



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OLEOJEL FORMÜLASYONUNDA KONJUGE LİNOLEİK ASİT KULLANIMI VE
KARAKTERİZASYONU

Onur Utku TARIM

MART 2021

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDERMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OLEOJEL FORMÜLASYONUNDA KONJUGE LİNOLEİK ASİT KULLANIMI VE
KARAKTERİZASYONU

Onur Utku TARIM

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Hakan ERİNÇ

MART 2021

Onur Utku TARIM tarafından **Doç. Dr. Hakan ERİNÇ** danışmanlığında hazırlanan “**Oleojel Formülasyonunda Konjuge Linoleik Asit Kullanımı ve Karakterizasyonu**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir

Başkan : Dr. Öğretim Üyesi Cem Okan ÖZER

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Ayşe ÖZBEY

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Hakan ERİNÇ

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/..../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/..../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Prof. Dr. Murat BARUT

MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

A large, light gray watermark of a stylized signature is positioned in the lower half of the page. The signature is composed of several overlapping, diagonal strokes that form a complex, abstract shape.

Onur Utku TARIM

ÖZET

OLEOJEL FORMÜLASYONUNDA KONJUGE LİNOLEİK ASİT KULLANIMI VE KARAKTERİZASYONU

TARIM, Onur Utku
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Hakan ERİNÇ

Mart 2021, 86 sayfa

Bu çalışmada,oleojel üretiminde konjuge linoleik asit (KLA) kullanımı ve oleojelatör olarak balmumu kullanımının araştırılması ve oleojellerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üretilen oleojellerde % MJK, jelleşme süresi, % YBK, renk, XRD, FT-IR, TGA, oleojellerin dokusal, reolojik ve stabilite analizleri gerçekleştirildi. Ayrıca depolama süresi boyunca (120 gün) oleojellerin tiyobarbutirik asit ve peroksit değerleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda %25-50 oranında KLA içeren yağlardan oleojel elde etmek amacıyla %2 oranında balmumu kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca balmumu konsantrasyonunun artmasıyla oleojel kristalizasyon zamanının azaldığı ve % YBK arttığı belirlenmiştir. KLA miktarı oleojellerin parlaklık (L*) değerleri üzerine önemli bir etkide bulunmazken, yeşillik (a*) değerinin azalmasına ve sarılık (b*) değerinin artmasına neden olmuştur. TGA analizleri sonucunda KLA miktarının artması ile örneklerin $T_{\text{başlangıç}}$ sıcaklığında azalma meydana gelmiştir. Diğer taraftan, sürülebilirliğin KLA miktarının artmasıyla kolaylaştığı, balmumu konsantrasyonunun artması ile zorlaştığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Konjuge linoleik asit, oleojel, XRD, FTIR,TGA, reoloji, tekstür, depolama stabilitesi, oksidasyon

SUMMARY

THE USE OF CONJUGATED LINOLEIC ACID IN OLEOGEL FORMULATION AND ITS CHARACTERIZATION

TARIM, Onur Utku

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Hakan ERİNÇ

March 2021, 86 pages

This study aimed to investigate the use of beeswax, as an oleogelator, in the production of conjugated linoleic acid-enriched oleogel and to determine some physical and chemical properties of oleogels. In oleogels produced and analyses of MGC %, gelation time, OBC %, color, XRD, FT-IR, TGA, textural, reological and stability of oleogels were undertaken. In addition, thiobarbituric acid and peroxide value of oleogels were investigated during the storage period (120 days). As a result of the study, it was determined that 2% beeswax should be used to obtain oleogel from oils containing 25-50% CLA. In addition, it was determined that oleogel crystallization time decreased and OBC % increased with increasing wax concentration. While the amount of CLA did not have a significant effect on the brightness (L^*) values of oleogels, it caused a decrease in greennes (a^* value) and an increase in yellowness (b^* value). As a result of TGA analysis, the increase in the amount of KLA caused a decrease in the T_{onset} temperature of the samples. On the other hand, it was determined that the spreading becomes easier with the increase in the amount of CLA and it becomes difficult with the increase in the beeswax concentration.

Keywords: Conjugated linoleic acid, oleogel, XRD, FTIR, TGA, rheology, texture, storage stability, oxidation

ÖN SÖZ

Yüksek lisans tez konumun belirlenmesinden son aşamasına gelene kadar önüme çıkan her sorunun aşılmasında bilgi, birikim ve değerli tecrübeleri ile bana yol gösteren, kıymetli vaktini ayırarak yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ERİNÇ'e,

Laboratuvar çalışmalarında yardımlarına başvurduğum Sayın Arş. Gör. Hamza ALAŞALVAR'a ve Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine,

Tezimin her aşamasında benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve arkadaşım Asiye ÖZCAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışma, GTB 2018/15-HİDEP numaralı "Oleojel Formülasyonunda Konjuge Linoleik Asit Kullanımı ve Karakterizasyonu" başlıklı BAP projesi kapsamında üretilmiş olup, projeye destek sağlayan Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xii
SİMGE VE KISALTMALAR	xiii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
BÖLÜM II KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1 Konjuge Linoleik Asit	3
2.1.1 Konjuge linoleik asidin (KLA) yapısı	3
2.1.2 Konjuge linoleik asidin (KLA) biyosentezi	4
2.1.3 Konjuge linoleik asit kaynakları	5
2.1.4 Konjuge linoleik asitin biyolojik etkileri ve etki mekanizması	6
2.1.5 Kimyasal yolla KLA üretimi	8
2.2 Oleojel	9
2.2.1 Yağ sanayinde kullanılan oleojelatörler	13
2.2.1.1 γ -Orizanol ve fitosteroller	14
2.2.1.2 Sorbitan monostearat	14
2.2.1.3 Seramidler	15
2.2.1.4 Mono ve digliseritler	15
2.2.1.5 Yağ asitleri	16
2.2.1.6 Yağ alkolleri	16
2.2.1.7 Yağ asitleri ve yağ alkolleri	17
2.2.1.8 Sorbitan tristearat ve lesitin	17
2.2.1.9 Mumlar (vakslar)	18
2.2.1.9.1 Kandelilla mumu	19
2.2.1.9.2 Karnaubu mumu	19
2.2.1.9.3 Balmumu	20
2.2.1.9.4 Pirinç kepeği mumu	21
2.2.1.9.5 Ayçiçek mumu	21

2.2.1.9.6 Şellak mumu	22
2.2.2 Oleojellerin özellikleri.....	23
2.2.2.1 Mumsu oleojelatörlerle ile üretilen oleojellerin özellikleri	23
2.2.2.2 Doymuş monogliseritlerle üretilen oleojellerin özellikleri	26
2.2.2.3 Emülsiyon temelli oleojellerin özellikleri	27
2.2.3 Oleojelde kullanılan yağlar ve önemi	29
2.2.4 Oleojellerin gıdalardaki kullanımları	30
BÖLÜM III METARYAL VE METOD	34
3.1 Materyal	34
3.2 Metot.....	34
3.2.1 Konjuge linoleik asit üretimi	34
3.2.2 Oleojel üretimi.....	35
3.2.3 Oleojel analizleri	35
3.2.3.1 Minimum jel oluşturma konsantrasyonu (%MJK).....	35
3.2.3.2 Kristalizasyon zamanı (KOZ) ölçümü.....	36
3.2.3.3 Yağ bağlama kapasitesi (%YKB) ölçümü	36
3.2.3.4 Santrifüj stabilite testi	36
3.2.3.5 Renk analizi.....	37
3.3 Oleojellerin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	37
3.3.1 XRD analizi	38
3.3.2 TGA analizi	38
3.3.3 FTIR analizi.....	38
3.4 Oleojellerin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	39
3.5 Oleojellerde Depolama Süresince Yapılan Analizler	39
3.5.1 Peroksit sayısı	39
3.5.2 Malonaldehit analizi (MAD)	39
3.6 İstatistiksel Analizler	40
BÖLÜM IV BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1 Oleojel Özellikleri.....	41
4.1.1 Minimum jel oluşturma konsantrasyonu (%MJK).....	41
4.1.2 Kristalizasyon zamanı (KOZ) ölçümü.....	41
4.1.3 Yağ bağlama kapasitesi (%YBK) ölçümü.....	42
4.1.4 Santrifüj stabilite testi.....	43
4.1.5 Renk ölçümü.....	44
4.1.6 Oleojellerde tekstürel özelliklerin belirlenmesi.....	44

4.2 Oleojellerde Karakterizasyon Analizleri	45
4.2.1 FT-IR analizi	45
4.2.2 TGA analizi	47
4.2.3 XRD analizi	48
4.3 Oleojellerin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	50
4.4 Oleojellerde Depolama Süresince Yapılan Analizler	52
4.4.1 Peroksit analizi	52
4.4.2 Malonaldehit analizi	55
BÖLÜM V SONUÇLAR.....	58
KAYNAKLAR	60
EKLER.....	79
ÖZ GEÇMİŞ	86



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı gıdaların toplam KLA içerikleri (mg/g yağ)	6
Çizelge 2.2. Aspir yağı ve farklı konsantrasyonlarda Kandelila mumu kullanılarak üretilen oleojellerin bazı fizikokimyasal özellikleri	24
Çizelge 2.3. Aspir yağı ile tripalmitin (%0-1) ve Kandelila mumu (%0-3) elde edilen oleojellerin termomekaniksel özellikleri	25
Çizelge 3.1. Ayçiçek yağının ve KLA içeren örneklerin yağ asidi dağılımı	34
Çizelge 4.1. Farklı konsantrasyonlarda balmumu ve KLA içeren oleojel örneklerinin kristalizasyon zamanları	42
Çizelge 4.2. Oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri (%YKB).....	43
Çizelge 4.3. Farklı konsantrasyonlarda balmumu ve KLA içeren oleojel örneklerinin santrifüj stabiliteleri.....	43
Çizelge 4.4. Oleojel örneklerinde L, a ve b değerleri	44
Çizelge 4.5. Oleojel örneklerinin tekstür analizi sonucu sıklık (sertlik) (g) ve kaymaya karşı yapılan iş (sürülebilirlik) (g.sn) değerleri	45
Çizelge 4.6. Oleojel örneklerinde TGA ananalizi sonucu oluşan kütle değişimi	48
Çizelge 4.7. Oleojel örneklerinin XRD analizi sonucu kristal formları (%).....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Linoleik asit ve konjuge izomerleri	4
Şekil 2.2. Konjuge linoleik asit (KLA) sentezi.....	5
Şekil 2.3. Risinoleik asidin yapısı.....	8
Şekil 2.4. Oleojel oluşumunun şematik olarak gösterimi	12
Şekil 2.5. Yağ yapılandırma sistemleri	13
Şekil 3.1. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin geri ekstrüzyon ölçümüne ait örnek grafik.....	37
Şekil 3.2. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin sürülebilirlik ölçümüne ait örnek grafik.....	38
Şekil 3.3. Malonaldehit analizine ait kalibrasyon eğrisi	40
Şekil 4.1. Kontrol örneklerine ait örneklerin FT-IR spektrumları	47
Şekil 4.2. Farklı oranlarda balmumu (%2, %3 ve %4) ve %25 KLA içeren oleojel örneklerinin XRD analizi sonuçları	49
Şekil 4.3. Farklı oranlarda balmumu (%2, %3 ve %4) ve %50 KLA içeren oleojel örneklerinin XRD analizi sonuçları	49
Şekil 4.4. Oleojel örneklerinin elastik modül değerleri	51
Şekil 4.5. Oleojel örneklerinin viskoz modül değerleri	51
Şekil 4.6. Oleojel örneklerinin viskozite değerleri	52
Şekil 4.7. Kontrol grubu örneklerinin depolama süresince peroksit miktarlarının değişimi..	53
Şekil 4.8. Farklı oranlarda balmumu içeren oleojel örneklerinin peroksit sayısı değişimi.....	54
Şekil 4.9. Kontrol grubu örneklerinin depolama süresince TBA sayısı değişimi.....	55
Şekil 4.10. Farklı oranlarda balmumu içeren oleojel örneklerinin TBA sayısının değişimi.....	56

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 2.1. Kandelilla mumu.....	19
Fotoğraf 2.2. Karnaubu mumu.....	20
Fotoğraf 2.3. Balmumu.....	20
Fotoğraf 2.4. Pirinç kepeği mumu.....	21
Fotoğraf 2.5. Ayçiçek mumu.....	22
Fotoğraf 2.6. Şellak mumu.....	23



SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
μ l	Mikrolitre
sn	Saniye
g	Gram
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
cm	Santimetre
dk	Dakika
W	Watt
M	Molar
β	Beta
Å	Angstrom
%	Yüzde
°C	Derece Celcius

Kısaltmalar	Açıklama
FT-IR	Fourier Transform Infared Spektrofometre
KLA	Konjuge Linoleik Asit
LA	Linoleik Asit
TGA	Termogravimetrik Analiz
XRD	X-Ray Powder Diffraction
YBK	Yağ Bağlama Kapasitesi
MAD	Malonaldehit Analizi
KOZ	Kristalizasyon Oluşum Zamanı
FDA	Food And Drug Administration

BÖLÜM I

GİRİŞ

Yemelik yağlar oda sıcaklığındaki yapısal özelliklerine göre sıvı, yarı-katı ve katı olarak sınıflandırılmaktadırlar. Yağların bu fiziksel durumları, onların kimyasal yapılarından etkilenmekte olup kullanım alanlarını belirlemektedir. Örneğin oda sıcaklığında tamamen sıvı olan yağlar salata yağı olarak (zeytinyağı, ayçiçek yağı), kolay sürülebilir formdaki katı yağlar kahvaltılık sürülebilir margarin olarak ve daha sert yapıdaki yağlar (margarinler ve şorteningler) fırıncılık ürünlerinin vazgeçilmez bileşenleri olarak kullanılmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde kullanılan yağların (şorteningler), bayatlamayı geciktirici, gaz tutucu, kabartıcı, yağlayıcı, tekstürel özellikleri iyileştirici ve aroma kazandırma gibi önemli görevlerde rol aldıkları bilinmektedir. Günümüzde hızlı yaşam koşulları insanları dengeli beslenmeden uzaklaştırmakta ve hazır yiyeceklere yöneltmektedir. Hazır gıda tüketimindeki artış ile birlikte sağlıksız ve dengesiz beslenmenin bir sonucu olarak insanlarda obezite, kalp damar rahatsızlıkları, sindirim sistemi rahatsızlıkları gibi hastalıklar meydana gelmektedir. Bu rahatsızlıkların baş sorumlusu olarak daha çok diyetle alınan katı yağlar ve trans yağlar görülmektedir. Bu nedenle insanlar yağsız diyetlere başvurmakta ve kontrolsüz diyetler neticesinde sağlık açısından daha büyük problemler meydana gelmektedir. Oysaki yağlar insan beslenmesinde temel bileşen olarak yer almaktadır. Yağda eriyen vitaminlerin (A, D, E ve K vitaminleri) vücutta kullanımını sağlamak için ve esansiyel yağ asitlerinin (ω -3 ve ω -6) fonksiyonel gerekliliğinden dolayı tüketilecek yağ miktarı çok azaltılmamalıdır (Çelik ve Demirel, 2004).

Ayrıca doymuş ve trans yağ asitlerinin fazla miktarda tüketilmesi sonucunda obezite, metabolik sendromlar, sindirim sistemi ve kalp-damar rahatsızlıkları gibi birtakım sağlık problemlerinin ortaya çıktığı bildirilmiştir (De Deckere vd., 1999; Huang vd., 2008; Lee vd., 1994; Nicolosi vd., 1997). Bu amaçla yağların yapılandırılmasında geleneksel trigliserit yapısına alternatif olarak görülen ve yeni bir teknik olan organojelasyon tekniği kullanılarak oleojel üretimi geliştirilmiştir (Dassanayake vd., 2011). Diğer taraftan, günümüzde kanser hastalıkları ve obezite ile mücadele fonksiyonel gıda tüketiminde artışlara neden olmuştur. Bu kapsamda konjuge yağ asitleri biyolojik faydalı fonksiyonel lipitler olarak dikkat çekmiştir. Konjuge yağ

asitlerinden özellikle konjuge linoleik asitin (KLA) farelerde deri (Ha vd., 1987) ve mide (Ha vd.,1990) ve sıçanlarda ise meme tümörlerinin (Ip vd., 1991) gelişimini engellediği belirlenmiştir. Ayrıca bağışıklık sistemini geliştirdiği (Cook vd., 1993; Miller vd., 1994), tavşanlarda LDL/HDL oranını olumlu yönde değiştirdiği (Lee vd., 1994) ve obezite üzerine olumlu etkilerinin bulunduğu saptanmıştır (West vd., 1998; Delany vd., 1999, Keim, 2003).

Diğer taraftan doymuş yağ tüketiminin azaltılması yönünde yapılan çalışmalar oleojellerin önemini arttırmıştır. Literatürde farklı yağların oleojel üretiminde kullanımı, KLA üretimi ve gıdalarda kullanımı ile ilgili olarak oldukça fazla sayıda araştırma bulunmaktadır. Ancak bu iki fonksiyonellik bir arada kullanılmamıştır. Bu tez çalışması kapsamında oleojel üretiminde KLA'nın kullanım olanağı, üretilen oleojellerin karakterizasyonu ve depolama süresince değişimleri incelenmiştir.

BÖLÜM II

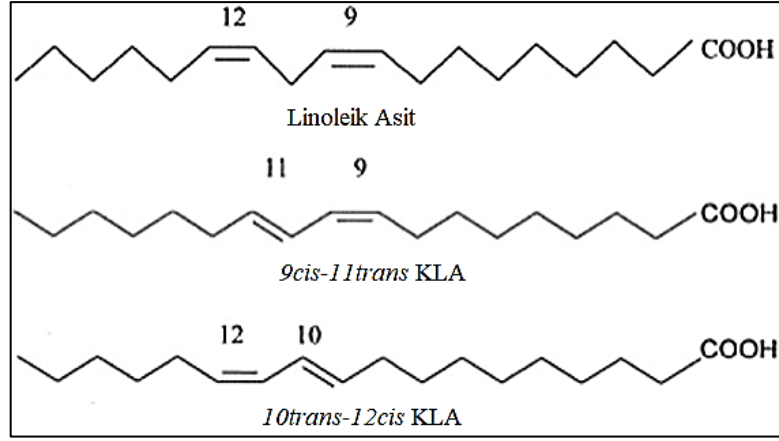
KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Konjuge Linoleik Asit

Konjuge linoleik asit (KLA), çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içerisinde bulunmaktadır (Bhattacharya vd.,2006). Elzem bir omega-6 yağ asidi olan, 18 karbon atomu ve 2 çift bağ içeren linoleik asidin (LA, C18:2, 9cis,12cis) konjuge olmuş pozisyonel ve geometrik izomerlerinin genel ismidir (Pariza ve Hargraves, 1985; Bölükbaşı, 2006; Köknaroğlu, 2007; Çelebi ve Kaya, 2008). KLA, geniş getiren hayvanlardan elde edilen et ve fermente gıdalardan diyetle alınmaktadır. Ayrıca bazı mikroorganizmaların linoleik asidi biyosentezle KLA' ya çevirebildiği bilinmektedir. Yapılan çalışmaların KLA' nın bağışıklık sistemi düzenleyici, obeziteyi, kalp krizini önleyici, antioksidan ve antikanserojen özelliğe sahip olduğunu göstermesiyle KLA' ya olan ilgi artmış bu konuda pek çok çalışma yapılmıştır. (Barrett vd., 2007).

2.1.1 Konjugelinoleik asidin (KLA) yapısı

KLA, omega 6 yağ asidi olan 9cis-12cis oktadekadienoik asitin (LA) konjuge formundaki pozisyonel ve geometrik izomerleri için kullanılan genel bir terimdir. Konjuge çift bağlar, karbon zincirinde 7, 9; 8, 10; 9, 11; 10, 12; 11, 13 ya da 12, 14 pozisyonlarında ve farklı cis-trans konfigürasyonlarında (cis/cis; trans/trans; cis/trans ya da trans/cis) bulunurlar (Bauman vd., 2000; Fritsche ve Steinhart, 1998; Hah vd., 2006; Hur vd., 2007; Mulvihill, 2001; Pariza vd., 2001; Schmid vd., 2006). Tespit edilen 28 izomerden, 9cis-11trans oktadekadienoik asit gıdalarda toplam KLA içinde %80 ile en yüksek miktarda bulunmaktadır (Aydın, 2005; Schmid vd., 2006). Miktar olarak bu izomeri 10trans-12cis oktadekadienoik asit izomeri takip etmektedir (Huang vd., 2008) (Şekil 2.1).

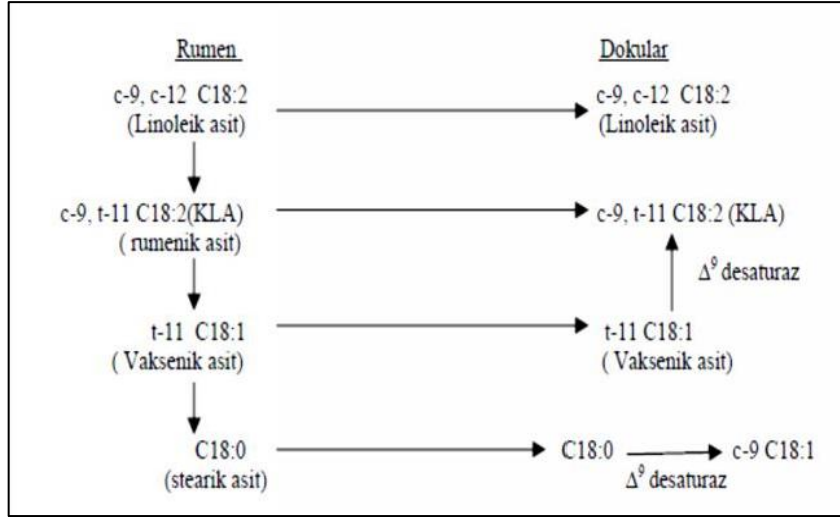


Şekil 2.1. Linoleik asit ve konjuge izomerleri (Huang vd., 2008)

2.1.2 Konjugelinoleik asidin (KLA) biyosentezi

KLA izomerleri, ruminant hayvanların ürünlerinde iki yolla oluşmaktadır. Birinci yol; geniş getiren hayvanların rumenlerinde linoleik asit gibi çoklu doymamış yağ asitlerinin son ürünü stearik asit olan biyohidrogenasyonunda ara ürünler olarak doğal yollarla meydana gelmektedir. İkinci yol; LA'nın biyohidrogenasyonu sırasında oluşan trans vaksenik asidin bir kısmı bağırsaklarda emilerek adipoz dokularda ya da memeli salgı bezinde desaturaz enzimi ile *9cis-11trans*KLA'ya dönüşmektedir. KLA biyosentezini anlatan şema Şekil 2'de verilmiştir (Kepler ve Tove, 1967; Kepler vd., 1966; Coakley vd., 2002; Demirok ve Kolsarıcı, 2010).

Biyohidrogenasyon 3 basamakta meydana gelir; ilk olarak rumen bakterilerindeki (özellikle *Butyrivibrio fibrisolvens*) LA izomeraz enzimi LA'nın 12. karbon atomunda bulunan çift bağı 11. karbon atomuna taşır ve cis/cis konfigürasyonu cis/trans konfigürasyonuna dönüşür ve *9cis-11trans*KLA izomeri ara ürün olarak sentezlenmiş olur. Oluşan *9cis-11trans*KLA izomerinin bir kısmı dokulara taşınır. Dokulara taşınmayan izomerlerse KLA redüktaz enzimi ile redükte edilerek cis18:1, trans-11 vaksenik aside dönüştürülür. Oluşan trans cis18:1, trans-11 vaksenik asidin de bir kısmı dokulara taşınır ve kalanlar mikrobiyal aktiviteyle stearik aside dönüşmektedir (Kepler ve Tove, 1967; Kepler vd., 1966; Coakley vd., 2002; Demirok ve Kolsarıcı, 2010).



Şekil 2.2. Konjugelinoleik asit (KLA) sentezi (Çelebi vd., 2008)

2.1.3 Konjugelinoleik asit kaynakları

Başlıca KLA kaynakları, süt, peynir, yoğurt, tereyağı, sığır eti gibi ürünlerdir. Özellikle kuzu eti KLA bakımından en zengin kaynaklardan biridir. Bir gram yağın içermiş olduğu toplam KLA içeriklerine bakıldığında, kuzu eti 5,6 mg ve sığır eti 2,9-4,3 mg KLA içermektedir. Rumeni olmayan tavuk ve domuz etleri sırası ile 0,9 mg/g ve 0,6 mg/g KLA içermektedir. Deniz ürünlerinden somon 0,3 mg/g, alabalık 0,5 mg/g ve karides ise 0,6 mg/g KLA içeriğine sahiptirler. Hayvansal gıdaların yanı sıra bazı sebzeler de düşük miktarlarda KLA içermektedirler. Bunun yanında bazı sıvı yağ türlerinde de az miktarda KLA bulunmaktadır. Örneğin kanola yağı 0,5 mg/gayçiçek yağı 0,4 mg/g, mısır 0,2 mg/g ve zeytinyağı 0,2 mg/g KLA içermektedir. Günlük olarak tüketilen besinlerde KLA içeriği 2,9-8,92 mg/g yağ olacak şekilde değişim göstermektedir (Ercoşkun vd.,2005, Parodi, 2003). Çizelge 2.1’de bazı gıdaların toplam KLA içeriği görülmektedir.

Çizelge 2.1. Bazı gıdaların toplam KLA içerikleri (mg/g yağ) (Turuni ve Martin, 2001, Ercoskun vd., 2005)

Gıda Maddesi	Toplam KLA (mg/g yağ)	9cis-11trans izomeri (%)
Sığır Kıyma	4,3	85
Sığır Budu	2,9	79
Dana Eti	2,7	84
Kuzu Eti	5,6	92
Domuz Eti	0,6	82
Tavuk Eti	0,9	84
Hindi Eti	2,5	76
Süt	5,5	92
Tereyağı	4,7	88
Yoğurt	4,8	84
Dondurma	3,6	86
Çedar Peyniri	3,6	93
MozerallaPeyniri	4,9	95
Bitkisel Yağlar	0,1-0,7	38-47

2.1.4 Konjugelinoleik asitin biyolojik etkileri ve etki mekanizması

Sığır etinden elde edilen ekstraktın antikanserojen özelliğe sahip olduğunun öğrenilmesinin ardından ilk kez Ha vd. (1987), bu maddenin KLA olduğunu belirtmişlerdir. KLA izomerlerinin (özellikle 9cis-11trans izomeri), bütillenmiş hidroksi toluen ile aynı düzeyde, α -tokoferole göre daha güçlü ve β -karotenden ise iki kat daha yüksek antioksidan özellik gösterdiği belirlenmiştir (Bauman vd., 2000; Hur vd., 2007; Muller ve Delahoy, 2008).

KLA izomerlerinin karsinojenik etkili serbest radikallerin oluşumunu engelleyerek antikarsinojenik özellik gösterdiği belirtilmektedir (Bölükbaşı, 2006; Du ve Ahn, 2002; Huang vd., 2008; Mir vd., 1999). KLA'nın obezite üzerine olumlu etkisi birçok araştırma ile kanıtlanmış olup, bu etkiyi vücutta yağ doku birikimini azaltarak ortaya koymaktadır (Du ve Ahn, 2002; Lee vd., 2006). Bu etkinin KLA'nın tüketim süresine ve dozuna bağlı olduğu tespit edilmiştir (Huang vd., 2008). Deney hayvanlarında KLA tüketimi ile yağ doku oluşumunu sağlayan lipoprotein lipaz aktivitesinin azaldığı, değişik dokularda ise yağ asitlerinin mitokondriye girişini ve oksidasyonunu sağlayan karnitin açil transferaz aktivitesinin arttığı gösterilmiştir (Bessa vd., 2000; Ha vd., 1987; Mulvihill, 2001; Pariza vd., 2001; Park vd., 1997; Park vd., 1999; Risérus vd., 2002;

Wang ve Jones, 2004). Ayrıca *9cis-11trans* ve *10trans-12cis* KLA izomerlerinin birlikte alınması durumunda sinerjistik etki göstererek antiobezitik etkiyi arttırdıkları bildirilmiştir (Pariza vd., 2001).

KLA'nın kandaki toplam kolesterol, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) ve trigliserit miktarını düşürme, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) konsantrasyonunu artırma ve karaciğerdeki kolesterol düzeyini azaltma özelliği sayesinde kalp damar sağlığı üzerinde pozitif etkili olduğu bildirilmiştir. KLA'nın hipertansiyon üzerine de pozitif etkisi olduğu belirlenmiş ve bu etkinin, KLA izomerlerin tüketim süresine ve dozuna bağlı olduğu çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur (De Deckere vd., 1999; Huang vd., 2008; Lee vd., 1994; Nicolosi vd., 1997).

Diyabet hastalarında özellikle *10trans-12cis* KLA izomerinin kan şekeri ve kan trigliserit konsantrasyonunu azaltarak glukozun kullanılabilirliğini arttırdığı gözlenmiştir (Ryder vd., 2001). KLA'nın iskelet sistemi üzerine olan pozitif etkisi yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Huang vd., 2008). KLA'nın serbest radikallerin ve inflamatuvar sitokin oluşumunu engelleyerek bağışıklık sistemini kuvvetlendirdiği (Çelik, 2007; Hwangbo vd., 2006; İnanç, 2006; Lee vd., 2006) ve menapoz sonrası bayanlarda da kemik mineral düzeyini iyileştirdiği ortaya konulmuştur (Rahman vd., 2003).

