} ±2,13	30,22 ^{c,1,2} ±0,99	30,56 ^{b,2} ±1,2
Oleojel/ a^*	0. gün	45. gün	90. gün
BO	-3,77 ^{b,1} ±0,04	-4,09 ^{b,2} ±0,07	-4,31 ^{b,3} ±0,12
CO	-4,42 ^{c,1} ±0,19	-4,75 ^{c,2} ±0,13	-4,5 ^{c,1} ±0,19
PO	-1,69 ^{a,1} ±0,04	-1,78 ^{a,2} ±0,10	-1,79 ^{a,2} ±0,04
Oleojel/ b^*	0. gün	45. gün	90. gün
BO	22,74 ^{a,1} ±1,54	22,68 ^{a,1} ±0,62	21,71 ^{a,1} ±1,48
CO	13,25 ^{b,1} ±0,79	13,03 ^{b,1} ±0,99	12,2 ^{b,1} ±0,82
PO	8,89 ^{c,1} ±0,31	7,57 ^{c,2} ±0,77	7,24 ^{c,2} ±0,21

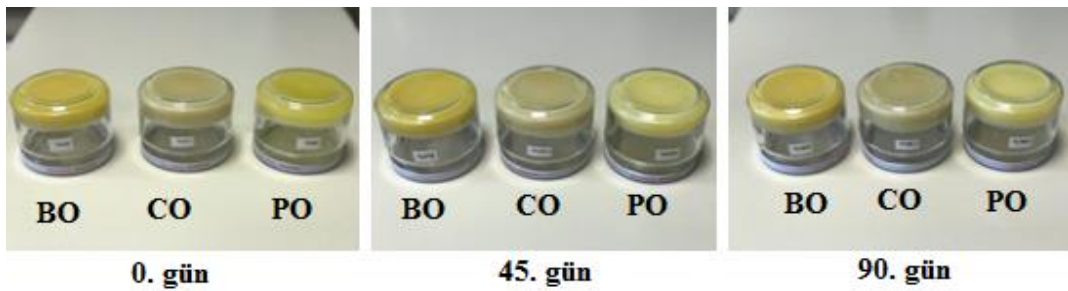
BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnauba oleojeli, PO: Parafin oleojeli, harfler: dikey, rakamlar: yatay

Tablo 4.3. BO, CO ve PO örneklerinin 4°C depolama sonu renk değerleri

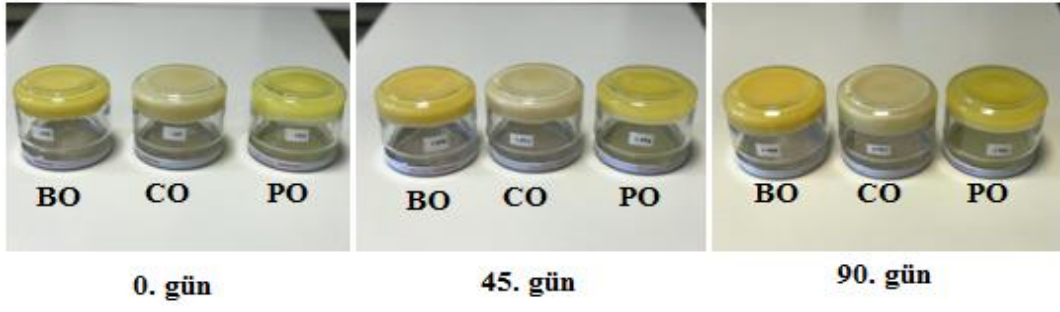
Oleojel/ L^*	0. gün	45. gün	90. gün
BO	52,18 ^{a,1} ±1,27	51,29 ^{a,1} ±1,08	52,16 ^{a,1} ±1,63
CO	50,51 ^{b,1} ±1,34	52,15 ^{a,1} ±1,69	51,28 ^{a,1} ±1,18
PO	47,75 ^{c,2} ±1,45	46,45 ^{b,2} ±1,12	50,96 ^{a,1} ±0,51
Oleojel/ a^*	0. gün	45. gün	90. gün
BO	-3,56 ^{a,1} ±0,18	-3,77 ^{a,1} ±0,20	-3,58 ^{a,1} ±0,23
CO	-3,67 ^{a,1} ±0,14	-3,99 ^{a,1,2} ±0,36	-4,05 ^{b,2} ±0,33
PO	-4,48 ^{b,1} ±0,08	-4,75 ^{b,2} ±0,06	-4,92 ^{c,3} ±0,02
Oleojel/ b^*	0. gün	45. gün	90. gün
BO	25,5 ^{a,1} ±0,44	23,86 ^{a,2} ±1,04	23,84 ^{a,2} ±0,37
CO	16,62 ^{b,1} ±4,15	15,11 ^{b,1} ±1,39	15,16 ^{b,1} ±0,99
PO	11,76 ^{c,1} ±0,25	10,53 ^{c,2} ±0,33	11,49 ^{c,1} ±0,20

BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnauba oleojeli, PO: Parafin oleojeli, harfler: dikey, rakamlar: yatay

İki farklı depolama koşulu incelendiğinde, 23 °C' da depolanan örneklerde; parlaklık-koyuluk değeri L^* , 0. günde BO, CO ve PO için aynı değerlerde iken, 45. günde en yüksek değer CO' da en düşük değer ise PO' nde ölçülmüş ve 90. günde BO ve CO örnekleri arasında fark görülmezken en düşük L^* değeri yine PO' da ölçülmüştür. 23 °C' da depolanan örnekler arasında en parlak örnek CO olarak saptanmıştır. Kırmızılık-yeşillik değeri a^* , depolama süresi boyunca en yüksek PO' da, en düşük CO' da ölçülmüş ve CO örneğinin yeşile yakınlığının daha yüksek olduğu görülmüştür. Sarılık-mavilik değeri b^* ise, depolama süresi boyunca en yüksek BO' da, en düşük PO' da ölçülmüştür. 4 °C' da depolanan oleojel örneklerinde; L^* değeri 0. gün için en yüksek BO, en düşük PO' da, 45. günde BO ve CO arasında fark görülmezken en düşük değer yine PO' da ölçülmüştür ve 90. günde BO, CO, PO arasında fark görülmemiştir. a^* değeri için, 0. ve 45. günlerde en düşük değer PO' da ölçülmüş, BO ve CO örnekleri arasında fark görülmemiştir. 90. gün değerlerinde ise, BO en yüksek değeri verirken, PO en düşük değeri vermiştir. Yeşillik oranı 0. ve 45. günlerde PO örneğinde daha yüksekken, 90. günde en düşük değere ulaşmıştır. Depolama süresi boyunca b^* değeri, 23 °C' da depolanan oleojel örneklerine benzerlik göstererek en yüksek BO' da, en düşük PO' da ölçülmüştür. Kullanılan BM oleojelatörünün, diğer oleojelatörlerden daha sarı bir renge sahip olması üretilen oleojelin de daha sarı renkte olmasına neden olabilir. Yapılan bir çalışmada, doğal renkleri nedeniyle oleojelatörün ilave seviyesi arttıkça a^* değerinin arttığını ve b^* değerlerinin düştüğünü yani elde edilen oleojel örneğindeki sarı renk ve yeşil renk değerinin arttığı bildirilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2014).



Şekil 4.1. BO, CO ve PO 0-45-90. gün 4 °C depolama



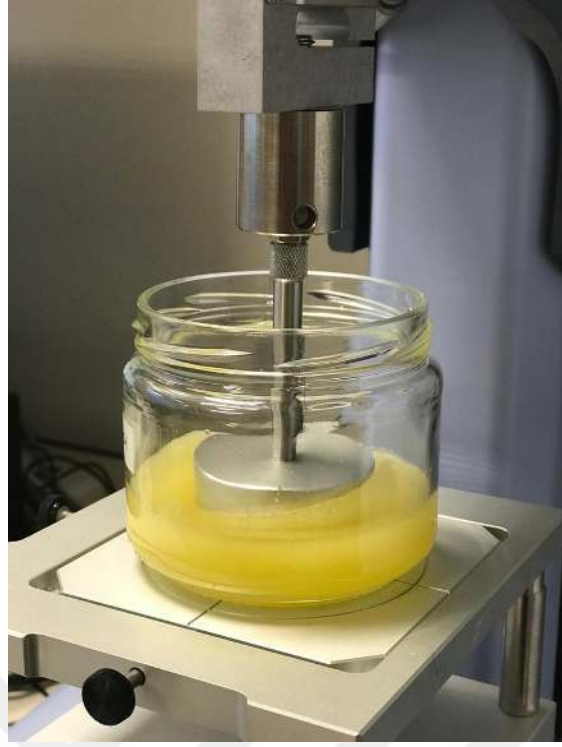
Şekil 4.2. BO, CO ve PO 0-45-90. gün 23 °C depolama



Şekil 4.3. Oleojel yapımında kullanılan BYK

4.4. Oleojel Örneklerinin Tekstürel Değerlendirilmesi

Oleojel örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri oda (23 °C) ve buzdolabı sıcaklıklarında (4 °C) 90 günlük depolama süresi boyunca 0-45-90. günlerde ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4.4 ve 4.5' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. TPA analizi

Analiz sırasında, 4 °C' da depolanan oleojel örneklerinin sertlik değerleri 23 °C' da depolanan oleojel örneklerinden yüksek çıkmıştır. Benzer şekilde oleojellerde depolama sıcaklığının (5, 20 ve 30 °C) jel mukavemeti üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada (Patel vd., 2013), depolama sıcaklığındaki artışı ile jel yapının zayıfladığı gözlemlenmiştir. Ancak çalışmamızda kullanılan tekstür analiz cihazı Code 0020 uyarısı vererek 500 N üzerinde ölçüm yapamamıştır. Bu nedenle 4 °C depolanan oleojel örneklerine ait sertlik ve yapışkanlık değerleri verilememiştir. Çalışmamızda 23 °C' da depolanan oleojel örnekleri değerlendirildiğinde BO ve CO örneklerinin sertlik değerlerinde depolama boyunca bir farklılık görülmezken PO örneğinde 45. günde bir düşüş kaydedilmiş ve 90. günde fark görülmemiştir. Benzer şekilde, morina karaciğer yağı ile üretilen BM ve KRM oleojelleri 90 gün boyunca oda sıcaklığında depolanmış ve sertlik değerlerinde herhangi bir kayıp görülmemiştir (Öğütücü vd., 2015). Oleojel yapının stabilizasyonun hidrojen bağı, Van der Waals etkileşimleri gibi diğer kovalent olmayan etkileşimler yolu ile olduğu belirtilmiştir (Co ve Marangoni, 2012). 23 °C' da depolanan örnekleri baz alarak değerlendirdiğimizde en yüksek sertlik değeri 0. gün P0 örneği için 100,78 N, en düşük sertlik değeri ise 90. gün B90 örneği için 12,55 N olarak ölçülmüştür. Dassanayake vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada salata yağı (kanola yağı: soya yağı; 1:1) ile farklı oleojelatörler (PM, KM,

KRM) ile aynı oranlarda oleojel örnekleri hazırlanmış ve sertlik değeri en yüksek PM sonrasında KM ve en düşük KRM olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde çalışmamızdaki oleojeller arasındaki sertlik değeri farklılığının kullanılan oleojelatör tipine bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.4. Oleojel örneklerinde 23°C depolama sonu sertlik değerleri (N)

Oleojel	0. gün	45. gün	90. gün
BO	12,87 ^{c,1} ±1,99	12,64 ^{c,1} ±0,67	12,55 ^{c,1} ±1,04
CO	84,57 ^{b,1} ±0,93	91,11 ^{a,1} ±2,71	90,23 ^{a,1} ±5,11
PO	100,78 ^{a,1} ±12,26	70,78 ^{b,2} ±11,42	67,28 ^{b,2} ±3,06

BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnauba oleojeli, PO: Parafin oleojeli, harfler: dikey, rakamlar: yatay

Bir diğer önemli parametre olan yapışkanlık değerleri de 23 °C örnekleri için Tablo 4.5' de verilmiştir. Değerler incelendiğinde, örnekler sertliğe benzer şekilde bir eğilim göstermiş ve BO, CO örnekleri kendi içlerinde bir fark göstermezken, PO örneğinin yapışkanlığında 45. günde bir artış gözlenmiş ve 90. günde bir fark görülmemiştir. BO örneği 0. ve 45. günlerde CO örneğine ve PO örneğine benzerlik gösterirken, 90. günde bu değerler netleşmiş ve CO örneği, diğer oleojel örneklerine göre daha yüksek yapışkanlık değeri göstermiştir. BO ve PO örnekleri arasındaki yapışkanlık değerlerinde ise benzerlik durumu söz konusudur. Bu sonuçları destekler nitelikte yapılan çalışmada, KRM oleojel örneklerindeki yapışkanlık değerlerinin BM oleojel örneğinin yapışkanlık değerine göre biraz daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Öğütücü vd., 2015). Bu farkın, kullanılan oleojelatörlerin farklı erime noktalarına sahip olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. 23 °C' da depolanan örnekleri baz alarak değerlendirdiğimizde en yüksek yapışkanlık değeri 0. gün CO örneği için ölçülen 2,98 N ve en düşük yapışkanlık değeri 0. gün PO örneği için ölçülen 1,01 N olmuştur.