KLA'nın bir diğer izomeri olan *9trans-11trans* KLA'nın kolon kanseri hücrelerinde etkileri ile ilgili birçok çalışma rapor edilmiştir (Beppu vd., 2006; Lai vd., 2005; Yasui vd., 2007). Beppu vd. (2006) *9trans-11trans* KLA'nın kolon kanseri hücrelerine karşı diğer KLA izomerleri kadar etkin olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, Yasui vd. (2007), 4 hafta süreyle %0,1 veya %1 oranında *9trans-11trans* KLA ile beslenen sıçanlarda kemopreventif etkide bulunduğunu bildirmiştir. Diğer bir çalışmada ise *9trans-11trans* KLA'nın zayıflattığı tespit edilmiştir (Lai vd., 2005).

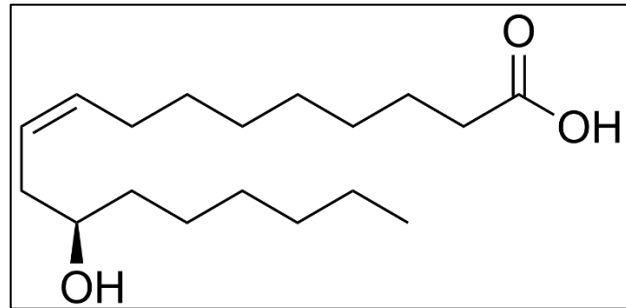
KLA'nın *10trans-12cis* izomerinin *9cis-11trans* izomerinden daha etkin olduğu ve kanser hücrelerinin çoğalmasını önlediği (Cho vd., 2005) ve aynı zamanda hayvanlarda (Park vd., 1997; Yamasaki vd., 2003) vücut yağını azalttığı bildirilmiştir. Ancak yapılan çalışmalar, yüksek oranda *10trans-12cis* KLA izomeri bulunan gıda destekleyicilerin oksidatif stresi arttırdığını göstermektedir (Risérus vd., 2002). Ayrıca yüksek miktarda

10trans-12cis KLA izomeri tüketiminin safradaki kolesterol konsantrasyonunu %32 oranında arttırdığı ve safra taşı oluşumu riskini arttırdığı belirtilmektedir (Benito vd., 2001).

Literatürde bulunan araştırma sonuçlarından, özellikle *9cis-11transve 10trans-12cis* izomerlerinin faydalı olduğu anlaşılmaktadır (Albers vd., 2003; Belury vd., 2003; Beppu vd., 2006; Lai vd., 2005; Noone vd., 2002; Smedman ve Vessby, 2001; Von Loeffelholz vd., 2003; Voorrips vd., 2002; Yasui vd., 2007). Ticari olarak KLA, kimyasal izomerizasyon yoluyla LA'dan üretilmekte ve bu işlem beklenmedik izomerlerin oluşumuna yol açmaktadır. KLA'dan beklenen yararlı etkilerin görülebilmesi için uygun izomerlerin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Van Nieuwenhove vd., 2012).

2.1.5 Kimyasal yolla KLA üretimi

KLA ticari olarak çoğunlukla LA'nın alkali izomerizasyonu ile üretilmektedir. LA'nın alkali izomerizasyonunda güçlü bir alkali (KOH) kullanılmakta olup bu işlemde verim % 90-93 aralığındadır (Chin vd., 1992). Bunun yanında risinoleik asidin dehidrasyonu ile KLA üretimi mümkün olsa da bu yöntem çok aşamalı olduğu için fazla tercih edilmemektedir (Body ve Shorland, 1965).



Şekil 2.3. Risinoleik asidin yapısı (Body ve Shorland, 1965)

Ma vd. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada hidrolize edilmiş ayçiçek yağının kimyasal izomerizasyonu ile %93 verim elde edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise LA içeriği %80 olan aspir yağından kimyasal izomerizasyon yoluyla %78 KLA içeren bir ürün elde edilmiş ve sonrasında uygulanan üre kristalizasyonu ile saflaştırma işlemi

neticesinde KLA oranı %95 düzeyine çıkmıştır(Kim vd., 2003). Goli vd. (2008) yine aspir yağından alkali izomerizasyon yoluyla %73 KLA içeren bir ürün elde ettikten sonra üre kristalizasyonu yoluyla KLA düzeyini %85,6 değerine çıkıştır. LA'nın kimyasal izomerizasyonu ve risinoleik asitin kimyasal dehidrasyonu sonucunda risinoleik asitten 80°C sıcaklıkta %77-88 verim ile, LA'dan ise 160°C sıcaklıkta %90 verim ile KLA üretilmiştir(Yang vd., 2002).

Gangidi ve Proctor (2004) KLA üretiminde fotokimyasal bir yöntem kullanmışlardır. Çalışmada, iyot kristalleri ve civa lambası (100 W) kullanarak, soya yağından 90-91 saatte %0,61 *9cis-11trans* ve %0,59 *10trans-12cis* izomerlerini içeren bir yağ üretmişlerdir. Pilot ölçekte yapılan başka bir araştırmada ise fotokimyasal işlemler ile soya yağının KLA içeriği 22 g/100 g oranına kadar yükseltilebilmiştir. Ancak toplam KLA'nın sadece 0,85 g'nın *9cis-11trans*, 1,11 g'nın *9cis-11trans* + *10cis, 12trans* ve 0,85 g'nın *10cis, 12trans* izomerlerinden oluştuğu, geriye kalan 19,19 g'lık kısmın ise biyolojik olarak etkisi kanıtlanmayan *trans-trans* izomerlerinden oluştuğu bilinmektedir. Fotokimyasal yolla KLA üretiminde istenmeyen, biyolojik etkisi bilinmeyen izomerlerin yüksek düzeylerde oluştuğu görülmektedir (Jain vd., 2008).

KLA üretiminde Demir ve Talpur (2010), ise kemoenzimatik bir yöntem uygulamışlardır. Araştırmada LA; *Lactobacillus plantarum* ile önce hidroksi yağ asidine dönüştürülmüş ve sonrasında hidroksi yağ asidi de mikrodalga tekniği ile KLA'ya dönüştürülmüştür. Ancak bu çalışmada KLA veriminin çok düşük olduğu (yaklaşık %15-20) görülmüştür.

Liu vd. (2017); ise yapmış oldukları Ru destekli kimyasal izomerizasyon işlemi sonucunda, hidrolize edilmemiş pamuk yağında bulunan LA'nın %51,3 oranında izomerizasyona uğrayarak KLA'ya dönüştüğünü belirlemişlerdir. Ancak burada gerçekleşen izomerizasyonun %83,7 oranında LA'ya spesifik olduğu, diğer yağ asitlerinin de izomerizasyona uğradığı tespit edilmiştir.

2.2 Oleojel

Jel kelimesi ilk olarak 1861 yılında İskoç kimyacı Thomas Graham'a atfedilmekte olup jelatin kelimesinden türetildiği bilinmektedir. 1949 yılında ise Hermans, jel yapısını

jelatin ve selüloz maddelerin sıvı fazı absorbe ederek şiştikleri bir sistem olarak açıklamıştır. Ayrıca jelin mekanik olarak katı hale benzer olduğunu, en az iki bileşenden oluşan ve sürekli genişleyen bir koloidal yapı olduğunu bildirmiştir. Daha kompleks bir şekilde 1974 yılında Flory tarafından, moleküler dağılımın ve düzenlenmenin yanı sıra molekül içi etkileşimler ifadesi ile açıklanmıştır. Yakın zamanda yapılan bir tanımda ise jel sistemi, uygun bir çözücü ve jelleştirme ajanının kombinasyonu ile oluşan yüzey gerilimi nedeniyle sıvının hareketsiz olarak, sıvı yapıda olmasına rağmen katı benzeri özellik gösteren bir sistem olarak ifade edilmiştir (Vintiloiu ve Jean-Christophe, 2007).

Anlaşıldığı üzere genel olarak, eğer sürekli katı bir faz içerisinde bir sıvı faz dağıtılmışsa buna 'jel' adı verilebilmektedir. Koloit yapıda olan jeller yumuşak, katı veya sıvı-benzeri olsada bir yapının jel olarak adlandırılabilmesi için iki veya daha fazla bileşenden oluşması, heterojen yapılı olması, katı-benzeri özelliklerde olması ve 3 boyutlu ağ yapıda olması zorunludur. Jeller sürekli fazın (katı faz) doğasına göre 3 ana sınıfa ayrılmaktadır. Birinci sınıfı düşük molekül ağırlıklı jelatörler ve metalojelatörler tarafından oluşturulan moleküler/supramoleküler jeller oluşturur. İkinci sınıf makromoleküler jeller, polimer ve biyomakromoleküllerden oluşur. Son olarak üçüncü sınıfı ise polimer, inorganik, metal, seramik, oksit, vesikel, misel, mikrokapsül, nanotüp gibi herhangi bir koloit parçacıktan oluşmuş olan koloidal jeller oluşturmaktadır (Marr ve Marr, 2016).

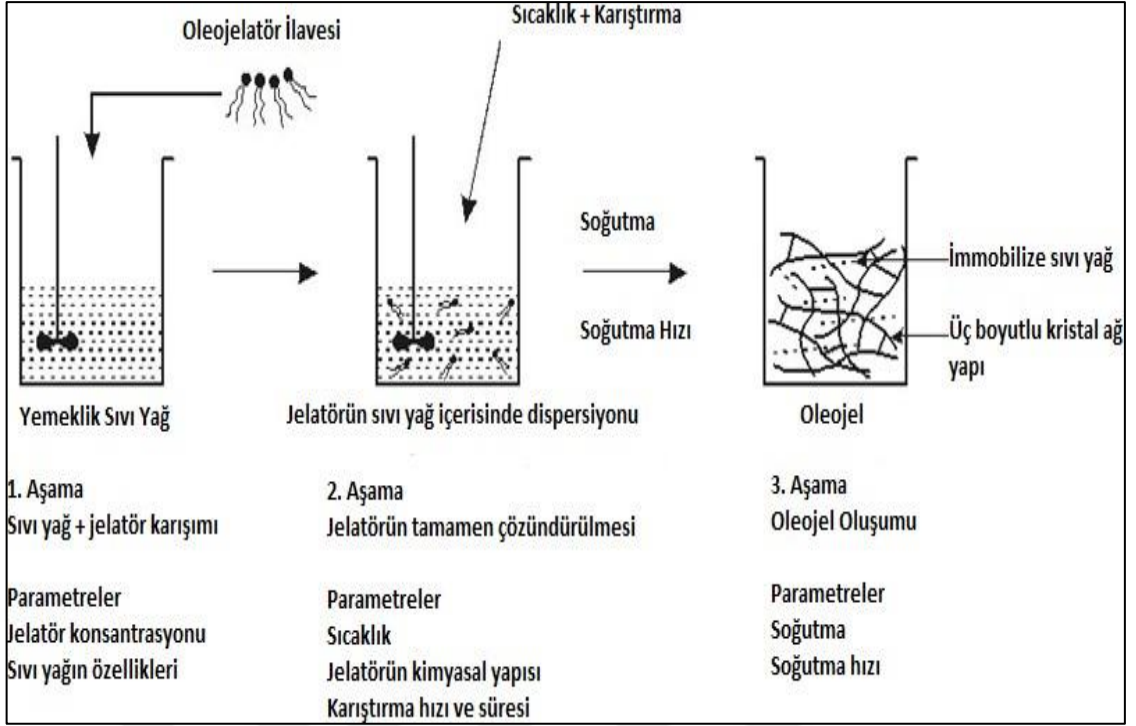
Yapısal olarak jel formda olan organojeller, ısıl geri dönüşümlü, üç boyutlu jel ağı içerisinde hapsolmuş organik sıvı olarak adlandırılmaktadır (Hughes vd., 2009; Rocha vd., 2013). Oleojel (organojel) oluşumunda önemli bir rolü olan jelleştirme ajanının (organojelatör) kimyasal özelliklerine bağlı olarak, jeller organik çözücü veya sıvı yağlardan oluşabilmektedir. Dağılan faz eğer benzen, hekzan, kloroform benzeri bir organik çözücüye genel olarak bunlara 'organojel' denilirken, spesifik olarak dağılan faz eğer yenilebilir nitelikte bir yağ ise, bunlara da 'oleojel' denilmektedir (Dassanayake vd., 2011; Co ve Marangoni, 2012; Marr ve Marr, 2016). Bu nedenle oleojel içerisindeki sıvı fazı sıvı yağlar oluşturmaktadır (Dassanayake vd., 2011).

Organik çözücüler çok düşük organojelatör konsantrasyonunda (% 0,5–2,0) bile jel oluşturabilmektedirler. Organojelatörler geniş hacimlerdeki sıvıları çubuk, tüp, lif ve

trombosit şekillerinde kendi içerisinde toplayarak jel hale getirebilmektedir. Hem sulu hem de organik çözücülerin jelleşme prosesi esas olarak organojelatör molekülleri arasında meydana gelen etkileşimlere dayanmaktadır (Shapiro, 2011; Marangoni, 2012). Bu etkileşimin yanı sıra H-bağı, π - π etkileşimi, uzun alkil zincirlerinin ve elektrostatik güçler arasındaki Van der Waals kuvvetleri oluşmakta ve bu etkileşimler sonucunda nanometre veya mikrometre boyutlarında bir yapı oluşmaktadır (Hughes vd., 2009; Kim vd., 2010).

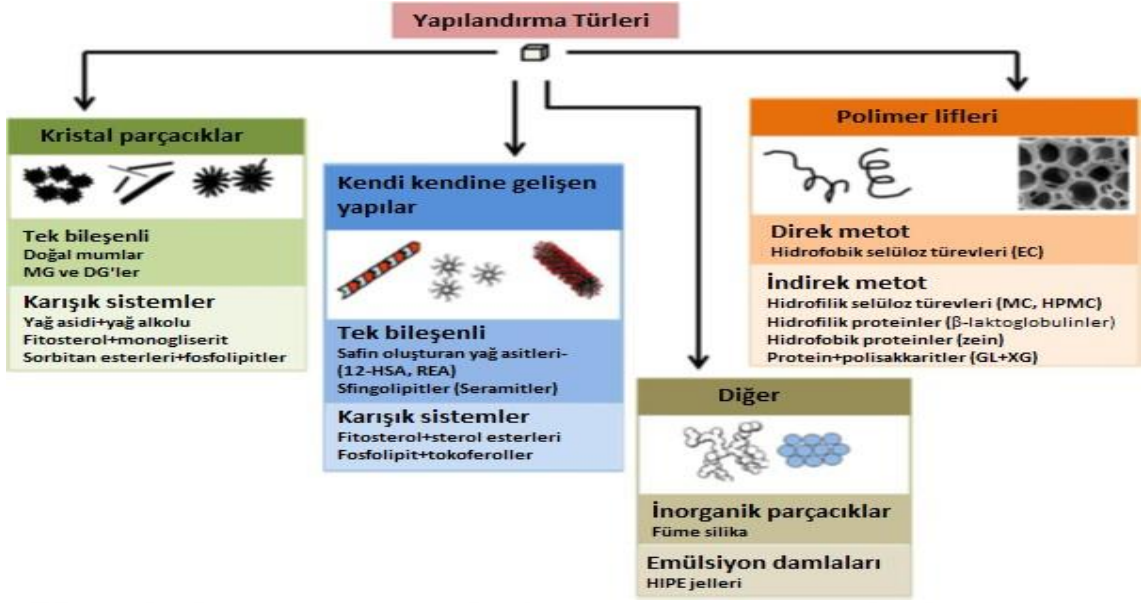
Oleojeller, likit yağın yağ asidi ve minör bileşenleri üzerinde hiçbir değişiklik yapmadan üretildiği için, kullanılan yağın kimyasal yapısına bağlı olarak diğer katı yağlara göre doymuş yağ asidi içeriği daha düşük, *trans* içermeyen, bileşimi sıvı yağ ile tamamen aynı, jel yapıda ve şeffaf/opak görünüşte olmaları gibi avantajları bulunmaktadır (Schaink vd., 2007; Hughes vd., 2009; Rogers, 2009; Da Pieve vd., 2010). Bu nedenlerle oleojellerin şortening alternatifi olarak fırıncılık ürünlerinde (Mert ve Demirkesen, 2016; Jang vd., 2015; Yılmaz ve Öğütçü, 2015b), çikolata çiçeklenmesini engellemek amacıyla çikolata üretiminde (Co ve Marangoni, 2012), sürülebilir yağlarda (Patel vd., 2014; Öğütçü ve Yılmaz, 2014; Öğütçü ve Yılmaz, 2015), çikolata ürünlerinde (Patel vd., 2014), margarin üretiminde (Hwang vd., 2014; Yılmaz vd., 2015b, c), krema üretiminde (Stortz vd., 2012), et ürünlerinde (Jimenez-Colmenero vd., 2015; Stortz vd., 2012) kullanımıyla ilgili çalışmalar ve değerlendirmeler her geçen gün artmaktadır.

Oleojel oluşumunun şematik olarak gösterimi verilmiştir (Şekil 2.4.). Oleojel oluşturmak için öncelikle uygun jelatörün ve sıvı yağın sıcaklık ve karıştırma uygulanarak birbiri içerisinde tamamen dağıtılması, sonrasında ise uygun soğutma hızında soğutularak katılaşmanın sağlanması gerekmektedir (Anonim, 2016a).



Şekil 2.4. Oleojel oluşumunun şematik olarak gösterimi (Anonim, 2016a)

Herhangi bir jelatör maddesinin bir organik solventi jelleştirip jelleştiremeyeceğini belirlemek için çeşitli çözünürlük parametrelerine (dielektrik sabiti, polarite skalası, Hildebrand çözünürlük parametreleri, Kamlet-Taft parametreleri, çözünme entalpisi ve entropisi ve Hansen çözünme parametresi) bakılması önerilmektedir (Bonnet vd., 2014). Ancak yapılan çalışmalar sonucunda en güvenilir yolun deneysel araştırma olduğu ortaya konmuştur (Marangoni ve Garti, 2011). Farklı tür jel ajanlarıyla farklı mekanizmalar üzerinden üretilebilen şu anda bilinen tüm oleojel sistemleri Şekil 2.5'te özetlenmektedir (Patel ve Dewettinck, 2015).



Şekil 2.5. Yağ yapılandırma sistemleri (Patel ve Dewettinck, 2015)

Genel olarak jelleştirme ajanı olarak kullanılan jelatörler çok farklı kimyasal yapıya sahip olmasına karşın, gıdalarda kullanılacak jelatörlerin gıda olarak tüketilmesinde herhangi bir sakınca olmamalı ve güvenli olmalı, gıdaların duyu özelliklerini olumsuz yönde değiştirmemeli, gıdanın diğer bileşenleri ile olumsuz etkileşimlere girmemelidir. Bunlara ek olarak kolay bulunur, ekonomik ve düşük dozda etkili olması da arzu edilen özelliklerdendir.

2.2.1 Yağ sanayinde kullanılan oleojelatörler

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

2.2.1.1 γ -Orizanol ve fitosteroller

Bitkisel fitosteroller kan kolesterol düzeyini düşürme yeteneğine sahip olmalarından dolayı tüketimi tavsiye edilen bileşenlerdir. γ -Orizanol ve fitosterollerden oluşan karışımın %2–4 oranındaki konsantrasyonlarda bitkisel yağlarda oleojel oluşturabilme yeteneğine sahip oldukları belirlenmiştir. γ -Orizanol ve fitosterollerden oluşan bu karışımın 7,2 nm çapında içi boş tüpbiçiminde, yarı saydam, sert, ısıl olarak geri dönüşümlü jel oluşturdukları belirtilmiştir. Orizanol ve sitosterol jellerinin sertlik ve yarı saydamlık özelliklerinin orizanol ve sitosterol oranına bağlı olduğu ve karışımda γ -orizanol oranı yükseldikçe bulanıklık düzeyinin düştüğü bildirilmiştir (Bot ve Agterof, 2006).

Dihidrosterol, kolesterol, β -sitosterol ve stigmasterol gibi çeşitli sterollerin sürekli ağ oluşturma yeteneğine sahip oldukları saptanmış ve jelleşme üzerine hidroksil grubunun (-OH) yerinin kritik rol oynadığı bildirilmiştir. (-OH) grubunun çözünürlüğü sınırlandırdığı ve böylece soğutma ile jel moleküllerinde faz ayrımı gerçekleştiği belirtilmiştir. Yine zincirde birden fazla çift bağ olması durumunda jel oluşumunun gerçekleşmediği bildirilmiştir. Ayrıca jel soğutulduğunda sürekli ağ formu içerisinde moleküllerin kümelenerek jelin bozulduğu bu nedenle soğutma esnasında sisteminkarıştırılması gerektiği belirtilmiştir. Tüm bunların yanı sıra fitosteroller kan kolesterol düzeyini düşürme yeteneğine sahip olmalarından dolayı tüketimi tavsiye edilen bileşenlerdir (Bot ve Agterof, 2006; Bot vd., 2008; Bot vd., 2009a; Duffy vd., 2009; Sawalha vd., 2011). Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda, γ -orizanol ve β -sitosterol oleojelinin diğer jellerin aksine sadece ısıtma, karıştırma ve soğutma işlemleri ile oluşmadığı, bunlara ek olarak uzun süreli karıştırma işleminin uygulanmasının gerekli olduğu bildirilmiştir (Dassanayake vd., 2011).

2.2.1.2 Sorbitan monostearat

Sorbitan monostearat (SMS, E 491), stearik asit ile sorbitan esteri olup hidrofobik ve non-iyonik surfaktant olarak zeytinyağı, susam ve kanola dâhil olmak üzere bitkisel yağları jelleştirme özelliğine sahip olduğu bildirilmiştir. Gıda endüstrisinde emülsifiye edici ajan olarak da kullanılmakta olan SMS kullanılarak elde edilen jeller kendiliğinden oluşan ağsı yapıda, opak, ısıl olarak dönüşümlü, yarı katı ve oda

sıcaklığında bir hafta dayanabilen jel yapılarıdır (Rogers, 2009; Murdan vd., 1999a ve 1999b).

2.2.1.3 Seramidler

Lipitlerin polar bileşenleri veya sfingolipidlerin başlıca parçalanma ürünleri olan biyoaktif bileşikler olarak tanımlanan seramidlerin %2 konsantrasyonda bitkisel yağlarda jel oluşturdukları rapor edilmiştir. Çeşitli uzunlukta karbon zincirine, farklı doymamışlık derecelerine ve farklı kimyasal yapılara sahip olan seramidlerin gıda bazlı olması, sağlık üzerine negatif etkilerinin olmayışı ve kimyasal olarak modifiye edildiğinde fiziksel özelliklerinin değişebilmesi gibi önemli üstünlükleri bulunmaktadır. Ayrıca yapılan fare besleme çalışmalarında sfingolipidlerin ve seramidlerin kan serum kolesterol düzeyini önemli düzeyde düşürdükleri ve serum lipoproteinlerinin kompozisyonlarını iyileştirdikleri de saptanmıştır. Ancak seramidler ekonomik ve kolay bulunabilir materyaller olmadıkları için kullanımları oldukça sınırlıdır (Rogers, 2009; Rogers vd., 2010).

2.2.1.4 Mono ve diglisitler

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı yenilebilir yağ asitleri ve katı yağların yüksek sıcaklıklarda direkt esterifikasyonu veya yağın gliserol ile trans esterifikasyonu sonucu üretilmekte olan mono- ve diglisitler hidrofilik (-OH) grubu ve hidrofobik kısımları (yağ asitleri) içermelerinden dolayı hem suda hem de yağda kısmen çözünmektedirler (Zorba, 2001). Bu nedenle monoglisitler hem sulu hem de yağlı sistemlerde jel oluşturma yeteneğine sahiptirler. Monoglisitlerin moleküller organizasyonunun mezofazlar şeklinde olduğu ve burada alfa-yarı dengeli kristal jel yapının meydana geldiği bildirilmiştir. Meydana gelen bu α kristallerin termodinamik olarak stabil olmadığı ve daha stabil form olan β plaka benzeri kristallere dönüştüğü belirlenmiştir (Ojijo vd., 2004; Sein vd., 2002; Heertje vd., 1998). Meydana gelen bu moleküller yönelimin yüksek doymuş içeriğe sahip yağlardakine benzer şekilde bir yapılanma gösterdiği ve tekstürel olarak pürüzsüz bir özellikte olduğu bildirilmiştir (Ojijo vd., 2004).

Monoglisitlerin (MG) lipitlerdeki jel oluşturma davranışları tam olarak açıklanamasa da, moleküllerin lipit içerisinde ters bilayer (iki katmanlı) şeklinde düzenlendiği bildirilmiştir. MG kullanılarak elde edilen jellerinin sertlik ve dayanımı üzerine depolama süresi ve soğutma işleminin etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca farklı soğutma hızlarının farklı polimorfik yapıların ortaya çıkmasına sebep olduğu rapor edilmiştir. Jel retimi sırasında uygulanan düşük soğutma hızı ile oluşan kristallerin β formunda, yüksek soğutma hızında ise α formunda oleojel oluşumuna neden olduğu ve β kristallerinden oluşan yapının α kristallerinden oluşan yapıya göre daha sert yapıda olduğu rapor edilmiştir (Ojijo vd.,2004; Marangoni ve Garti, 2011).

2.2.1.5 Yağ asitleri

Daniel ve Rajasekaran (2003), yemeklik yağların ortam sıcaklığında jelleşmesinin 10-31C arası zincir uzunlukları olan doymuş yağ asitleri tarafından gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Yağ asitlerinin jelleşme yeteneği zincir uzunluklarıyla doğru orantılı şekilde artmış ve zincir uzunluğunun daha fazla artmasıyla neredeyse sabit kalmıştır. Oleojellerin erime noktaları, yağ asitlerinin zincir uzunluğundaki artışa paralel olarak 30°C'den 70°C'ye artmıştır.

Gandolfo vd. (2004); 16 ile 22 C arası değişen bir dizi yağ asidini (palmitik, stearik, araşitik ve behenik asit) kullanmak suretiyle, yağ asitlerinin oleojel oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda yağ asitlerinin 5°C'de, %2 gibi düşük seviyelerde kullanımı ile ayçiçeği yağı ve birkaç bitkisel yağı jelleştirdiği belirlenmiş olup oleojel sertliğinin yağ asiti konsantrasyonunun artışıyla doğru orantılı arttığı bulunmuştur.

2.2.1.6 Yağ alkolleri

Daniel ve Rajasekaran (2003), 22-30 C aralığında zincir uzunluklarına sahip uzun yağ alkolleri vasıtasıyla, ayçiçeği yağının jelleşmesini incelemişler ve çalışma sonucunda doymuş yağ alkolleri, aynı uzunluktaki doymuş yağ asitlerine kıyasla oleojel oluşturma yetenekleri bakımından daha düşük verime sahip olduğunu göstermişlerdir.

Gandolfo vd. (2004); palmitil, stearil, araşil ve behenil alkolün; 5°C'de; %2 üzeri konsantrasyonlarda; ayçiçeği yağına sertlik sağladıklarını bulmuşlardır. 40°C oleojel

erime sıcaklığı behenil alkol için 45°C'ye, trikontanol içinse 55-60°C'ye yükselmiştir. Doymuş yağ asidi miktarı yüksek yağlarda (ayçiçeği yağı veya kolza yağına karşı soya fasulyesi yağı veya zeytin yağı); yağ ile yağ alkolü arasında sinerjistik bir etki gözlemlenmiştir. Oleojel sertliği; yağ alkolü konsantrasyonunun artışıyla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Dahası, yağ alkollerini; aynı konsantrasyonda, (palmitik asit hariç), yağ asitlerine nazaran daha sert ürünler vermiştir.

2.2.1.7 Yağ asitleri ve yağ alkollerini

Uzun zincirli yağ asitleri ile yağ alkollerinin tek başına oleojel yapısının oluşumunda yeterli derecede etkili olmadıkları ve bunların karışımlarının kullanılması halinde jel yapının daha verimli bir şekilde oluştuğu belirtilmiştir. Bu kombinasyon sonucu elde edilen jellerin %2 oranına kadar homojen ve bu düzeyin üzerinde ise opak oldukları bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda yağ asidi ve yağ alkollerinin 16–22 C zinciri uzunluğuna sahip olan karışımlarında ve farklı zincir uzunluğundaki yağ alkollerini ile stearik asit karışımlarında jel yapısının oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu sistemlerde sinerjistik etkinin asit: alkol oranına bağlı olarak meydana geldiği belirtilmiştir Yapılan çalışmalar sonucunda, stearik asit: stearyl alkol oranı 3:7 olduğunda sertliğin en yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır ve karışım formunun iğneye benzer şekilde küçük kristallerden oluştuğu bildirilmiştir (Wright ve Marangoni, 2006; Daniel ve Rajesakaran, 2003; Rogers vd., 2008; Schaink vd., 2007; Perneti vd., 2007a; Rogers, 2009; Gandolfo vd., 2004; Lupi vd., 2011).

2.2.1.8 Sorbitan tristearat ve lesitin

Lesitin, bilindiği gibi zwitteriyonik (dipoller) bir fosfolipittir. Lesitinin organojel üretiminde kullanımı 1980'li yılların sonuna doğru olmuştur. Lesitin oleojel yapısının oluşumu iz miktarda suyun doymamış bitkisel yağ içerisine eklenmesi ile oluşan ters miseller içinde hareketsiz hale gelmesi şeklinde açıklanmaktadır. Lesitinin gıdalarda jelatör olarak kullanımının en büyük dezavantajı çok dar bir su aktivitesi aralığında çalışmaya imkân vermesi ve dolayısıyla karmaşık gıda sistemlerine uygulanamamasıdır (Rogers, 2009; Perneti vd., 2007a; Tamura ve Ichikawa, 1997).