Margarin gibi yağlarda en önemli özelliğin sürülebilirlik olduğu belirtilmektedir. Sürülebilirlik, örneğin yüzeye ince bir tabaka halinde uygulanmasının kolaylığı olarak tanımlanabilmektedir. Sertlik ile sürülebilirlik arasında bir korelasyon olduğu ancak bu ilişkinin mükemmel olmadığı belirtilmektedir. Sertlik, örneği belirli bir basınç altında sıkıştırmak için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanırken, yapışkanlık ise örneği yüzeyden çıkarmak için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, ideal bir sürülebilirlik elde etmek için hem sertlik hem de yapışkanlık değerleri orta seviyelerde olmalıdır. İyi kalitede bir margarin, oda sıcaklığında akışkanlığını koruyacak kadar sert yapıda ve uygulandığı yüzeye tutunacak kadar yapışkan olmalıdır (Öğütücü vd., 2015)

Tablo 4.5. Oleojel örneklerinde 23 °C depolama sonu yapışkanlık değerleri (N)

Oleojel	0. gün	45. gün	90. gün
BO	2,23 ^{a,b,1} ±0,99	1,9 ^{a,b,1} ±0,34	2,08 ^{b,1} ±0,04
CO	2,98 ^{a,1} ±0,67	2,33 ^{a,1} ±0,22	2,89 ^{a,1} ±0,44
PO	1,01 ^{b,2} ±0,11	1,46 ^{b,1} ±0,21	1,77 ^{b,1} ±0,29

BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnauba oleojeli, PO: Parafin oleojeli, harfler: dikey, rakamlar: yatay

4.5. Katı Yağ İndeksi (SFI) Değerleri

Örneklerdeki katı yağ yüzdesi dilatometrik (hacimsel) teknik olan cam dilatometre aparatı ile Katı Yağ İndeksi (SFI) değeri olarak belirlenmiştir. Yağların farklı sıcaklıklarda farklı SFI değerleri verir. SFI, belirli bir sıcaklıkta bir katı yağda katı-sıvı yağ oranını belirtir ve ürünün o sıcaklıktaki performansı ile önemli bir ilişkisi vardır (Jacob ve Krishnarau, 2007).

Tablo 4.6. BYK ve oleojel örneklerine ait SFI değerleri

Örnek	SFI 35 °C (ml/kg)
BYK	0,21 ^d ±0,01
M	0,24 ^c ±0
BO	0,29 ^b ±0,01
CO	0,39 ^a ±0
PO	0,28 ^b ±0,01

BYK: Bitkisel yağ karışımı, M: Margarin, BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnauba oleojeli, PO: Parafin oleojeli, harfler: dikey, rakamlar: yatay

35 °C' de ki SFI değerleri Tablo 4.6' da sunulmuştur. En düşük değer BYK için 0,21 ml/kg iken, en yüksek değer CO örneği için 0,39 ml/kg olarak ölçülmüştür. BO ve PO örnekleri arasında istatistiksel yönden fark bulunmamıştır. Oleojel örneklerinin SFI değerlerinin M ve BYK örneklerinin SFI değerlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durumun oleojellerin hazırlanmasında kullanılan oleojelatörlerin yüksek erime noktasına sahip olmalarından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. M 'ye en yakın SFI değerinin BYK' ya ait olduğu saptanmıştır. Tablo 4.13 ve Tablo 4.14' te M ve BYK' ya ait yağ asidi profili ve oranlarının benzer olduğu görülmekte ve bu sebeple SFI değerlerinin yakın olduğu düşünülmektedir. Aynı sıcaklık değerinde oleojellerin SFI değerlerindeki artış BYK örneğine göre daha fazla katı fraksiyon içerdiğini göstermektedir. Bu farkın kullanılan oleojelatörlerin her birinin kimyasal yapısının ve erime noktası farklı

fraksiyonları farklı oranlarda içermesine bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. CO örneğinin diğer BO ve PO örneklerine göre daha yüksek SFI değerine sahip olması, bu oleojelatörün erime noktasının daha yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, oleojel örneklerinin SFI değerlerinin daha yüksek olması, kimyasal olarak doymuş yağ asitlerinin ve bu yağ asitlerinin esterleştiği yüksek moleküllü alkollerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hamur yapım aşamasında, hava kabarcıklarının fiziksel olarak hamur içerisinde hapsolması gereklidir. Fırça benzeri yapısıyla β' formu bu işlemi β formuna göre çok daha iyi yapmaktadır. Aslında, hava kabarcıklarının sıvı yağ içerisinde yer aldığı, bu nedenle SFI değerinin çok yüksek olması durumunda hava kabarcıkları için yeterli yağ hacminin olmadığı ve SFI değerinin çok düşük olması durumunda ise hava kabarcıklarının hamurda hapsolamayacağı, hamur karıştırma işlemi tamamlanmadan yok olacağı belirtilmektedir. Hamur yapımı sırasında ve pişirmeye hazırlık aşamasında genellikle ısınma görülmektedir (Stauffer, 2005). Yaptığımız çalışmada, BYK' nın SFI değeri oleojel ve margarin yağına göre daha düşük tespit edilmiştir; buna bağlı olarak da KRK örneğinin daha fazla yağ saldırdığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda KRK' leri fiziksel olarak da yayılma göstermiştir (Tablo 4.6, Tablo 4.18, Tablo 4.19).

Yapılan bir çalışmada morina karaciğer yağına, % 10 oranında BM ve KRM ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinin SFC (katı yağ içeriği) değerlerinin 35 °C' da sırası ile 6,09 °C, 8,37 °C olduğu bildirilmiştir (Öğütücü vd., 2015). Bir başka çalışmada, sızma zeytinyağına % 10 oranında KRM ilave edilerek hazırlanan oleojel örneklerinin SFC değerlerinin 35 °C' da 8,19 °C olduğu belirtilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2014).

4.6. DSC Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Erime sıcaklığının margarin ve şorteningler için çok önemli kalite parametresi olduğu ve yüksek kaliteli ürünlerin ağızda kalıcı bir yağlılığa sebep olmadan hızlı bir şekilde erimesi gerektiği bildirilmiştir (Öğütücü vd., 2015). Hem erime hem de kristalizasyon için termal parametreler DSC cihazında ölçülmüş (Dassanayake vd., 2009) ve sonuçlar Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7. Kullanılan yağlar ve oleojel örnekleri için DSC sonuçları

Örnek	Kristalizasyon			Erime		
	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Pik (°C)	ΔH_c (J/g)	Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Pik (°C)	ΔH_c (J/g)
A	-10,87±0	-15,01±0	0,45	-18,44±0	-10,43±0	-8,84
K	-9,28±0	-13,64±0	10,11	-30,85±0	-26,55±0	-17,16
Z	-10,16±0	-12,49±0	12,96	-14,52±0	-5,87±0	-15,67
P	6,76±0	4,86±0	9,55	20,21±0	27,89±0	-24,34
BO	48,83±0,97	47,74±0,51	19,95	47,16±0,19	51,17±0,17	-15,52
CO	69,28±1,37	68,32±1,69	29,83	68±0,19	73,29±0,49	-30,41
PO	44,82±0,82	43,42±0,45	19,75	34,89±1,35	41,5±0,82	-14,24
BYK	-4,45±0	-5,64±0	16,72	16,1±0	19,1±0	-10,2
M	20,25±0	19,23±0	5,18	31,42±0	37,75±0	-5,37

A: Ayçiçek yağı, K: Keten tohumu yağı, Z: Zeytinyağı, PÇ: Palm çekirdeği yağı, BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnaub oleojeli, PO: Parafin oleojeli, BYK: Bitkisel yağ karışımı, M: Margarin.

BYK örneğini jel forma getirmek için eklenen oleojelatörler sonucu kristalizasyon pik sıcaklıklarının, pik erime sıcaklıklarının ve entalpi değerlerinin arttığı Tablo 4.7' de görülmektedir. Bu farkın SFI değerinde olduğu gibi kullanılan oleojelatörlerin her birinin kimyasal yapısının ve erime noktası farklı fraksiyonları farklı oranlarda içermesine bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. Oleojel örneklerinin pik erime sıcaklıklarının kullanılan oleojelatör ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir (Yılmaz ve Öğütçü, 2015). Bu bilgi doğrultusunda CO örneğinde en yüksek değerlerin saptanması, yapısında bulunan KRM oleojelatörünün BM ve PM oleojelatörlerinden daha yüksek erime noktasına sahip olmasından kaynaklı olduğu söylenebilmektedir. Margarine ait pik erime sıcaklığı 37,75 °C olarak saptanmıştır. Oleojel örneklerinin pik erime sıcaklıkları dikkate alındığında margarine en yakın değer PO örneği için 41,5 °C olduğu saptanmıştır. Oleojel örneklerinde saptanan pik erime değerleri margarin örneğinin pik erime değerlerinden genel olarak yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, yağ asitlerinin trigliserit molekülüne bağlanma noktalarındaki farklılıktan; trigliseritlerin birbiri içerisindeki çözünürlüğünden veya BYK' nın LnLnLn (linolenik asit) şeklindeki trigliseritleri yüksek miktarda içeren soğuk sıkım keten yağından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Yaptığımız çalışmada, Tablo 4.7' de görüldüğü gibi erime sıcaklığı bakımından margarin erime sıcaklığına en yakın değerler sırası ile PO, BO ve CO olarak tespit edilmiştir. Benzer sonuçların elde edildiği bir çalışmada, % 10 BM ve KRM oleojelatörleri kullanılarak morina karaciğer yağı oleojelleri hazırlanmıştır. Morina karaciğer yağı, BO, CO ve margarin örnekleri için pik erime sıcaklıklarının sırasıyla -18,07, 50,80, 75,61 ve 43,70 °C olduğu belirtilmiştir. BO örneğinin pik erime

sıcaklıklarının, CO örneğine kıyasla margarine daha yakın değerler verdiği, oleojelin margarin benzeri ürünler olarak veya herhangi bir sürülebilir yağ ürününün formülasyonunda kullanılabileceği belirtilmiştir (Öğütücü vd., 2015). Sung ve Lin (2017), tarafından hindistan cevizi yağına % 7,5-10-12,5-15-17,5 oranlarında BM eklenerek elde edilen oleojel örneklerinde erime sıcaklıkları sırası ile; 35,32 °C, 35,8 °C, 36,66 °C, 37,04 °C, 39,50 °C ve bu değerlerin hindistan cevizi yağında 25,58 °C, şortening de ise, 34,29 °C olduğu saptanmıştır. Şorteninge en yakın değeri % 7,5 ve % 10 BM içeren oleojellerin verdiği ve % 12,5' in üzerinde erime sıcaklığında belirgin bir artış olduğu bildirilmiştir. Yılmaz ve Öğütücü (2015), tarafından fındık yağına % 5 oranında AM ve BM eklenerek hazırlanan oleojel örneklerinde BM oleojeli için pik erime sıcaklığı; 47,67 °C AM oleojeli için için pik erime sıcaklığı; 61,02 °C şortening için pik erime sıcaklığı; 45,92 °C olduğu saptanmıştır. Yi vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada ise, kanola yağı ile % 15 oranında BM ve üzüm çekirdeği yağı ile % 15 oranında BM olejelleri hazırlanmıştır. KRM oleojelinin pik erime sıcaklığının 74,30 °C, BM oleojelinin pik erime sıcaklığının 39,59 °C olduğu bildirilmiştir.

4.7. XRD Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Oleojel örneklerinde, BYK' da ve margarin içerisinde yer alan kristallerin polimorfik formları için yorum yapabilmek amacıyla XRD analizi yapılmış ve elde edilen değerler Tablo 4.8' de sunulmuştur. Şekil 4.5-4.9' da verilen grafikler göz önüne alındığında, oleojel örneklerinin genel olarak margarin örneğine benzer pik dağılımı gösterdiği saptanmıştır. Oleojel örnekleri ile ilgili olarak geniş açılı bölgede 3,74-3,76 / 4,14-4,17 / 4,55-4,57 Å, civarında üç ana pik olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8. Margarin ve oleojel örneklerine ait XRD değerleri

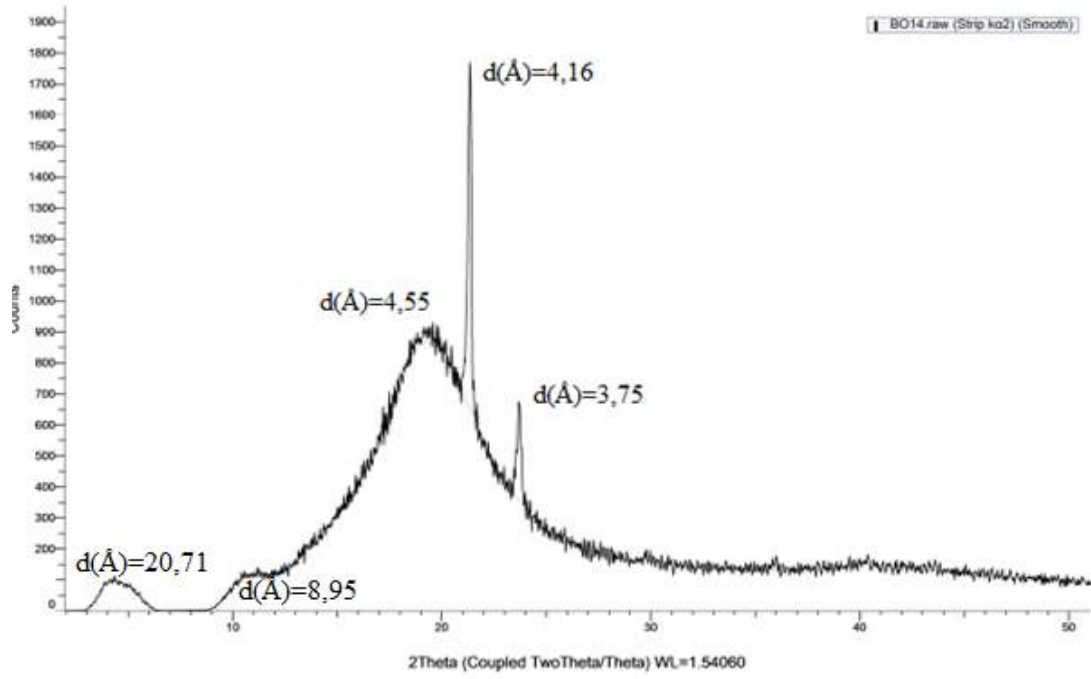
Örnek	Kristal Form	y(count)	2-tetha	d(Å)
BO3p	β	924,67 ^a	19,5 ^b ±0,17	4,55 ^c ±0,04
CO3p	β	737,67 ^a	19,39 ^b ±0,15	4,57 ^c ±0,03
PO5p	β	1133,33 ^a	19,41 ^b ±0,13	4,57 ^c ±0,03
M4p	β	1142 ^a	19,33 ^b ±0	4,59 ^c ±0
BO4p	α	1617,33 ^a	21,36 ^a ±0,04	4,16 ^c ±0,01
CO4p	α	1562,00 ^{a,b}	21,43 ^a ±0,05	4,14 ^c ±0,01
PO6p	α	1151,67 ^b	21,28 ^b ±0,05	4,17 ^b ±0,01
M5p	β'	1191,00 ^{a,b}	21,09 ^c ±0	4,21 ^a ±0

BO5p	β'	647,00 ^{a,b}	23,72 ^b ±0,04	3,75 ^c ±0,01
CO5p	β'	612,00 ^{a,b}	23,78 ^a ±0,03	3,74 ^d ±0
PO7p	β'	571,67 ^b	23,62 ^c ±0,04	3,76 ^b ±0,01
M6p	β'	820,00 ^a	23,06 ^d ±0	3,85 ^a ±0

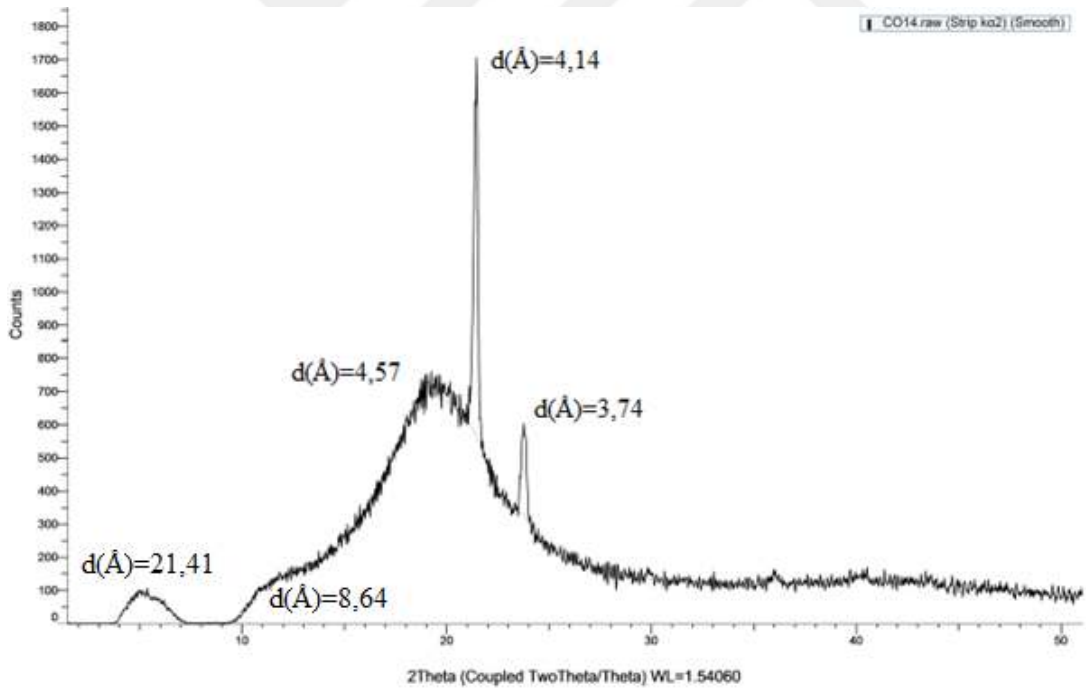
BO: Balmumu oleojeli, CO: Karnauba oleojeli, PO: Parafin oleojeli, BYK: Bitkisel yağ karışımı, M: Margarin, p: pik.

Tablo 4.8' de görüldüğü üzere, M örneğinde görülen β' formun oleojel örneklerinden bir miktar daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun, oleojel örneklerinin laboratuvar koşullarında herhangi bir temperleme işlemi uygulanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Uygun oleojel üretim koşullarında temperleme işlemi ile β' formun artacağı öngörülmektedir. Ayrıca Tablo 4.13 ve 4.14' te M ve KRK' nin yağ asidi profilinin benzer olduğu olduğu için temperleme işlemi ile margarine benzer alternatif bir form elde edilebileceği düşünülmektedir.

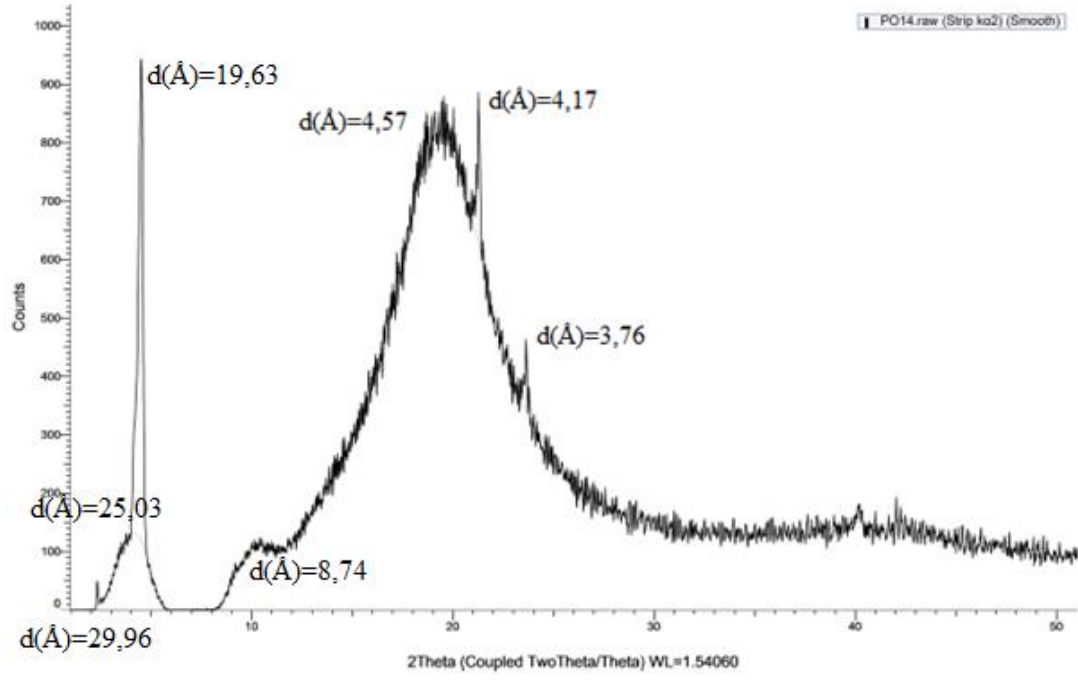
Öğütücü vd. (2015), tarafından morina karaciğer yağına % 10 oranlarında BM ve KRM oleojelleri hazırlanmıştır. XRD grafiğinin geniş açılı bölgesinde de 2,49-3,74 / 4,14-4,15 ve 4,50-4,62 Å' da üç ortak pik verdiği belirtilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada, %0,2-0,4 oranlarında KRM kullanılarak zeytinyağı oleojelleri hazırlanmıştır. XRD grafiğinin geniş açılı bölgesinde 4,13 ve 3,72 Å' da pik verdiği belirtilmiş (Dassanayake vd., 2009) ve çalışmamızda elde edilen Şekil 4.6' da sunulan XRD grafiğine çok benzer olduğu görülmüştür. Yılmaz ve Öğütücü (2015), tarafından % 5 oranında AM ve BM ile fındık yağı oleojelleri hazırlanmıştır. Oleojel örneklerinin XRD grafiğinin geniş açılı bölgesinde 3,70-4,65 Å' da, dar açılı bölgesinde 20-23 Å' da pik verdiği belirtilmiştir. Bu geniş ve dar açılı bölge piklerinin genellikle polimorfik β' kristali ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir. Yine, Öğütücü ve Yılmaz (2015), tarafından yapılan başka bir çalışmada % 10 oranlarında KRM ve AM ile fındık yağı oleojelleri hazırlanmıştır. Oleojel örneklerinin dar açılı bölgesinde 20-23 Å' da pik verdiği, geniş açılı bölgesinde ise yaklaşık 2,99-3,73 / 4,14-4,15 ve 4,50-5,55 Å' da üç ortak pik verdiği belirtilmiştir. Genellikle bu bölgedeki piklerin ortorombik, dik eksenli kristaller olduğu, bu kristallerin margarin içerisindeki β' kristallere çok benzer olduğu ve bu kristalin homojen, pürüzsüz, kremi bir yapı sağlayarak daha iyi ağız hissi özellikleri verdiği belirtilmiştir. Çalışmamızda elde edilen değerler, büyük oranda bu çalışmalarla örtüşmektedir.