Sorbitan tristearatın (STS) bitkisel yağlarda jelleşme ajanı olarak tek başına kullanılmadığı, lesitin ile birlikte kullanıldığında etkili bir jel oluşturduğu saptanmıştır. Lesitin ve STS 2:3 veya 3:2 oranlarında bitkisel yağa eklendiğinde, STS kristal morfolojik yapısı küresel kompakt kristallerden, iğne şekline benzer kristallere değiştiği, lesitinise kristal yapıya bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Bot vd., 2009a; Rogers, 2009; Perneti vd., 2007a ve 2007b).

2.2.1.9 Mumlar (vakslar)

Bir yağ asidi ile uzun zincirli ve tek değerli bir alkolün esterleşmesinden meydana gelen mumlar yüksek sıcaklıklarda eriyen bileşiklerdir. Mumlar yapısında sıklıkla alkol, ester, keton ve aldehit gibi fonksiyonel grupları içermektedirler (Wolfmeier vd., 2002; Bennett, 1963). Kimyasal yapılarına bağlı olarak 20 °C’de plastik yapısından kırılabilir sertliğe kadar değişebilirler ve 40 – 140 °C arasında ergime özelliğine sahip mum çeşitleri bulunmaktadır. Bu sıcaklık aralıklarında dekompoze olmazlar ve erime sıcaklığının altındaki sıcaklıklara soğutulduklarında eski hallerine dönebilirler. Doğal ve sentetik mumlar olmak üzere iki sınıfa ayrılan mumlardan doğal mumlar uygun işlem teknikleriyle doğal kaynaklardan herhangi bir kimyasal işlem olmaksızın sadece fiziksel yöntemlerle elde edilebilirler. Bu nedenle doğal, güvenli ve biyolojik kaynaklar olarak kullanılabilirler (Endlein ve Peleikis, 2011).

Mumlar nem tutma, kayganlık, parlaklık, şeffaflık, yapışkanlık ve jelleşme gibi özellikleri nedeniyle birçok endüstri dalında kullanılmaktadır (Bennett, 1963). Gıda endüstrisinde mumlar, ekmek ürünlerinde salma ajanı, meyve-sebze ürünlerinde ve peynirde kaplama materyali, sakız formülasyonlarında ise köpüklenme önleyici ve aroma tutucu olarak kullanılmaktadır. Gıda ve ilaç idaresi tarafından gıda katkı listesinde balmumu, karnauba, kandelilla ve pirinç kepek mumları genel olarak güvenli kabul edilen (GRAS; Generally Recognized as Safe) statüde, ayçiçeği mumu ise iyi üretim uygulamaları (GMP; Good Manufacturing Practice) statüsünde yer almaktadır (FDA, 2014).

2.2.1.9.1 Kandelilla mumu

Kandelilla mumu (KLM; E 902); FDA'dan onaylı bir gıda katkısı olup, gıdalar içerisinde herhangi bir sınırlama olmaksızın kullanılmaktadır. KLM, çift sayıda karbon zincirli asit esterleri (28-34C) ve alkoller ile birlikte tek sayıda karbon içeren alkanlar (C29-C33) içermektedir. Bunlara ek olarak yapısında serbest asitler, serbest alkoller, steroller ve nötr reçineler ile mineral maddeler de bulunmaktadır.

Toro-Vazquez vd. (2007); KLM'in oleojelatör olarak bitkisel yağları yapılandırma özelliğini ilk defa ortaya koyan ve oleojellerin gelişimi için sıcaklık şartlarını araştıran araştırmacıdır. Yapılan çalışmanın sonuçları göre soğutma hızı ve jel ortam sıcaklığından bağımsız olarak, KLM-ayçiçeği yağı oleojelleri ısıl tersinir bir davranış göstermişlerdir. KLM'nin erime sıcaklığı 68,5–72,5 °C aralığındadır.



Fotoğraf 2.1.Kandelilla mumu

2.2.1.9.2 Karnauba mumu

Sıklıkla meyve ve sebzelerde yenilebilir kaplama materyali olarak kullanılan Karnauba mumu (KRM; E 903) GRAS statüsündedir ve erime sıcaklığı 81–86°C arasında değişmektedir. Yüksek moleküler ağırlıklı asit esterlerinin ve hidroksil asitlerin kompleks bir karışımından meydana gelmekte olan KRM, kozmetik ürünlerinde (Villalobos-Hernández vd., 2005), yenilebilir filmlerde tekstürel olarak kullanılmaktadır (Weller vd., 1998).



Fotoğraf 2.2.Karnauba mumu

2.2.1.9.3 Balmumu

Balmumu (E 901), Avrupa sınırları içerisinde *Apis mellifera* L. ve dünyanın diğer bölgelerinde ise *A. cerana* ve *A. florae* bal arıları tarafından üretilen mumsu bir maddedir (Grant, 2005). Doymuş ve doymamış düz ve kompleks monoesterler, hidrokarbonlar, serbest yağ asitleri, serbest yağ alkolleri ve diğer minör bileşenlerden oluşmakta (Aichholz ve Lorbeer, 1999) olan balmumu Avrupa Birliği normlarına göre E 901 olarak tanımlanan bir gıda katkı maddesidir (EU, 1995) ve ayrıca FDA tarafından GRAS statüsüne alınmıştır. Günümüz gıda sanayinde parlaklık verici, aroma tutucu ve kaplama ajanı olarak birçok gıda ürününde (sakız, şekerleme, çikolata, çerez, fındık ve meyve sebze ürünleri) balmumu kullanılmaktadır.



Fotoğraf 2.3.Balmumu

2.2.1.9.4 Pirinç kepeği mumu

Pirinç kepeği mumu (E 908), çeltikten pirinç üretimi sırasında elde edilen yan ürünlerinden biri olan pirinç kepeğinden üretilen doğal bir bileşendir. PKM, yağ alkolleri ile esterleşmiş uzun doymuş yağ asitlerinden oluşmaktadır. Yağ asitleri çift sayıda karbonlu (16-32C), alkoller ise 24-38C'lu olan PKM, 78–81°C sıcaklık aralığında erime özelliğine sahip olmasından dolayı ortam sıcaklıklarında kolayca kristalleşebilmekte ve sıvı yağ ile kolaylıkla karıştırılabilmektedir. PKM ile oluşturulan oleojellerin KLM ve KRM ile elde edilen oleojellere kıyasla daha sert yapıda olduğu rapor edilmiştir (Dassanayake vd., 2009). Dahası, PKM ile yapılan jellerin daha uzun periyotlar ve daha yüksek sıcaklıklar için hiçbir faz ayrılması olmaksızın yüksek stabilite gösterdiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar, PKM'nin uygulama potansiyelini meşrubatlardan, aperiiflere, pişmiş ürünlerden, dondurulmuş gıdalara varıncaya kadar geniş çapta gıda maddeleriyle çeşitlendirmektedir (Dassanayake vd., 2009).



Fotoğraf 2.4.Pirinç kepeği mumu

2.2.1.9.5 Ayçiçek mumu

Ayçiçek mumu, *Helianthus annuus* meyvesinden çözen ekstraksiyonu yoluyla üretilen ham ayçiçek yağından gam maddelerinin (müsilaj giderme) giderilmesi sırasında elde edilen bir yan üründür. Ayçiçek mumu yağ alkolleri (C20-C32), yağ asitleri (C20-C28) ve esterlerden (C40-C60) oluşmaktadır. Ayçiçek mumu bitkisel mumlar içerisinde pirinç kepeği ve Karnaubu mumlarından sonra erime noktası en yüksek olan mum

olarak bildirilmiştir. Ayçiçek mumunun en belirgin özellikleri olarak mum kristallerinin sert yapıda ağ oluşturmaması ve yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip olmasıdır. Bu özellikleri sayesinde ayçiçek mumu, emülsiyonlarda stabilizatör olarak ve kozmetik, eczacılık, boya ve gıda endüstrisinde diğer bitkisel mumlara alternatif olarak kullanılabilir (Anonim, 2016b; Anonim, 2016c).



Fotoğraf 2.5.Ayçiçek mumu

2.2.1.9.6 Şellak mumu

Şellak (E 904), bir böcek (*coccus lacca*) salgı maddesi olmakla birlikte gıda sanayinde (çikolataların kaplanması, sakız, şekerlemelerde vb.) katkı maddesi (parlatma ajanı ve şeker parlaticı) olarak kullanılmaktadır. Sarı-kahverengi tonlarında ince pulcuklar şeklindedir ve gıdalarda kaplama işleminde kullanılır. Şellak, amonyak, sodyum borat, sodyum karbonat ve sodyum hidroksit gibi alkaliklerde ve çeşitli organik solventlerle muamele edildiğinde eriyebilir. Alkolde eritildiği zaman, tipik olarak etanol ve metanolla sağlam ve sert bir tabaka oluşturur. Gıda ve ilaç sektöründe; tablet, draje şekerleme, bonbon, çikolata vs. de parlaticı ajan olarak kullanılan şellak ayrıca elmadaki doğal mum yerine de kullanılmaktadır (Khairuddin vd., 2016; Patel vd., 2014).



Fotoğraf 2.6.Şellak mumu

2.2.2 Oleojellerin özellikleri

2.2.2.1 Mumsu oleojelatörlerle ile üretilen oleojellerin özellikleri

Yüksek moleküllü yağ asitlerinin, yüksek moleküllü doymuş tek değerlikli alkoller ile yaptıkları esterler olan mumlar suda çözünmez, organik çözücülerde çözünmektedirler. Toro-Vazquez vd. (2007), tarafından aspir yağı ve farklı konsantrasyonlarda kandelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellerden %1 kandelilla mumu içeren oleojelin 5 ve 25 °C'deki katı yağ içerikleri sırasıyla %0,90 ve %0,59 olduğu ve kristalizasyon sıcaklıklarının ise 35,90 °C ve 39,48 °C, ergime sıcaklıkları ise 49,00 °C ve 51,13 °C olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada %3 kandelilla mumu içeren oleojelin 5 ve 25 °C'deki katı yağ içerikleri sırasıyla %2,57 ve %2,11, olduğu ve kristalizasyon sıcaklıkları 44,83 °C ve 44,00 °C, ergime sıcaklıkları ise 59,46 °C ve 69,90 °C olarak belirtilmiştir (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. Aspir yağı ve farklı konsantrasyonlarda Kandelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellerin bazı fiziko-kimyasal özellikleri (Toro-Vazquez vd. 2007)

Farklı Konsantrasyon	Katı Yağ İçeriği		Ergime Sıcaklığı		Kristalizasyon Sıcaklığı	
	5 °C	25 °C	5 °C	25 °C	5 °C	25 °C
%1 Kandelilla Mumu	%0,90	%0,59	49 °C	51,13°C	35,90°C	39,48 °C
%3 Kandelilla Mumu	%2,57	%2,11	44,83 °C	44 °C	59,46 °C	69,90 °C

Martini vd. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada süt yağına (susuz) eklenen farklı oranlarda (%0,25 ve 0,50) ayçiçek mumlarının kristal oluşum süresinin azaldığı, kristalizasyonun daha yüksek sıcaklıkta gerçekleştiği belirtilmiştir.

Dassanayake vd. (2009), tarafından yapılan bir diğer çalışmada zeytinyağı ile pirinç kepeği mumu, karnauba mumu ve kandelilla mumu kullanılarak elde edilen oleojellerin kristal morfolojileri ve termal özellikleri kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda pirinç kepeği mumunun kristal yapısının oleojel oluşumu için diğer mumlara göre daha uygun olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada pirinç kepek mumunun %1,0, Kandelilla mumu için %2,0 ve Karnauba mumu için %4,0 oranında zeytinyağını jelleştirdiği saptanmıştır. Yine söz konusu oleojelatör konsantrasyonlarında 20 °C’de zeytinyağında jel oluşum sürelerinin pirinç kepeği mumu için 7 – 8 dak, kandelilla mumu için 6 – 7 dk ve Karnauba mumu için 13 – 14 dak olduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada karnauba mumunun %3 ve altındaki konsantrasyonlarda zeytinyağında oleojel oluşumunun gözlemlenmemiştir. Çalışmada, %6 ve %10 oranında oleojelatör içeren organojellerin sertlik değerlerinin en azkarnauba mumu, daha sonrakandelilla mumu ve en yüksekpirinç kepeği mumu şeklinde sıralandığı rapor edilmiştir.

Toro-Vazquez vd. (2009), tarafından yapılan bir araştırmada ise aspir yağı ile tripalmitin (%0-1) ve kandelilla mumu (%0-3) kullanılarak elde edilen oleojellerin termomekaniksel özelliklerin incelemiştir. Çizelge 2.3’te belirtildiği gibi bu çalışmada üretilen oleojellerin katı yağ içeriklerinin sadece %3 kandelilla mumu içeren oleojellerde (-)5, 15 ve 25 °C’ de sırasıyla %2,62, 2,40 ve 2,22 olduğu bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada %3 kandelilla mumu ve %1 tripalmitin içeren oleojellerin (-)5, 15 ve 25 °C’ de katı yağ içeriklerinin sırasıyla %3,93, 2,59 ve 2,09 olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. Aspir yağı ile tripalmitin (%0-1) ve Kandelilla mumu (%0-3) kullanılarak elde edilen oleojellerin termomekaniksel özellikleri (Toro-Vazquez vd., 2009)

	Katı Yağ İçerikleri		
	-5 °C	15 °C	25 °C
%3 Kandelilla mumu	%2,62	%2,40	%2,22
%3 Kandelilla mumu ve %1 tripalmitin	%3,93	2,59	2,09

Chopin-Doreteo vd. (2011), tarafından yapılan bir başka diğer çalışmada aspir yağı ile %1 tripalmitin ve %3 Kandelilla mumu kullanılarak üretilen oleojellerin termomekaniksel ve yapısal özellikleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında %3 Kandelilla mumu-aspir yağı ile oluşturulan oleojellerin kristalizasyon katı yağ içeriğinin %2,25 olduğu belirtilmiş ve %1 tripalmitin - %3 Kandelilla mumu ile oluşturulan oleojelin katı yağ içeriğinin %3,60 olduğu bildirilmiştir. Tripalmitin (%1) - Kandelilla mumu (%3) içeren oleojellerin sadece Kandelilla mumu (%3) içeren oleojellere göre katı yağ içeriği değerlerinin daha yüksek olduğu, bunun bir sonucu olarak Kandelilla mumu oleojellerinden daha yüksek elastikliğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Oleojelatörün jel oluşturmada etki mekanizmasını belirlemek amacıyla Hwang vd. (2014); tarafından yapılan bir çalışmada bitkisel mumlar (Kandelilla, Karnaua, ayçiçek, pirinç kepek) hayvansal mumlar (balmumu) ile soya yağı kullanılarak elde edilen oleojellerin hidrojene bitkisel yağlar, petrol mumları ve gıda bazlı olmayan diğer jel ajanları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada oleojelatör olarak kullanılan mumlardan en iyi sonuç veren jelatör maddenin ayçiçek mumu olduğu ve %0,5 konsantrasyonda oleojel oluşturabildiği saptanmıştır. Çalışmada kullanılan diğer oleojelatörlerin soya yağında minimum jel oluşturma konsantrasyonlarının Kandelilla mumu için %2, Karnaua mumu için %4, balmumu için %2, pirinç kepek mumu için %1 Japon mumu için %5, dut mumu için >%10 ve şellak mumu için %5 olduğu rapor edilmiştir. Mum esterlerinin yapısal özelliklerinin jel oluşumunu önemli oranda etkilediği uzun alkil zincirine sahip mum esterlerinin daha iyi jel oluşumu gösterdiği belirtilmiştir.

Hwang vd. (2012); tarafından yapılan bir diğer çalışmada soya yağı ile %1-6 arasında değişen oranlarda ayçiçek mumu kullanılarak üretilen oleojellerin katı yağ içeriği değerlerinin 35°C’ de %1,0 – 8,0 değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca

çalışmada, üretilen oleojellerin katı yağ içeriklerinin 35°C' de eklenen oleojelatör konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı bildirilmiştir. Çalışmada soya yağı ile % 2, 4 ve 6 oranlarında ayçiçek mumu kullanılarak geliştirilen oleojellerin ergime noktalarının 50-70°C arasında olduğu vurgulanmıştır. Aynı çalışmada soya yağı ile %3 Kandelilla ve pirinç kepeği mumu kullanılarak üretilen oleojellerin sertlik değerlerinin 50-200 g arasında, %3 ayçiçek mumu ile oluşturulan oleojelin sertlik değerinin ise 150-400 g arasında olduğu belirtilmiştir.

2.2.2.2 Doymuş monogliseritlerle üretilen oleojellerin özellikleri

Monogliseritler (MG); gıda ürünlerinde emülgatör olarak kullanılan yapılardır. (Dassanayake vd., 2011). Monogliseritlerin ısı işlem altında sulu ortamda oluşturdukları oleojellerin sürülebilir yağ olarak kullanılmakta olduğu ve MG-su karışımının su içindeki amfifilik bileşenin ergime noktası üzerinde ısıtıldığında ilk olarak katmanlı faza dönüştüğü görülmüştür. Bu işlem altında MG hidrasyona uğrayarak şiştiği ve böylelikle sıvı kristal ağı arasındaki boşlukları doldurduğu vurgulanmıştır. MG oleojellerinin soğutma üzerine oluştuğu ve MG kristal ağının katmanlı yapı şeklinde büyüyen plaka benzeri MG kristallerinden meydana geldiği belirtilmiştir (Larson vd., 2006).

MG'ler ile oluşturulan jel fazının değişimi termal, mekanik ve kimyasal uygulamalardan etkilenmekte olup kayma ve sıcaklık artışı geçiş hızını artırmaktadır. İyonik olmayan, anyonik yüzey aktif madde, tuz ve pH miktarlarının stabil bir jel oluşumu için önemli olduğu bildirilmiştir. Bu tür diğer yüzey aktif maddeler ya da biyo-polimer gibi bileşiklerin ilave edilmesinin geçiş işlemini geciktirdiği yapıya eklenen proteinler ile lamel içindeki katmanlar arasındaki elektrostatik etkileşimlerin jel yapısını güçlü bir şekilde stabilize ettiği vurgulanmıştır. A-jel yapısı ile Koajel yapısının özellikle sertlik ve köpük kapasitesi gibi fonksiyonel özelliklerinin farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Margarin gibi daha sıkı bir ürün yapısı istendiğinde sertlik derecesinin fazla olmasından dolayı Koajelin kullanıldığı belirtilmiştir. A-jel yapısının ise daha çok krem, jöle ve dondurulmuş tatlılar gibi hava içeren ürünlerde tercih edildiği bildirilmiştir (Heertje vd., 1998).

Yağ kristal ağı depolama sürecince birçok değişikliğe uğrar. Ojijo vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada MG-zeytinyağı ağları üzerine 25 °C’de depolama sürecinin, mikro yapısal, termal ve reolojik davranışı üzerine etkileri incelenmiş ve depolama süreci boyunca çubuk şeklinde kümelenmiş kristallerin yoğunluğunun arttığını rapor etmişlerdir. Yine depolama süreci boyunca mikro yapısal elemanların azalması sonucu koajel ergime sıcaklığı düştüğü belirtilmiştir.

MG’lar ile ilgili yapılan bir başka çalışmada su fazına % 0,2 oranında eklenen tuzun (NaCl) oleojelin ergime noktasını 2°C düşürdüğü belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada homojenizasyon, soğutma hızı ve homojenizasyon sıcaklığının oleojel yapısının ergime noktası üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir (Batte vd., 2007b). Yapılan bir araştırma sonucunda %5, %7 ve %9 oranında MG katkısıyla üretilen morina karaciğer yağı oleojellerinin oleojelatör miktarı arttıkça ergime noktaları ile reolojik parametre değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Çalışma süresince depolama süresi sonunda 4°C’de depolanan örnekleri peroksit değerlerinin 20 °C’de depolanan örneklere göre daha düşük olduğu belirtilmiştir (Da Pieve vd., 2011).

2.2.2.3 Emülsiyon temelli oleojellerin özellikleri

Emülsiyon birbiri içinde çözünmeyen iki fazın karışımı olarak tanımlanmaktadır. Emülsiyonlar genellikle yağ ve su gibi iki sıvı faz içermekte olup; dağılmış damlacıklar dağılan (dispers) fazı, bu damlacıkları saran diğer faz ise sürekli fazı oluşturmaktadır. Su içerisinde yağ tipindeki emülsiyonlarda; yağ, su içerisinde damlacıklar halinde dağılmış olup dağılan fazı, su ise sürekli fazı oluşturmakta iken yağ içerisinde su tipi emülsiyonlarda ise durum tam tersidir(Zorba, 2001).

Emülsiyonlar doğada fiziksel olarak kararsız halde bulunmaktadır. Emülsiyonların stabilitesi ile ilgili bir teoride, partiküllerin çekim ve itme kuvvetleri arasındaki denge esas alınmaktadır. Çekim kuvvetlerinin (Van der Waals çekim kuvvetleri) emülsiyonun stabilitesini düşürme eğiliminde olmalarına karşın, itme kuvvetleri (benzer elektrik yükündeki çift katmanlar arası elektrostatik itme) dağılmış damlacıkların ayrılışını koruyarak stabilizeyi sağladığı bildirilmiştir. De-emülsifikasyona (faz ayrımı) doğru giden emülsifikasyonun iki aşaması, “flokülasyon” ve “birleşme” olarak ifade edilmektedir. Sürekli faz içerisinde dağılmış olan damlacıkların yakınlaşmasını

önleyerek stabil bir emülsiyon sağlayan maddelere emülsifiye edici ajan veya emülgatör denilmektedir. Emülgatörler, ara yüzey hareketi ile stabilizasyonu sağlayacak olan kimyasal bileşeni ortama veren maddelerdir. Emülgatörler ve stabilizörler sinerjistik etki göstermelerinden dolayı genellikle birlikte kullanılmaktadır.

Emülgatör; emülsiyonu kolaylaştırıcı bir ajan, stabilizör ise emülsiyonun bozulmasını önleyici ajan olarak ifade edilmektedir. Emülgatörler, molekülünde yapısal olarak birbirine benzemeyen iki grup (polar/apolar, hidrofobik/hidrofilik, lipofobik/lipofilik, liyofobik/liyofilik) içeren ve amfifilik moleküllere sahip yüzey-aktif maddeler (surfaktan) olarak da ifade edilmektedirler. Bu durum ise emülgatörlerin gerek suda gerekse yağda yeterli derecede çözünememelerine neden olmaktadır. Bu moleüller ara yüzeydeki serbest enerjiyi minimize etmek için, hidrofilik grupları (-OH ve -CO₂H) sulu fazla; hidrofobik veya lipofilik grupları ise (genellikle hidrokarbon zincirleri) yağ fazı ile bağlanacak şekilde reaksiyona girmektedirler. Emülsiyon yapılarının oluşumunda elde edilecek emülsiyon türüne göre emülgatör maddelerin seçimi önem arz etmektedir (Zorba, 2001).

Sıvı yağların yapılandırılmasında emülsiyon işlemlerinin de kullanılabileceği bildirilmiştir. Özellikle yağ içeriği azaltılmak istenen diyet ürünlerin üretilmesinde emülsiyon oleojellerinden yararlanılabileceği belirtilmiştir. Bazı düşük molekül ağırlıklı organojelator moleüllerin amfifilik doğası nedeniyle, su/yağ emülsiyon yapılarının oluşturulabileceği ve stabilize edilebileceği rapor edilmiştir. Diğer bir deyişle, bu sistemde sürekli bir jelleşmiş yağ fazı içinde su damlacıklarının immobilize edilmesi mümkün olabilmektedir. Uygun formülasyon ve işlem koşulları ile organojel emülsiyon uygulamasının, düşük yağlı sürülebilir ürünlerin geliştirilmesine, hem hidrofilik hem de hidrofobik biyoaktif bileşiklerin salınımının kontrol edilmesine olanak sağlayacağı belirtilmiştir (Jibry vd., 2006; Duffy vd., 2009; Bot vd., 2011).

Duffy vd. (2009); tarafından yapılan çalışmada bitkisel yağlardan zeytinyağı, mısır özü yağı ve ayçiçek yağı ile orizanol:sitosterol (4:6, ağırlıkça) karışımı kullanılarak üretilen oleojellerin yağ oranı düşürülmüş Y/S emülsiyonu hazırlamada kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışmada % 90 su fazı (Ksantan gum %0,015, Triton X-100 %1,0) ve %10 yağ fazı (yağ: orizanol+fitosterol, 1:1 M/M) ayrı ayrı olarak hazırlandığı daha sonra su fazı içersine 90°C'de eritilmiş yağ fazı eklendiği ve yüksek hızda karıştırıldığı

elde edilen emülsiyon oleojellerinin mikro yapısal özellikleri ile monogliserit ve Kandelilla mumu konsantrasyonu arttıkça katı faz içeriğinin de arttığı bildirilmiştir. Emülsiyon oleojellerinde monogliserit konsantrasyonunu arttıkça su damlacıklarının boyutunun küçüldüğü belirtilmiştir (Toro-Vazquez vd., 2013).

Patel vd. (2013); tarafından kolza tohumu yağı ve şellak mumu kullanılarak hazırlanan oleojellerin ve oleojel emülsiyonlarının (S/Y) reolojik özelliklerinin analiz edildiği çalışmada kolza yağı ile farklı oranlarda (% 2,0, 4,0 ve 6,0) şellak mumu kullanılarak hazırlanan oleojellerin jelatör konsantrasyonu arttıkça fiziksel dayanıklılığının da arttığı bildirilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada birçok oleojelatörün (fitosteroller, monogliseritler ve etilselüloz gibi) su varlığında yapılandırma kabiliyetini kaybettiği vurgulanmıştır.

2.2.3 Oleojelde kullanılan yağlar ve önemi

Oleojelasyon işleminde yağın çeşidi, oleojelatörün türü ve konsantrasyonu son ürünün reolojik, tekstürel ve termal özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Oleojellerin özellikleri birçok farklı değişkene bağlıdır. Her vaks tipi karakteristik bir morfolojik kristal boyuta sahip olur. Vakslar arasındaki çeşitlilik, üç boyutlu kristal yapısında farklılıklara neden olmaktadır. Bu farklılıklar ayrıca yağ türlerindeki çözünürlüğü etkileyerek yağ tipi seçimini önemli kılmaktadır. Ayçiçek, mısır, zeytin, fındık ve kanola yağı oleojel üretiminde kullanılan başlıca yağlardandır (Chopin- Doroteo vd., 2011; Patel ve Dewettinck, 2015; Ögütçü ve Yılmaz, 2015a; Ögütçü ve Yılmaz, 2015b; Jang vd., 2015).

Patel (2015); yapmış olduğu bir çalışmada yağ çeşidinin son ürünün reolojik, tekstürel ve termal özelliklerine etkisinin olduğunu ifade etmiştir. Oleojel yapımında vaksın yağı katılaştırması üzerine yağ asidinin etkisinin belirlenmesi amacı ile yağ asidi kompozisyonu farklı 5 yağ (kolza, pirinç kepeği yağı, mısır yağı, ayçiçek yağı ve yüksek oleik asitli ayçiçek yağı) kullanarak sonuçları gözlemlemiştir. Sonuçlar, yüksek konsantrasyonda doymamış yağ asidi içeren yağların daha kuvvetli jel yapısına sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca yağın doymuşluk derecesi de oleojelin diferansiyel taramalı kalorimetre(DSC) karakteristiklerini doğrudan etkilemektedir.

Zetzi vd. (2014); yağ tipinin (kanola, soya yağı ve kolza) oleojelin reolojik ve mikro yapısına etkisini incelemiş ve kanola yağının en büyük pora sahip olduğunu ve doymamışlığın artması ile de por genişliğinin azaldığını bildirmiştir. Sawalha vd. (2012); yaptığı bir çalışmada emülsiyon oleojellerinde mikro yapının oluşmasında düşük polaritede yağ kullanımının etkili olduğunu tespit etmiştir.

Pehlivanoglu vd. (2018); ayçiçek yağı ve yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağı kullanılarak elde edilen oleojellerde, formülasyonda kullanılan yağın vaks oleojellerinin termal, reolojik ve dokusal özelliklerini yüksek düzeyde etkileyen ana bileşenlerden biri olduğunu tespit etmişlerdir.

2.2.4 Oleojellerin gıdalardaki kullanımları

Yağların gıda endüstrisinde birçok ürünün arzu edilen tekstürünün oluşmasında önemli rol oynadıkları bilinmektedir. Ancak bu arzu edilen tekstürün oluşmasında rol alan yağların kimyasal yapıları hem ürünlerde hem de insan sağlığı açısından sorun olabilmektedir. Örneğin çikolatanın arzu edilen yapısı kakao yağından ileri gelmektedir. Ancak uygunsuz depolama koşullarında çikolata çiçeklenmesi diye adlandırılan bir soruna yol açmaktadır. Bu sorun stabil βV kristallerinin βIV kristallerine dönüşümünden kaynaklanmakta ve kakao yağı çikolatanın iç yüzeyinden dış yüzeyine göç etmekte ve burada tekrar kristalize olmaktadır (Ghosh vd., 2002; Khan ve Rousseau, 2006). Genel olarak yağ migrasyonu diye adlandırılan bu sorun şekerleme, helva, ezme, dondurma, bebek mamaları ve bisküvi gibi birçok üründe oluşabilmektedir. Bunun sonucu olarak ürün kalitesini olumsuz etkilemekte dolayısıyla maddi kayıplara yol açmakta ve gıda endüstrisi açısından önlem alınması gereken sorunların başında gelmektedir. Bu amaçla söz konusu ürünlerin formülasyonlarına yüzey aktif maddeler, stabilizörler, hidrokolloidler ve emülgatörler gibi katkı maddeleri eklenmektedir (Choi vd., 2007). Ancak bu önlemler yağ migrasyon sorununu tamamen ortadan kaldırmamakla beraber geciktirmektedir ve üreticiye ek maliyet getirmektedir. Yağ migrasyonun önlenmesinde söz konusu ürünlerde oleojellerin kullanılmasının bu sorunu çözebileceği düşünülmektedir. Bu amaçla literatürde 12- hidroksisteraik asit ve kanola yağı ile yapılmış bir çalışma bulunmaktadır (Hughes vd., 2009). Yine mumlarla üretilen organojellerin dondurma karışımında kullanımları ile ilgili yapılan bir çalışmada başarılı sonuçlar alındığı bildirilmiştir (Zulim Botega ve ark., 2013).