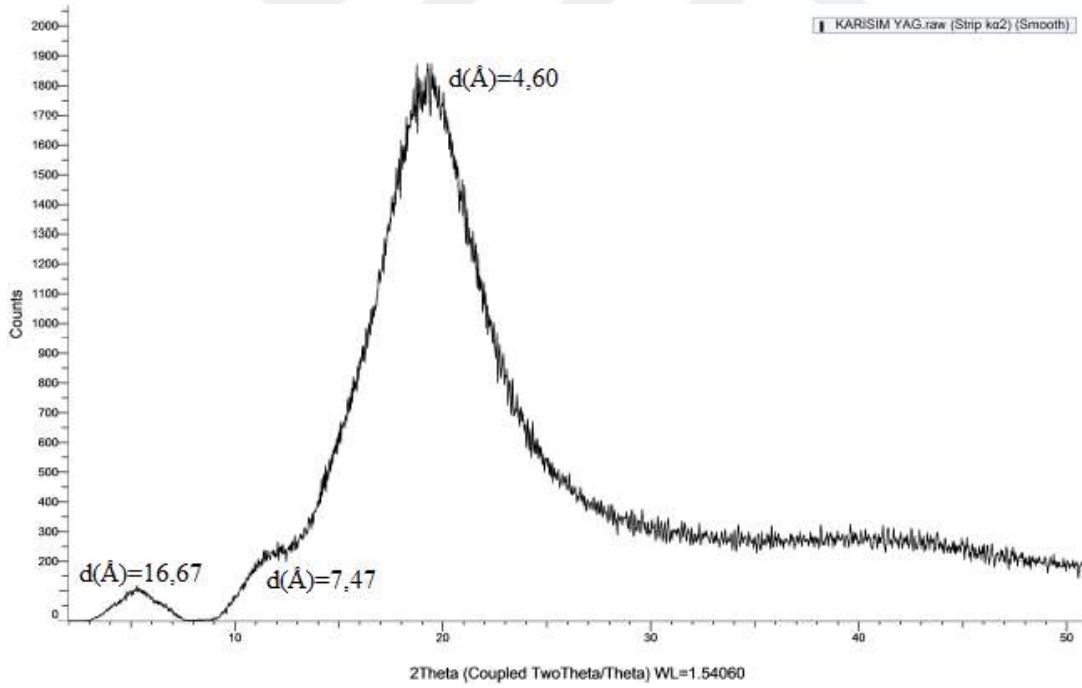
Şekil 4.5. BO örneğine ait XRD görüntüsü



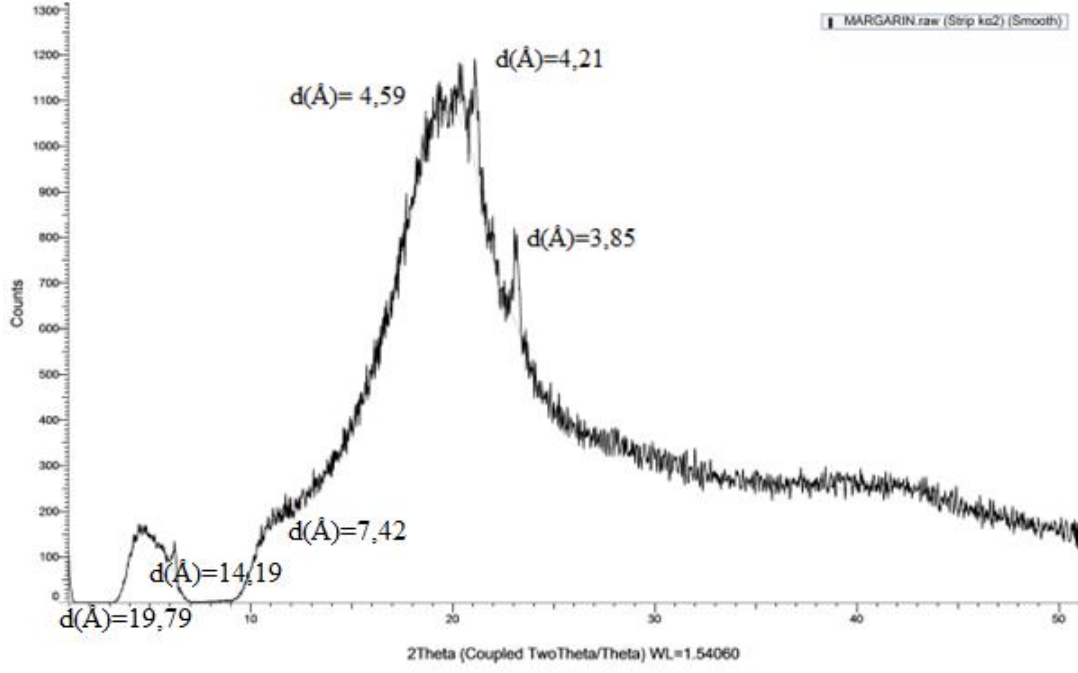
Şekil 4.6. CO örneğine ait XRD görüntüsü



Şekil 4.7. PO örneğine ait XRD görüntüsü



Şekil 4.8. BYK örneğine ait XRD görüntüsü



Şekil 4.9. Margarin örneğine ait XRD görüntüsü

4.8. Yağ Asidi Profilinin Belirlenmesi

BYK' nın hazırlanmasında kullanılan bitkisel yağlara ve BYK' ya ait yağ asidi profilleri Tablo 4.9 -Tablo 4.14' te sunulmuştur.

Tablo 4.9. Ayçiçek yağına ait yağ asidi profili

Yağ Asidi Adı	Karbon Sayısı: Çift Bağ Sayısı	Miktarı, %
Laurik asit	C12:0	0,0036
Miristik asit	C14:0	0,0683
Miristoleik asit	C14:1 (9)	0,0123
Palmitik asit	C16:0	5,9094
Palmitoleik asit	C16:1 (9)	0,1983
cis-10-Heptadekanoik asit	C17:1 (10)	0,0243
Stearik asit	C18:0	3,101
Oleik asit	C18:1 (9)	32,9252
Linoleik asit	C18:2 (9,12) ω-6	54,6168
Araşidik asit	C20:0	0,2178
cis -11-Eikosenoik asit, Gondoik asit	C20:1 (11)	0,2488
Linolenik asit	C18:3 (9,12,15) ω-3	0,073
cis-11,14-Eikosadienoik asit	C20:2 (11,14) ω-6	0,6209
Behenik asit	C22:0	0,0083

cis-11,14,17-Eikosatrienoik asit	C20:3 (11,14,17) ω -3	0,0537
Araşidonik asit	C20:4 (5,8,11,14) ω -6	0,0058
Trikosanoik asit	C23:0	0,2272
Tanımlanamayan		1,4394
Nervonik asit	C24:1 (15)	0,2461
Toplam doymuş yağ asidi		9,5356
Toplam doymamış yağ asidi		89,0252

Tablo 4.10. Zeytinyağına ait yağ asidi profili

Yağ Asidi Adı	Karbon Sayısı: Çift Bağ Sayısı	Miktarı, %
Palmitik asit	C16:0	13,02
Palmitoleik asit	C16:1 (9)	0,97
Heptadekanoik asit, Margarik asit	C17:0	0,12
cis-10-Heptadekanoik asit	C17:1 (10)	0,18
Stearik asit	C18:0	2,67
Oleik asit	C18:1 (9)	68,88
Linolelaidik asit	C18:2 (9t,12t)	1,13
Linoleik asit	C18:2 (9,12) ω -6	11,09
Araşidik asit	C20:0	0,43
Linolenik asit	C18:3 (9,12,15) ω -3	0,88
cis-11,14-Eikosadienoik asit	C20:2 (11,14) ω -6	0,12
cis-11,14,17-Eikosatrienoik asit	C20:3 (11,14,17) ω -3	0,43
cis 13,16-Dokosadienoik asit	C22:2 (13,16) ω -6	0,07
Toplam doymuş yağ asidi		16,25
Toplam doymamış yağ asidi		83,75

Tablo 4.11. Keten tohumu yağına ait yağ asidi profili

Yağ Asidi Adı	Karbon Sayısı: Çift Bağ Sayısı	Miktarı, %
Miristik asit	C14:0	0,0372
Palmitik asit	C16:0	5,2237
Palmitoleik asit	C16:1 (9)	0,0885
Heptadekanoik asit, Margarik asit	C17:0	0,0563
cis-10-Heptadekanoik asit	C17:1 (10)	0,0413
Stearik asit	C18:0	4,5036
Oleik asit	C18:1 (9)	21,7751
Linolelaidik asit	C18:2 (9t,12t)	0,2372
Linoleik asit	C18:2 (9,12) ω -6	15,964
Araşidik asit	C20:0	0,2682
γ - Linolenik asit	C18:3 (6,9,12)	0,3415
Linolenik asit	C18:3 (9,12,15) ω -3	50,0339

cis-11,14-Eikosadienoik asit	C20:2 (11,14) ω-6	0,1355
cis-8,11,14-Eikosatrienoik asit, Dihomo-Gamma-Linolenik Asit	C20:3 (8,11,14) ω-6	0,0399
cis-11,14,17-Eikosatrienoik asit	C20:3 (11,14,17) ω-3	0,0278
cis 13,16-Dokosadienoik asit	C22:2 (13,16) ω-6	0,0949
Lignoserik asit	C24:0	0,0114
Tanımlanamayan		0,4067
Tanımlanamayan		0,5275
cis-5,8,11,14,17-Eikosapentaenoik asit, EPA	C20:5 (5,8,11,14,17) ω-3	0,1858
Toplam doymuş yağ asidi		10,1004
Toplam doymamış yağ asidi		88,9654

Tablo 4.12. Palm çekirdeği yağına ait yağ asidi profili

Yağ Asidi Adı	Karbon Sayısı: Çift Bağ Sayısı	Miktarı, %
Kaproik asit	C6:0	0,1332
Kaprilik asit	C8:0	2,3263
Kaprik asit	C10:0	2,6305
Undekanoik asit	C11:0	0,0312
Laurik asit	C12:0	45,2158
Miristik asit	C14:0	16,5545
Palmitik asit	C16:0	9,381
Stearik asit	C18:0	2,7592
Elaidik asit	C18:1 (9t)	0,0994
Oleik asit	C18:1 (9)	17,8586
Linoleik asit	C18:2 (9,12) ω-6	2,7589
Araşidik asit	C20:0	0,1287
Linolenik asit	C18:3 (9,12,15) ω-3	0,1226
Toplam doymuş yağ asidi		79,1604
Toplam doymamış yağ asidi		20,8395

Tablo 4.13. BYK' ya ait yağ asidi profili

Yağ Asidi Adı	Karbon Sayısı: Çift Bağ Sayısı	Miktarı, %
Kaproik asit	C6:0	0,0622
Kaprilik asit	C8:0	0,8823
Kaprik asit	C10:0	0,842
Undekanoik asit	C11:0	0,0098
Laurik asit	C12:0	13,1256
Tridekanoik asit	C13:0	0,0136
Miristik asit	C14:0	4,6398
Palmitik asit	C16:0	9,2755

Palmitoleik asit	C16:1 (9)	0,3886
Heptadekanoik asit, Margarik asit	C17:0	0,0627
cis-10-Heptadekanoik asit	C17:1 (10)	0,0714
Stearik asit	C18:0	3,1637
Elaidik asit	C18:1 (9t)	0,0732
Oleik asit	C18:1 (9)	39,4571
Linolelaidik asit	C18:2 (9t,12t)	0,669
Linoleik asit	C18:2 (9,12) ω-6	16,8301
Araşidik asit	C20:0	0,5187
γ - Linolenik asit	C18:3 (6,9,12)	0,053
Linolenik asit	C18:3 (9,12,15) ω-3	8,9175
cis-11,14-Eikosadienoik asit	C20:2 (11,14) ω-6	0,1952
cis-11,14,17-Eikosatrienoik asit	C20:3 (11,14,17) ω-3	0,3136
cis 13,16-Dokosadienoik asit	C22:2 (13,16) ω-6	0,1031
Tanımlanamayan		0,3323
Toplam doymuş yağ asidi		32,5959
Toplam doymamış yağ asidi		67,0718
Toplam tekli doymamış yağ asidi		39,9903
Toplam çoklu doymamış yağ asidi		27,0815