Botega vd. (2013); tarafından yüksek oleik asit içeren ayçiçek yağı (%90) ile pirinç kepek mumu (%10) ve emülgatör (%80) mono ve digliserit, %20 polisorbata (%80) kullanılarak üretilen oleojellerin dondurmada katı yağ ikamesi olarak kullanım potansiyeli araştırılmış ve çalışmada kontrol grubu olarak süt yağı ve yüksek oleik içeriğine sahip ayçiçek yağından elde edilen dondurmaların kullanıldığı bildirilmiştir,

Oleojel içeren dondurmalarda emülgatör oranı arttıkça yağ damlacıklarının boyutunun büyüdüğü vurgulanmıştır. Çalışmada sonuç olarak, oleojel kullanılarak üretilen dondurmaların sıvı yağ ile üretilen dondurmalarından daha iyi görünüş ve tekstürel özelliklere sahip olduğu ancak bu sonuçların erime noktasına yansımadağı tespit edilmiştir, Oleojellerin kahvaltılık sürülebilir margarin, fırıncılık yağları (şortening) yerine veya fonksiyonelitesi artırılmış gıdaların üretiminde kullanılabileceğı bildirilmiştir (Zulim Botega vd., 2013).

Hwang vd. (2014), tarafından yapılan bir çalışmada soya yağı ile %1-6 arasında değışen oranlarda ayçiçek, pirinç kepeğı ve Kandelilla mumu kullanılarak oluşturulan oleojeller ile margarin üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen margarin %80 oleojel (yağ fazı) ve %20 su fazı (yağsız süt) ile oluşturulmuştur. Kandelilla mumu kullanılarak üretilen margarinlerde faz ayrımı görülmüştür. Margarin üretiminde kullanılan oleojelin, oleojelatör içeriğindeki artışa bağılı olarak üretilen oleojel-margarinlerinin ergime noktaları ve sertlik değerlerinin yükseldiğı vurgulanmıştır.

Patel vd. (2014), tarafından yapılan bir çalışmada ise şellak mumu ile üretilen emülsiyon oleojellerinin emülgatör içermeyen kahvaltılık sürülebilir margarin olarak kullanımı araştırılmış ve %60 su içeren yağ içinde su emülsiyonlarının emülgatör madde ilavesine gerek duyulmadan hazırlanabildiğı tespit edilmiştir. Aynı emülsiyon oleojellerin çikolata karışımında yağ bağlayıcı ikamesi olarak kullanımı gözlenmiş hazırlanan çikolata karışımında 30°C' de 4 hafta depolama süresince yağ migrasyonunun gözlemlenmediğı bildirilmiştir. Kek üretiminde ise ticari şortening ile üretilen keklerin sertlik değerinin oleojel ile üretilen keklerin sertlik değerinden fazla olduğı fakat çiğnenebilirlik değerinin ise düşük olduğı vurgulanmıştır. Şellak emülsiyon oleojeli ile üretilen keklerin ticari şortening ile üretilen keklere göre daha yüksek duyusal skorlar aldığı tespit edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak bitkisel sıvı yağlar ve şellak mumu kullanılarak üretilen oleojellerin, kahvaltılık sürülebilir

margarin, okolata formülasyonlarında yağ bağlama ajanı ve fırıncılık şorteningi olarak kullanılabileceği rapor edilmiştir.

Yılmaz (2014), tarafından yapılan bir çalışmada bal mumu (%5) ile balık yağından oleojel üretilmiş ve aromatize etmek amacıyla içerisine limon ve ilek aromaları katılmıştır. Bu şekilde elde edilen ürünler oda sıcaklığında ve buzdolabı koşullarında depolanarak depolama süresince oleojellerin fizikokimyasal, yapısal ve duyuusal özellikleri analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen aromatize balık yağı oleojellerin yağ bağlama kapasitelerinin >%99 olduğu belirlenmiştir. Oleojellerde oksidasyon durumlarının belirlenmesi amacıyla da peroksit sayıları incelenmiş ve depolama süresinin peroksit değerini artırdığı bir başka deyişle örneklerin oksidatif stabilitelerini düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca araştırma kapsamında geliştirilen sade, limon ve ilek aromalı balık yağı oleojellerine ilişkin tüketicici beğeni testi sonuçlarına göre analiz edilen örneklerden lezzet ve koku özellikleri bakımından tüketicilerin aromalı oleojelleri tercih ettikleri belirlenmiştir.

Literatürde bulunan bir çalışmada oleojellerin fırıncılık şorteningi olarak potansiyellerini belirlemek üzere oleojel kullanılarak kurabiye üretimi yapılmıştır. Bu amaçla kurabiyeler, kontrol olarak ticari bir şortening ve balmumu ve ayçiçeği mumu ile üretilmiş rafine fındık yağı oleojelleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda oleojel ile üretilen kurabiyelerin çaplarının şortening ile üretilen kurabiyelerle benzer olduğu ağırlık ve kalınlık değerlerinin ise farklı olduğu bulunmuştur. Gevreklik değeri en yüksek örneklerin oleojel ile üretilen kurabiyeler olduğu buna karşın sertlik değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca oleojel ile üretilen kurabiyelerin nem değerlerinin kontrol örneğinden daha düşük olduğu görülmüştür. Sonuç olarak trans ve doymuş yağ içeriği düşük oleojel ürünlerinin fırıncılık şorteningi olarak kullanıma uygun oldukları gözlemlenmiştir. Lezzet profil analizinden elde edilen sonuçlara göre ticari şortening kullanılarak üretilen kurabiyeler ile oleojel ile üretilen kurabiyelerin parlaklık-matlık, renk, yüzey düzgünlüğü, gözenek dağılımı, kabuk inceliği, i renk, kabuk-iç renk farkı, kumlu-kuru olma, ağızda dağılma, çözünürlük ve lezzet özellikleri bakımından benzer oldukları, sertlik, gevreklik ve sıkı yapı özellikleri bakımından farklı oldukları belirlenmiştir (Yılmaz ve ğtc, 2015).

Benzer bir çalışmada MG jeli (emülsiyon) ve ticari şortening ile üretilen kurabiyelerin tekstürel özelliklerinin farklı olduğu, MG jeli ile üretilen kurabiyenin daha kırılğan yapıya sahip olduğu belirtilmiştir (Goldstein ve Seetharaman, 2011).Yapılan bir araştırma kapsamında oleojel oluşumu için ergitilen mumlar (Ayçiçek mumu ve Balmumu), aynı sıcaklıktaki rafine fındık yağı ile belirlenen oranlarda (%5) homojen şekilde karıştırılarak elde edilen oleojeller kullanılarak kahvaltılık margarin ve sürülebilir yağ üretilmiştir. Üretilen fındık yağı oleojellerinin yağ bağlama kapasitelerinin benzer oldukları, balmumu ile üretilen oleojellerin kristal oluşum zamanlarının ayçiçek mumu ile üretilen oleojellere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Balmumu ile üretilen fındık yağı oleojellerinin 35 °C'deki katı yağ içeriklerinin ayçiçek mumu ile üretilen oleojellere göre daha düşük olduğu, üretilen tereyağ aromalı fındık yağı oleojellerinin peroksit sayısı bakımından benzer oldukları saptanmıştır (Yılmaz, 2014).

Yılmaz ve Öğütçü (2015), tarafından geliştirilen tereyağ aromalı balmumu-fındık yağı oleojeli (FB) ve tereyağ aromalı fındık yağı-ayçiçek mumu (FS) oleojellerine ilişkin tüketici beğeni testi sonuçlarına göre görünüş özellikleri bakımında analiz edilen örneklerden tüketiciler tarafından en çok beğenilen örneğin sırasıyla ticari tereyağı (TY) daha sonra tereyağ aromalı fındık yağı-ayçiçek mumu (FS) ve tereyağ aromalı balmumu-fındık yağı oleojeli (FB) olarak sıralandığı belirlenmiştir. Tüketiciler tarafından özellikle görünüş, koku, ve lezzet özellikleri bakımından örneklerin aldıkları skorların oldukça yakın olduğu ancak oleojellerin sürülebilirlik özelliği açısından tüketiciler tarafından daha çok tercih edilir oldukları belirlenmiştir.

Yılmaz (2014), yapılan bir çalışma kapsamında Ayçiçek mumu ve balmumu (%5) kullanılarak üretilen oleojellerin kahvaltılık margarin ile karşılaştırması yapılmış olup araştırma sonucunda balmumu-zeytinyağı oleojeli ile kahvaltılık margarinin sertlik değeri bakımından benzer olduğu saptanmıştır.

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Tez çalışması kapsamında kullanılan KLA bölümümüzde yürütülen “Mikrodalga Işınım Ve Ultrases Dalgaları İle Konjuge Linoleik Asit Üretiminin Optimizasyonu Ve Margarin Formülasyonunda Kullanımı” başlıklı BAP (GTB 2018/05-BAGEP) projesinden sağlanmıştır. Oleojel üretiminde kullanılan KLA ve ayçiçek yağının yağ asidi dağılımı Çizelge 3.1. de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ayçiçek yağının ve KLA içeren örneklerin yağ asidi dağılımı

Yağ Asidi	KLA(%)	Ayçiçek Yağı(%)	Kontrol25	Kontrol50
Miristik asit (C14:0)	-	0,076	0,052	0,029
Palmitik asit (C16:0)	5,766	5,816	5,800	5,785
Palmitoleik(C16:1)	-	0,115	0,079	0,043
Stearik asit(C18:0)	2,226	3,252	2,931	2,611
Oleik asit(C18:1)	10,955	35,994	28,169	20,345
Linoleik asit (C18:2)	0,637	54,689	37,798	20,907
Linolenik asit (C18:3)	-	0,058	0,040	0,022
9c-11t KLA	36,749	-	11,484	22,968
10t-12c KLA	39,451	-	12,328	24,657
Diğer KLA İzomerleri	3,932	-	1,229	2,458
Toplam KLA	80,132	-	25,041	50,083

3.2 Metot

3.2.1 Konjuge linoleik asit üretimi

Bu aşamada 25 g saf LA (aspir yağından elde edilen) 13 g KOH (25 mL etilen glikolde) ile geri soğutucu altında sepetli ısıtıcıda (MTops MS-E104), mikrodalga fırın ve ultrasonik banyoda izomerizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Sonrasında ise üzerine 40 mL etanol ve 25 mL 6 N HCl ilave edilerek pH <2'ye ayarlanmıştır. Daha sonra elde edilen ürün, önce saf su ile (80 mL), sonra hekzan (80 mL) ile ve son aşamada da

%30'luk metanol ile (80 mL) yıkandıktan sonra elde edilen ürün susuz sodyum sülfat ile kurutulup rotary evaporatörde (Heidolph Hei-vap) kalıntı hekzan uçurularak KLA eldesi sağlanmıştır. Elde edilen KLA -20°C'de depolanarak sonraki aşamalar için saklanmıştır (Yang ve Liu, 2004).

Kontrol grubu olması amacıyla sepetli ısıtıcı ile KLA üretiminde 180 °C'de 1, 2, 4, 6 ve 8 saat izomerizasyon işlemi yapılmıştır. Mikrodalga fırın ve ultrasonik banyoda ise 5 farklı süre ve 4 farklı güç seviyeleri kullanılarak izomerizasyon yapılmıştır. Mikrodalgada yapılan üretimlerde mikrodalga gücü 120-700 W ve süresi 0,5-6,0 saat olarak belirlenirken, ultrasonik banyoda ise genlik %25-100 ve süre ise 0,5-6,0 saat olarak belirlenmiştir.

3.2.2 Oleojel üretimi

Oleojel oluşumu için farklı oranlarda balmumu (Beeswax) (minimum jel oluşturma konsantrasyonuna bağlı olarak (%2-4)) ve farklı oranlarda KLA (%25 ve 50) içeren ayçiçek yağı karışımı toplam hacim 50 mL olacak şekilde cam kavanoz içerisine tartılmıştır. Tartımı yapılan mum ve yağ örnekleri çalkalamalı su banyosunda 80°C'de 30 dk bekletilmiş ve elde edilen homojen sıvı karışımlar karanlık ortamda 24 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilerek oleojel oluşumu sağlanmıştır.

Oluşturulan oleojellerde minimum jel oluşturma konsantrasyonu (%MJK), kristal oluşum zamanı (KOZ-jelleşme süresi), yağ bağlama kapasitesi (YBK), santrifüj stabilite testi, renk ölçümü, XRD, TGA, FTIR, tekstürel ve reolojik analizler yapılmıştır. Ayrıca buz dolabı sıcaklığında (+4°C) depolama süresince (120 gün) peroksit sayısı ve malonaldehit analizleri yapılarak depolama stabilitesi belirlenmiştir. Kontrol örneği olarak ise %25 ve 50 linoleik asit içeren yağ asitleri karışımı kullanılmıştır.

3.2.3 Oleojel analizleri

3.2.3.1 Minimum jel oluşturma konsantrasyonu (%MJK)

Jel oluşumu sağlayan minimum jelatör konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla 90 °C'deki su banyosunda tamamen eritilen balmumu ve aynı sıcaklıktaki KLA karışımı ile

farklı oranlarda (%0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5 ve 4) homojen şekilde karıştırılarak tüplere alınmış ve oda sıcaklığında (25°C) akış göstermeyen tüplerin balmumu konsantrasyonu %MJK olarak kaydedilmiştir (Hwang vd., 2012).

3.2.3.2 Kristalizasyon zamanı (KOZ) ölçümü

KOZ ölçümü için, jel içeren tüpler su banyosunda 90 °C'de tamamen eritilmiş ve 2 saat boyunca su banyosunda bekletilerek sıcaklığın sabitlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra su banyosundan oda sıcaklığına çıkartılmış ve jelleşmenin olduğu süre kaydedilmiştir (Dassanayake vd., 2009).

3.2.3.3 Yağ bağlama kapasitesi (%YBK) ölçümü

%YBK ölçümü için Da Pieve vd. (2010), tarafından belirlenen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla 90 °C'deki su banyosunda tam olarak eritilmiş oleojel örnekleri Falcon tüplerine (a) yaklaşık 2 ml miktarında aktarıldıktan sonra 1 saat süreyle +4 °C'de bekletilmiştir. Jel oluşumundan sonra tekrar tartıma alınan Falcon tüpleri (b), 20 °C'de 15 dk. süreyle 9418 g hızla santrifüj edilmiş ve santrifüjden alınan örnekler ters çevrilerek 3 dk boyunca drenaj işlemi uygulanmıştır. Drenaj işleminden sonra örnekler tekrar tartılmış (c) ve yağ bağlama kapasitesi (%YBK) aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Da Pieve vd., 2010).

$$\%YBK = 100 - \left[\frac{(b-a) - (c-a)}{b-a} \right] \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.3.4 Santrifüj stabilite testi

Bu amaçla Falcon tüplerine 5 g oleojel örneği alınmış ve buzdolabı sıcaklığında bir gün bekletildikten sonra oda sıcaklığında 1500 g'de 15 dakika santrifüj edilmiş ve sonrasında emülsiyonun kırılıp/kırılmadığı kontrol edilmiştir. Bu testte dayanıklı olan örnekler stabil olarak değerlendirilmiştir (Moreira de Moraes vd., 2006).

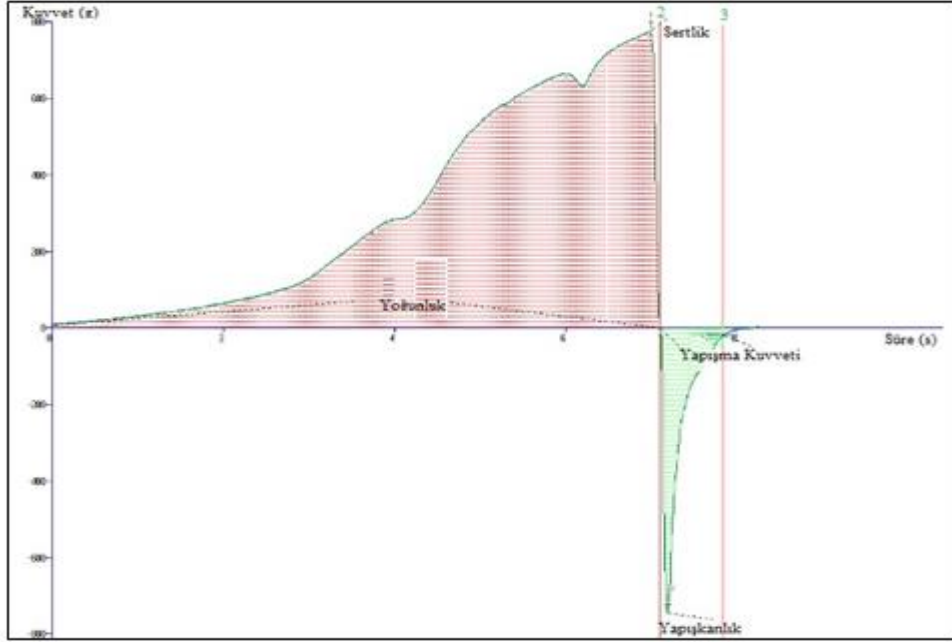
3.2.3.5 Renk analizi

Çalışmada üretilen oleojellerin renk ölçümleri Minolta CR-400 cihazı (Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan) kullanılarak yapılmış ve L^* , a^* , b^* değerleri belirlenmiştir.

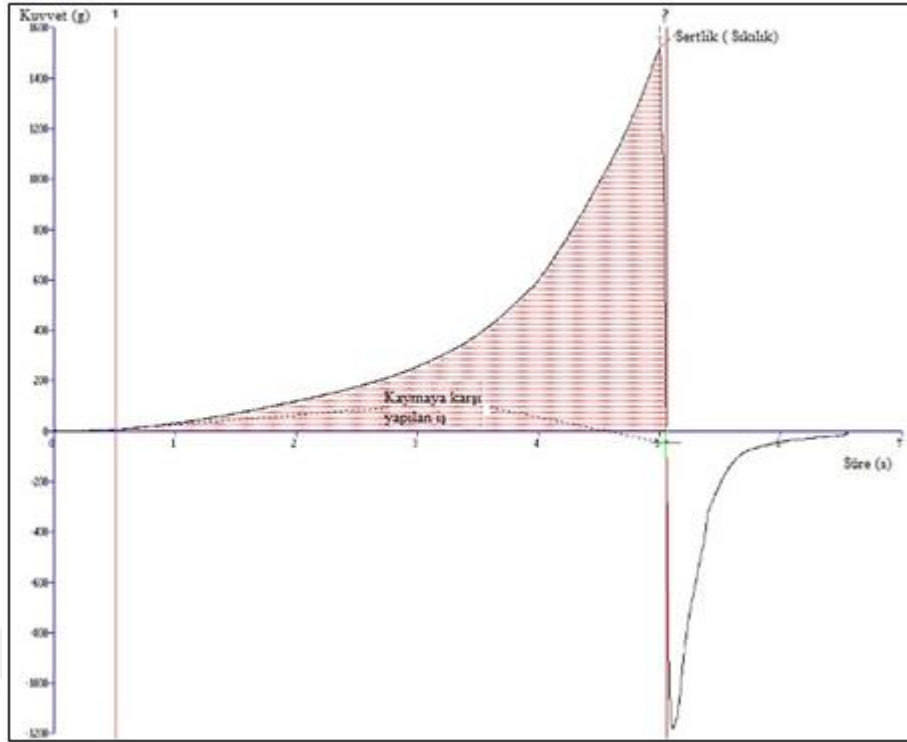
3.3 Oleojellerin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi

Oleojel örneklerinin tekstürel özellikleri taze örneklerde gerçekleştirilmiştir. Oleojellerin sertlik, yoğunluk ve yapışkanlık özellikleri P/35 probu kullanılarak “back extrusion” metodu ile (Test hızı: 1 mm/s, Test sonrası hızı: 10 mm/s ve Mesafe: 7 mm) bölümümüz laboratuvarında bulunan Tekstür Analiz cihazı (TA-XTPlus, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir.

Oleojellerin sürülebilirlik özelliklerini belirlemek amacıyla ise TTC Spreadability Rig HDP/SR donanımı kullanılarak “Measure Force in Compression” yöntemi (Test hızı: 3.0mm/sn, Test sonrası hız:10 mm/s ve Mesafe; 16 mm) kullanılmıştır. Elde edilen grafiklerden cihazın programı sayesinde örneklere ait “sertlik (sıkılık)” ve “sürülebilirlik (kaymaya karşı yapılan iş)” özellikleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin geri ekstrüzyon (back extrusion) ölçümüne ait örnek grafik



Şekil 3.2. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerin sürülebilirlik(Spreadability) ölçümüne ait örnek grafik

3.3.1 XRD analizi

Oleojellerin X-ışını difraksiyonu çalışmaları, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan CuK α radyasyonu kullanan Pananalytical marka Empyrean model cihazda 40kV ve 40mA değerlerinde, numunelerin 1°/dakika tarama hızı ile taranması şeklinde yapılmıştır.

3.3.2 TGA analizi

Üretilen oleojellerin termogravimetrik analizleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan Linseis marka termogravimetri cihazı kullanılarak azot atmosferinde ve 10 °C/dakika ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir.

3.3.3 FTIR analizi

Elde edilen ürünlerin FTIR ölçümlerinde KBr ile hazırlanan pelletler kullanılmıştır. 4000-400 cm⁻¹ dalga sayısı arasında spektrum taranmıştır. Bu analiz Niğde Ömer

Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan FTIR cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.4 Oleojellerin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Proje kapsamında üretilen oleojellerin reolojik özellikleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan reometre kullanılarak yapılmıştır. Bu kapsamda ölçülen parametreler aşağıda verilmiştir.

Kayma hızı-kayma gerilimi ilişkisi: Bu aşamada ürüne bağlı olarak konik aparatlar kullanılarak kayma gerilimi-kayma hızından oluşan akış grafikleri belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen verilerin hangi reolojik modellere uyduğu belirlenmiştir.

Viskoelastik özellikler: Üretilecek olan oleojeller viskoelastik bir yapıya sahip olmuşlardır. Diğer bir deyişle, ürünlerin elastik ve viskoz modülüzleri frekansa bağlı bir şekilde değişmiştir. Bu sebeple frekans taraması, gerilim taraması ve stres taraması gibi özellikler hazırlanan örnekler için ölçülmüştür.

3.5 Oleojellerde Depolama Süresince Yapılan analizler

Üretilen oleojel örneklerinin 4 aylık depolama süresince 0., 15., 30., 45., 60., 75., 90. ve 120 günlerde peroksit sayısı ve malonaldehit analizleri yapılarak örneklerin oksidasyon stabilitesi belirlenmiştir.

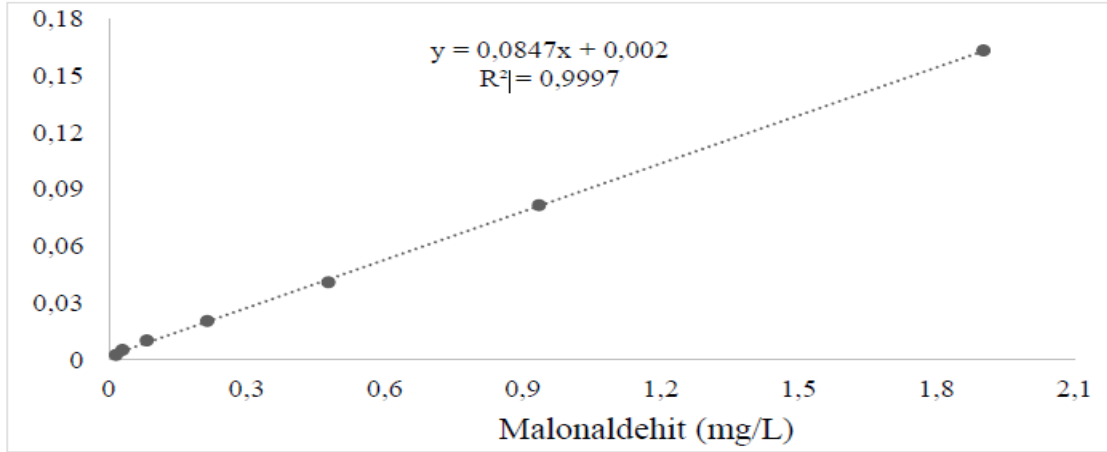
3.5.1 Peroksit sayısı

Üretilen oleojellerde depolama süresi boyunca AOCS (Cd 8-53) metodu ile peroksit sayısı değişimleri belirlenmiştir (AOCS, 1998).

3.5.2 Malonaldehit analizi (MAD)

Lipit oksidasyonu; 2-Tiyobarbitürik asidin (TBA) MAD ile kalorimetrik tepkimesinin ölçme esasına dayanarak AOCS (Cd 19-90) metodu ile belirlenmiştir (AOCS, 1998). Şahit çözeltiye karşı örneğin 538 nm'deki absorbanı okunmuş ve MAD standart

eğrisini hazırlamak üzere 1×10^{-3} M Malonaldehit bis (dietyl asetal, % 97) standart çözeltilisinden farklı oranlarda seyreltmeler hazırlanmıştır. Hazırlanan seyreltik çözeltilerden elde edilen absorbanslar kalibrasyon eğrisinin hazırlanmasında kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Malonaldehit analizine ait kalibrasyon eğrisi

3.6 İstatistiksel Analizler

Deneysel cevaplar alındıktan sonra varyans analizi için SPSS 15 paket programı yardımıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Bütün üretimler ve analizler iki paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Oleojel Özellikleri

4.1.1 Minimum jel oluşturma konsantrasyonu (%MJK)

Farklı oranlarda(%0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4) oluşturulan oleojel örneklerinde minimum jel oluşturma konsantrasyonları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada %0,5, %1, %1,5 balmumu kullanılan örneklerde jel oluşumu gözlenmemiştir. Jel oluşumu %2, %2,5, %3, %3,5 ve %4 balmumu kullanılan örneklerde sağlanmıştır.