Tablo 4.14. Margarine ait yağ asidi profili

Yağ Asidi Adı	Karbon Sayısı: Çift Bağ Sayısı	Miktarı, %
Kaproik asit	C6:0	0,0828
Kaprilik asit	C8:0	1,0749
Kaprik asit	C10:0	0,9765
Undekanoik asit	C11:0	0,0121
Laurik asit	C12:0	14,6486
Tridekanoik asit	C13:0	0,0151
Miristik asit	C14:0	4,913
Pentadekanoik asit	C15:0	0,0124
Palmitik asit	C16:0	9,3175
Palmitoleik asit	C16:1 (9)	0,3846
Heptadekanoik asit, Margarik asit	C17:0	0,0647
cis-10-Heptadekanoik asit	C17:1 (10)	0,0766
Stearik asit	C18:0	3,0429
Elaidik asit	C18:1 (9t)	0,0693
Oleik asit	C18:1 (9)	38,2632
Linolelaidik asit	C18:2 (9t,12t)	0,5051
Linoleik asit	C18:2 (9,12) ω-6	16,659
Araşidik asit	C20:0	0,2462
γ - Linolenik asit	C18:3 (6,9,12)	0,0467

Linolenik asit	C18:3 (9,12,15) ω -3	8,6919
Heneikosanoik asit	C21:0	0,0696
cis-11,14-Eikosadienoik asit	C20:2 (11,14) ω -6	0,1848
cis-11,14,17-Eikosatrienoik asit	C20:3 (11,14,17) ω -3	0,2988
cis 13,16-Dokosadienoik asit	C22:2 (13,16) ω -6	0,1011
Tanımlanamayan		0,2425
Toplam doymuş yağ asidi		34,4763
Toplam doymamış yağ asidi		65,2811
Toplam tekli doymamış yağ asidi		38,7937
Toplam çoklu doymamış yağ asidi		26,4874

4.9. Kurabiye Örneklerinde Peroksit Değerlerinin Belirlenmesi

Kurabiye örneklerimiz 3 ay boyunca 23 °C sıcaklıkta 3 ay boyunca depolanmış ve her ay PD ölçülmüştür ve değerler Tablo 4.15' te verilmiştir.

Tablo 4.15. Kurabiye örneklerinde depolama sonu peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ)

Örnek	0. gün	1. ay	2. ay	3. ay
MK	0,43 ^{c,1} ±0,03	0,52 ^{b,1} ±0,03	0,45 ^{b,1} ±0,07	0,45 ^{d,1} ±0,07
KRK	1,34 ^{b,1} ±0,2	1,53 ^{a,1} ±0,4	1,5 ^{a,1} ±0,23	1,49 ^{b,1} ±0,02
BK	1,43 ^{b,1} ±0,2	1,36 ^{a,1} ±0,32	1,59 ^{a,1} ±0,59	1,58 ^{b,1} ±0,04
CK	1,98 ^{a,1} ±0,21	1,94 ^{a,1} ±0,55	1,93 ^{a,1} ±0,27	1,92 ^{a,1} ±0,29
PK	1,4 ^{b,1} ±0,3	1,39 ^{a,1} ±0,21	1,25 ^{a,b,1} ±0,85	1,23 ^{c,1} ±0,02

MK: Margarin içeren kurabiye, KRK: Bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye, BK: Balmumu oleojeli içeren kurabiye, CK: Karnauba oleojeli içeren kurabiye, PK: Parafin oleojeli içeren kurabiye, harfler: dikey, rakamlar: yatay.

Margarin içeren kurabiye (MK), bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye (KRK), balmumu içeren kurabiye (BK,) karnauba mumu içeren kurabiye (CK) ve parafin içeren kurabiye (PK) örnekleri kendi içlerinde değerlendirildiğinde kurabiye örneklerinin PD'de aylık olarak bir artış görülmemiştir. Yani depolama boyunca tüm kurabiye örneklerinin oksidatif kararlılıklarını koruduğu söylenebilir. Tüm kurabiye örnekleri arasında en düşük PD 0. günde MK örneği için ölçülen 0,43 meq O₂/kg, en yüksek PD ise 0. günde CK örneği için ölçülen 1,98 meqO₂/kg olmuştur. Yılmaz ve Ögütçü (2015) tarafından % 5 oranlarında BM, AM oleojelleri ve şortening ile hazırlanan kurabiye örneklerinde 30 günlük depolama sonucunda, oleojel örnekleri ile hazırlanan kurabiyelerin PD' si şortening ile hazırlanan kurabiyelerin PD' sine benzerlik göstermiştir. Aynı zamanda, PD' nin fırıncılık ürünlerinde olması gerekenden (1 meq O₂/kg yağ) düşük olduğu ve kurabiyelerde oleojel oksidasyonu ile ilgili bir problem olmadığı bildirilmiştir. Çalışmamızda ise KRK, BK, CK ve PK

örneklerimiz depolama boyunca stabilitelerini korurken, başlangıç PD' sinin MK örneğine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebini ise, üretilen oleojel örneklerimizin PD' sinin yukarıda belirttiğimiz sebeplerden dolayı yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurabiye üretiminde kullanılan yağın oksidatif stabilitesi, nihai ürünlerin raf ömrü için önemli olmaktadır (Yılmaz ve Ögütçü, 2015).

4.10. Kurabiye Örneklerinde Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Kurabiye örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri ölçülmüştür, sonuçlar Tablo 4.16' da sunulmuştur.

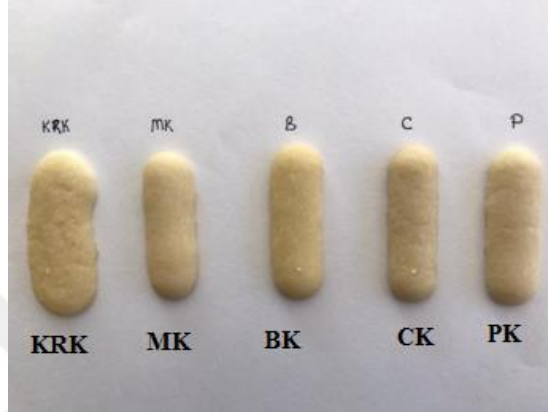
Tablo 4.16. Kurabiye örneklerine ait renk değerleri

Ornek	L^*	a^*	b^*
MK	73,28 ^b ±1,3	-1,06 ^{a,b} ±0,43	22,61 ^c ±0,45
KRK	68,36 ^c ±1,55	-0,76 ^{a,b} ±0,1	22,43 ^c ±0,41
BK	73,56 ^b ±0,95	-0,7 ^{a,b} ±0,44	25,02 ^a ±0,92
CK	72,83 ^b ±0,49	-0,52 ^a ±0,53	23,95 ^b ±0,61
PK	75,34 ^a ±0,8	-1,25 ^b ±0,48	24,36 ^{a,b} ±1,07

MK: Margarin içeren kurabiye, KRK: Bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye, BK: Balmumu oleojeli içeren kurabiye, CK: Karnaubale oleojeli içeren kurabiye, PK: Parafin oleojeli içeren kurabiye.

Kurabiye örnekleri arasında en yüksek L^* değeri PK örneğinde, en düşük ise KRK örneğinde ölçülmüştür. PK örnekler arasında en yüksek parlaklığa sahipken, KRK en düşük parlaklığa sahip olduğu görülmüştür. MK, BK ve CK arasında ise parlaklık anlamında bir fark görülmemiştir. Yılmaz ve Ögütçü (2015), tarafından yapılan çalışmada, ticari margarin ve BO ile hazırlanan kurabiye örneklerinde L^* değeri açısından belirgin bir fark görülmüştür. Parlaklık değeri, ticari margarin içeren kurabiye örneğinde yüksek, balmumu içeren kurabiye örneğinde en düşük değere sahip olduğu görülürken, bizim çalışmamızda MK, BK ve CK parlaklığı arasında belirgin bir fark görülmemiştir. Bunun nedeni kullanılan margarin çeşidine, oleojel üretim koşullarına, kullanılan yağ tipine ve oleojelatör miktarına bağlı olabilir. En yüksek a^* değeri CK örneğinde ve en düşük değer PK örneğinde ölçülürken, MK, BK ve KRK değerleri CK ve PK örneklerinden farklı değillerdir. PK örneğinde yeşillik daha yüksek iken CK örneğinde daha düşüktür. Oleojel örneklerinde olduğu gibi en yüksek b^* değeri BO içeren BK örneğinde ölçülmüştür. MK ve KRK örneklerinde bu değer diğer örneklerle oranla daha düşükken, PK örneği BK ve CK örneğinden farklı değildir. Kurabiye örnekleri arasında sarı renk değeri en yüksek BK örneğinde ölçülmüştür. MK ve KRK örnekleri ise en düşük sarı renk değerine sahiptir.

Benzer şekilde Yılmaz ve Ögütçü (2015) tarafından yapılan çalışmada, kurabiye örnekleri arasında sarı renk değeri, BO içeren kurabiye örneğinde en yüksek değere sahipken, ticari margarin içeren kurabiye örneğinde en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Kurabiyelerin üretiminde kullanılan oleojeller arasında ölçülen sarı renk değeri için en yüksek değer BO örneğinde saptanmıştır, bu da BO içeren kurabiye örneklerinin yüksek sarı renk değeri için bir neden olarak görülebilir.



Şekil 4.10. BYK, margarin ve oleojeller ile üretilen kurabiye örnekleri

4.11. Kurabiye Örneklerinde Bazı Fizikokimyasal Özelliklerin Değerlendirilmesi

Depolama boyunca genel olarak en yüksek a_w , MK için % 0,58, en düşük ise BK için % 0,29 olarak ölçülmüştür. Oleojel ile hazırlanan kurabiye örneklerinin a_w değerleri sadece 1. ayda margarin ile hazırlanan kurabiyelerle benzerlik gösterirken, 0. gün, 2. ay ve 3. ay değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir. MK için a_w değerinin yüksek çıkması, margarin içerisinde bulunan su miktarına ve daha yüksek su tutma kapasitesine atfedilebilir.

Tablo 4.17. Kurabiye örneklerine ait su aktivitesi değerleri

Örnek	0. gün	1. ay	2. ay	3. ay
MK	0,58 ^{a,1} ±0,01	0,38 ^{a,2} ±0,02	0,39 ^{a,2} ±0,02	0,34 ^{a,3} ±0,01
KRK	0,48 ^{c,1} ±0,01	0,36 ^{a,2} ±0,01	0,31 ^{c,d,4} ±0	0,33 ^{b,3} ±0
BK	0,45 ^{d,1} ±0	0,3 ^{b,2} ±0,01	0,29 ^{d,2} ±0,01	0,31 ^{d,2} ±0,01
CK	0,48 ^{c,1} ±0,01	0,36 ^{a,2} ±0,01	0,34 ^{b,2} ±0,01	0,31 ^{d,3} ±0,01
PK	0,52 ^{b,1} ±0	0,39 ^{a,2} ±0,04	0,32 ^{b,c,3} ±0	0,32 ^{c,3} ±0

MK: Margarin içeren kurabiye, KRK: Bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye, BK: Balmumu oleojeli içeren kurabiye, CK: Karnauba oleojeli içeren kurabiye, PK: Parafin oleojeli içeren kurabiye, harfler: dikey, rakamlar: yatay

Tablo 4.18. Kurabiye örneklerine ait kuru madde, kül, şeker ve yağ içeriği

Örnek	% KM	% Kül	% Şeker	% Yağ
MK	81,43 ^d ±0	1,45 ^a ±0,07	5,17 ^d ±0	22,56 ^c ±0,25
BK	95,33 ^a ±0	1,28 ^a ±0,04	5,18 ^c ±0	28,2 ^{a,b} ±0,9
CK	81,98 ^c ±0	1,4 ^a ±0,02	5,27 ^a ±0	27,87 ^b ±0,01
PK	93,4 ^b ±0	1,37 ^a ±0,17	5,24 ^b ±0	29,4 ^a ±0,04

KM: Kuru madde., MK: Margarin içeren kurabiye, KRK: Bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye, BK: Balmumu oleojeli içeren kurabiye, CK: Karnauba oleojeli içeren kurabiye, PK: Parafin oleojeli içeren kurabiye

Çalışmamızda üretilen kurabiye örneklerinin kuru madde içeriğinin % 81,43-95,33 aralığında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. MK ve BK örneklerinin kuru madde değerlerinin benzerlik göstermesinin suyu yapıda daha iyi hapsedmelerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Kül oranları % 1,28-1,45 aralığında değişmekte olup, örnekler arasında fark görülmemiştir. Yağ oranlarının % 22,56-29,4 aralığında farklılık gösterdikleri ancak, BK örneğinin CK ve PK örneğine benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Oleojel ile üretilen kurabiye örneklerinin margarin ile üretilen kurabiye örneklerine göre daha yüksek yağ tutma kapasitesine sahip olduğu düşünülmektedir. Şeker oranlarının ise % 5,17-5,27 aralığında çok yakın değerlerde olduğu fakat standart sapmadan kaynaklı olarak farklılık gösterdikleri tespit edilmiştir.