4.1.2 Kristalizasyon zamanı (KOZ) ölçümü

Yapılan çalışmada KOZ değeri balmumu oranı arttıkça azalmıştır. Yani yüksek balmumu konsantrasyonuna sahip oleojel örneklerinin kristalizasyon zamanı daha kısadır. %2 balmumu konsantrasyonuna sahip oleojel örneğinin kristalizasyon süresi 3141 sn iken balmumu konsantrasyonu iki katına yani %4'e çıkarıldığında bu süre 2130 sn olmuştur. KLA miktarının kristalizasyon zamanına bir etkisi olmamıştır(Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1.Farklı konsantrasyonlarda balmumu ve KLA içeren oleojel örneklerinin kristalizasyon zamanları

OLEOJEL ÖRNEKLERİ	KOZ (sn)
50*-4**	2130±5 ^a
50-3.5	2315±6 ^b
50-3	2660±4 ^c
50-2.5	2910±5 ^d
50-2	3141±4 ^e
25-4	2129±3 ^a
25-3.5	2316±5 ^b
25-3	2665±5 ^c
25-2.5	2905±6 ^d
25-2	3140±5 ^e

* Örneklerdeki KLA içeriği

** Örneklerdeki balmumu içeriği

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

4.1.3 Yağ bağlama kapasitesi (%YKB) ölçümü

Üretilen oleojellerde, oleojelatörün(balmumu) yağ bağlama kapasitesi analizi sonucunda balmumu miktarı arttıkça ona paralel olarak yağ bağlama kapasitesinin de arttığı görülmüştür(Çizelge 4.2). Yağ bağlama kapasitesi, özellikle lipit temelli ürünlerde önemli bir parametre olarak göze çarpmaktadır. Çikolata, sürülebilir kahvaltılık ürünler, yumuşak şekerlemeler ve helva gibi birçok üründe yağ salınımı olarak tabir edilen yağ migrasyonunun kalite kayıplarına yol açtığı bildirilmiştir. Söz konusu ürünlerde sıcak-soğuk değişimlerine karşı stabil, yağ bağlama kapasitesi yüksek yağların kullanılması önerilmektedir (Patel ve ark., 2014). Bu bağlamda yağ bağlama kapasitesi trans yağ bulundurmayan, doymuş yağ oranı az oleojel ürünlerinin gıda ürünlerinde görülen yağ migrasyonu probleminde çözüm oluşturabileceği düşünülmüştür. Literatür verilerinden elde edilen sonuçlar ile çalışma bulgularının benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.2.Oleojel örneklerinin yağ bağlama kapasiteleri(%YKB)

Oleojel Örnekleri	%YKB
25*-2**	74.73 ^a
25-2.5	90.35 ^b
25-3	97.24 ^c
25-3.5	99.57 ^d
25-4	99.64 ^d
50-2	97.13 ^c
50-2.5	98.31 ^{c,d}
50-3	98.82 ^{c,d}
50-3.5	99.21 ^d
50-4	99.73 ^d

* Örneklerdeki KLA içeriği

** Örneklerdeki balmumu içeriği

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

4.1.4 Santrifüj stabilite testi

Stabilize analizi için örneklere 1500 g santrifüj hızı uygulanmıştır. Uygulanan santrifüj hızına göre %3, %3,5 ve %4 balmumu içeren oleojel örneklerinin stabil olduğu %2 ve %2,5 oranında balmumu içeren örneklerin emülsiyonlarının kırıldığı ve teste dayanıklı yapı göstermedikleri tespit edilmiştir. Oleojel örneklerinin KLA miktarları stabiliteyi etkilememiştir(Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Farklı konsantrasyonlarda balmumu ve KLA içeren oleojel örneklerinin santrifüj stabiliteleri

Oleojel Örnekleri	Santrifüj Stabilitesi
25*-2**	Stabil değil
25-2.5	Stabil değil
25-3	Stabil
25-3.5	Stabil
25-4	Stabil
50-2	Stabil değil
50-2.5	Stabil değil
50-3	Stabil
50-3.5	Stabil
50-4	Stabil

* Örneklerdeki KLA içeriği

** Örneklerdeki balmumu içeriği

4.1.5 Renk ölçümü

Üretilen oleojellerde yapılan renk analizi sonucunda L değeri, a* ve b* değerleri Çizelge 4.4'de gösterildiği gibi bulunmuştur. L değeri 0 (siyah) ve 100 (beyaz) arasındaki aydınlık(parlaklık/matlık) derecesini göstermektedir. Ayçiçek yağı, KLA içeren kontrol örnekleriyle kıyaslandığında bir miktar fazla parlaklık göstermiştir. Ayrıca yapıda ki KLA miktarının artması L değerinde büyük değişikliğe yol açmamıştır. Oleojel örneklerindeki balmumu oranı arttıkça parlaklığın arttığı görülmüştür. Analiz sonucunda a değeri (-)(yeşil) bulunmuştur. %25 KLA içeren oleojel örnekleri %50 KLA içeren oleojel örneklerine göre bir miktar fazla yeşillik vermiştir. Ayrıca oleojel örneklerinde ki balmumu oranı arttıkça yeşillik miktarı artmıştır. Analiz sonucunda b değeri (+) (sarı) bulunmuştur. %50 KLA içeren oleojel örneklerinin b değeri %25 KLA içeren oleojel örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Oleojel örneklerindeki balmumu miktarları arttıkça b değerinde de bir miktar artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.4. Oleojel örneklerinde L, a ve b değerleri

Örnek	L*	a*	b*
K0*	51,26±0,86 ^t	-2,30±0,31 ^c	8,71±0,55 ^b
K25*	51,86±1,46 ^f	-4,04±0,36 ^b	39,16±1,08 ^e
K50*	49,12±0,55 ^e	-6,12±0,11 ^a	42,91±0,86 ^e
25*-2**	31,26±0,85 ^{a,b}	-1,18±0,02 ^d	7,00±0,35 ^a
25-3	34,55±0,28 ^b	-2,50±0,13 ^c	8,98±0,22 ^b
25-4	39,11±0,27 ^d	-3,86±0,05 ^b	10,79±0,10 ^c
50-2	30,31±0,23 ^a	-1,13±0,05 ^d	8,45±0,65 ^b
50-3	33,70±0,36 ^b	-2,48±0,20 ^c	11,30±0,36 ^c
50-4	37,88±0,30 ^c	-3,80±0,14 ^b	14,04±0,06 ^d

* Örneklerdeki KLA içeriği

** Örneklerdeki balmumu içeriği

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

4.1.6 Oleojellerde tekstürel özelliklerin belirlenmesi

Farklı oranlarda KLA(%25 ve %50) ve balmumu(%2,%3 ve %4) içeren oleojel örneklerinin sıklık(g) ve kaymaya karşı yapılan iş(g.sn) değerleri Çizelge 4.5 de verilmiştir. KLA konsantrasyonuna bağlı sürülebilirlik (kaymaya karşı yapılan iş) parametresi azalma göstermiştir. Kaymaya karşı yapılan işin az olmasından dolayı

oleojellerin sürülebilirliği kolay ancak sıklığının ise az olduğu belirlenmiştir. Oleojel örneklerinde ki balmumu miktarının artması ile oleojellerin sıklığı artmıştır. Aynı zamanda balmumu konsantrasyonuna bağlı olarak kaymaya karşı yapılan iş parametresinde artış gözlemlenmiştir. Balmumu konsantrasyonuna bağlı olarak artan kaymaya karşı yapılan iş parametresi sürülebilirliği zorlaştırmış ve sertliği arttırmıştır.

Çizelge 4.5. Oleojel örneklerinin tekstür analizi sonucu sıklık (sertlik, g) ve kaymaya karşı yapılan iş (sürülebilirlik, g.sn) değerleri

<i>KLA oleojeller</i>	<i>içeren</i>	<i>Sıklık(g)</i>	<i>Kaymaya karşı yapılan iş(g.sn)</i>
25*-2**		261,6±25,5 ^b	313,7±25,3 ^b
25-3		657,6±11,3 ^c	865,1±28,1 ^c
25-4		1270,8±25,3 ^f	1756,3±45,1 ^e
50-2		175,4±25,2 ^a	212,5±15,2 ^a
50-3		704,1±25,1 ^d	878,3±38,1 ^c
50-4		774,4±24,1 ^e	1273,7±42,1 ^d

* Örneklerdeki KLA içeriği

** Örneklerdeki balmumu içeriği

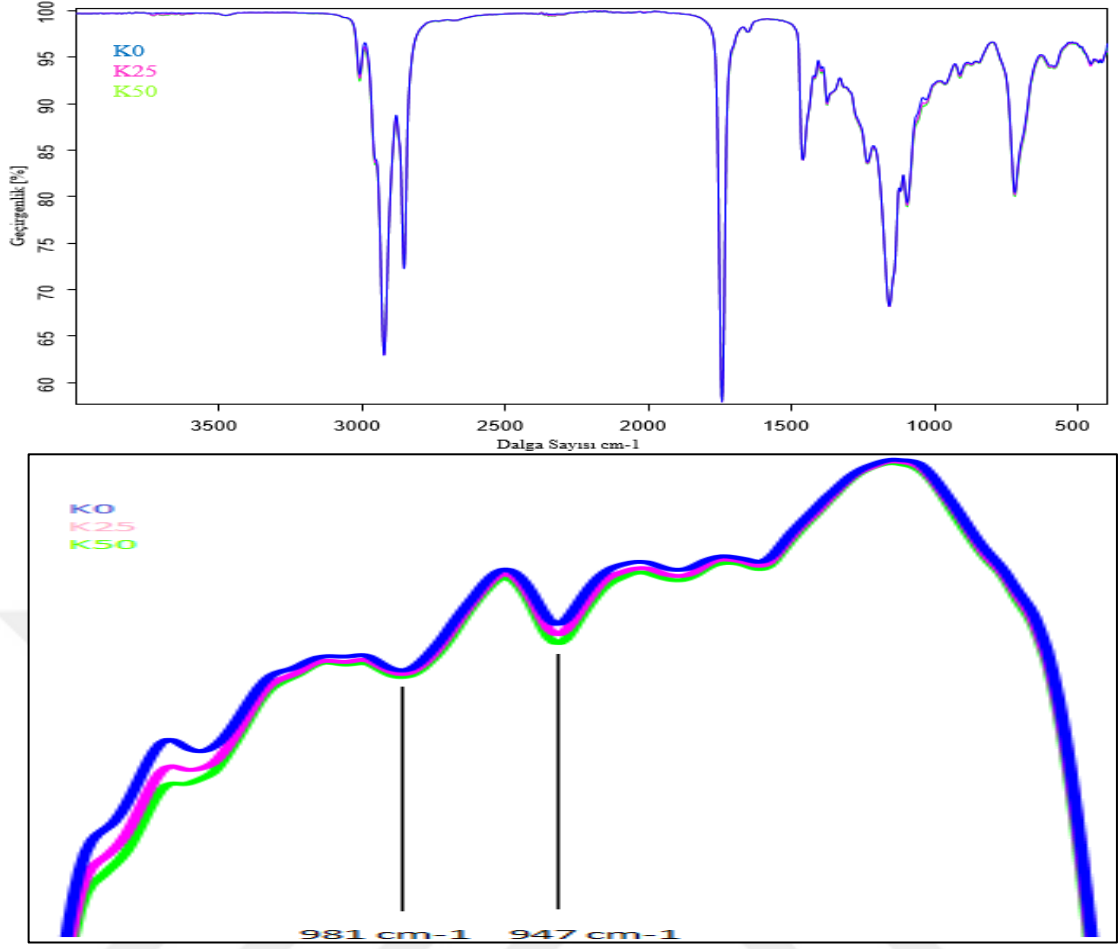
^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

4.2 Oleojellerde Karakterizasyon Analizleri

4.2.1 FT-IR analizi

Kontrol grubu ve oleojel örneklerine ait örnek Fourier Transform- Infrared (FT-IR) Spektrumları Şekil 4.1’de verilmiştir. Yağlarda FT-IR spektrumu değerlendirirken iki temel bölgeden yararlanılmaktadır. Bunlar fonksiyonel grup bölgesi (hidrojenin gerilme bölgesi, çift bağ gerilme bölgesi, diğer bağlar, deformasyonlar ve bükülme bölgeleri) ve parmak izi bölgesidir. Yapılan analiz sonucunda hidrojen gerilme bölgelerinde bulunan ve tüm numunelerde ortaya çıkan 3008 cm⁻¹ dalga sayısına sahip pikin cis çift bağında belirlenen (=C) C-H germe titreşimini ve yaklaşık 2922-2853 cm⁻¹ dalga sayısına sahip piklerin alifatik CH₂, CH₃ gruplarının simetrik ve asimetrik C-H germe titreşimini belirttiği bulunmuştur. Aynı şekilde tüm kontrol ve oleojel örneklerindeki görülen ve çift bağ gerilim bölgesinde yaklaşık 1743 cm⁻¹ civarındaki pik trigliseridlerin fonksiyonelester karbonil gruplarının göstermektedir. Aynı zamanda bu pikin doymuş yağ

asidi içeriği ile ilgili olduğu gözlemlenmiştir. Deformasyonlar ve bükülme bölgelerinde bulunan ve tüm örneklerde ölçülen 1461 cm^{-1} yer alan pikin hem CH_2 ve CH_3 alifatik gruplarının bükülme titreşimlerini belirttiği hem de yağlarda toplam doymamışlık derecesini gösterdiği sonuçlarda belirtilmiştir. Bütün örneklerde ölçülen 1376 cm^{-1} 'de yer alan bantın ise CH_2 gruplarının bükülme titreşimlerini belirttiği gözlemlenmiştir. Parmak izi bölgesinde bulunan 1159 cm^{-1} dalga boyuna sahip piklerin C-O ester gruplarının gerilimtitreşimlerini, 1097 cm^{-1} dalga boyuna sahip piklerin C-C bağı titreşimi sonucunda gözlemlenmiştir. Bütün örneklerde bulunan 721 cm^{-1} civarında gözlemlenen piklerin ise, uzun zincirli yağ asitlerinde görülen tüm CH_2 gruplarının faz halinde sallandığı CH_2 sallanma titreşimleri ile ortaya çıktığı belirtilmiştir. (Vlachos ve ark., 2006). KLA izomerleri, kızılötesi spektrumun orta bölgesinde tipik absorpsiyon piklerine sahiptir. Trans, KLA trans izomerleri, 988 cm^{-1} 'de bir pik üretirken ve cis,trans KLA izomerleri, sırasıyla 981 ve 947 cm^{-1} 'de iki pik üretmektedir (Christy vd., 2003). Ürettiğimiz oleojel örneklerinde 981 cm^{-1} 'de bulunan bandın trans-trans KLA izomeri olduğu belirlenmiştir. 947 cm^{-1} 'de bulunan pikin ise cis-trans KLA izomeri olduğu gözlemlenmiştir. Ürünlerde bulunan KLA miktarı arttıkça oluşan pikin büyüklüğünde artış gözlemlenmiştir. Balmumu miktarında ki artışönemli bir değişime neden olmamıştır.



Şekil 4.1.Kontrol örneklerine ait örnek FT-IR spektrumları

4.2.2 TGA analizi

Oleojel örneklerinde yapılan TGA analizi sonucunda TGA eğrisi göz önüne alınarak yapıda bulunan nemin 100 °C sıcaklığa kadar en yüksek buharlaşma hızına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Tüm örneklerde sıcaklığın 100-300 °C sıcaklığa kademeli olarak artırılması sonucunda yapıdaki kütle kaybındaki hız azalmış ve bir süre sonra kütle stabil kalmıştır. Kontrol örneklerinde KLA miktarının artması ile kütle değişim başlangıç sıcaklığı azalmıştır. Oleojel örneklerinde de KLA miktarının artması kütle değişim başlangıç sıcaklığını azaltmıştır. Ayrıca oleojel örneklerindeki balmumu miktarının artması da kütle değişim başlangıç sıcaklığını azaltmaktadır (Çizelge 4.6). 300-500 °C arasında tüm örneklerde hızlı kütle kaybı meydana gelmiş ve sıcaklığın 600°C'ye yaklaşmasıyla ortamda oleojel örneklerinin kalmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Oleojel örneklerinde TGA analizi sonucu oluşan kütle değişimi (%)

	$T_{başlangıç}$ (°C)	<i>Kütle değişimi (%)</i>
<i>Kontrol grubu</i>		
K 0	322,12	-7,43
K 25	320,41	-8,48
K 50	318,02	-10,47
Balmumu	262,55	-14,25
<i>KLA içeren oleojeller</i>		
25*-2**	320,33	6,35
25-3	319,22	7,35
25-4	317,41	9,91
50-2	318,43	6,99
50-3	314,17	8,28
50-4	308,62	10,93

* Örneklerdeki KLA içeriği

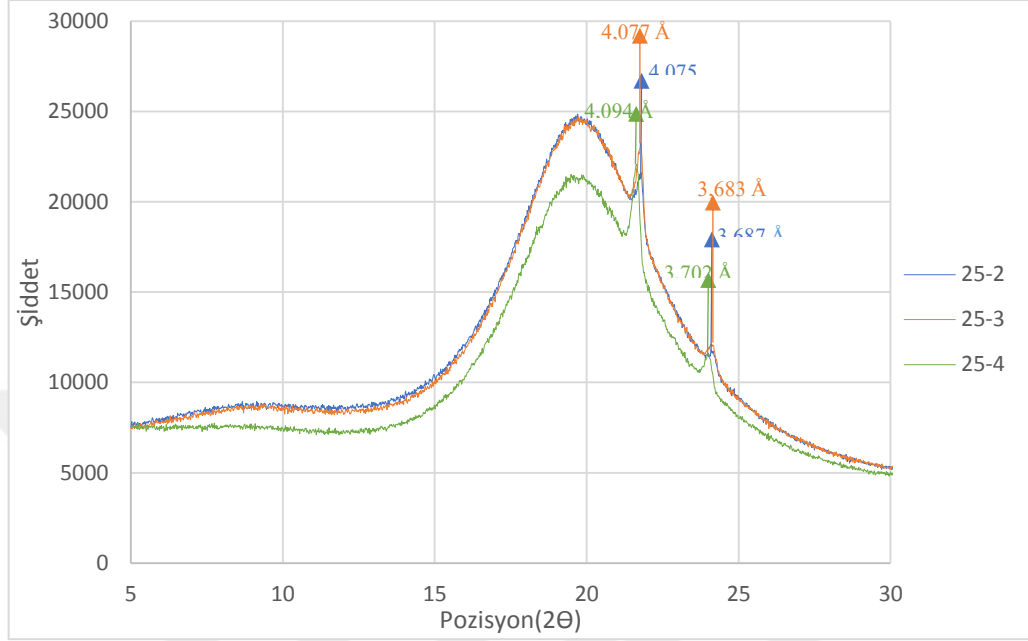
** Örneklerdeki balmumu içeriği

Ruan ve Proctor tarafından yapılan bir çalışmada KLAZSY ve ticari deodorize edilmiş soya yağı örneklerinin termal davranışları incelenmiştir. Yağ asidi analizi sonucunda %10,2 *cis-trans/trans-cis* izomeri, %5 oranında ise *trans-trans* izomeri tespit edilmiştir. Analiz sonucunda KLAZYS'nın deodorize edilmiş soya yağına göre daha yüksek erime başlangıç sıcaklığına sahip olmasına rağmen, KLA miktarının artması ile erime başlangıç sıcaklığında azalma gözlemlenmiştir (Ruan ve Proctor, 2014). Sunmuş olduğumuz çalışmada ise bu analizden farklı olarak numunelere TGA analizi yapılmıştır. KLA miktarının artmasıyla kütle değişim başlangıç sıcaklığının azalması sebebi bir yağ asidinin *trans* formunun *cis* formundan daha yüksek bir erime noktasına sahip olduğu verisine dayanarak KLA'ca zengin yağlarda *trans-trans* veya *cis-trans/trans-cis* izomerlerinin miktarıyla alakalı olabileceği tahmin edilmektedir (Fasina vd., 2008; Tan ve Che Man, 2002).

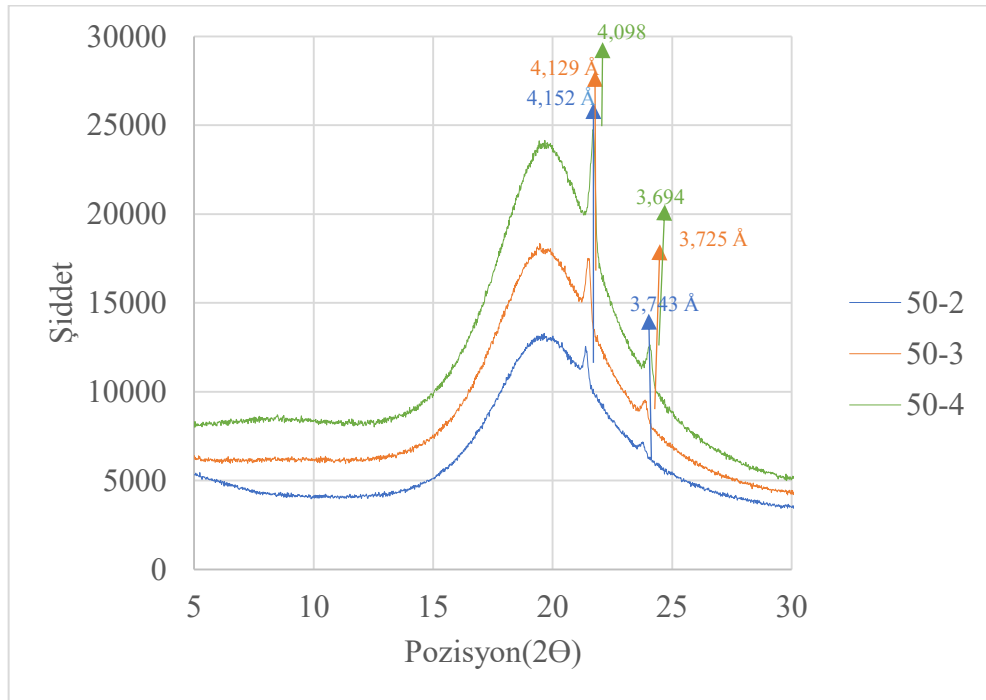
4.2.3 XRD analizi

XRD sonuçları oleojel örneklerinin kristal morfolojileri hakkında bilgi vermektedir. Polimorfik formlar (β ve β') oleojel özelliklerinin belirlenmesinde önemli kriterlerdendir. β kristal formu daha büyük boyutlu iken, β' kristal formu küçük boyutludur ve ürünün düzgün birdokuya dönüşmesinin en büyük nedenidir. Bunu da kristal yapısına yüksek miktarda sıvı yağ ekleyebilmesiyle yapmaktadır. Farklı oranlarda KLA (%25 ve %50) ve

balmumu(%2,%3 ve %4) içeren olejel örneklerinin kristal morfolojisi hakkında bilgi sahibi olmak için XRD analizi yapılmıştır. XRD analizi sonucunda olejel örneklerinde oluşan pikler belirlenmiştir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Farklı oranlarda balmumu(%2,%3 ve %4) ve %25 KLA içeren olejel örneklerinin XRD analizi sonuçları



Şekil 4.3. Farklı oranlarda balmumu(%2,%3 ve %4) ve %50 KLA içeren olejel örneklerinin XRD analizi sonuçları

XRD analizi sonucunda 4,10 Å ve 3,70 Å civarında pikler oluştuğu gözlemlenmiştir. Üretilen tüm oleojellerde ortak olarak görülen bu piklerin triaçilgliserolden oluşan β ve β' polimorfik formlarına benzer olduğu ve özellikle bu formun sürülebilir gıda ürünlerinde pürüzsüz tekstür ve beğenilen ağız hissi sağlamasından dolayı tercih edildiği belirtilmiştir (Dassanayake vd., 2009). β ve β' formlarının oleojel örneklerinde ki dağılımı Çizelge 4.7'de gösterildiği gibidir. Oleojel örneklerindeki balmumu miktarı arttıkça daha büyük pikler elde edilmiştir. Söz konusu piklerin mumlarda ve mumlardan elde edilen oleojellerde görüldüğü saptanmıştır. Chopin-Doreteo ve ark. (2011) tarafından %3 ve %6 konsatrasyonlarda Candelilla mumu eklenerek üretilen aspir yağı oleojellerinde 4,08 Å ve 3,66 Å piklerinin yer aldığı rapor edilmiştir. Szydłowska-Czerniak ve ark. (2005) tarafından, bu piklerin β ve β' polimorfik yapının tipik pikleri olduğu vurgulanmıştır. Aynı çalışmada söz konusu polimorfik yapının genel karakteri olarak, yapının çok ince, homojen ve krem gibi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu yapının sürülebilir ürünler için en çok istenen ve duyuşsal yönden en çok beğenilen polimorfik yapı olduğu rapor edilmiştir (Chrysam, 1996). Literatürde, mumlar ile üretilensıvı yağ oleojellerinden rapor edilen değerler ile bu araştırmada üretilen oleojellerden elde edilen pik değerlerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Çizelge 4.7. Oleojel örneklerinin XRD analizi sonucu kristal formları (%)

<i>KLA içeren oleojeller</i>	β	β'
25*-2**	79,48	20,52
25-3	65,35	34,65
25-4	58,27	41,73
50-2	78,97	21,03
50-3	74,04	25,96
50-4	68,21	31,79

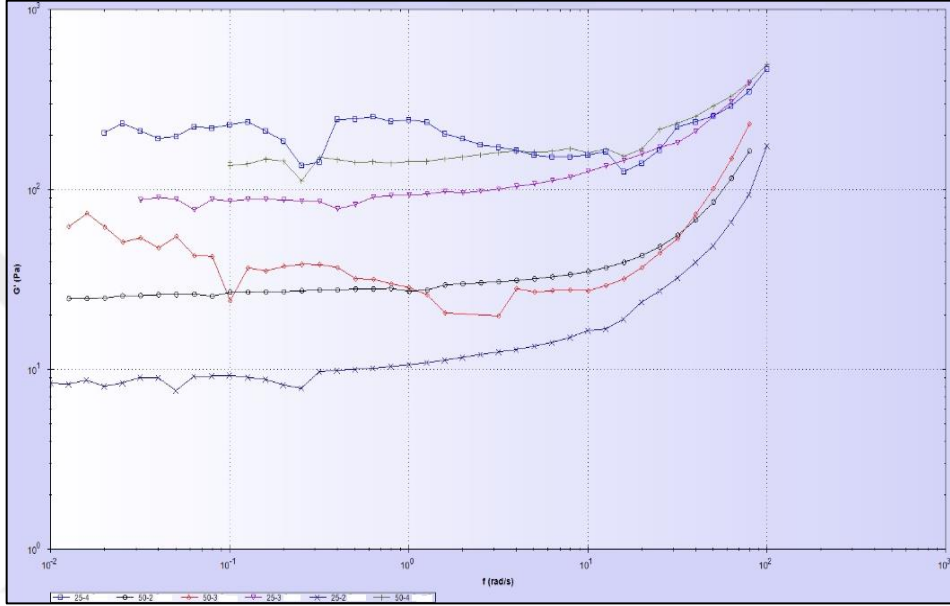
* Örneklerdeki KLA içeriği

** Örneklerdeki balmumu içeriği

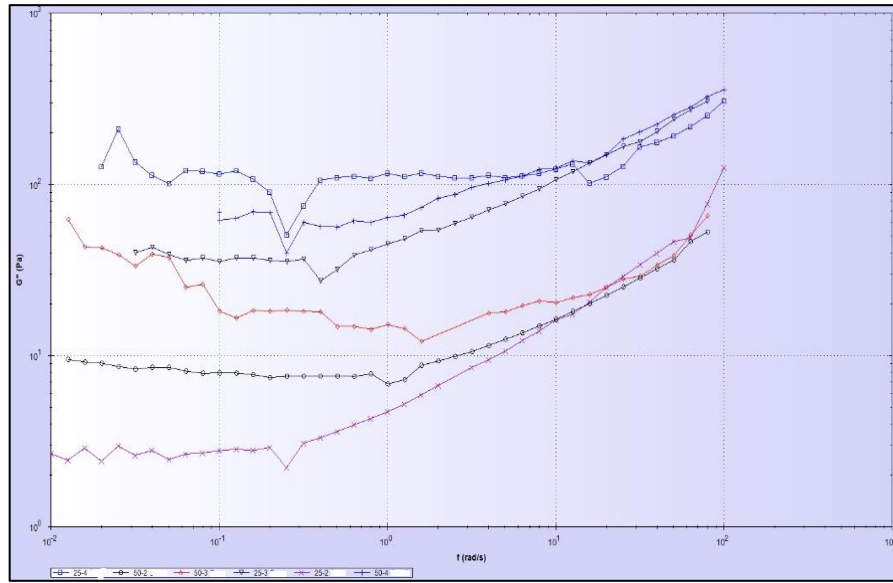
4.3 Oleojellerin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Gıda endüstrisinde reoloji, belirli bir malzeme üzerine etkiyen stres ve elde edilen deformasyon ve / veya akış arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Bir kuvvet veya stres nedeniyle meydana gelen deformasyon malzemenin akmaya karşı direncini ölçmektedir (Steffe, 1996; Demirkesen, 2013). Bir malzemenin deformasyon davranışı; elastik tepki, viskoz tepki ve viskozun elastige oranı şeklindedir. Elastik modül (G') malzemenin katı

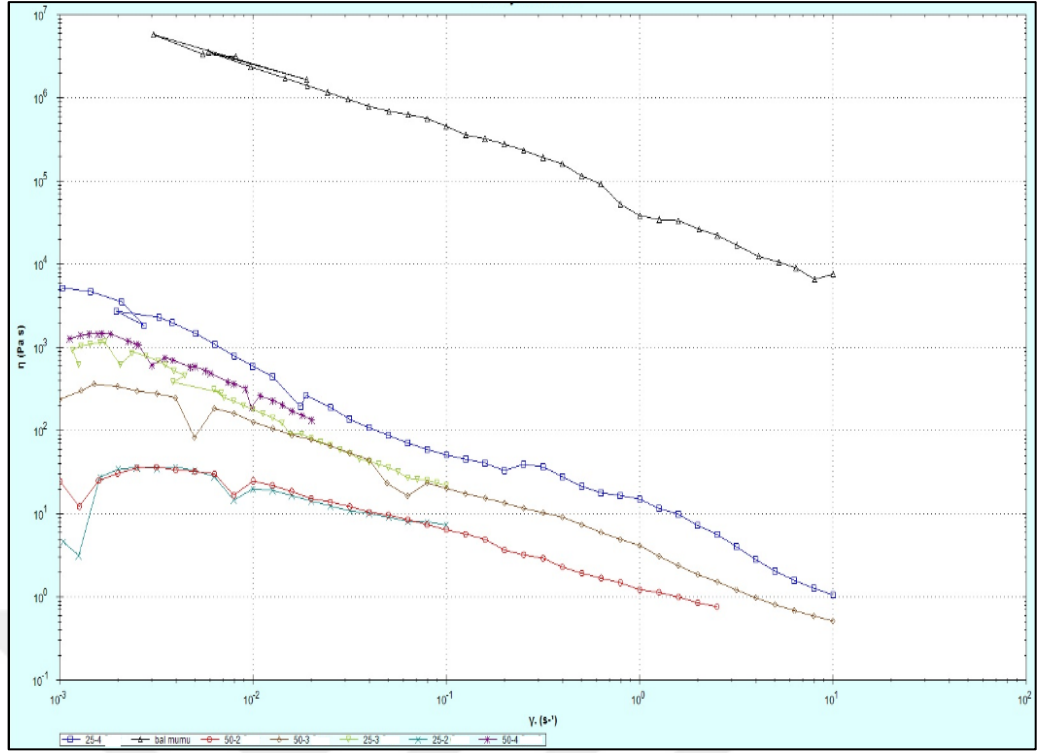
(elastik) davranışı gösterirken, viskoz modül (G'') sıvı (viskoz) davranışını yansıtmaktadır. Viskoelastik materyal ise, elastik katı ile viskoz sıvı arasında mekanik özelliğe sahip maddelerdir (Khatkar, 2004; Weitz vd, 2007). Bu çalışma kapsamında oleojel örneklerinin elastik modül (G') (Şekil 4.4), viskoz modül (G'') (Şekil 4.5) ve viskozite (Şekil 4.6) sonuçları verilmiştir. Oleojel örneklerinde bulunan balmumu konsantrasyonu arttıkça G' , G'' ve viskozite değerlerinde artış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. Oleojel örneklerinin Elastik Modül (G') değerleri



Şekil 4.5. Oleojel örneklerinin Viskoz Modül (G'') değerleri



Şekil 4.6.Oleojel örneklerinin viskozite değerleri

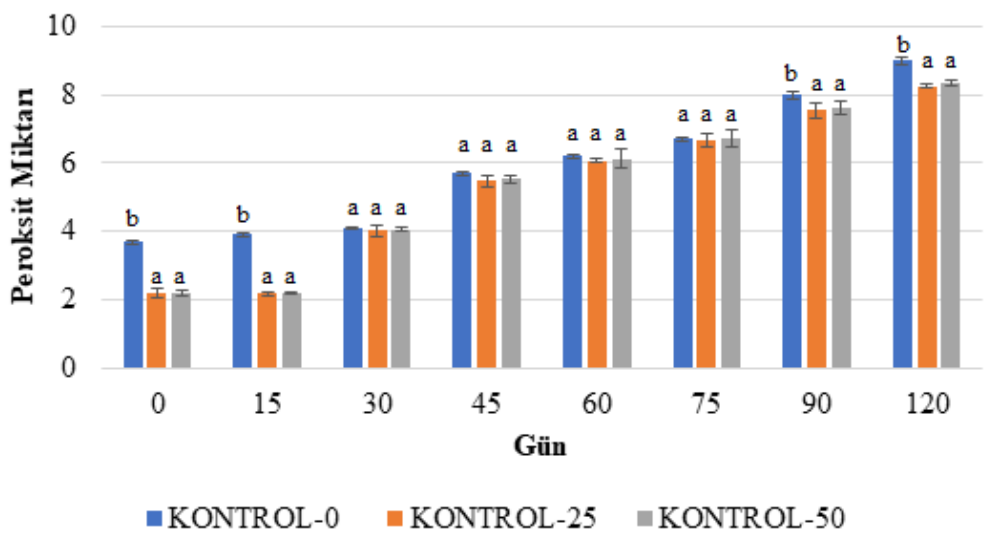
Psödoplastik akış davranış şeklinde, kayma hızının artışı ile viskozite değerlerinde azalma gözlenmektedir (Song vd., 2006; Sabanis ve Tzia, 2011). Bu çalışmada oleojel örneklerinin viskozitesi kayma hızının artması ile azalma göstermektedir. Bu da üretilen oleojellerin psödoplastik akış sergilediğini göstermektedir. Çalışma kapsamında üretilen oleojellerden %4 balmumu konsantrasyonu içeren örneklerin G' , G'' ve viskozite değerlerinin en yüksek olduğu saptanmıştır. Oleojel örneklerinde farklı oranlarda bulunan KLA miktarı (%25 ve %50) ölçülen değerlerde önemli bir farklılık yaratmamıştır.