Kurabiye örneklerine ait ağırlık ve boyut değerleri Tablo 4.19' da verilmiştir. MK, BK, CK ve PK ağırlıkları birbirleri ile benzerlik gösterirken, KRK ağırlığı istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. En düşük ağırlık değeri KRK için, 7,93 g olarak ölçülmüştür. Manohar ve Rao (1999), kurabiyelerdeki ağırlık değerlerinin kurabiye içeriğindeki katı yağ oranına bağlı olduğu ve bu orana bağlı olarak artış gösterdiğini bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada kullanılan BYK' nın SFI değerinin 35 °C' da (0,21 ml/kg), oleojel örneklerinin SFI değerlerinden (BO için 0,29 ml/kg, CO için 0,39 ml/kg, PO için 0,28ml/kg) düşük olduğu gözlemlenmiştir. Oleojel ile üretilen kurabiyelerin kalınlık ve yükseklik değerleri

MK ile benzerlik gösterirken, ölçülen KRK değerleri ile farklılık göstermektedir. Yayılma oranı ne kadar yüksek olursa, kurabiye hamurundaki havayı hapsedmesinin o kadar düşük olduğu belirtilmiştir (Jacob ve Krishnarau, 2007). Çalışmamızda margarin ve oleojel ile üretilen kurabiye örneklerinin kalınlık değerleri benzerlik ve genişlik değerlerinin benzer olduğu görülmektedir. Bu durum margarin ve oleojel ile hazırlanan kurabiyelerin hava hapsedme kapasitesinin benzer olduğunu ve KRK' dan daha iyi olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Yılmaz ve Öğütçü (2015), tarafından yapılan çalışmada da, şortening ile hazırlanan kurabiyelerin, BM ve AM oleojelleri ile hazırlanan kurabiyelere göre daha iyi havayı hapsedme özelliği gösterdiği bildirilmiştir. Yağın bileşimi ve özellikleri, pişirme sırasında hamur ürününün mayalanma seviyesini ve yükselmesini etkilemektedir. Katı yağ oranının karıştırma sırasında hamur yoğunluğunu etkilediği bildirilmiştir. Düşük katı yağ oranına sahip yağın hamurda daha iyi hava kabarcıkları oluşturduğu fakat hava kabarcıklarını hamurda tutamayacağı bildirilmiştir (Mert ve Demirkese, 2016; Jacob ve Krishnarau, 2007). Bu nedenle, margarin, BYK ve oleojellerin katı yağ oranı üretilen kurabiyelerin boyutsal özelliklerinde gözlenen farklılıklara yol açmış olabilir. Sıvı formdaki yağlar, hamur içerisinde kürecikler şeklinde karıştıktan sonra dağılır ve hava kabarcıklarının sıkıştırıldığı bir hamur elde edilemez (Mert ve Demirkese, 2016). Bu nedenle, sıvı formda olan BYK ile hazırlanan kurabiyelerde, yeteri kadar hava kabarcığı oluşmadığından daha geniş, kalın ve basık formda kurabiyeler elde edilmiştir. Oleojellerin BYK' ya dahil edilmesiyle, yeterli miktarda havanın hapsedilmesini sağlayarak boyutsal özellikleri gelişmiş ve margarin ile üretilen kurabiyelere çok daha yakın ve benzer değerler elde edilmiştir. Mert ve Demirkese (2016) tarafından yapılan çalışmada da kanola yağı, kanola yağı-KM oleojeli ve oleojel-şortening ile hazırlanan kurabiyelerin boyutsal özellikleri incelenmiştir. Benzer şekilde, kanola yağı ile üretilen kurabiyelerde yeteri kadar hava kabarcığı oluşmadığından daha geniş, kalın ve basık formda kurabiyeler elde edildiği fakat yağa oleojelin dahil edilmesiyle boyutsal özelliklerin geliştiği bildirilmiştir.

Tablo 4.19. Kurabiye örneklerinin ağırlık ve boyutsal değerleri

Örnek	Ağırlık (g)	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Yükseklik (mm)
MK	8,36 ^a ±0,03	23,67 ^{b,c} ±0,64	69,87 ^b ±0,58	9,8 ^a ±0
KRK	7,93 ^c ±0,07	28,9 ^a ±1,42	73,7 ^a ±0,17	7,1 ^b ±0
BK	8,36 ^a ±0,06	24,43 ^b ±0,06	69,87 ^b ±0,12	9,6 ^a ±0,35
CK	8,42 ^a ±0,03	22,83 ^c ±0,4	69,93 ^b ±0,12	9,8 ^a ±0,35
PK	8,41 ^a ±0,03	24,4 ^b ±0	69,87 ^b ±0,12	9,6 ^a ±0,35

MK: Margarin içeren kurabiye, KRK: Bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye, BK: Balmumu oleojeli içeren kurabiye, CK: Karnauba oleojeli içeren kurabiye, PK: Parafin oleojeli içeren kurabiye.

4.12. Kurabiye Örneklerinin Tekstürel Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında üretilen kurabiyelerin 3 aylık depolama süreci boyunca belirlenen sertlik değerleri Tablo 4.20' de verilmiştir.

Tablo 4.20. Depolama sonu kurabiye örneklerinde ölçülen sertlik değerleri (N)

Örnek	0. gün	1. ay	2. ay	3. ay
MK	16,85 ^{c,3} ±2,49	23,13 ^{b,2} ±2,83	31,61 ^{a,1} ±2,77	20,94 ^{b,2,3} ±0,82
KRK	21,62 ^b ±2,99	24,08 ^b ±2,53	27,89 ^a ±6,66	30,82 ^a ±1,17
BK	19,59 ^{b,c,2} ±1,9	33,02 ^{a,1} ±1,1	30,92 ^{a,1} ±1,66	30,33 ^{a,1} ±3,04
CK	21,27 ^{b,2} ±1,82	26,95 ^{b,1,2} ±3,67	28,84 ^{a,1} ±2,35	30,02 ^{a,1} ±5,67
PK	25,7 ^{a,2} ±1,05	25,58 ^{b,2} ±3,36	24,59 ^{a,2} ±2,33	30,96 ^{a,1} ±0,38

MK: Margarin içeren kurabiye, KRK: Bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye, BK: Balmumu oleojeli içeren kurabiye, CK: Karnauba oleojeli içeren kurabiye, PK: Parafin oleojeli içeren kurabiye, harfler: dikey, rakamlar: yatay

Sertlik değerinin; MK için 16,85-31,61 N, KRK için 21,62-30,82 N, BK için 19,59-33,02 N, CK için 21,27-30,02 N ve PK için 24,59-30,96 N aralığında değiştiği saptanmıştır. Kurabiye örneklerinin sertlik değerleri kıyaslandığında, en düşük sertlik değeri 0. gün örneği MK için 16,85 N ve en yüksek sertlik değeri 1 aylık depolama sonrası BK örneği için 33,02 N olarak ölçülmüştür. Sertlik değerinin örnekteki kuru madde oranı ve su aktivite değerleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Kuru madde oranı düşük ve su aktivite oranı yüksek olan MK örneğinin sertlik değeri düşük, kuru madde oranı yüksek ve su aktivite oranı düşük olan BK örneğinin sertlik değeri ise yüksek çıkmıştır. MK örneğinin sertlik değerinin, margarinin yapısında bulunan sudan kaynaklı olduğu öngörülmektedir. Zamana bağlı olarak değişen sertlik değerlerinin, depolama sürecinde değişen su aktivite değerleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

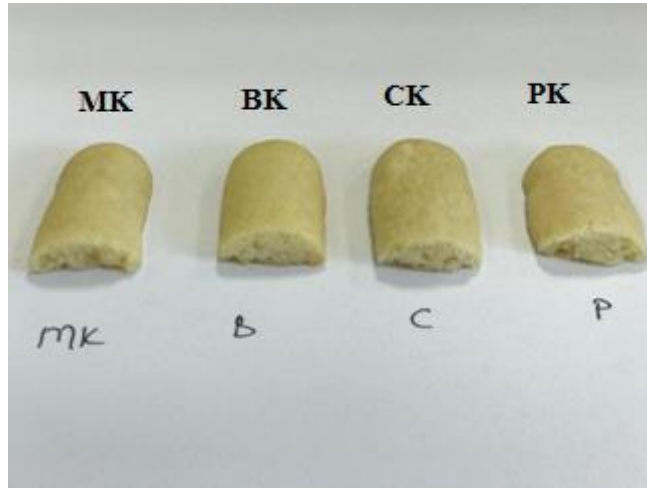
Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada, ticari şortening, AM ve BM kullanılarak fındık yağı ile hazırlanan oleojeller ile üretilen kurabiyelerin 30 günlük depolama süresince sertlik değerlerindeki değişiklikler izlenmiştir. AM oleojeli ile üretilen kurabiyelerin sertlik değerlerinde önemli ölçüde düşüşler olduğu kaydedilirken, BM oleojeli ile üretilen kurabiye örneklerinin sertlik değerlerinde depolama boyunca artış olduğu kaydedilmiştir. BM oleojeli ile üretilen kurabiye örneklerinin sertlik değerinin şortening ile üretilen kurabiye örneklerine benzer olduğu ve şortening ile üretilen kurabiyelere alternatif olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Öğütçü ve Yılmaz, 2015). Yapılan başka bir çalışmada hindistancevizi yağı ve farklı oranlarda BM (% 7,5, % 10, % 12,5, % 15 ve %17,5) kullanılarak üretilen oleojel örnekleri, şortening ve hindistan cevizi yağı ile hazırlanan kurabiyelerde sertlik değerleri ölçülmüştür. Oleojel ile hazırlanan kurabiyelerin hindistancevizi yağı ile hazırlanan kurabiyelere göre daha düşük sertlikte olduğu fakat, şortening ile hazırlanan kurabiyelerin sertlik değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. BM' nin % 7,5' tan % 17,5' a çıkarılması da yapılan çalışmanın sertlik değerinde önemli bir değişim göstermediği, fakat % 12,5, % 15 ve % 17,5 oranları ile hazırlanan oleojellerden üretilen kurabiyelerin sertlik değerleri şortening ile hazırlanan kurabiyelerin sertlik değerlerine benzerlik gösterdiği vurgulanmıştır (Sung ve Lin, 2017). Bizim çalışma bulgularımızda ise, 1. ayda margarin ile KRK, CK ve PK örneklerinin, 2. ayda ise tüm kurabiye örneklerinin benzer sertlik değerleri gösterdiği görülmüştür. Oleojel kullanılarak üretilen kurabiyelerin sertlik değerlerinde önemli ölçüde bir düşüş görülmemiştir. 3. ayda oleojel ile üretilen kurabiyelerin sertlik değerleri arasında fark görülmezken, margarin ile üretilen kurabiyelerde belirgin bir düşüş görülmüştür KRK ile hazırlanan kurabiyeler, Şekil 4.11' da görüldüğü gibi yağ salan ve arzu edilmeyen bir yapıdadır. Benzer şekilde Sung ve Lin (2017) tarafından yapılan çalışmada hindistan cevizi yağı, % 7,5 BM içeren oleojel ve % 10 BM içeren oleojel ile hazırlanan kurabiyelerde piştikten sonra yağ salımı gözlemlenmiş ve BM oranının arttıkça yağ salımının azaldığı bildirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, oleojelatörün kurabiye matrisinde üç boyutlu ağ oluşumuna yardımcı olduğunu ve sıvı faz ayrımını önlediği söylenebilmektedir.