4.4 Oleojellerde Depolama Süresince Yapılan Analizler

4.4.1 Peroksit analizi

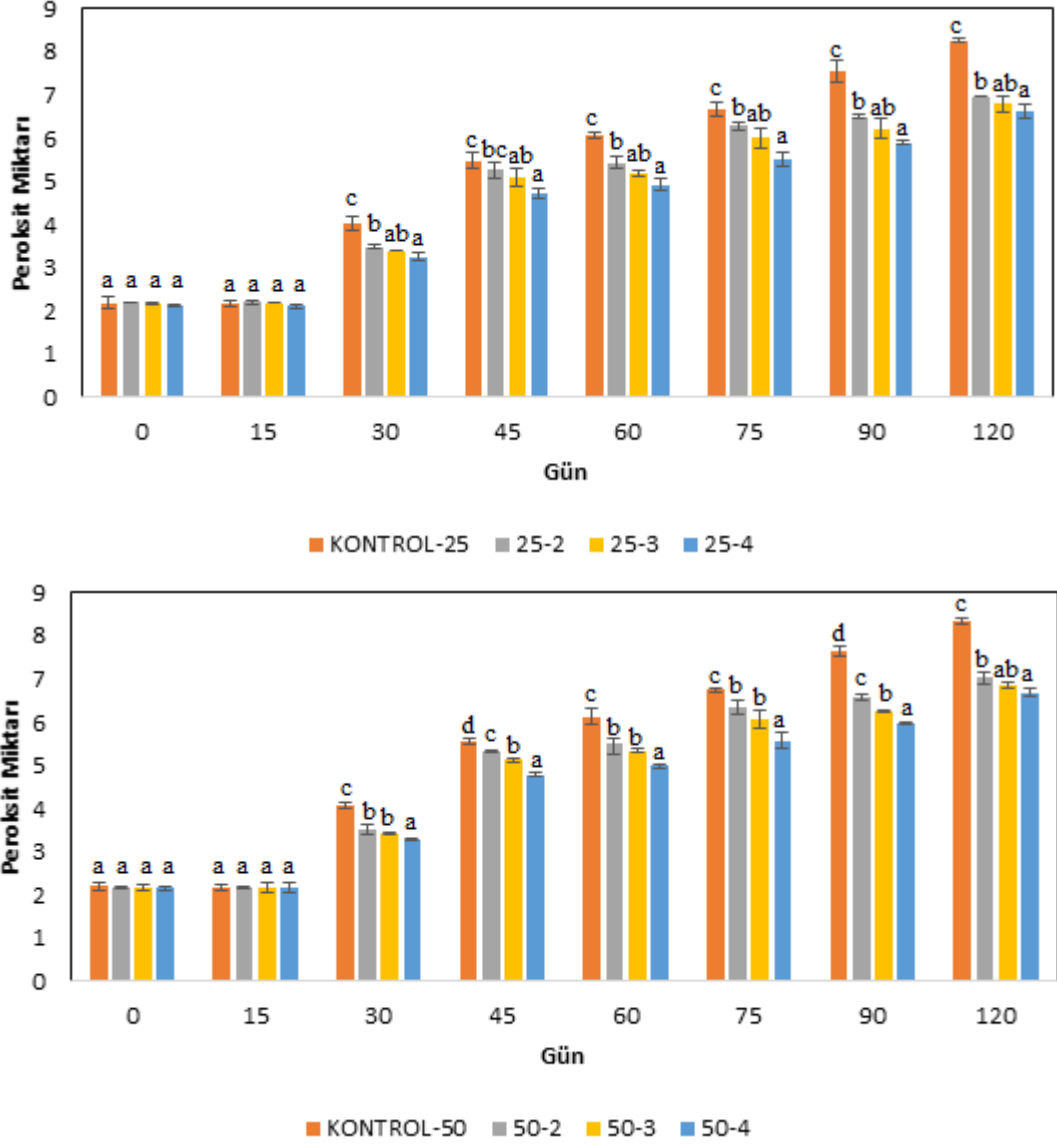
Üretilen oleojel örneklerinde depolama süresi boyunca (0. 15. 30. 45. 60. 75. 90. ve 120. gün), kontrol örneklerinde (K0, K25 ve K50) ve farklı oranlarda KLA ve balmumu(%25 ve %50 KLA, %2, %3 ve %4 balmumu) içeren örneklere peroksit analizi yapılmıştır. 0. günde en yüksek peroksit değerini K0 örneği vermiştir. Ancak

30. günde %25 ve %50 KLA içeren örneklerin peroksit değeri K0 örneğinin peroksit değerine ulaşmıştır(Şekil 4.7). Oleojel yapısında kullanılan bal mumu konsantrasyonu artması ile oluşan peroksit miktarlarında azalma gözlemlenmiştir. Yani %4 balmumu içeren oleojel örnekleri %2 balmumu içeren oleojel örneklerine göre peroksit değeri açısından daha düşük sonuçlar vermiştir(Şekil 4.8). 120 günlük depolama sonucunda oldukça yüksek peroksit değerleri meydana gelmiştir.



^{a,b} Aynı gün içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

Şekil 4.7. Kontrol grubu örneklerinin depolama süresince peroksit miktarları değişimi



^{a,b} Aynı gün içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

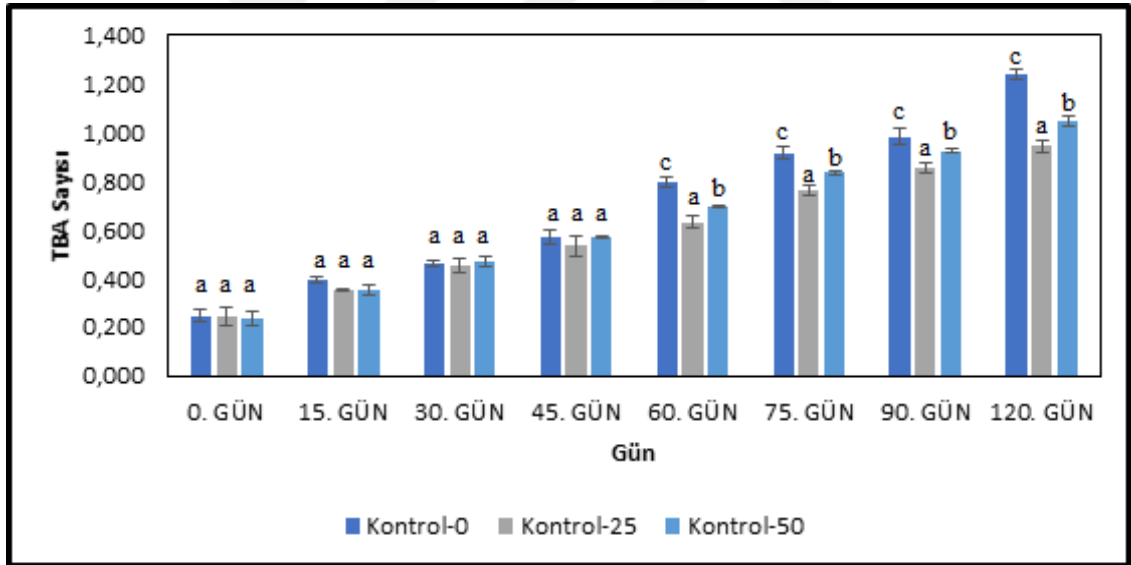
Şekil 4.8.Farklı oranlarda balmumu içeren olejel örneklerinin peroksit sayısı değişimi

Literatürdeki bir çalışmada deodorize edilmiş ticari soya yağı ve KLAZSY ile kızartılmış patateslerden ekstrakte edilen yağların peroksit değerlerinin yaklaşık aynı değerde olduğu tespit edilmiştir (Jain ve Proctor, 2007). Yettella ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada depolama süresince inceledikleri soya yağında peroksit değerinde büyük bir artma gözlemlerken KLA içeren örneklerin peroksit değerinde önemli bir derecede değişim olmadığını belirlemişlerdir (Yettella vd.,2012). Bu sonucun hidroperoksitlerin KLA'nın oksidasyon ürünü olmadığı raporuyla desteklendiği vurgulanmıştır (Ha vd.,1990). Hazırlamış olduğumuz çalışmada ise bu

çalışmaya paralel olarak KLA içeren kontrol örneklerinin peroksit miktarlarının KLA içermeyen kontrol örneğinin peroksit miktarına göre bir miktar daha düşük bulunmuştur.

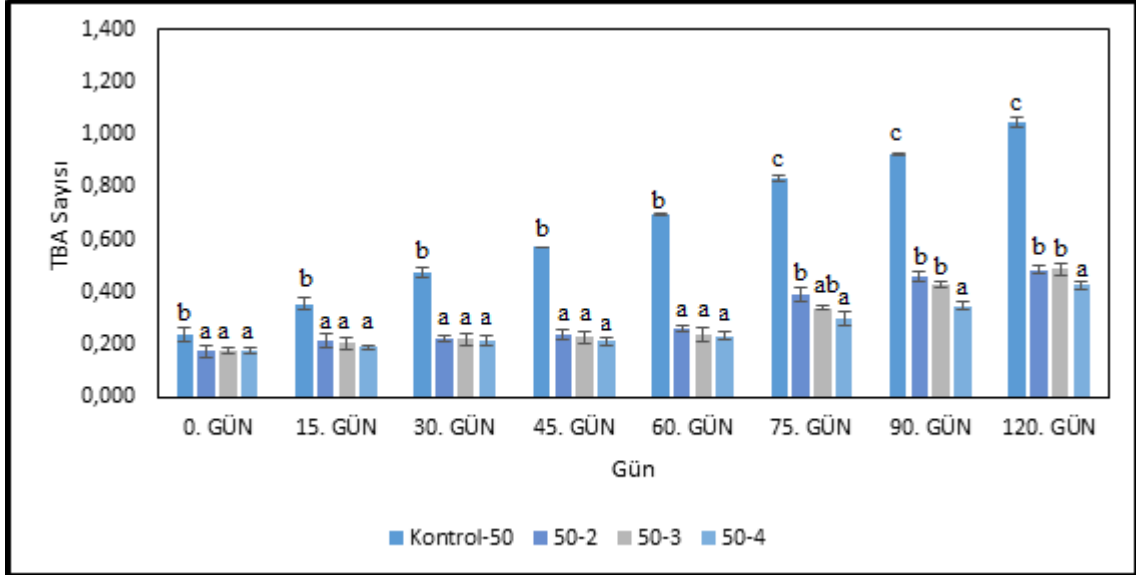
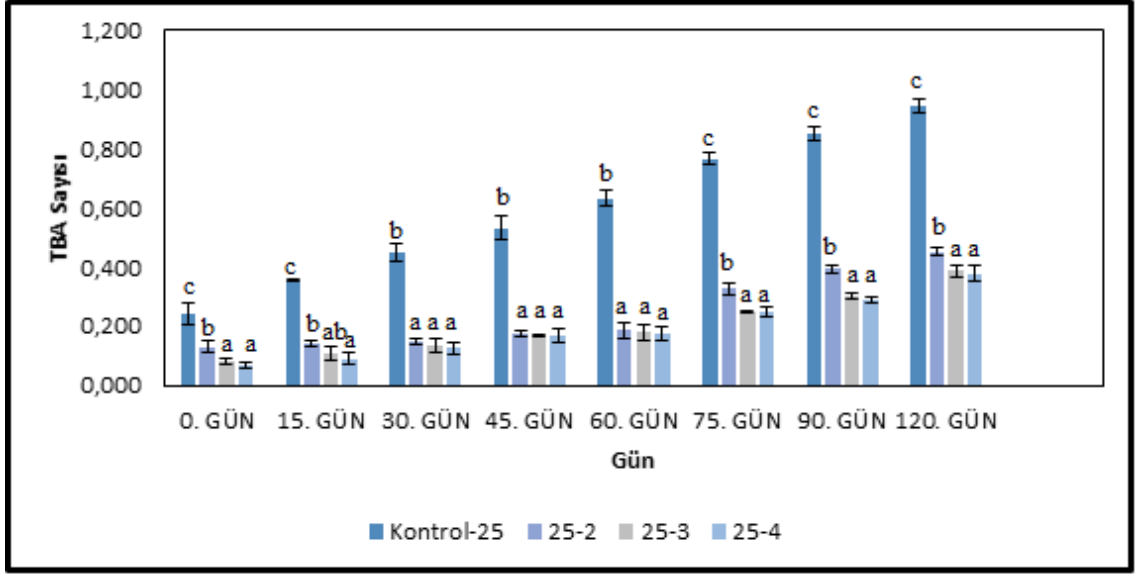
4.4.2 Malonaldehit analizi

Üretilen oleojel örneklerinde depolama süresi boyunca (0. 15. 30. 45. 60. 75. 90. ve 120. gün), kontrol örneklerinde (K0, K25 ve K50) ve farklı oranlarda KLA ve balmumu(%25 ve %50 KLA, %2, %3 ve %4 balmumu) içeren örneklere malonaldehit analizi yapılmıştır. %50 KLA ile üretilen kontrol örneğinde bulunan TBA sayısı %25 KLA içeren kontrol örneğine oranla biraz daha yüksek bulunmuştur(Şekil 4.9). Sunmuş olduğumuz bu çalışmada balmumu miktarı ile TBA sayısı arasında ters bir orantı gözlemlenmiştir. Yani oleojel örneklerinde ki balmumu konsantrasyonu arttıkça TBA sayısında azalma gözlemlenmiştir(Şekil 4.10).



^{a,b} Aynı gün içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

Şekil 4.9. Kontrol grubu örneklerinin depolama süresince TBA sayısı değişimi



^{a,b} Aynı gün içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan farklıdır (P<0.05)

Şekil 4.10. Farklı oranlarda balmumu içeren oleojel örneklerinin TBA sayısı değişimi

Van den Berg ve arkadaşları KLA ve linoleik asit karışımının oksijene maruz kalması sonucunda prooksidan etki gösterdiğini aynı zamanda KLA'nın anti-prooksidan etkisinin izomer çeşitleri ile ilgili olabileceğini bildirmişlerdir (van den Berg vd., 1995). Literatürdeki çalışmalar sonucunda araştırmacıların çoğu, KLA'nın linoleik asitten daha hızlı oksitlendiğine katılmaktadır (Ha vd., 1990; Zhang ve Chen, 1997). Bunun aksine KLA'nın linolenik ve araşidonik asitlerden daha yüksek bir oksidasyon oranına sahip olduğuna dair kanıtlar da bulunmaktadır (Zhang ve Chen, 1997). Bu yüzden KLA'nın oksidatif stabilitesi üzerine kesin bir sonuç henüz belirlenememiş ve konu çözüme ulaşamamıştır. Sunmuş olduğumuz bu çalışmada TBA sayısında 120 gün sonucunda bir

miktar artma gözlemlenmiştir. TBA sayısında oluşan dalgalanmalar depolama koşulları, analiz yöntemleri ve KLA izomerleri gibi faktörlerden de etkilenmektedir.



BÖLÜM V

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında üretilen KLA izomerleri belirlenmiş ve balmumu ile birlikte oleojel üretiminde kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında üretilen oleojel örneklerinde bazı kimyasal ve fiziksel özellikler belirlenmiştir. Ayrıca üretilen oleojeller 120 gün boyunca depo edilmiş ve bu süre boyunca oksidatif ve yapısal stabiliteleri belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda minimum jel oluşturma konsantrasyonu %2 balmumu miktarı olarak belirlenmiştir. Kristalizasyon zamanı ölçümünde balmumu oranı arttıkça kristalizasyon zamanı azalmıştır. Yani yüksek balmumu konsantrasyonuna sahip oleojel örneklerinin kristalizasyon zamanı daha kısadır. %2 balmumu konsantrasyonuna sahip oleojel örneğinin kristalizasyon süresi 3141 sn iken balmumu konsantrasyonu iki katına yani %4'e çıkarıldığında bu süre 2130 sn olmuştur. KLA miktarının kristalizasyon zamanına bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Yağ bağlama kapasitesinin balmumu miktarına paralel olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Santrifüj stabilite testinde %3, %3,5 ve %4 balmumu içeren örneklerin stabil olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda %25 KLA içeren ve %2 balmumu kullanılarak hazırlanan oleojel örneğinin sertlik değeri 261,62 g iken %4 balmumu kullanılan örnekte bu değer 1270,36 g bulunmuştur. Balmumu miktarı oleojel örneklerine daha sert bir yapı kazandırmıştır. %50 KLA ve %4 balmumu içeren oleojel örneğinin sertlik değeri 774,36 g olmuştur. KLA miktarının artması sertlik değerini düşürmüştür. Kaymaya karşı yapılan iş %25 KLA içeren ve %2 balmumu kullanılan oleojel örneğinde 313,74 g.sn bulunmuştur. Bu değer %4 balmumu içeren örnekte 1756,30 bulunmuştur. Balmumu miktarının artması sertliği arttırmış ve sürülebilirlik zorlaşmıştır. %50 KLA ve %4 balmumu içeren örnekte kaymaya karşı yapılan iş değeri 1273,72 bulunmuştur. Yani KLA miktarının artması sürülebilirliği arttırmıştır. Renk analizinde ayçiçek yağı, KLA içeren kontrol örnekleriyle kıyaslandığında bir miktar fazla parlaklık göstermiştir. Ayrıca yapıdaki KLA miktarının artması L değerinde büyük değişikliğe yol açmamıştır. Oleojel örneklerindeki balmumu oranı arttıkça parlaklığın arttığı görülmüştür. Analiz sonucunda KLA miktarı arttıkça yeşillik miktarı bir miktar azalmıştır. Balmumu miktarının artması da yeşillik oranını arttırmıştır. Analiz sonucunda KLA miktarının artması ile örneklerin sarılık miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Balmumu miktarının

artması ile de bir miktar sarılık değeri artmıştır. Karakterizasyon analizlerinden olan FT-IR analizi sonucunda KLA kullanımına bağlı olarak 981 cm^{-1} 'de bulunan bandın trans-trans KLA izomerine ait olduğu belirlenmiştir. 947 cm^{-1} 'de bulunan bandın ise cis-trans KLA izomerine ait olduğu gözlemlenmiştir. XRD analizi sonucunda 4,10 Å ve 3,70 Å civarında pikler olduğu gözlemlenmiştir. Oleojel örneklerinde ki balmumu miktarı arttıkça daha büyük pikler elde edilmiştir. Üretilen tüm oleojellerde ortak olarak görülen bu piklerin triaçilgliserolden oluşan β ve β' polimorfik formlarına benzer olduğu gözlemlenmiştir. TGA analizi sonucunda KLA miktarının artması ile kütle değişimin başladığı sıcaklık 320,41°C'den 318,02 °C'ye düşmüştür. Balmumu miktarının artması sonucunda kütle değişiminin başladığı sıcaklık da azalmıştır. Oleojellerin reoloji analizleri sonucunda %4 balmumu konsantrasyonu içeren örneklerin G',G'' ve viskozite değerlerinin en yüksek olduğu saptanmıştır. Oleojel örneklerinde farklı oranlarda bulunan KLA miktarı (%25 ve %50) ölçülen değerlerde önemli bir farklılık yaratmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince yapılan peroksit sayısı analizinde KLA kullanımı perkoksit sayısında bir miktar azalmaya neden olmuştur. Ayrıca kullanılan balmumu miktarının artması da oluşan peroksit miktarını azaltmıştır. Diğer bir depolama analizi olan malonaldehit analizinde KLA kullanımı ile TBA oluşumunda bir miktar azalma gözlemlenmiştir. Balmumu kullanımının artması ile de TBA sayısında bir azalma gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak oleojel formülasyonunda KLA kullanımı analizler sonucu depolama koşullarına uygunluk göstermesi, oksidasyon konusunda oleojellere daha olumlu etkiler yapması, tekstür ve reolejik analizlerde kontrol örneklerine göre daha iyi yapı sağlaması ve karakterizasyon analizleri sonucunda oleojeller üzerine olumlu özellikler eklediği gözlemlenmiştir. Gerek ürün üzerindeki olumlu etkileri ve gerekse sağlık üzerine bilinen pozitif etkilerinden ötürü gıdalarda kullanımı araştırılması gereken önemli bir konudur.

KAYNAKLAR

Aichholz, R. and Lorbeer, E., "Investigation of combwax of honeybees with high-temperature gas chromatography and high-temperature gas chromatography–chemical ionization mass spectrometry: I. High-temperature gas chromatography", *Jornal of Chromatography A* 855, 601-615, 1999.

Albers, R., Van der Wielen, R.P.J., Brink, E.J., Hendriks, H.F.J., Dorovska-Taran, V.N. and Mohede, I.C.M., "Effects of 9cis-11trans and 10trans-12cis conjugated linoleic acid (CLA) isomers on immune function in healthy men", *European Journal of Clinical Nutrition* 57 (4), 595-603, 2003.

Anonim, "Pluronic lecithin organogel", <http://www.plo-gel.com/Main/plo->, 2016.

Anonim, "Sunflower wax", <https://www.ulprospector.com>, 2020a.

Anonim, "Sunflower wax", <http://www.naturesgardencandles.com>, 2020b.

AOCS, "Official methods and recommended practices", *AOCS*, 5th ed., The Society, Champaign, IL, ABD, 1998.

Aydın, R., "Conjugated linoleic acid: chemical structure, sources and biological properties", *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 29(2), 189-195, 2005.

Barrett, E., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F. and Stanton, C., "Rapid screening method for analyzing the conjugated linoleic acid production capabilities of bacterial cultures", *Appl. Environ. Microbiol.* 2333-2337, 2007.

Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A. and Griinari, J.M., "Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants¹", *Journal of Animal Science* 77(1), 1-15, 2000.

Belury, M.A., Mahon, A. and Banni, S., "The conjugated linoleic acid (CLA) isomer, t10c12-CLA, is inversely associated with changes in body weight and serum leptin in subjects with type 2 diabetes mellitus", *The Journal of Nutrition* 133(1), 257-260, 2003.

Benito, P., Nelson, G.J., Kelley, D.S., Bartolini, G., Schmidt, P.C. and Simon, V., "The effect of conjugated linoleic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans", *Lipids* 36(3), 229-236, 2001.

Bennett, H. Industrial Waxes. Volume1. New York: *Chemical Publishing Company, Inc.*, p 324, 1963.

Beppu, F., Hosokawa, M., Tanaka, L., Kohno, H., Tanaka, T. and Miyashita, K., "Potent inhibitory effect of *trans*-9, *trans*-11 isomer of conjugated linoleic acid on the growth of human colon cancer cells", *The Journal of Nutritional Biochemistry* 17(12), 830-836, 2006.

Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J.M.R. and Portugal, A.V., "Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers", *Livestock Production Science* 63(3), 201-211, 2000.

Bhattacharya, A., Banu J., Rahman M., Causey, J. and Fernandes, G., "Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease", *Journal Nutritional Biochemistry* 17, 789–810, 2006.

Bonnet, J., Suissa, G., Raynalab, M. and Bouteiller, L., "Organogel formation rationalized by hansen solubility parameters: dos and don'ts", *Soft Matter* 10(18), 3154-3160, 2014.

Bot, A. and Agterof, W.G.M., "Structuring of edible oils by mixtures of γ -oryzanol with β -sitosterol or related phytosterols", *Journal of the American Oil Chemists Society* 83(6), 513-521, 2006.

Bot, A., Adel, R. and Roijers, E., “Fibrils of γ -oryzanol + β -sitosterol in edible oil organogels”, *Journal of the American Oil Chemists' Society* 85(12), 1127-1134, 2008.

Bot, A., Adel, R., Roijers, E. and Regkos, C., “Effect of sterol type on structure of tubules in sterol + γ -oryzanol-based organogels”, *Food Biophysics* 4(4), 266-272, 2009a.

Bölükbaşı, S.C., “The effect of dietary conjugated linoleic acid (cla) on broiler performance, serum lipoprotein content, muscle fatty acid composition and meat quality during refrigerated storage”, *British Poultry Science* 47(4), 470-476, 2006.

Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L. and Pariza, M.W., "Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens", *Journal of Food Composition and Analysis* 5(3), 185-197, 1992.

Cho, H.J., Kim, W.K., Jung, J.I., Kim, E.J., Lim, S.S., Kwon, D.Y. and Park, J.H.Y., "10trans-12cis, not 9cis-11trans, conjugated linoleic acid decreases ErbB3 expression in HT-29 human colon cancer cells", *World Journal of Gastroenterology: WJG* 11(33), 5142-5150, 2005.

Chopin-Doroteo M., Morales-Rueda J.A., Dibildox-Alvarado E., Charó-Alonso M.A., de la Peña-Gil A. and Toro-Vazquez J.F., “The effect of shearing in the thermo-mechanical properties of candelilla wax and candelilla wax–tripalmitin organogels”, *Food Biophysics* 6, 359–376, 2011.

Christy, A.A. and Egeberg, P. K., Ostensen, E. T., “Simultaneous quantitative determination of isolated trans fatty acids and conjugated linoleic acids in oils and fats by chemometric analysis of the infrared profiles”, *Vibrational Spectroscopy* 33(1-2), 37–48, 2003.

Chrysam, M.M., “Margarines and spreads. in y.h. hui (ed.)”, *Bailey's Industrial Oil & Fat Products* Wiley-Interscience Pub, New York, 65–114, 1996.

Co, E.D. and Marangoni, A.G., "Organogels: an alternative edible oil-structuring method", *Journal of the American Oil Chemist's Society* 89, 749-780, 2012.

Coakley, M., Ross, P.R., Nordgren, M., Fitzgerald, G., Devery, R. and Stanton, C., "Conjugated linoleic acid biosynthesis by human-derived *Bifidobacterium* species", *J. Appl. Microbiol* 94, 138- 145, 2002.

Cook, M.E., Miller, C.C., Park, Y. and Pariza, M., "Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression", *Poultry Science* 72(7), 1301-1305, 1993.

Cook, M. E. and Pariza, M., "The role of conjugated linoleic acid (cla) in health", *International Dairy Journal* 8, 459-462, 1998.

Çelebi, Ş. ve Kaya, A., "Konjuge linoleik asitin biyolojik özellikleri ve hayvansal ürünlerde miktarını arttırmaya yönelik bazı çalışmalar", *Hayvansal Üretim* 49(1), 62-68, 2008.

Çelik, S. ve Demirel, M., "İnsan ve hayvan sağlığı bakımından omega yağ asitleri ve konjuge linoleik asitin önemi", *Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 9(1) 25-35, 2004.

Çelik, L., "Kanatlı hayvanların beslenmesinde verim artışı sağlayıcı ve ürün kalitesini iyileştirici doğal-organik etkilil maddeler", *Yem Magazin* 47, 51-55, 2007.

Da Pieve, S., Calligaris, S., Co, E., Nicoli, M.C. and Marangoni, A.G., "Shear nanostructuring of monoglyceride organogels", *Food Biophysics* 5(3), 211-217, 2010.

Daniel, J. and Rajasekaran, R., "Organogelation of plant oils and hydrocarbons by longchain saturated FA, fatty alcohols, wax esters, and dicarboxylic acids" *Journal of the American Oil Chemistry Society* 80, 417-21, 2003.

Dassanayake, L.S.K., Kodali, D.R., Ueno, S. and Sato, K., "Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 86(12), 1163-1173, 2009.

Dassanayake, L.S.K., Kodali, D.R. and Ueno, S., "Formation of oleogels based on edible lipid materials", *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 16(5), 432-439, 2011.

De Deckere, E.A.M., Van Amelsvoort, J.M.M., McNeill, G.P. and Jones, P., "Effects of conjugated linoleic acid (CLA) isomers on lipid levels and peroxisome proliferation in the hamster", *British Journal of Nutrition* 82(4), 309-317, 1999.

Delany, J.P., Blohm, F., Truett, A.A., Scimeca, J.A. and West, D.B., "Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake", *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 276(4), 1172-1179, 1999.

Demir, A.S. and Talpur, F.N., "Chemoenzymatic conversion of linoleic acid into conjugated linoleic acid", *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(3), 1646-1652, 2010.

Demirkesen-Mert, I., Development of gluten-free bread formulations for baking in infrared-microwave combination oven, Doktora Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 499s, 2013.

Demirok, E. ve Kolsarıcı, N., "Et ve et ürünlerinde konjuge linoleik asit ve önemi", *Gıda* 35(1), 71-77, 2010.

Du, M. and Ahn, D.U., "Effect of dietary conjugated linoleic acid on the growth rate of live birds and on the abdominal fat content and quality of broiler meat", *Poultry Science* 81(3), 428-433, 2002.

Duffy, N., Blonk, H.G., Beindorff, C., Cazade, M., Bot, A. and Duchateau, G.M.J.E., "Organogel-based emulsion systems, micro-structural features and impact on in vitro digestion", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 86(8), 733-741, 2009.

Endlein, E. and Peleikis, K.H., "Natural waxes-properties, compositions and applications", *SOFW Journal* 137, 1-8, 2011.

Ercoskun, H., Uğuz, Ş. ve Kıralan, M., "Konjuge linoleik asit", *Gıda Mühendisliği Dergisi* 19, 42-45, 2005.

EU. European Commission Directive 95/2/EC on food Additives Other Than Colours and Sweeteners. Brussels, 1995.

Fasina, O.O., Craig-Schmidt, M., Colley, Z. and Halman, H., "Predicting melting characteristics of vegetable oils from fatty acid composition", *LWT- Food Science and Technology* 41(8), 1501-1505, 2008.

FDA, "Food and Drug Administration", Direct Food Substances Affirmed As Generally Recognized As Safe, 184.1973 Beeswax, 2013.

FDA, "Food and Drug Administration", Food Additive Status List. <http://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/foodadditivesingredients/ucm091048.htm#ftnC>, 2014.

FDA, "Food and Drug Administration", Food Additive Status List, <http://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/foodadditivesingredients/ucm091048.htm#ftnC>, 2016.

Fritsche, J. and Steinhart, H., "Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake", *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A* 206(2), 77-82, 1998.

Grant, D.L. "Beeswax, first draft. WHO food additive series 30." <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v30je11.htm>., 2005.

Gandolfo, F.G., Bot, A. and Flöter, E., "Structuring of edible oils by long-chain FA, fatty alcohols, and their mixtures", *Journal American Oil Chemists' Society* 81, 1-6, 2004.

Gangidi, R.R. and Proctor, A., "Photochemical production of conjugated linoleic acid from soybean oil", *Lipids* 39(6), 577-582, 2004.

Goli, S.A.H., Kadivar, M., Keramat, J. and Fazilati, M., "Conjugated linoleic acid (CLA) production and lipase-catalyzed interesterification of purified CLA with canola oil", *European Journal of Lipid Science and Technology* 110(5), 400-404, 2008.

Ha, Y.L., Grimm, N.K. and Pariza, M.W., "Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid", *Carcinogenesis* 8(12), 1881-1887, 1987.

Ha, Y.L., Storkson, J. and Pariza, M.W., "Inhibition of benzo (a) pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid", *Cancer Research* 50(4), 1097-1101, 1990.

Hah, K.H., Yang, H.S., Hur, S.J., Moon, S.S., Ha, Y.L., Park, G.B. and Joo, S.T., "Effect of substituted conjugated linoleic acid for fat on meat qualities, lipid oxidation and residual nitrite content in emulsion-type sausage", *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 19(5), 744-750, 2006.

Heertje, I., Roijers, E.C. and Hendrickx, H.A.C.M., "Liquid crystalline phases in the structuring of food products", *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 31, 387–396 1998.

Huang, Y., Yanagita, T., Nagao, K. and Koba, K., "Biological effects of conjugated linoleic acid, in: fatty acids in foods and their health implications", *CRC Press* Boca Raton, Florida, USA, 2008.

Hughes, N.E., Marangoni, A.G., Wright, A.J., Rogers, M.A. and Rush, J.W.E., "Potential food applications of edible oil organogels", *Trends in Food Science & Technology* 20(10), 470-480, 2009.

Hur, S.J., Park, G.B. and Joo, S.T., "Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products", *Livestock Science* 110(3), 221-229, 2007.

Hwang, H.S., Kim, S., Singh, M., Winkler-Moser, J. and Liu, S.X., "Organogel formation of soybean oil with waxes", *Journal of the American Oil Chemists Society* 89 (4), 639- 647, 2012.

Hwang, H.S., Singh, M., Winkler-Moser, J.K., Bakota, E.L. and Liu, S.X., "Preparation of margarines from organogels of sunflower wax and vegetable oils", *Journal of Food Science* 79(10), 1926-1932, 2014.

Hwangbo, J., Kim, J.H., Lee, B.S., Kang, S.W., Chang, J., Bae, H., Lee, M.S., Kim, Y.J. and Choi, N., "Increasing content of healthy fatty acids in egg yolk of laying hens by cheese byproduct", *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 19(3), 444-449, 2006.

Ip, C., Chin, S. F., Scimeca, J. A. and Pariza, M. W., "Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid", *Cancer Research* 51(22), 6118-6124, 1991.

İnanç, N., "Konjuge linoleik asit: obezitede etkileri", *Sağlık Bilimleri Dergisi* 5(2), 37-41, 2006.

Jain, V. P., and Proctor, A., "Production of conjugated linoleic acid-rich potato chips". *Journal of Food Science* 72(1), p075-p078, 2007.

Jain, V.P., Proctor, A. and Lall, R., "Pilot-scale production of conjugated linoleic acid-rich soy oil by photoirradiation", *Journal of Food Science* 73(4), 183-192, 2008.

Jang, A., Bae, W., Hwang, H., Lee, H.G. and Lee, S., "Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods", *Food Chemistry* 187, 525-529, 2015.

Jimenez-Calmenero, F., Sandoval-Salcedo, L., Bou, R., Cofrades, S., Herrero, A.M. and Ruiz-Capillas, C., "Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products", *Trends in Food Science & Technology* 44, 177-188, 2015.

Keim, N. L., "Conjugated linoleic acid and body composition, In: Advances in conjugated linoleic acid research", *American Oil Chemists Society Press*, Champaign, Illinois, USA, 2003.

Kepler, C.R. and Tove, S.B., "Biohydrogenation of unsaturated fatty acids", *Journal Biological Chemistry* 242, 5686- 5692, 1967.

Kepler, C.R., Hirons, K.P., McNeill, J.J. and Tove, S.B., "Intermediates and products of biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*", *Journal Biological Chemistry* 241, 1350- 1354, 1966.

Khairuddin, Pramono, E., Utomo, S.B., Wulandari, V., Zahrotul A.W. and Clegg, F., "The effect of polyethylene glycol on shellac stability", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 107, 012066 doi:10.1088/1757-899X/107/1/012066, 2016.

Khatkar, B.S., Rheology and chemistry of dough, Post Graduated Diploma, *Directorate of Distance Education Guru Jambheshwar University of Science and Technology*, Hisar, 125pp, 2004.

Kim, T.H., Kim, D.G., Lee, M. and Lee, T.S., "Synthesis of reversible fluorescent organogel containing 2-(2'-hydroxyphenyl) benzoxazole: fluorescence enhancement upon gelation and detecting property for nerve gas simulant", *Tetrahedron* 66(9), 1667-1672, 2010.

Kim, Y.J., Lee, K.W., Lee, S., Kim, H. and Lee, H.J., "The production of high-purity conjugated linoleic acid (CLA) using two-step urea-inclusion crystallization I and hydrophilic arginine-cla complex", *Journal of Food Science* 68(6), 1948-1951, 2003.

Köknaroğlu, H., "Beslemenin sığır eti konjuge linoleik asit miktarına etkisi", *Hayvansal Üretim* 48(1), 1-7, 2007.

Lai, K.L., TorresDuarte, A.P. and Vanderhoek, J.Y., "9-trans, 11-trans-CLA: Antiproliferative and proapoptotic effects on bovine endothelial cells", *Lipids* 40(11), 1107-1116, 2005.

Lee, H.Y., Park, J.H., Seok, S.H., Baek, M.W., Kim, D.J., Lee, K.E., Paek, K.S., Lee, Y. and Park, J.H., "Human originated bacteria, *Lactobacillus rhamnosus* PL60, produce conjugated linoleic acid and show anti-obesity effects in diet-induced obese mice", *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids* 1761(7), 736-744, 2006.

Lee, K.N., Kritchevsky, D. and Parizaa, M.W., "Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits", *Atherosclerosis* 108(1), 19-25, 1994.

Liu, S., Wang, Z., Xu, X., Ding, Y. and Guo, Z., "Production of conjugated linoleic acid-rich cottonseed oil by supported Ru catalyzed isomerization", *Industrial Crops and Products* 97, 10-20, 2017.

Lupi, R.F., Gabriele, D., de Cindio, B., Sanchez, M.C. and Gallegos, C., "A rheological analysis of structured water-in-olive oil emulsions", *Journal of Food Engineering* 107(3-4), 296-303, 2011.

Ma, D.W.L., Wierzbicki, A.A., Field, C.J. and Clandinin, M.T., "Preparation of conjugated linoleic acid from safflower oil", *Journal of the American Oil Chemists Society* 76(6), 729-730, 1999.

Marangoni, A., "Organogels: an alternative edible oil-structuring method", *Journal of the American Oil Chemist's Society* 89(5), 749-780, 2012.

Marangoni, A.G., and Garti, N., "An overview of the past, present and future of organogels. In: Marangoni A.G, Garti N., Eds. Edible Oleogels: Structure and Health Implications". Urbanma: *AOCS Press*, p. 1 – 18, 2011.

Marr, P.C. and Marr, A.C., "Ionic liquid gel materials: applications in green and sustainable chemistry", *Green Chemistry* 18, 105-128, 2016.

Mert, B. and Demirkesen, I., "Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product", *Food Chemistry* 199, 809-816, 2016.

Miller, C.C., Park, Y. M. W.P., Pariza, M.W. and Cook, M.E., "Feeding conjugated linoleic acid to animals partially overcomes catabolic responses due to endotoxin injection", *Biochemical and Biophysical Research Communications* 198(3), 1107-1112, 1994.

Mir, Z., Goonewardene, L.A., Okine, E., Jaegar, S. and Scheer, H.D., "Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk", *Small Ruminant Research* 33(2), 137-143, 1999.

Moreira de Morais, J., David Henriquedos Santos, O., Delicato, T., Azzini Gonçalves, R. and Alves da Rocha-Filho, P., "Physicochemical characterization of canola oil/water nano-emulsions obtained by determination of required hlb number and emulsion phase inversion methods", *Journal of Dispersion Science and Technology* 27 (1), 109-115, 2006.

Muller, L.D. and Delahoy, J.E., Conjugated Linoleic Acid (CLA) Implications for Animal Production and Human Health, *Department of Dairy and Animal Science The Pennsylvania State University*, Pennsylvania, USA, 2008.

Mulvihill, B., "Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA)", *Nutrition Bulletin* 26(4), 295-299, 2001.

Murdan, S., Gregoriadis, G. and Florence, A.T., "Inverse toroidal vesicles: precursors of tubules in sorbitan monostearate organogels", *International Journal of Pharmaceutics* 183, 47-9, 1999a.

Murdan, S., Gregoriadis, G. and Florence, A.T., "Sorbitan monostearate/polysorbate 20 organogels containing niosomes: a delivery vehicle for antigens?", *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 8(3), 177-185, 1999b.

Nicolosi, R.J., Rogers, E.J., Kritchevsky, D., Scimeca, J.A. and Huth, P.J., "Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters", *Artery* 22(5), 266-277, 1997.

Noone, E.J., Roche, H.M., Nugent, A.P. and Gibney, M.J., "The effect of dietary supplementation using isomeric blends of conjugated linoleic acid on lipid metabolism in healthy human subjects", *British Journal of Nutrition* 88(3), 243-251, 2002.

Ojijo, N.K.O., Neeman, I., Eger, S. and Shimoni, E., "Effects of monoglyceride content, cooling rate and shear on the rheological properties of olive oil/monoglyceride gel networks", *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(12), 1585-1593, 2004.

Öğütçü, M. and Yılmaz, E., "Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products", *Grasas y Aceites* 65(3), 1-11, 2014.

Öğütçü, M. and Yılmaz, E., "Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes", *International Journal of Food Properties* 18, 1741–1755, 2015.

Pariza, M.W. and Hargraves, W., "A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mice epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene", *Carcinogenesis* 6, 591- 593 1985.

Pariza, M.W., Park, Y. and Cook, M.E., "The biologically active isomers of conjugated linoleic acid", *Progress in Lipid Research* 40(4), 283-298, 2001.

Park, Y., Albright, K.J., Liu, W., Storkson, J.M., Cook, M.E. and Pariza, M.W., "Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice", *Lipids* 32(8), 853-858, 1997.

Park, Y., Storkson, J.M., Albright, K.J., Liu, W. and Pariza, M.W., "Evidence that the *trans*-10, *cis*-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice", *Lipids* 34(3), 235-241, 1999.

Patel, A.R., Rajarethinem, P.S., Gredowska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W.H., de Walle, D.V. and Dewettinck, K., "Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes", *Food & Function* 5, 645, 2014.

Patel, A.R. and Dewettinck, K., “Comparative evaluation of structured oil systems: shellac oleogel, hpmc oleogel and hipec gel”, *European Journal of Lipid Science and Technology* 117(11), 1772-1781, 2015.

Pernetti, M., Van Malssen, K.F., Flöter, E. and Bot, A., “Structuring of edible oils by alternatives to crystalline fat”, *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 12(4–5), 221-231, 2007a.

Pernetti, M., Van Malssen, K., Kalnin, D. and Flöter, E., “Structuring edible oil with lecithin and sorbitan tri-stearate”, *Food Hydrocolloids* 21(5–6), 855-861, 2007b.

Rahman, M.M., Kukita, A., Kukita, T., Shobuike, T., Nakamura, T. and Kohashi, O., "Two histone deacetylase inhibitors, trichostatin A and sodium butyrate, suppress differentiation into osteoclasts but not into macrophages", *Blood* 101(9), 3451-3459, 2003.

Riséus, U., Basu, S., Jovinge, S., Fredrikson, G.N., Ärnlov, J. and Vessby, B., "Supplementation with conjugated linoleic acid causes isomer-dependent oxidative stress and elevated C-reactive protein: a potential link to fatty acid-induced insulin resistance", *Circulation* 106(15), 1925-1929, 2002.

Rocha, J.C.B., Lopes, J.D., Mascarenhas, M.C.N., Arellano, D.B., Guerreiro, L.M.R. and da Cunha, R.L., “Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane or kandelilla wax in soybean oil”, *Food Research International* 50(1), 318-323, 2013.

Rogers, M.A., Wright, A.J. and Marangoni, A.G., “Crystalline stability of self-assembled fibrillar networks of 12-hydroxystearic acid in edible oils”, *Food Research International* 41(10), 1026-1034, 2008.

Rogers, M.A., “Novel structuring strategies for unsaturated fats – meeting the zero-trans, zero-saturated fat challenge: a review”, *Food Research International* 42(7), 747-753, 2009.

Rogers, M.A., Wright, A.J. and Marangoni, A.G., ‘‘Oil organogels: the fat of the future?’’, *Soft Matter* 5(8), 1594-1596, 2009.

Rogers, M.A., Wright, A.J. and Marangoni, A.G., ‘‘Oil organogels: the fat of the future novel approach for structuring edible oils using food-derived ceramides’’, *Soft Matter* 5, 1594, 2010.

Ruan, C. M. and Proctor, A., "Physicochemical properties of conjugated linoleic acid-rich soy oil", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 91(1), 49-54, 2014.

Ryder, J.W., Portocarrero, C.P., Song, X.M., Cui, L., Yu, M., Combatsiaris, T., Galuska, D., Bauman, D.E., Barbano, D.M. and Charron, M.J., "Isomer-specific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid: improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action, and UCP-2 gene expression", *Diabetes* 50(5), 1149-1157, 2001.

Sabanis, D. and Tzia, C., ‘‘Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread’’, *Food Science and Technology International* 17(4): 279-291, 2011.

Sawalha, H., Venema, P., Bot, A., Flöter, E. and Van Der Linden, E., ‘‘The influence of concentration and temperature on the formation of γ -oryzanol + β -sitosterol tubules in edible oil organogels’’, *Food Biophysics* 6(1), 20–25, 2011.

Schäink, H.M., Van Malssen, K.F., Morgado-Alves, S., Kalnin, D. and Van Der Linden, E., ‘‘Crystal network for edible oil organogels: possibilities and limitations of the fatty acid and fatty alcohol systems’’, *Food Research International* 40(9), 1185-1193, 2007.

Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R. and Bee, G., "Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review", *Meat Science* 73(1), 29-41, 2006.

Sein, A., Verheij, J.A. and Agterof, W.G.M., ‘‘Rheological characterization, crystallization and gelation behavior of monoglyceride gels’’, *Journal of Colloid and Interface Science* 249, 412–422, 2002.

Shapiro, Y.E., "Structure and dynamics of hydrogels and organogels: an nmr spectroscopy approach", *Progress in Polymer Science* 36(9), 1184-1253, 2011.

Smedman, A. and Vessby, B., "Conjugated linoleic acid supplementation in humans metabolic effects", *Lipids* 36(8), 773-781, 2001.

Song, K. W., Kim, Y. S. and Chang, G. S., "Rheology of concentrated xanthan gum solutions: Steady shear flow behavior", *Fibers and Polymers*, 7(2): 129-138, 2006.

Steffe, J.F., "Rheological methods in food process engineering", *Freeman Press*, 1996.

Stortz, T.A., Zetzi, A.K., Barbut, S., Cattaruzza, A. and Marangoni, A.G., "Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles", *Lipid Technology* 24, 151-154, 2012.

Szydłowska-Czerniak, A., Karlovits, G., Lach, M. and Szlyk, E., "X-ray diffraction and differential scanning calorimetry studies of $\beta' \rightarrow \beta$ transitions in fat mixtures", *Food Chemistry* 92(1), 133-141, 2005.

Tamura, T. and Ichikawa, M., "Effect of lecithin on organogel formation of 12-hydroxystearic acid", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 74(5), 491-495, 1997.

Tan, C.P. and Che Man, YB., "Comparative differential scanning calorimetric analysis of vegetable oils: I. Effects of heating rate variation", *Phytochem Anal* 13:129-141, 2002.

Toro-Vazquez, J.F., Morales-Rueda, J.A., Dibildox-Alvarado, E., Charo'-Alonso, M., Alonzo-Macias, M. and González-Chávez, M.M., "Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 84(11), 989-1000, 2007.

Toro-Vazquez, J.F., Alonzo-Macias, M., Dibildox-Alvarado, E. and Charó-Alonso, M.A., “The effect of tripalmitin crystallization on the thermomechanical properties of candelilla wax organogels”, *Food Biophysics* 4, 199-212, 2009.

Toro-Vazquez, J.F., Mauricio-Pérez, R., González-Chávez, M.M., Sánchez-Becerril, M., Ornelas-Paz J.J. and Pérez-Martínez, J.D., “Physical properties of organogels and water in oil emulsions structured by mixtures of candelilla wax and monoglycerides”, *Food Research International* 54(2), 1360-1368, 2013.

Turuni, M.E. and Martin, J.C., "Sources, functions and analysis of conjugated linoleic acid and its metabolites, in structured and modified lipids", *Marcel Dekker Inc.*, New York, 251-278, 2001.

Van den Berg, J.J.M., Cook, N., Tribble D., “Reinvestigation of the antioxidant properties of conjugated linoleic acid”, *Lipids* 30(7), 599–605, 1995.

Van Nieuwenhove, C.P., Teran, V. and Gonzalez, S.N., “Conjugated linoleic and linolenic acid production by bacteria: development of functional foods, In: Probiotics”, *International Tech. Press*, London, United Kingdom, 2012.

Villalobos-Hernández J.R. and Müller-Goymann C.C., “Novel nanoparticulate carrier system based on carnauba wax and decyl oleate for the dispersion of inorganic sunscreens in aqueous media”, *Eur J Pharm Biopharm* 60, 113–122, 2005.

Vintiloiu, A. and Jean-Christophe, L., “Organogel and their use in drug delivery – A review”, *Journal of Controlled Released* 125, 179-192, 2007.

Vlachos N., Skopelitis Y., Psaroudaki M., Konstantinidou V., Chatzilazarou A., Tegou E., "Applications of fourier transform-infrared spectroscopy to edible oils", *Analytica Chimica Acta*, 573–574: 459–465, 2006.

Von Loeffelholz, C., Kratzsch, J. and Jahreis, G., "Influence of conjugated linoleic acids on body composition and selected serum and endocrine parameters in resistance-trained athletes", *European Journal of Lipid Science and Technology* 105(6), 251-259, 2003.

Voorrips, L.E., Brants, H.A.M., Kardinaal, A.F.M., Hiddink, G.J., Van den Brandt, P.A. and Goldbohm, R.A., "Intake of conjugated linoleic acid, fat, and other fatty acids in relation to postmenopausal breast cancer: the Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer", *The American Journal of Clinical Nutrition* 76(4), 873-882, 2002.

Wang, Y. and Jones, P.J.H., "Dietary conjugated linoleic acid and body composition", *The American Journal of Clinical Nutrition* 79(6), 1153S-1158, 2004.

Weitz, D., Wyss, H. and Larsen, R., "Oscillatory rheology: Measuring the viscoelastic behaviour of soft materials", *GIT Laboratory Journal Europe* 11(3-4), 68-70, 2007.

Weller C.L., Gennadios A. and Saraiva R.A., "Edible bilayer films from zein and grain sorghum wax or carnauba wax" *Lebensm Wiss Technol* 31, 279-285, 1998.

West, D.B., Delany, J.P., Camet, P.M., Blohm, F., Truett, A.A. and Scimeca, J., "Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse", *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 275(3), 667-672, 1998.

Wolfmeier, U., Schmidt, H., Heinrichs, F.L., Michalczyk, G., Payer, W., Dietsche, W., Boehlke, K., Hohner, G. and Wildgruber, J., "Waxes. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", *Weinheim: Wiley-VCH*. p 1-63, 2002.

Wright, A. and Maranagoni, A.G., "Formation, structure, and rheological properties of ricinelaidic acid-vegetable oil organogels", *Journal of American Oil Chemists Society* 83, 497-503, 2006.

Yamasaki, M., Ikeda, A., Oji, M., Tanaka, Y., Hirao, A., Kasai, M., Iwata, T., Tachibana, H. and Yamada, K., "Modulation of body fat and serum leptin levels by dietary conjugated linoleic acid in Sprague-Dawley rats fed various fat-level diets", *Nutrition* 19(1), 30-35, 2003.

Yang, L., Huang, Y., Wang, H.Q. and Chen, Z.Y., "Production of conjugated linoleic acids through KOH-catalyzed dehydration of ricinoleic acid", *Chemistry and Physics of Lipids* 119(1), 23-31, 2002.

Yang, T.-S. and Liu, T.-T., "Optimization of production of conjugated linoleic acid from soybean oil", *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(16), 5079-5084, 2004.

Yasui, Y., Suzuki, R., Kohno, H., Miyamoto, S., Beppu, F., Hosokawa, M., Miyashita, K. and Tanaka, T., "*trans*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid inhibits the development of azoxymethane-induced colonic aberrant crypt foci in rats", *Nutrition and Cancer* 59(1), 82-91, 2007.

Yettella, R.R., Castrodale, C., Proctor, A., "Oxidative stability of conjugated linoleic acid rich soy oil", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 89(4), 685-693, 2012.

Yılmaz, E. and Ögütçü, M., "Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: sensory description and consumer perception", *RSC Advances* 5, 50259-50267, 2015a.

Yılmaz, E. and Ögütçü, M., "Texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels", *Food & Function* 6, 1194 – 1204, 2015b.

Yılmaz, E., Ögütçü, M. and Güneser, O., "Influence of storage on physico-chemical and volatile features of enriched and aromatized wax organogels", *Journal of the American Oil Chemists' Society* 92, 1429–1443, 2015b.

Yılmaz, E., Ögütçü, M. and Karagül Yüceer, Y., "Physical properties, volatiles compositions and sensory descriptions of the aromatized hazelnut oil-wax organogels", *Journal of Food Science* 80, 2035-2044, 2015c.

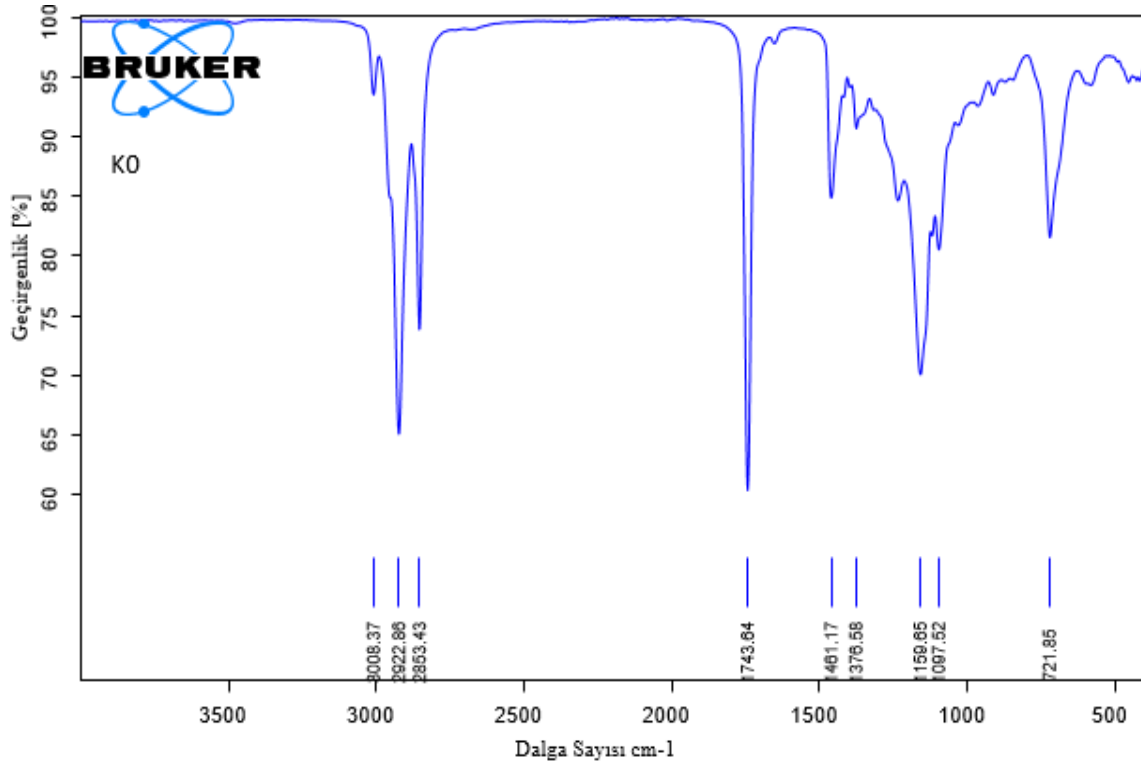
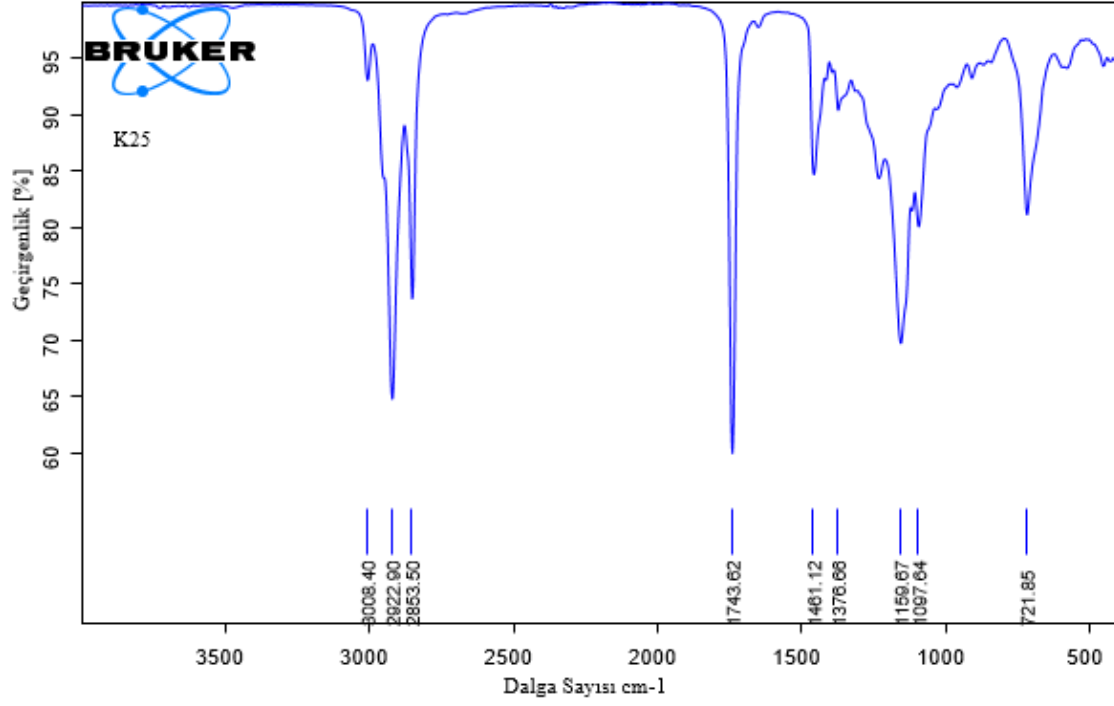
Zhang, A. and Chen Z., "Oxidative stability of conjugated linoleic acids relative to other polyunsaturated fatty acids", *Journal of American Oil Chemists Society*, 74:1611–1613, 1997.

Zorba, M., Gıda Katkı Maddeleri, ed. Altuğ T., *Meta Basım*, İzmir, 2001.

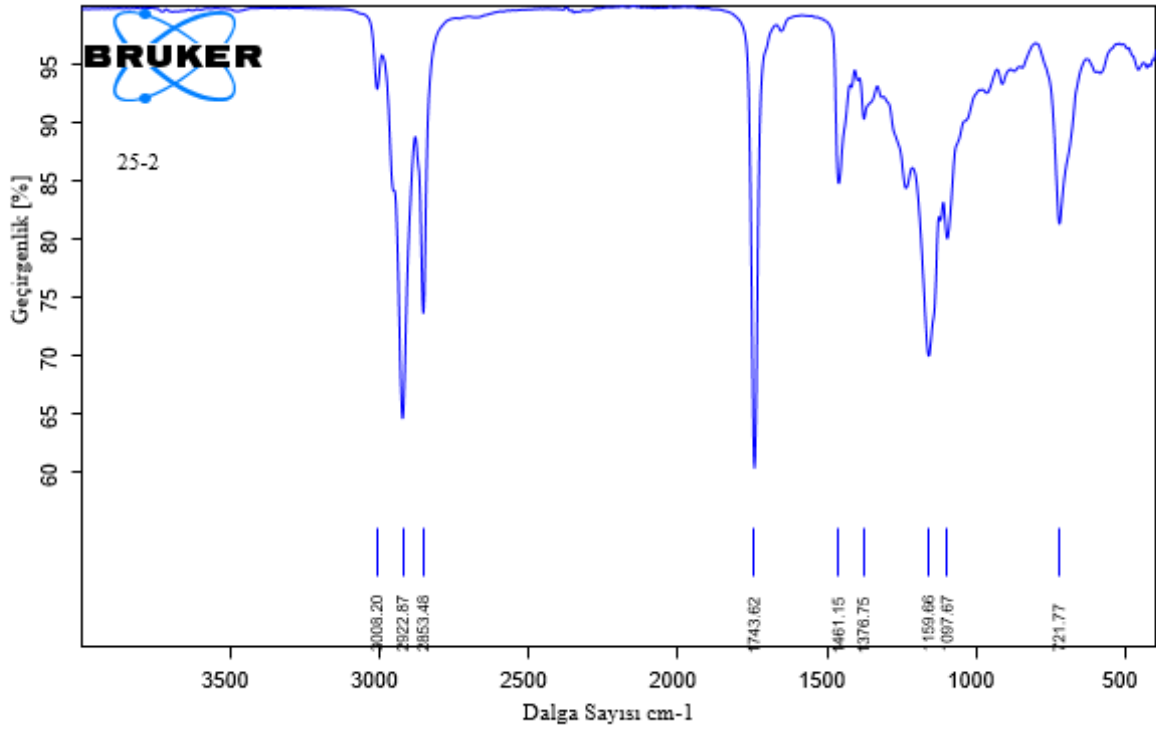
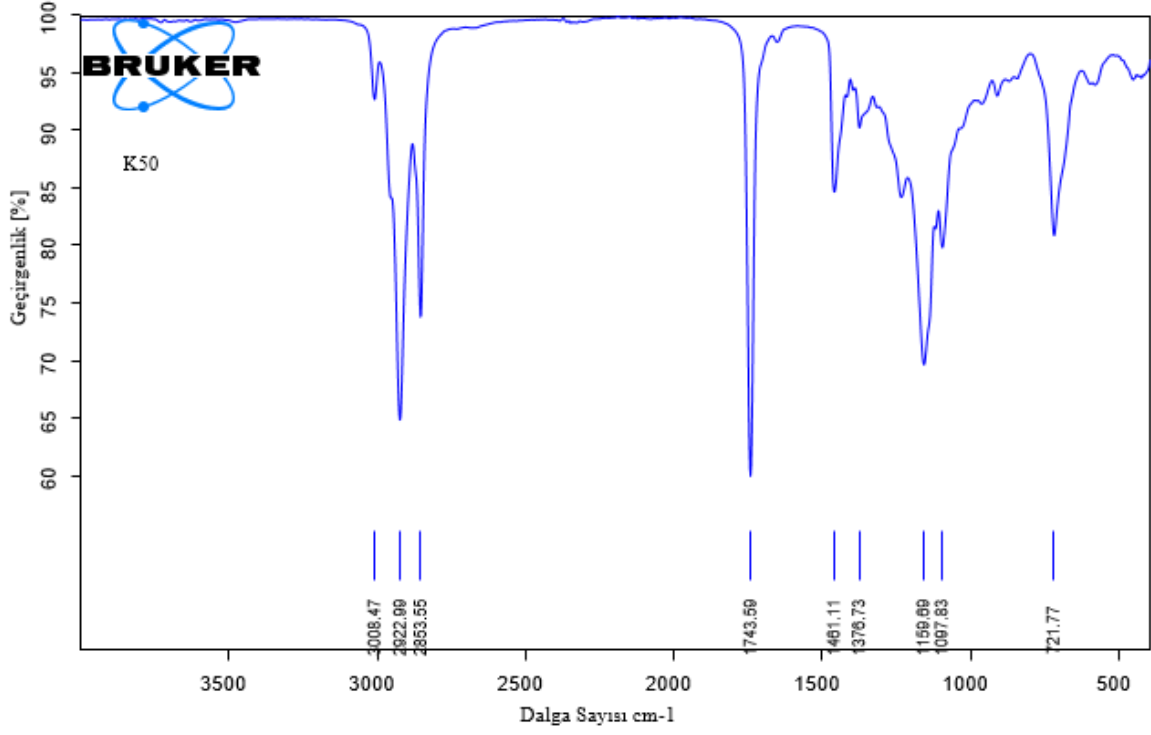


EKLER

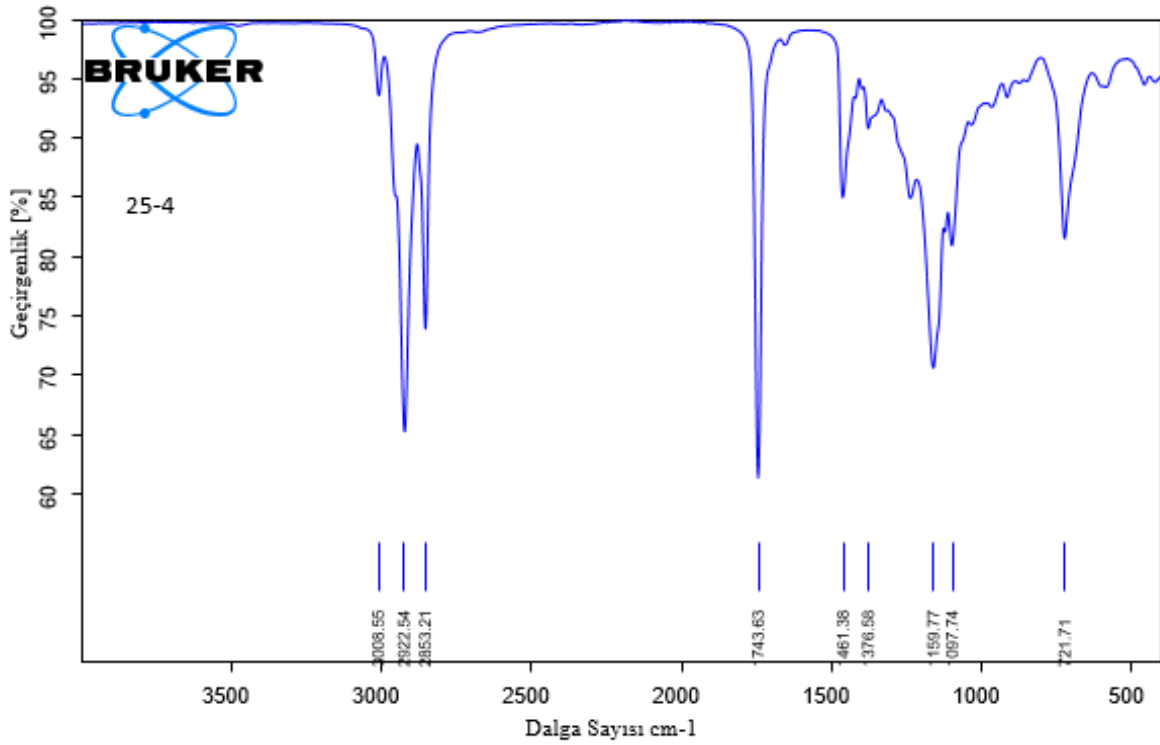
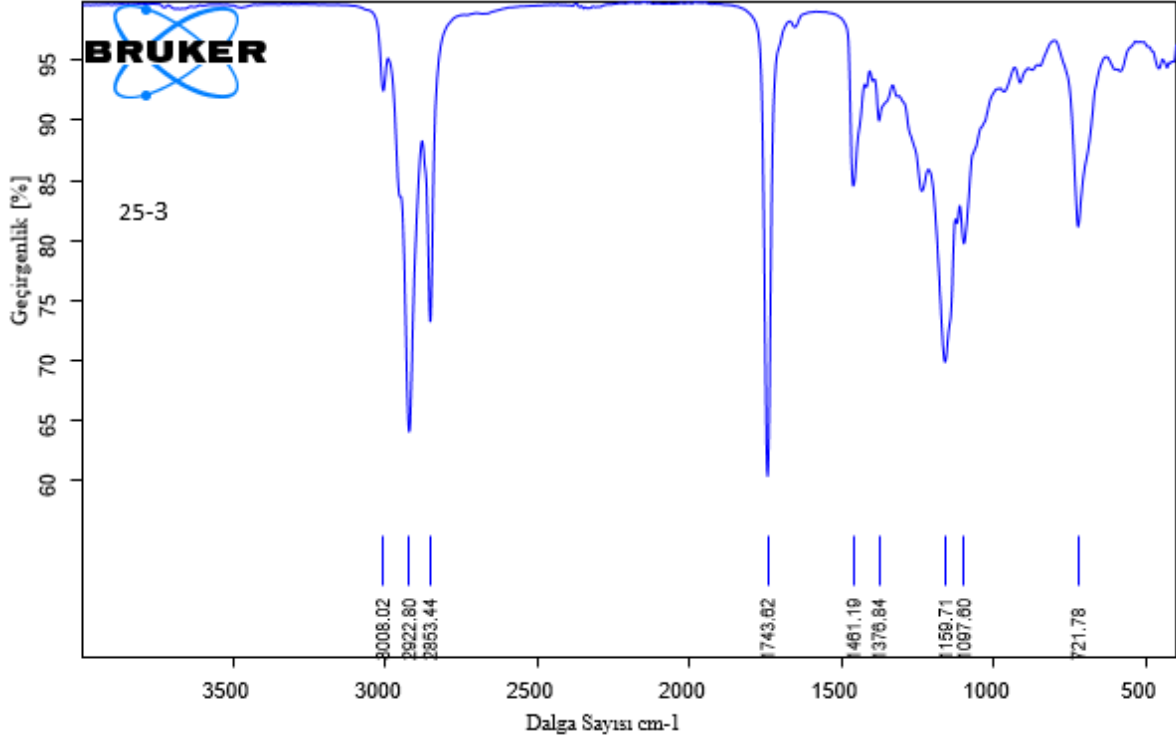
Ek-A Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait FT-IR spektrumları



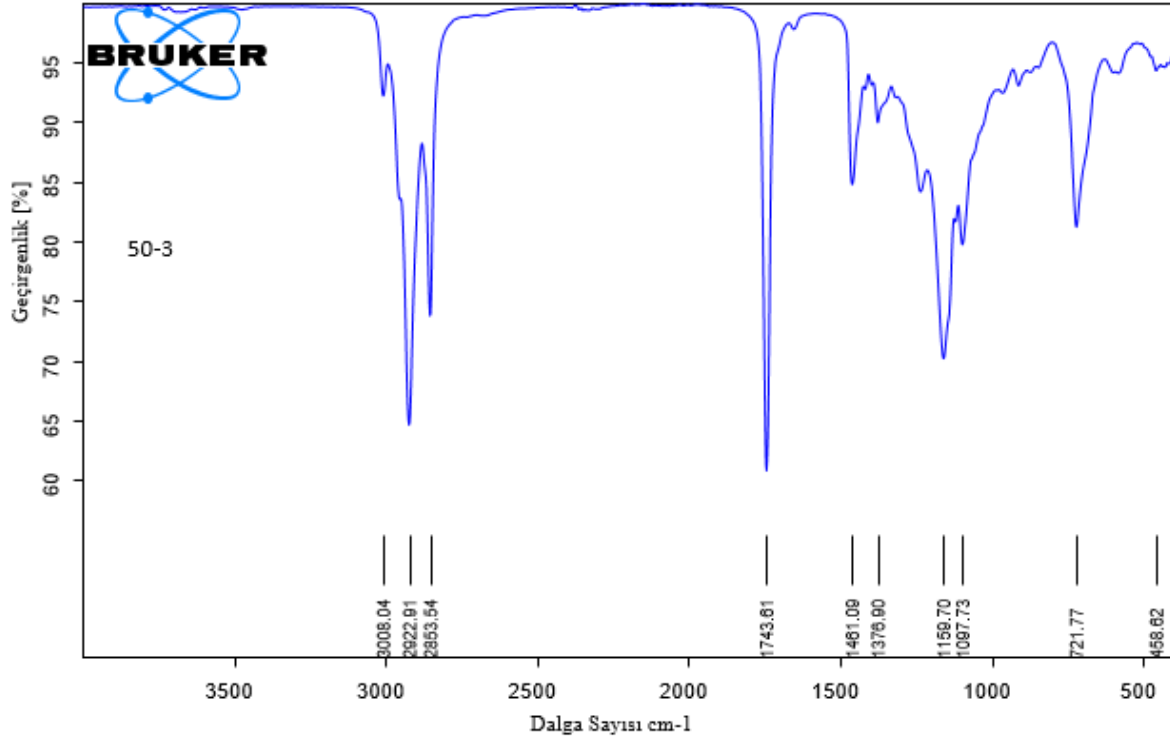
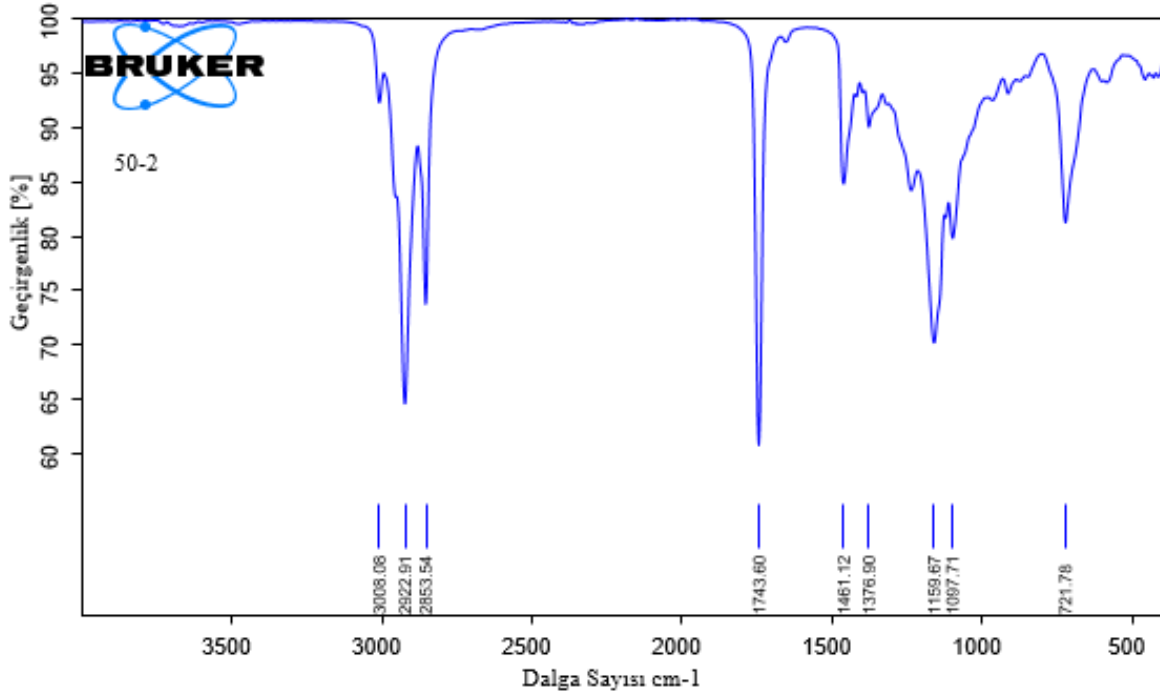
Ek- A (Devam) Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait FT-IR spektrumları



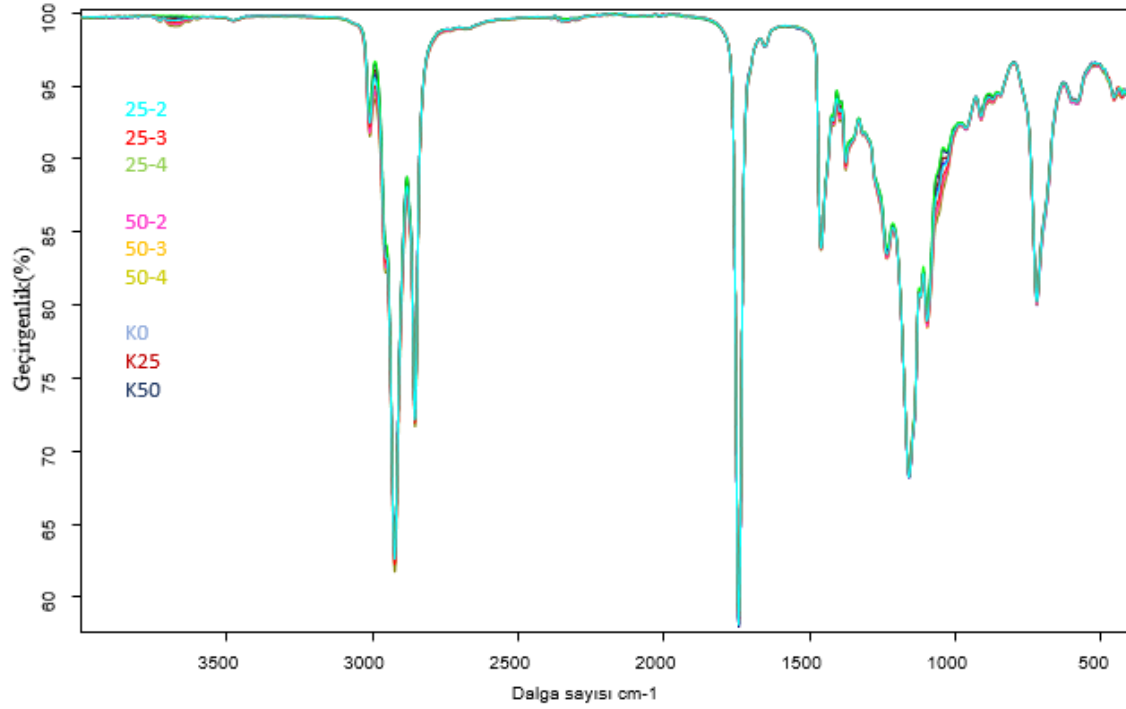
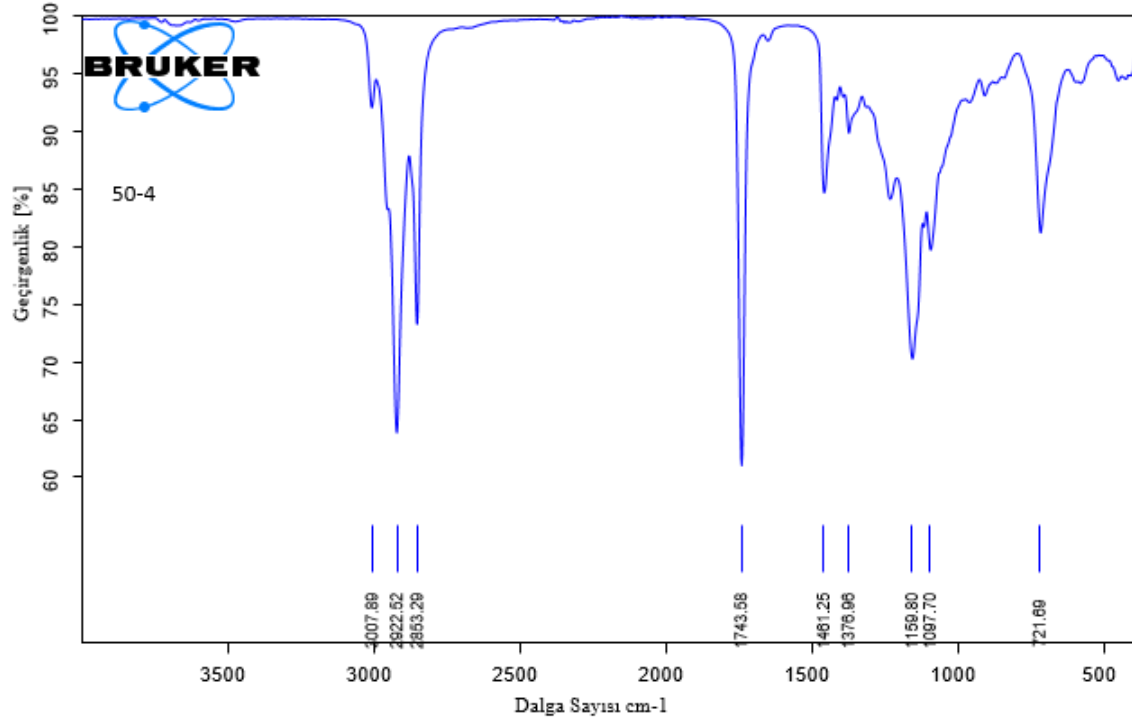
Ek- A (Devam) Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait FT-IR spektrumları



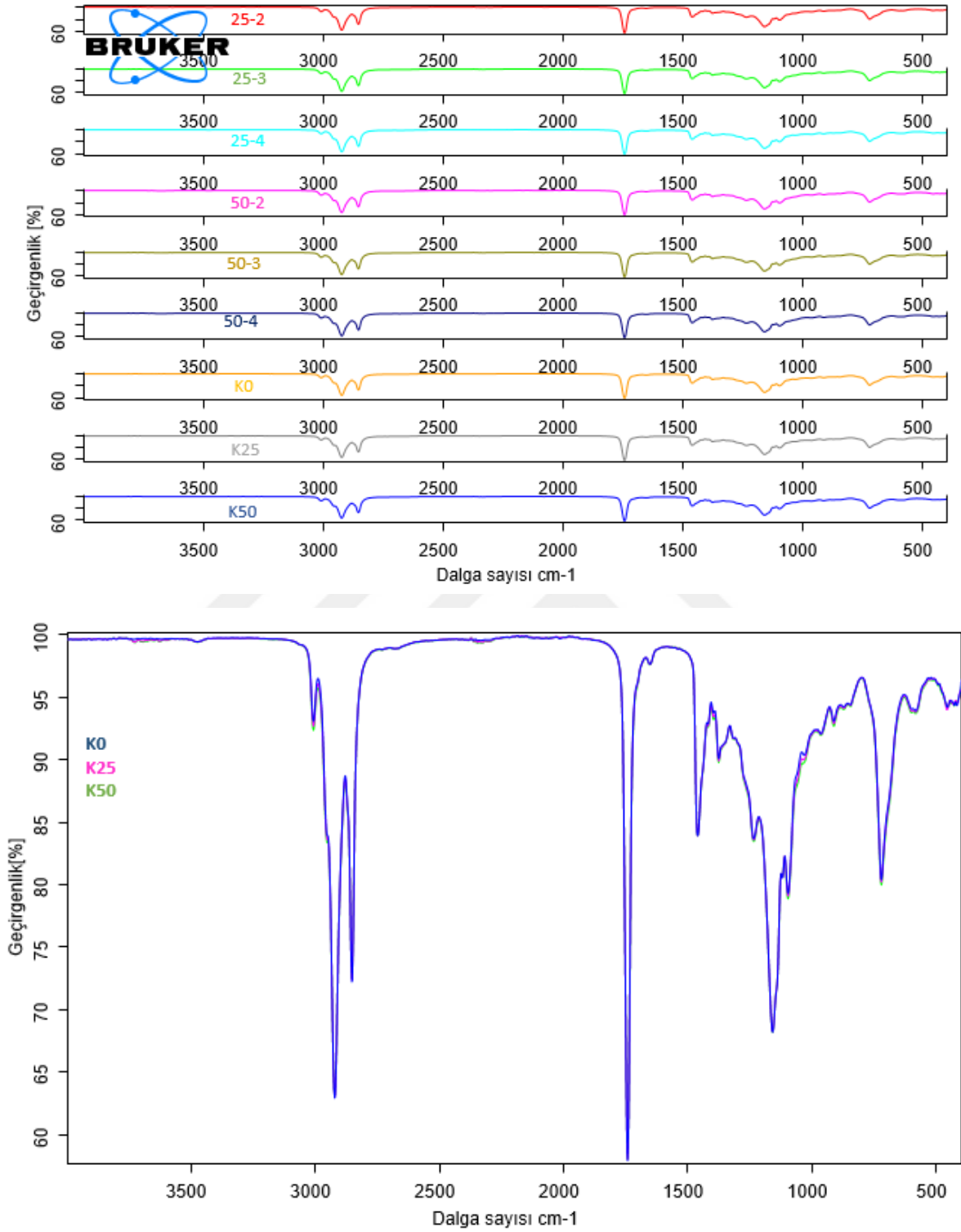
Ek- A (Devam) Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait FT-IR spektrumları



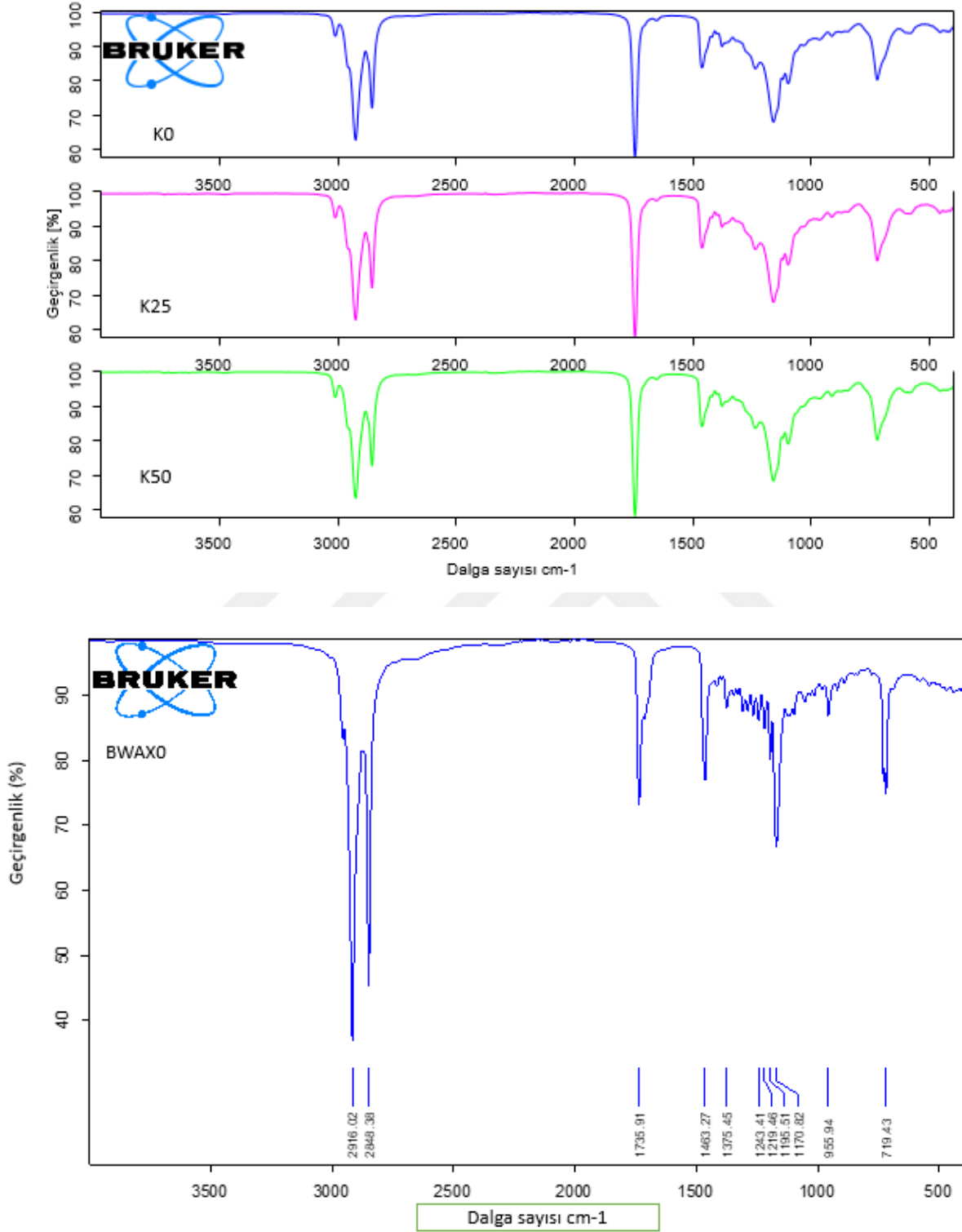
Ek- A (Devam) Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait FT-IR spektrumları



Ek- A (Devam) Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait FT-IR spektrumları



Ek- A (Devam) Çalışma kapsamında üretilen oleojellere ait FT-IR spektrumları



ÖZ GEÇMİŞ

Onur Utku Tarım tarihinde ilinde doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Niğde’de tamamladı. 2011 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimini 2016 yılında tamamladı. 2017 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.