Şekil 4.11. Kurabiye örneklerinde yağ salımı

4.13. Duyusal Analiz

Tüketiciler rakamlarla kodlanmış 4 farklı kurabiye (MK, BK, CK, PK) örneğinin görünüm, doku, koku, lezzet ve kabul edilebilirliğini çok beğendim (ÇB), orta derecede beğendim (OB), biraz beğendim (BB), ne beğendim ne beğenmedim (NBNB), biraz beğenmedim (BBM), orta derecede beğenmedim (OBM) ve hiç beğenmedim (HBM) olarak değerlendirmişlerdir. Panelistlerden öncelikle görünüm, doku ve koku, sonrasında ise lezzet ve kabul edilebilirliği değerlendirmeleri istenmiştir.



Şekil 4.12. Kurabiye örneklerinin dokusal yapılarının karşılaştırılması

Tablo 4.21' de sonuçlar incelendiğinde, görünüm ve doku olarak panelistler tarafından en çok BK örneği tercih edilirken, koku, lezzet ve kabul edilebilirlikte MK örneği tercih edilmiştir. Koku, lezzet ve kabul edilebilirlikte MK örneğine en yakın PK örneğinin olduğu görülmektedir. Görünüm ve dokusal özellikleri MK örneğine göre daha iyi olan BK örneğinin içeriğinde bulunan BM oleojelatör oranı düşürülerek MK örneğine alternatif, daha tercih edilebilir bir forma getirilebilir. Benzer şekilde Sung ve Lin (2017), % 15 BM içeren oleojel ile hazırlanan kurabiyelerin koku, aroma ve kabul edilebilirliği, şortening ile hazırlanan kurabiyelere göre daha düşükken, % 12,5 balmumu içeren oleojel ile hazırlanan kurabiyeler, şortening ile hazırlanan kurabiyeler arasında fark olmadığı belirtilmiştir. Örnekler arasında CK örneğinin çok beğenilmemesinin nedeni KRM oleojelatörünün kendine has yoğun ve aromatik kokusundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bu ihtimal düşünülerek, kurabiye hamurlarına vanilya gibi baskın aromaya sahip ürünler eklenerek duyu analizi tekrarlanabilir. Bir diğer öneri olarak, üretilen oleojel örneklerinde, oleojelatörlerin kendilerine has kokularını bastırabilmek ve daha kabul edilebilir, hoş kokulu hale getirmek adına aroma maddelerinin eklendiği yeni bir çalışma yapılarak değerlendirilebilir.

Tablo 4.21. Kurabiye örneklerinde duyu değerlendirme

Örnek	Görünüm	Koku	Doku	Lezzet	Kabul Edilebilirlik
MK	5,23	5,46	5,49	5,49	5,43
BK	5,77	5,11	5,66	4,77	5,00
CK	4,26	3,80	4,57	3,63	3,71
PK	5,11	5,14	4,97	5,06	5,34

MK: Margarin içeren kurabiye, KKK: Bitkisel yağ karışımı içeren kurabiye, BK: Balmumu oleojeli içeren kurabiye, CK: Karnauba oleojeli içeren kurabiye, PK: Parafin oleojeli içeren kurabiye.

Hindistan cevizi yağı, hindistan cevizi yağı-% 7,5, % 10, % 12,5, % 15 ve % 17,5 oranında BM içeren oleojeller ve şortening ile hazırlanan kurabiyeler görünüm, koku, lezzet, gevreklik, hindistancevizi lezzeti ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Panel, 18-24 yaş aralığında 34 erkek ve 40 kadından oluşturulmuştur. Görünüm olarak şortening ile hazırlanan kurabiyelerin % 7,5 ve % 15 BM içeren oleojeller ile hazırlanan kurabiyelere göre daha iyi olduğu belirtilmiştir. Hindistan cevizi yağı ve % 15 BM içeren oleojel ile hazırlanan kurabiyelerin kokusu, aroması, gevrek ve genel kabul edilebilirliği, şortening ile hazırlanan kurabiyelere göre önemli ölçüde daha düşük olduğu görülmüştür. Gevreklik değeri dışında, ölçülen diğer değerler için % 12,5 balmumu içeren

oleojel ile hazırlanan kurabiyeler, şortening ile hazırlanan kurabiyeler arasında fark olmadığı belirtilmiştir (Sung ve Lin, 2017).

Yapılan bir başka çalışmada, şortening, ayçiçek yağı-BM (% 5) ve ayçiçek yağı-AM (% 5) oleojelleri ile hazırlanan kurabiyeler görünüm, doku, koku, lezzet ve kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Panele 200 kişi katılmıştır. Elde edilen puanların tüketici iyi bir tercih seviyesini gösteren 3,80 değerinin üzerinde olduğu ve ölçülen özellikler için kurabiyeler arasında belirgin bir fark olmadığı hatta, oleojeller ile üretilen kurabiye değerlerinin şorteninge göre biraz daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, oleojeller ile hazırlanan kurabiyelerin tüketiciler tarafından kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (Yılmaz ve Öğütçü, 2015).

Yine benzer şekilde bir doktora tez çalışmasında, fındık yağı-AM ve BM temelli oleojeller ile şortening kullanılarak hazırlanan kurabiyelerin duyu özellikleri incelenmiştir. Oleojel kullanılarak hazırlanan kurabiyelerin ve şortening kullanılarak hazırlanan kurabiyelerin tüketici beğeni testi sonuçlarının oldukça benzer olduğu bildirilmiştir (Öğütçü, 2014).

Başka bir çalışmada, tüketicilerin daha düşük yağ veya sıvı yağ içeren bisküvileri daha az sevdikleri, ancak sağlık etkileri hakkında bilgilendirildiklerinde sıvı yağlarla yapılan bisküvileri sevme oranlarının arttığı gösterilmiştir (Tarancón vd., 2014). Bu çalışmadan yola çıkılarak, tüketiciler öncelikle TYA ve DYA tüketiminin neden olduğu sağlık etkileri hakkında bilgilendirildikten sonra, DYA ve DmYA içeriği dengelenmiş oleojel ile hazırlanan kurabiye örneklerinde, daha yüksek kabul edilebilirlik sağlanabileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇ

BYK' ya BM, KRM ve P oleojelatörlerin ilave edilmesiyle hazırlanan BO, CO ve PO örneklerinin yağ bağlama kapasitesinin % 100 olduğu saptanmıştır. BO, CO ve PO örneklerine ait SFI değerlerinin genel olarak, BYK ve margarin değerlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Margarine ait pik erime sıcaklık değerine en yakın değer PO örneğinde görülmüştür. 4 °C' da depolanan oleojel örneklerinin oksitadif stabilitelerinin, 23 °C' da depolananlara göre daha iyi olduğu saptanmıştır. Ancak, oksidasyonu engellemek ve oksidatif stabiliteyi korumak amacıyla oleojel örneklerinde herhangi bir antioksidan kullanılmamıştır. Oleojel örneklerine XRD grafiklerinde β' forma ait piklerin olduğu fakat margarinde β' forma ait piklerin daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak, oleojel üretiminin laboratuvar koşullarında herhangi bir temperleme işlemi uygulanmadan gerçekleştirildiği göz önünde bulundurulmalıdır. BYK ve M' ye ait yağ asidi profillerinin çok benzer olduğu düşüldüğünde, uygun oleojel üretim koşulları altında temperleme işlemi ile daha fazla miktarda β' formundaki kristallerin oluşumunun teşvik edileceği düşünülmektedir. BO, CO ve PO örneklerinin hazırlanmasında kullanılan BYK' ya ait yağ asidi profilinin Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen oranlara yakın (1,2:1,5:1) olduğu saptanmıştır. 4 °C' da depolanan oleojel örneklerinin sertlik değerleri, 23 °C' da depolanan oleojel örneklerinin sertlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Oleojel örnekleri ile üretilen kurabiye örnekleri boyutsal olarak MK ile oldukça benzer değerler verirken, KRK' nın basık, şekilsiz ve yağ salan bir yapıda olduğu saptanmıştır. BK, CK ve PK örneklerinde sertlik değerlerinin genel olarak MK örneğine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun margarin formülasyonunda bulunan su, emülgatör gibi bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Depolama boyunca en yüksek su aktivitesi değeri genel olarak MK örneğinde saptanmıştır. Kurabiye örneklerinde depolama boyunca oksidatif stabilite korunmuştur. Kurabiye örneklerinde yapılan duyusal analiz sonucunda görünüm ve doku olarak BK örneğinin MK örneğine göre daha çok beğenildiği görülmüştür. Ancak koku, lezzet ve kabul edilebilirlikte en çok beğenilen örneğin MK olduğu, PK örneğinin ise bu değere yakın olduğu belirlenmiştir. Koku, lezzet ve kabul edilebilirlikte panelistlerin kullanılan oleojelatörlerin kendilerine has baskın kokularından olumsuz yönde etkilendikleri düşünülmektedir. Bu amaçla, kurabiye formülasyonunda bu kokuları bastırarak aroma maddelerinin kullanılması ya da aromatize oleojel üretimi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, N., Karagözlü, C., 2014. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi*. Sidas Medya Yayınları, Kanyılmaz Matbaası, Çamdibi, İzmir.
- Arnold, G., Schuldt, S., Schneider, Y., Friedrichs, J., Babick, F., Werner, C., Rohm, H., 2013. The impact of lecithin on rheology, sedimentation and particle interactions in oil-based dispersions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 418, 147–156.
- Barbut, S., Wood, J., Marangoni A., 2016. Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. *Meat Science* 122, 155–162.
- Bonvehı, J., S., Bermejo F., J., O., 2012. Detection of adulterated commercial Spanish beeswax. *Food Chemistry* 132, 642–648.
- Burkhardt, M., Noirez, L., Gradzielski M., 2016. Organogels based on 12-hydroxy stearic acid as a leitmotif: Dependence of gelation properties on chemical modifications. *Journal of Colloid and Interface Science* 466, 369–376.
- Chaves, K., F., Barrera-Arellano, D., Ribeiro, A., P., D., 2018. Potential application of lipid organogels for food industry. *Food Research International* 105, 863–872.
- Choe, E., Min, D., B., 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety* 5, 169-186.
- Co, E., D., Marangoni , A., G., 2012. Organogels: an alternative edible oil-structuring method. *Journal of the American Oil Chemists Society* 89, 749–780.
- Da Pieve, S., Calligaris S., Co, E., Nicoli M, C., Marangoni, A., G., 2010. Shear nanostructuring of monoglyceride organogels. *Food Biophysics* 5, 211–217.
- Dassanayake, L., S., K., Kodali, D., R., Ueno, S., Sato K., 2009. Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. *Journal of the American Oil Chemists Society* 86, 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, 432–439.
- Demirkesen, İ., 2017. Farklı mumlarla oluşturulan oleojellerin reolojik ve tekstürel özellikleri. *Gıda* 42(1), 50–57.
- Doan, C., D., Tavernier, I., Okuro, P., K., Dewettinck, K., 2018. Internal and external factors affecting the crystallization, gelation and applicability of wax-based oleogels in food industry. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 45, 42–52.
- Doell, D., Folmer, D., Lee, H., Honigfort, M., Carberry, S., 2012. Updated estimate of trans fat intake by the US population. *Food Additives & Contaminants: Part A* 29(6), 861–874.

- Estadella, D., Nascimento, C., M., P., O., Oyama, L., M., Ribeiro, E., B., Dâmaso, A., R., Piano, A., 2013. Lipotoxicity: effects of dietary saturated and trans fatty acids. *Hindawi Publishing Corporation Mediators of Inflammation Volume 2013*, Article ID 137579, 1–13.
- Fayaz, G., Goli, S., A., H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Calligaris, S., Nicoli M., C., 2017. Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional chocolate spread. *LWT - Food Science and Technology* 86, 523–529.
- Garcia, R., K., A., Moreira Gandra, K., Barrera-Arellano, D., 2013. Development of a zero *trans* margarine from soybean-based interesterified fats formulated using artificial neural networks. *Grasas Y Aceites*, 64(5), 521–530.
- Gravelle, A., J., Davidovich-Pinhas, M., Zetzi, A., K., Barbut, S., Marangoni, A., G., 2016. Influence of solvent quality on the mechanical strength of ethylcellulose oleogels. *Carbohydrate Polymers* 135, 169–179.
- Gravelle, A., J., Barbut, S., Marangoni A., G., 2012. Ethylcellulose oleogels: Manufacturing considerations and effects of oil oxidation. *Food Research International* 48, 578–583.
- Gibon, V., 2006. *Modifying lipids for use in food*, İngiltere, 201 s.
- Guillen, M., D., Cabo, N., 2002. Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. *Food Chemistry* 77, 503–510.
- Herrera, M.L., Marquez Rocha F.J., 1996. Effects of Sucrose Ester on the Kinetics of Polymorphic Transition in Hydrogenated Sunflower Oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* 73, 321–326.
- Himawan, C., Starov, V.M., Stapley A.G.F., 2006. Thermodynamic and kinetic aspects of fat crystallization. *Advances in Colloid and Interface Science* 122, 3–33.
- Hunter, J., E., 2001. Studies on effects of dietary fatty acids as related to their position on triglycerides. *Lipids*, 36(7), 655–668.
- Jacob, J., Krishnarau, L., 2007. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. Baking and Confectionery Technology, Central Food Technological Research Institute, Mysore, Hindistan.
- Jang, A., Bae, W., Hwang, H., Lee, H., G., Lee S., 2015. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food Chemistry* 187, 525–529.
- Kayahan, M., 2002. *Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, Ankara.

- Kayahan, M., 2003. *Yağ Kimyası*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, Ankara.
- Kuleaşan, Ş., 2011. Orta zincir uzunluğundaki yağ asitlerini yüksek miktarda geçiren yapılandırılmış yağların enzimatik interesterifikasyon yöntemi ile üretimi ve sağlık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Lichtenstein, A., H., Appel, L., J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch, H., A., Franklin, B., Kris-Etherton, P., Harris, W., S., Howard, B., Karanja, N., Lefevre, M., Rudel, L., Sacks, F., Horn, L., V., Winston, M., Wylie-Rosett, J., 2006. Summary of American heart association diet and lifestyle recommendations revision 2006 *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology* 26(10), 2186-2191.
- Limpimwong, W., Kumrungsee, T., Katob, N., Yanakab, N., Thongngama, M., 2017. Rice bran wax oleogel: A potential margarine replacement and its digestibility effect in rats fed a high-fat diet. *Journal of Functional Foods* 39, 250–256.
- Manohar, R., S., Rao, P., H., 1999. Effect of mixing method on the rheological characteristics of biscuit dough and the quality of biscuits. *European Food Research Technology*, 210, 43–48.
- Marangoni, A., G., Garti, N., 2011. An overview of the past, present, and future of organogels. in edible oleogels structure and health implications, Edited by Marangoni, A., Garti, N., United States of America, 342p.
- Martini, S., Awad, T., Marangoni, A. G., 2006. *Modifying lipids for use in food*, İngiltere, 142 s.
- Mert, B., Demirkesen, I., 2016. Reducing saturated fat with oleogel /shortening blends in a baked product. *Food Chemistry* 199, 809-816.
- Metin S., Hartel R.W., 2005. *Bailey's Industrial Oil And Fat Products*, Altıncı Baskı. Kanada, 45 s.
- Moriano, M., E., Alamprese, C., 2017. Organogels as novel ingredients for low saturated fat ice creams. *LWT - Food Science and Technology* 86, 371–376.
- Nobile, M., A., D., Conte, A., Incoronato, A., L., Panza, O., Sevi, A., Marino R., 2009. New strategies for reducing the pork back-fat content in typical Italian salami. *Meat Science* 81, 263–269.
- Oh, I., K., Lim, C., A., J., Lee, S., J., S., 2017. Assessing the effectiveness of wax-based sunflower oil oleogels in cakes as a shortening replacer. *LWT - Food Science and Technology* 86, 430–437.
- Öğütçü, M., 2014. Yemeklik oleojellerin hazırlanması ve gıda ürünü olarak kullanımlarının araştırılması, Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye.

- Öğütçü, M., Yılmaz, E., 2001. Margarinlere alternatif olabilecek yeni bir ürün: oleojeller-II Dünya Gıda. <http://www.dunyagida.com.tr/haber/margarinlere-alternatif-olabilecek-yeni-bir-urun-oleojeller-ii/4115> (Erişim Tarihi: 07.03.2020).
- Öğütçü, M., Yılmaz, E., 2014. Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. *Grasas Y Aceites* 65 (3), 1-11.
- Öğütçü, M., Arifoğlu, N., Yılmaz, E., 2015. Storage stability of cod liver oil organogels formed with beeswax and carnauba wax. *International Journal of Food Science and Technology* 50, 404–412.
- Öğütçü, M., Yılmaz, E., 2015. Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes. *International Journal of Food Properties* 18, 1741–1755.
- 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, 114–121.
- Patel, A., R., Rajarethinem, P., S., Grędowska, 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 Funct.*, 5, 615-822.
- Patel, A., R., Dewettinck, K., 2016. Edible oil structuring: An overview a recent updates. *Food & Function* 7, 20-29.
- Place, A. R. 1992. Comparative aspects of lipid digestion and absorption: physiological correlates of wax ester digestion. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 263(3), R464-R471.
- Rocha, J., C., B., Lopes, J., D., Mascarenhas, M., C., N., Arellano, D., B., Guerreiro, L., M., R., Lopes da Cunha, R., 2013. Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane or candelilla wax in soybean oil. *Food Research International* 50, 318–323.
- Rogers, M., A., 2009. Novel structuring strategies for unsaturated fats – Meeting the zero-trans, zero-saturated fat challenge: A review. *Food Research International* 42, 747–753.
- Roman, O., Heyd, B., Broyart, B., Castillo, R., Maillard, M., 2013. Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions. *LWT - Food Science and Technology* 52, 49-59.
- Singh, A., Auzanneau, F., I., Rogers, M., A., 2017. Advances in edible oleogel technologies – A decade in review. *Food Research International* 97, 307–317.
- Stauffer, C.E., 2005. *Bailey's Industrial Oil And Fat Products*, Altıncı Baskı. Kanada, 229 s.

- Stortz, T., A., Zetzi, A., K., Barbut, S., Cattaruzza, A., Marangoni, A., G., 2012. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. *Lipid Technology* 7(24), 151–154.
- Sung, W., Lin, Y., 2017. Qualities of cookie made with beeswax-coconut oil organogels as replacement for shortening. *Journal of Food and Nutrition Research* Vol. 5, No. 9, 697-70.
- Tang, D., Marangoni, A., G., 2017. Modeling the rheological properties and structure of colloidal fat crystal networks. *Trends in Food Science & Technology* 18, 474–483.
- Tarancón, P., Sanz, T., Fiszman, S., Tárrega A., 2014. Consumers' hedonic expectations and perception of the healthiness of biscuits made with olive oil or sunflower oil. *Food Research International* 55, 197–206.
- Taşan, M., Dağlıoğlu, O., 2005. Trans yağ asitlerinin yapısı, oluşumu ve gıdalarla alınması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(1), 79–88.
- Teles dos Santos, M., Gerbaud, V., Le Roux, G.A.C., 2014. Solid fat content of vegetable oils and simulation of interesterification reaction: predictions from thermodynamic approach. *Journal of Food Engineering* 126, 198–205.
- Toro-Vazquez, J., F., Morales, J., A., Dibildox-Alvarado, E., Charo, 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.
- Tosun, A., Özkal, N., 2000. Kanola. *Dergi Park Akademik* 29(1), 59–76.
- Tulloch, A., P., 1970. The composition of beeswax and other waxes secreted by insects. *Lipids* 5, 247–258.
- Yenioğlu Demiralp, Ş., Demirok Soncu, E., Kolsarıcı, N., 2017. Oleojeller ve emülsifiye et ürünlerinde kullanımı. *Gıda The Journal Of Food* 42(5), 505–513.
- Yılmaz, E., Öğütçü, M., 2012. Margarinlere alternatif olabilecek yeni bir ürün: oleojeller-I. <http://www.dunyagida.com.tr/haber/margarinlere-alternatif-olabilecek-yeni-bir-urun-oleojeller-i/4087> (Erişim Tarihi: 07.03.2020).
- Yılmaz, E., Öğütçü, M., 2015. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food Function* 6, 1194–1204.
- Yi, B., Kim, M., J., Lee, S., Y., Lee, J., H., 2017. Physicochemical properties and oxidative stability of oleogels made of carnauba wax with canola oil or beeswax with grapeseed oil. *Food Science Biotechnology* 26(1), 79-87.
- Youssef, M., K., Barbut, S., 2009. Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. *Meat Science* 82, 228–233.

Zetzl, A., K., Marangoni, A., G., 2011. Novel strategies for nanostructuring liquid oils into functional fats. in edible oleogels structure and health implications, Edited by Marangoni, A., Garti, N., United States of America, 342p.



EKLER

EK-1. Oleojel İçeren Kurabiye Duyusal Test Formu

Panelist Yaşı:

Panelist

Numarası:

Panelist Cinsiyeti: ☐ Erkek ☐ Kadın

Panelist Çalışma Durumu: ☐ Öğrenci ☐ İdari Personel ☐ Akademik Personel ☐ Diğer

Sayın Panelist,

Size, toplamda **4 (dört)** adet **OLEOJEL İÇEREN KURABIYE** örneği sunulacaktır. Örneklerin **tadına bakmadan önce Görünüm, Doku ve Koku** açısından değerlendiriniz. Her bir örneği tatmaya başlamadan önce bir miktar su içiniz. Örnekleri dilerseniz tekrar test edebilirsiniz. Örneklerin **tadına baktıktan sonra LEZZET ve KABUL EDİLEBİLİRLİK** açısından beğeni durumunuzu, aşağıdaki kutucuklardan uygun gelen yere X işareti koyarak belirtiniz. Dilerseniz açıklama kısmına tercihinizle ilgili açıklama yapabilirsiniz.

Katılımınız İçin Teşekkür Ederiz.

ÖRNEK NO:

Puanlama	Görünüm	Doku	Koku	Lezzet	Kabul edilebilirlik
Çok beğendim.	☐	☐	☐	☐	☐
Orta derecede beğendim.	☐	☐	☐	☐	☐
Biraz beğendim.	☐	☐	☐	☐	☐
Ne beğendim ne de beğenmedim.	☐	☐	☐	☐	☐
Biraz beğenmedim.	☐	☐	☐	☐	☐
Orta derecede beğenmedim.	☐	☐	☐	☐	☐
Hiç beğenmedim.	☐	☐	☐	☐	☐

Açıklama:

.....

.....

.....

.....

EK-2. Duyusal Analiz Katılım Kabul Formu (Consent Form)

Bu duyusal analizde kullanılan kurabiyeler;

- Buğday unu
- Maltodekstrin
- Şeker (sakkaroz)
- Buğday nişastası
- Yumurta
- Hamur kabartma tozu
- Tuz (sofra tuzu)
- Yemeklik yağlar (rafine ayçiçek yağı, rafine zeytinyağı, rafine palm çekirdeği yağı, soğuk pres keten tohumu yağı, ticari margarin)
- Balmumu (gıda tipi)
- Parafin (gıda tipi)
- Karnauba mumu (gıda tipi)

içermektedir.

Bileşenlerin tümü gıdalarda kullanımına yasal olarak izin verilen ticari ürünlerdir.

Oleojel içeren kurabiye örnekleriyle ilgili yapılan bu duyusal analize **kendi isteğimle katılmayı kabul** ve ürün bileşiminde yer alan **bileşenlere karşı bildiğim herhangi bir alerjim olmadığını** beyan ediyorum.

Adım ve Soyadım:

İmza:

Tarih: