

**T.C.**  
**İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**KARNAUBA VE BALMUMU VAKSLARI İLE  
HAZIRLANAN OLEOJELLERİN DSC VE FT-IR  
SPEKTROSKOPİSİ İLE KARAKTERİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SELVANUR KARA**

**İSTANBUL**  
**Mayıs, 2019**

**T.C.**  
**İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**KARNAUBA VE BALMUMU VAKSLARI İLE  
HAZIRLANAN OLEOJELLERİN DSC VE FT-IR  
SPEKTROSKOPİSİ İLE KARAKTERİZASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SELVANUR KARA**

**DANIŞMAN**

**Dr. Öğr. Üyesi HALİME PEHLİVANOĞLU**

**İSTANBUL**

**Mayıs, 2019**

## TEZ ONAYI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr Öğr. Üyesi Halime PEHLİVANOĞLU



Üye Dr. Öğr. Üyesi Banu METİN



Üye Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN



Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.



Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Bu çalışma İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'ndaki öğrenciliğim döneminde YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak, tarafımda çalışılarak kaleme alınmış, tamamen özgün bir çalışmadır. Çalışmamın tamamını bilimsel ahlak kuralları uyarak tamamladım. Bu çalışmam süresince elde etmediğim ve tezimde/raporumda kullanmış olduğum bütün bilgiler ve yorumlar için atf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışta bulunmadığımı beyan ederim.

**SELVANUR KARA**



## ÖNSÖZ

Araştırmamdaki her aşamada bana yardımcı olan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Halime PEHLİVANOĞLU'na, yapılan analizlerde yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN, Bilal ÇAKIR ve Mehmet DEMİRCİ hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca her zaman sabırla yanımda olan desteğini hiçbir zaman esirgemeyen babam Ahmet KARA, annem Aslıhan KARA'ya ve yanımda olan tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Selvanur KARA

İSTANBUL, 2019

## ÖZET

### KARNAUBA VE BALMUMU VAKSLARI İLE HAZIRLANAN OLEOJELLERİN DSC VE FT-IR SPEKTROSKOPİSİ İLE KARAKTERİZASYONU

Selvanur KARA

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Halime PEHLİVANOĞLU

Mayıs-2019, 78 Sayfa

Bu çalışmanın amacı doymamış yağ asitleri açısından zengin ve ülkemizde yüksek oranda üretimi yapılan ayçiçek yağından, karnauba, balmumu vaksı ve bunların karışımlarını içeren oleojellerin, erime profili ve moleküler yapısının incelenmesidir. Çalışmamızda kullanılan vaksların karışım oranları yanıt yüzey yöntemi (YYY) kullanılarak elde edilmiş olup %3, 5, 7 ve 10 oranlarında balmumu ve karnauba vaksı içeren 32 farklı deneme dizaynına sahip konsantrasyonlarda bitkisel vaks oleojelleri oluşturulmuştur. Örneklerin DSC ile erime profili, FT-IR spektroskopisi ile moleküler yapısı incelenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, %3, 5, 7 ve 10 oranında balmumu vaksı içeren oleojellerin erime noktası sırası ile 49,78 °C, 57,18 °C, 59,55 °C, 62,26 °C, aynı oranda karnauba vaksı içeren oleojellerin erime noktası ise 81,16 °C, 83,83 °C, 85,20 °C ve 86,37 °C olarak tespit edilmiştir. Karnauba vaksının yüksek erime noktası nedeniyle balmumu vaksı ile karışımı sağlanarak daha düşük erime noktasına sahip oleojeller elde edilmiştir. Aynı oleojellerin moleküllerarası etkileşimlerine FT-IR spektrometresi ile bakıldığında FT-IR spektrumlarında küçük farklılıklar saptanmış olup, bu durumun esas olarak van der Waals etkileşimleri ile oluştuğu belirlenmiştir. Elde edilen spektrumlar ile karnauba vaksı ve balmumu vaksı oleojellerinin ilave edilen oleojelatörlerin çeşidi ve oranına bağlı olarak, erime noktaları ve moleküler yapılarının değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Oleojel, balmumu vaksı, karnauba vaksı

## ABSTRACT

### CHARACTERIZATION OF OLEOGELS PREPARED WITH CARNAUBA WAX AND BEESWAX BY DSC AND FT-IR SPECTROSCOPY

Selvanur KARA

Master of Science, Food Engineering

Supervisor: Assoc. Dr. Halime PEHLİVANOĞLU

May-2019, 78 Page

In this study, it is aimed to investigate the melting profile and molecular structure of oleogels containing sunflower oil which is produced at a high rate in our country, carnauba wax, beeswax and mixtures thereof. Using the response surface method (RSM) herbal wax oleogels were produced at %3, 5, 7, 10 concentrations that containing 32 different experimental design. The melting profile of the samples was examined by DSC and the molecular structure was examined by FT-IR spectroscopy.

As a result of the studies, the melting profile of oleogels containing %3, 5, 7 and 10 beeswax was identified respectively as 49,78 °C, 57,18 °C, 59,55 °C, 62,26 °C, and the melting point of oleogels containing carnauba wax at same concentrations was identified respectively as 81,16 °C, 83,83 °C, 85,20 °C and 86,37 °C. Due to the high melting point of carnauba wax, the oleogels with lower melting points were obtained by mixing with beeswax.

When intramolecular interactions of the same oleogels were examined by FT-IR spectroscopy, small differences have been detected in FT-IR spectra that mainly derives from van der Waals interactions. It was determined that the melting points and molecular structures of the carnauba wax and beeswax oleogels, depending on the ratio and type of the oleogelators added, have changed by the obtained spectra.

Keywords: Oleogels, beeswax, carnauba wax

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI .....	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ .....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ .....	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	3
LİTERATÜR TARAMASI .....	3
1.1.Türkiye’de Katı Yağ Tüketimi .....	3
1.1.1.Katı Yağ Tüketiminin Sağlık Üzerine Etkileri .....	4
1.2.Doymamış Yağ Asitlerinin Sağlık Üzerine Etkileri .....	5
1.3.Yağların Sertleştirilmesinde Kullanılan Yöntemler .....	6
1.3.1.Hidrojenasyon .....	6
1.3.2.İnteresterifikasyon .....	7
1.3.3. Fraksiyonlama.....	9
1.2.Oleojel.....	9
1.2.1.Oleojelin Tarihçesi.....	9
1.2.2.Oleojel Tanımı .....	10
1.2.3.Oleojelatörler ve Özellikleri .....	10



1.2.4.Gıda Alanında Kullanılan Oleojelatörler .....	11
1.2.5.Oleojelde Kullanılan Yağlar ve Bunların Önemi .....	14
1.2.6.Oleojelin Gıda Uygulamalarında Kullanılması .....	15
1.3.DSC (Diferansiyel tarama kalorimetrisi) .....	19
1.3.1.Oleojellerin Isı Özelliklerinin Kullanıldığı Çalışmalar .....	20
1.4.FTIR Spektroskopisi .....	22
1.4.1. Oleojellerin FT-IR Spektroskopisi ile İncelendiği Çalışmalar .....	24
<b>İKİNCİ BÖLÜM .....</b>	<b>27</b>
<b>MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>27</b>
2.1. Materyal .....	27
2.2. Metod .....	27
2.2.2. Oleojelin Hazırlanması .....	27
2.2.3.DSC Analizi .....	30
2.2.4.NMR Analizi .....	30
2.2.5.FT-IR Spektroskopisi .....	30
2.2.6.Yağ Asidi Kompozisyonu .....	30
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM .....</b>	<b>31</b>
<b>BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>31</b>
3.1. Oleojellerin Erime Profili .....	31
3.1.1. Balmumu Vaksı ve Karnaubu Vaksının Erime Profili .....	31
3.1.2. %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili .....	31
3.1.3. %5 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili .....	32
3.1.4. %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili .....	34
3.1.5. %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili .....	35
3.1.6. Tek Çeşit Vaks İçeriğine Sahip Oleojellerin Erime Profili .....	36
3.2. FT-IR Spektrumlarının İncelenmesi .....	37
3.2.1. Ayçiçek Yağı FT-IR Spektrumu .....	38

3.2.2. Balmumu Vaksı FT-IR Spektrumu.....	39
3.2.3. Karnaba Vaksının FT-IR Spektrumu.....	40
3.2.4. %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu .....	41
3.2.5. %5 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu .....	42
3.2.6. %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu .....	44
3.2.7. %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu .....	46
3.3. Ayçiçek Yağının Yağ Asidi Kompozisyonu .....	48
3.4. Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin % Katı Yağ İçeriği.....	48
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM .....</b>	<b>50</b>
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>66</b>

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.1:</b> KarnauBa ve Balmumu Vaksının Modellemesi.....	28
<b>Tablo 3.1:</b> Balmumu Vaksı ve KarnauBa Vaksı Termal Davranışı.....	31
<b>Tablo 3.2:</b> %3 Vaks Karışımı Oleojellerinin Termal Davranışı.....	32
<b>Tablo 3.3:</b> %5 Vaks Karışımları İçeren Oleojellerin Termal Davranış.....	33
<b>Tablo 3.4:</b> %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Termal Davranışı.....	35
<b>Tablo 3.5:</b> %10 Vaks İçeren Oleojellerin Termal Davranışı.....	36
<b>Tablo 3.6:</b> Tek Çeşit Vaks İçeriğine Sahip Oleojellerin Termal Davranışı .....	36
<b>Tablo 3.7:</b> Trigliserit Fonksiyonel Grupları .....	37
<b>Tablo 3.8:</b> %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrum Frekansları .....	42
<b>Tablo 3.9:</b> %5 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrum Frekansları .....	44
<b>Tablo 3.10:</b> %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR spektrum değerleri.....	45
<b>Tablo 3.11:</b> %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerinin FT-IR Spektrum Değerleri ..	47
<b>Tablo 3.12:</b> Ayçiçek Yağı Yağ Asidi Kompozisyonu.....	48
<b>Tablo 3.13:</b> Oleojellerin %Katı Yağ İçeriği .....	48

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: DSC Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) .....	19
Şekil 1.2: FT-IR Spektroskopisi .....	23
Şekil 2.1: Oleojel Hazırlama Aşamaları .....	29
Şekil 3.1: Ayçiçek Yağı FT-IR Spektrumu .....	38
Şekil 3.2: Balmumu Vaksı FT-IR Spektrumu .....	39
Şekil 3.3: Karnauba Vaksı FT-IR Spektrumu .....	40
Şekil 3.4: %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumları .....	41
Şekil 3.5: %5 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumları.....	43
Şekil 3.6: %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumları .....	45
Şekil 3.7: %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu.....	46

## KISALTMALAR LİSTESİ

WHO	Dünya Sağlık Örgütü
FAO	Amerika Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
AV	Ayçiçeği Vaksı
ES	Etilselüloz
KM	Kahvaltılık Margarin
LDL	Kötü Huylu Kolesterol
HDL	İyi Huylu Kolesterol
SFC	% Katı Yağ İçeriği
FT-IR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
GC	Gaz Kromatografisi

## GİRİŞ

Doymuş yağ içeriği fazla olan katı yağların kardiyovasküler rahatsızlıklar, metabolik sendrom ve obezite gibi sağlık sorunlarına neden olduğu birçok çalışma ile bildirilmektedir. Bu nedenle günümüzde kahvaltılık ve paket margarinlerin tüketimi trans yağ içeriği nedeniyle her geçen gün azalmaktadır. 2015 yılı verilerine göre ülkemizde toplam 780.011 ton katı yağ tüketilmektedir (Anonim, 2015).

Son yıllarda yağların katılaştırılmasında kullanılmaya başlanılan oleojelasyon ya da organojelasyon ile ilgili çalışmalar eczacılık, gıda, kozmetik ve petrokimya gibi birçok alanda yapılmaktadır. Oleojelasyon sıvı yağların jel-benzeri katı yağlara yüksek miktarda doymuş yağ içermeden dönüştürülmesi işlemidir. Sıvı yağların katılaştırılması işleminde, 3 boyutlu ağ yapının oluşarak sıvı kısmın immobilize olmasını sağlayan ajanlar olejelatör olarak adlandırılmaktadır. Bilinen ve sıklıkla kullanılan olejelatörler bitki vaksları, monodigliseritler, yağ asitlerinin alkolleri ya da esterleri, fosfolipitler ve fitosterollerdir. (Dassanayake vd., 2011; Pérez Monterroza vd., 2014)

Gıda alanında kullanılan olejelatörlerin güvenli, düşük konsantrasyonlarda etkili jel oluşturabilme kabiliyetinde, piyasada kolay bulunabilir ve ekonomik olması önemlidir. (Marangoni, 2012). Bu özellikler göz önüne alındığı zaman gıda uygulamalarında bitkilerden ekstrakte edilen vakslar ve doymuş mono-gliseritlerin kullanılması uygundur (Dassanayake vd., 2009; Da Pieve vd., 2010; Hwang vd., 2012; Marangoni, 2012).

Oleojelasyon işleminde yağın çeşidi, olejelatörün türü ve konsantrasyonu son ürünün reolojik, tekstürel ve termal özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Gıda alanında yapılan oleojelasyon çalışmalarında olejelatör olarak, ayçiçeği vaksı, balmumu vaksı, pirinç kepeği vaksı, candelilla vaksı, karnauba vaksı ve berri vaksı, yağ olarak ise; ayçiçek, mısır, zeytin, fındık ve kanola yağı kullanılmıştır. (Patel and Dewettinck, 2015; Ögütçü ve Yılmaz., 2015a; Ögütçü ve Yılmaz, 2015b; Jang vd., 2015).

Çikolata ve türevleri, kurabiye, kek vb. ürünler, baharatlı alman sosisleri, sürülebilir kahvaltılık margarinlerine alternatif olarak, krem peynir ve dondurma gibi birçok üründe olejel çalışmalarını yapılmaktadır.

Çalışmamızda ayçiçek yağı, karnauba ve balmumu vaksı ile 32 farklı formülasyon oluşturulmuş ve bunların erime profili ile moleküler yapısının incelenmesi amaçlanmıştır.



# BİRİNCİ BÖLÜM

## LİTERATÜR TARAMASI

### 1.1.Türkiye’de Katı Yağ Tüketimi

Katı yağlar teknolojik olarak, homojen bir karışım oluşturmayan su ve/veya süt fazı ile yağ fazının meydana getirdiği emülsiyondur. Katı yağda su fazı sürekli olan yağ fazı içerisinde dağılmış halde bulunur (Nas vd., 2001). Ülkemizde kahvaltılık ve paket margarin tüketimi sürekli azalma göstermektedir. Bu nedenle trans içeriği düşürülmüş, omega-3 katkılı, zeytinyağı ilaveli vb. değişiklikler sunan birçok ürün üretilerek tüketicinin dikkati çekilmeye çalışılmaktadır. Diğer taraftan endüstriyel gıda maddelerindeki (kek, bisküvi, milföy, cips, gofret, kraker, kurabiye, şekerleme, mayonez, kızartma, pastacılık gibi çeşitli ürünlerde) tüketim miktarlarının artışı endüstriyel katı yağların (lipid şorteningler) tüketim artışını doğurmuştur (Yüksel, 2010).

Mutfak ürünleri ve katı yağ sanayicileri derneği (MÜMSAD) verilerine göre, ülkemizde toplam 780.011 ton katı yağ tüketildiği bildirilmektedir. Üretim ise 664.571 tondur. Bu üretimin 115.672 tonu sofralık katı yağ (paket + kâse), 19.188 tonu yemeklik katı yağ, 365.186 tonu ise endüstriyel katı yağdır. (Anonim, 2018).

Bu veriler, ülkemizdeki katı yağ tüketiminin sağlık açısından son derece kritik önemde olduğunu göstermektedir. Ayrıca ülkemizde yaklaşık olarak 900 bin ton ayçiçek yağı, 180 bin ton kanola yağı ve 160 bin ton zeytinyağı tüketimi söz konusudur. Yemeklik bitkisel sıvı yağların tüketiminde ilk sırayı ortalama 624 bin ton/yıl ve %73'lük tüketim payı ile ayçiçek yağı almaktadır. Geçtiğimiz 10 yıl ve daha öncesinde doymuş ve trans yağ tüketiminin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri birçok bilimsel çalışmanın yanı sıra bilimsel olmayan (medya) mecralarda da gündeme gelmiştir (Marangoni ve Garti, 2011). Böylesi olumsuz propagandalardan ötürü üreticilerin, doymuş ve trans yağ içeriği düşük, yağ-bazlı gıda ürünlerinin üretimi için alternatif stratejiler geliştirmek zorunda kaldıkları bildirilmektedir. (Marangoni ve Garti, 2011; List vd., 2005). Trans ve doymuş yağlar gıda formülasyonlarının bazı özelliklerine katkı sağlamasına rağmen, sağlık üzerine olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Mensink vd., 2003). Son yıllarda doymuş ve trans yağ miktarı yüksek beslenmenin



metabolik sendromlar ve kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere küresel hastalıklara sebep olduğu ortaya konmuştur (Dassanayake, 2011).

Gelişmiş ülkelerde günlük harcanan kaloringin çocuklar için %35-40'ı, gençler için %30-35'i ve yetişkinler için %25-40'ı yağlardan sağlanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde bu oran %5'e kadar düşmektedir (Başoğlu, 2014). Diyetle alınan kalorilerin %15-30'unun yağlardan sağlanması ve tüketilen yağ miktarının önemli bir bölümünün bitkisel sıvı yağlardan oluşması gerektiği, Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) uzman grubunun ortak raporunda belirtilmiştir (Anonim, 1994). Ayrıca doymuş yağ asitleri içeren gıdalardan elde edilecek kalori miktarlarının günlük alınması gerekli olan toplam kalori miktarının %10'unu geçmeyecek şekilde olması gereklidir (Demirci, 2003).

### **1.1.1.Katı Yağ Tüketiminin Sağlık Üzerine Etkileri**

Doymuş yağların aşırı tüketimi, küresel bir sorun haline gelen obezite başta olmak üzere ölümcül hastalıklardan olan kardiyovasküler hastalıklar, metabolik sendrom ve diyabetin önemli bir tetikleyicisi olarak kabul edilmektedir (WHO, 2002). Sağlık sorunlarının artmasını tetikleyen bu durumlar, gıda mevzuatlarında kademeli olarak kalıcı düzenlemelerin yapılmasını zorunlu kılmıştır. Ayrıca interesterifikasyon, fraksiyonlama ya da karışık metotlar ile kısmi hidrojenize yağ türevlerinin yerine alternatiflerinin bulunması konusunda üreticiyi teşvik etmiştir. Hidrojenasyonun uygulanması, bitkisel yağın bazı gıda ürünlerinin kullanımıyla ilgili teknik problemlerin üstesinden gelmesine rağmen, doymuş ve trans yağ asidinin yüksek tüketimi nedeniyle kardiyovasküler hastalıklarla ilgili bazı sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Pehlivanoğlu vd., 2018a).

Kardiyovasküler hastalıklar nedeniyle olan ölümlerin azalmasına yönelik İngiltere'de bulunan The Committee Medical Aspects of Food Policy (COMA) isimli kuruluş doymuş yağ asitlerinin tüketiminin azaltılması gerekliliğine dikkat çekmiştir. Çünkü kandaki lipid konsantrasyonunun artışıyla kalp hastalıklarının ilişkili olduğu bilinmektedir. Kandaki kolesterolün konsantrasyonu diyetdeki yağ asitlerinin türüne ve miktarına bağlıdır. Larurik, miristik ve palmitik asit gibi doymuş yağ asitleri kandaki kolesterolü yükseltirken, çoklu doymamış yağ asitleri kandaki kolesterolü düşürmektedir. Diyetdeki temel tekli doymamış yağ asidi olan oleik asidin, poliyenik yağ asitleri gibi kandaki kötü huylu (LDL) kolesterol seviyesini düşürdüğü ve bunu

koroner kalp hastalıklarına karşı koruyucu etkisi olan iyi huylu (HDL) kolesterolde bir azalmaya neden olmadan gerçekleştirdiği bildirilmektedir. Damar tıkanıklığına neden olan plağın oluşması hastalığın sadece başlangıç aşaması olup, zamanla damar içinde daralma görülür ve eğer bu dar damarlarda pıhtı oluşursa kalp krizi meydana gelmektedir. Stearik asit gibi doymuş yağ asitlerinin kan pıhtılaştırma gücüne (trombojenik) sahip olduğunu gösterir çalışmalar mevcuttur. (Taşan ve Dağlıoğlu, 2005; Nagaraju and Lokesh, 2007).

Kolesterol yalnızca hayvansal kaynaklı besinlerde bulunmakta ve bitkisel kaynaklı besinlerin kolesterol içermedikleri bilinmektedir. Besinlerin sebebiyet verebileceği koroner kalp hastalığı riskinin azaltılmasında bitkisel sterol ve stanol içeriği ile tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri içeriği, ayrıca yeterli düzeyde omega-3 yağ asitleri içermesi, tokoferoller gibi antioksidanlar, folik asit ile magnezyum, çinko ve potasyum gibi mineraller ve diyet posasınca zengin olmalarıdır. Yağlı tohumların, potasyum, magnezyum içeriğinin yüksek, sodyum içeriğinin düşük olması nedeniyle, günlük önerilen miktarlarda tüketilmeleri kan basıncının kontrol altında tutulmasında etkili olabilir (Ayaz, 2008).

Doymuş ve trans yağ asitlerinin tüketimi ise, kardiyovasküler hastalık riskini artırmaktadır. Örneğin, trans yağ asitleri LDL kolesterol oranını yükseltirken HDL kolesterol oranını düşürerek kardiyovasküler hastalık riskini artırmaktadırlar. Öte yandan, uzun zincirli omega 3(alfa-linolenik asit), omega 6 (linoleik asit) ve omega 9 (oleik asit) gibi tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin tüketimi sağlık üzerine olumlu etkileri vardır. (Vandana vd. 2011; O'Brien vd. 2008; Stauffer vd. 1996).

## **1.2.Doymamış Yağ Asitlerinin Sağlık Üzerine Etkileri**

Doymamış yağ asitleri zincir üzerinde en az bir çift bağ içermektedir. Bir çift bağı olanlar tekli doymamış yağ asitleri (TDYA), birden fazla çift bağ içerenler ise çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) olarak isimlendirilirler. Gıdalarda yaygın olarak bulunan TDYA oleik asit ve ÇDYA ise linoleik asittir (Semma, 2002). ÇDYA insan vücudunda sentezlenemez ve bu nedenle gıdalarla alınmaları gerekmektedir (Mol, 2007). Doymamış yağ asitleri zeytinyağı, fındık, kanola, mısır, soya, ayçiçeği yağı gibi bitkisel yağlar ve özellikle soğuk sularda yaşayan uskumru, ton, somon gibi balıklarda bol miktarda bulunmaktadır (Şahingöz, 2007).

Doymamış yağ asitleri açısından zengin diyetler tüketildiğinde HDL artışına bağlı olarak kolesterol miktarında düşüş olmaktadır. Ayrıca kalp-damar hastalıklarından dolayı görülen ölüm oranlarında gözlenen belirgin artış, insanların daha sağlıklı beslenme düşüncesiyle hayvansal yağlardan kaçınmaya zorlamaktadır. Doymamış yağ asitleri çoğunlukla omega-3 ve omega-6 yağ asitleri formundadır. Aralarında linolenik asitte bulunan bazı yağ asitleri omega-3 formundadır ve kolaylıkla aynı formdaki EPA (ekosapentaenoik) ve DHA (dokosaheksaenoik)'ya dönüştürülebilir. Linoleik asit özellikle bitki tohumlarından elde edilen yağlarda, linolenik asit ise balık yağında bol miktarda bulunmaktadır. (Eceseli, Değirmencioğlu ve Kahraman, 2006). Omega 3, omega 6 ve omega 9'dan oluşan doymamış yağ asitlerinin beyin gelişimi, bağışıklık sistemi güçlenmesi, kalp-damar hastalıklarının önlenmesi gibi fonksiyonları bulunmaktadır. Ayrıca hipertansiyon ve sinirsel bozuklukları önlediğine yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. (Lewis vd., 2000).

### **1.3.Yağların Sertleştirilmesinde Kullanılan Yöntemler**

Sıvı olan ya da düşük erime noktasına sahip moleküller barındıran bir yağdan erime noktası yüksek, katı özellikte yağ elde etmek için hidrojenasyon, interesterifikasyon, fraksiyonlama gibi teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler yardımıyla yağlara elastikiyet, sürülebilirlik ve plastiklik gibi fonksiyonellik kazandırılmaktadır. Bahsedilen özellikler ürün üzerinde tüketicilerin istediği ve beğendiği yapının oluşmasında önem arz etmektedir (Marangoni ve Garti, 2011).

#### **1.3.1.Hidrojenasyon**

Hidrojenasyon, katalizör varlığında çözünmüş hidrojen vasıtasıyla doymamış yağ asitlerindeki çift bağın doyurulması işlemidir. Yenilebilir katı ve sıvı yağlarda hidrojenasyon işlemi 1900'lü yılların başından bu yana büyük ölçüde kullanılmaktadır. (Christophe, 1998; FAO, 2003).

Hidrojenasyon işlemi tam, kısmi ve selektif (seçici) hidrojenasyon olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

- Tam hidrojenasyon, çift bağların tamamen doyurulması ve erime noktası yüksek yağların elde edilmesi işlemi,
- Kısmi hidrojenasyon katılaştırılan yağların erime noktalarının vücut sıcaklığının altında kalması, dolayısıyla doymamış bağların bir kısmının

hidrojen ile doyurularak doymamış yağ asitlerinin tümü doymuş hale geçmeden (örneğin tohum yağlarında iyot sayısının 50-70 arasında kalması) önce durdurulması işlemi,

- Selektif (seçici) hidrojenasyon ise üç çift bağ içeren yağ asidinin (varsa linolenik asit) iki çift bağ içerenden, iki çift bağ içeren yağ asidinin bir çift bağ içerenden daha öncelikli olarak tepkimeye sokulması işlemidir. (Demirci, 2012).

Hidrojenasyon 3 fazlı sistemle (hidrojen gazı, sıvı yağ ve katı katalizör) 120 °C ile reaksiyonun son aşamalarında maksimum 220 °C olacak şekilde değişen sıcaklıklarda uygulanır. Katalizör genellikle silika veya alumina gibi bir inorganik oksitle desteklenmiş olan küçük nikel kristalitlerinden oluşmaktadır. (FAO, 2003). Hidrojenasyon ile yüksek derecede doymamışlık gösteren bitkisel ve deniz ürünleri kaynaklı yağların iyot sayısı düşürülür. Böylece, ergime noktası yükseltilir, bu nedenle hidrojenasyon “yağ sertleştirme” olarak da isimlendirilir. Doymamışlık derecesinin düşürülmesiyle birlikte oksidasyona dayanıklı hale getirilmiş ve aroması iyileştirilmiş yağ elde edilir (Christophe, 1998; Kayahan, 2002). Hidrojenasyon teknolojisi temelli ürünler bitkisel yağlar içeren yapılandırılmış özel ürünlerin üretimi için yeni yaklaşımlara yol açmıştır (O’Brien, 2008). Hidrojene yağlar, margarin, kaplama yağları ve kızartma yağları gibi farklı ürünlerin imalatında günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Başoğlu, 2014).

### **1.3.2.İnteresterifikasyon**

İnteresterifikasyon, trans izomerlerin az ya da hiç olmaksızın katı yağların üretilmesi için ana alternatif bir yöntemdir (Ribeiro vd., 2009). Kısmi hidrojenasyonun olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak son yıllarda yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerini modifiye etmek üzere interesterifikasyon yöntemi hidrojenasyona alternatif olarak kullanılmaktadır (Kayahan, 2002). Katı yağ üretimi prosesinde Alman kimyager W. Norman’ın hidrojenasyon teknolojisini keşfetmesi 1903’te margarin katı yağ üretim sanayinde devrim niteliğinde olmuştur. 1940 yılında ise katı yağların kristalizasyon prosesinde önemli gelişmeler olmuştur. Hidrojene yağların kalp, damar rahatsızlıklarına sebep olması ile ilgili çalışmaların artması ile birlikte 1995 yılında trans yağsız üretim çalışmaları başlamıştır. 1999 yılında da ülkemizde kısmi-trans

yağsız üretim ile ilgili çalışmalar başlayarak 2006 yılında etiketleme tebliğine göre trans yağ içermeyen margarinerler üretilerek, piyasada yerini almıştır (Pehlivanoğlu vd., 2016).

İnteresterifikasyon, trigliseritlerdeki açıl gruplarının yeniden düzenlenmesi ya da rastgele dağılmasıdır; böylelikle sıvı ya da katı olan yağa yeni özellikler kazandırılır. Hammadde ya da proses parametreleri seçilerek interesterifikasyon kontrol edilebilir ve istenen ergime sıcaklığında ve konsistenste yağlar elde edilebilir (Belitz vd., 2009; Marangoni ve Rousseau, 1998). Son ürünün, toplam yağ asidi kompozisyonu orijinal yağ ile aynı olur fakat triaçilgliserollerin pozisyonel dağılımı ve fiziksel özellikleri değişmiştir (Rodrigues ve Gioielli, 2003).

İnteresterifikasyon, alkil esterleri ile yağların kompozisyonlarının değişiminde, şorteninglerde, yüksek stabiliteli margarin karışımlarının hazırlanmasında, yüksek doymamış yağ asitli ve düşük veya sıfır trans asitli margarinerlerin üretiminde başvurulan önemli bir teknolojik işlemdir (Nas ve ark., 2001). İnteresterifikasyon işlemi kimyasal ya da enzimatik olarak gerçekleştirilir.

Enzimatik interesterifikasyon, yağ veya paçallarının trigliseritlerinde yer alan asit köklerinin yer değişim tepkimeleri, esterazlardan lipaz grubu enzimler tarafından katalize edilmektedir. Ancak, tepkimelerin sentezleme yönünde oluşabilmesi için bazı koşulların sağlanması gereklidir. Bu koşullardan en önemlisi, interesterifiye edilecek yağ ve karışımlarının hidrolize uğramamış olması, yani serbest asitlik yanında mono ve digliserit gibi hidroliz ürünlerini içermemesi gereklidir. Ayrıca, hidrolizin gerçekleşmemesi için işlenecek yağların su içermemesi, ortamda su düzeyinin sınırlı tutulması gerekmektedir (Husum et al., 2004). Enzimatik interesterifikasyonda katalizör olarak spesifik olmayan lipaz ve 1,3- spesifik lipaz kullanılır. Bu enzim kullanılarak kimyasal interesterifikasyon ile mümkün olmayan trigliseritler üretilebilir (Kayahan, 2002; Dinç, 2002; Özvural, 2003).

Kimyasal interesterifikasyonda hidrojenasyon ve enzimatik interesterifikasyondaki gibi kısmi bir reaksiyon oluşması mümkün değildir. Nedeni kimyasal interesterifikasyonun çok hızlı bir şekilde gerçekleşmesidir. Reaksiyon birkaç dakika içinde dengeye erişir. İnteresterifiye ürünün özellikleri sadece yağ karışımındaki

yağların kompozisyonlarına göre belirlenir. En çok kullanılan kimyasal katalizörler sodyum metilat ve sodyum etilatdır. Katalizör trigliseritteki yağ asitlerinin yerlerini rastgele değiştirir. Trans yağ oluşmaz (Christophe, 1998; Belitz vd., 2009).

### **1.3.3. Fraksiyonlama**

Yağların kontrollü bir soğutma prosesi ile kristallendirilerek arzu edilen fraksiyonların ayrılması işlemidir. Bu şekilde yağlardan, istenilen trigliseritlerin olduğu katı ve sıvı fraksiyonları üretme imkânı bulunmaktadır. Özel bir soğutma programı ile önce kontrollü bir şekilde kristalizasyon sağlanmaktadır. Kristalizasyonu tamamlanmış olan yağın filtre ve vakumlardan geçirilerek kristallerin ayrılmasıyla gerçekleştirilmektedir. (Tekin, 2018).

## **1.2.Oleojel**

### **1.2.1.Oleojelin Tarihçesi**

Oleojellerin tarihsel gelişimi, 1861'de Thomas Graham tarafından tanımlanan jel terimine dayanmaktadır. 65 yıl sonra, Jordan Lloyd, bir kolloid durumu veya "jel" tanımı yapmış ve şimdi de yaygın olarak kullanılmaktadır. Lloyd'un jel tanımına göre, tüm jeller en az iki ana bileşene, bir sıvı faza ve bir jelleştirici maddeye sahip olmalı ve bu sistem bir katı ile benzer mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Lloyd'un jel tanımından sonra, Herman ve Ferry'nin tanımı da bu sistem ile benzerlik göstermektedir. Bungenberg de Jong (1949) jel tanımında; sürekli bir fazın tutulması için bir araya getirilen koloidal parçacıklardan oluşmuş katı benzeri bir sistem olarak tanımlamıştır. Hermans, jellerin katı benzeri bir malzemenin mekanik özelliklerini sergilediğini ve sistemin her iki fazının (dispersiyon ve dağılmış faz) tüm sistem boyunca uzanması gerektiğini söylemiştir. (Weiss ve Terech, 2006; Marangoni ve Garti, 2011).

Bilim adamları, sağlık ve teknik sorunların üstesinden gelmek için doymamış yağ alternatifleri geliştirmek için yeni tekniklere odaklanmışlardır. Bu tekniklerden oleojelasyon önem kazanmıştır çünkü sıvı yağ, kimyasal özellikleri değiştirilmeden, jel benzeri yapıya dönüştürülmektedir. Oleojellerle ilgili birkaç çalışma doksanlı yılların sonunda gerçekleştirilmiştir. Ancak gıda uygulamalarındaki oleojellere olan ilgi son on yıldır (2006'dan beri) artmıştır (Pehlivanoğlu vd., 2017)

### 1.2.2.Oleojel Tanımı

Oleojelasyon ya da organojelasyon, sıvı yağlara jel-benzeri bir yapı kazandırılması işlemini ifade eden yeni bir ifadedir. Diğer bir deyişle oleojelasyon, son yıllarda eczacılık, gıda, kozmetik ve petrokimya (Marangoni ve Garti, 2011; Dassanayake vd., 2011; Terech & Weiss, 1997) gibi birçok alanda kullanılan sıvı yağların jel-benzeri katı yağlara yüksek miktarda doymuş yağ içermeden dönüştürülmesi işlemidir (Zulim, vd., 2013a; Co ve Marangoni, 2012; Stortz vd., 2012; Rogers vd., 2009; Patel vd., 2014a; Ögütçü, 2012). Oleojel, ısıyla değişen üç boyutlu bir ağ yapı içerisine organik bir sıvının hapsedildiği mikroyapılı kompleks bir sistemdir (Stortz vd., 2012; Hinze vd., 1996; Sanchez vd., 2008). Bu sistemler sıvı yağların (Marangoni, 2004; Van Esch ve Feringa, 2000) jelleştirici bir ajan kullanılarak (Marangoni, 2012) üç boyutlu yapıya hapsedilmesi ile katı-benzeri (Patel, 2015) özellikte oleojel yağların eldesini mümkün kılmaktadır.

### 1.2.3.Oleojelatörler ve Özellikleri

Sıvı yağların katılaştırılması işleminde 3 boyutlu ağ yapının oluşarak sıvı kısmın immobilize olmasını sağlayan ajanlar olejelatörlerdir. Tanınmış ve sıklıkla kullanılan oleojelatörler bitki vaksları (kandelila, karnauba, pirinç kepeği), mono ve digliseritler, yağ asitlerinin alkollerini ya da esterleri, şellak, balmumu vaksı, fosfolipitler ve fitosterollerdir (Pérez Monterroza vd., 2014).

Oleojel yapımında kullanılan oleojelatörler kendiliğinden oluşan düşük molekül ağırlığında organik ve polimerik bileşenler, kristal parçacıklı sistemler ve inorganik bileşenleri içermektedirler (Patel ve Dewettinck, 2015). Oleojelatörler seçilirken ekonomik ve gıda uygunluğuna düşük konsantrasyonlarda etki etmesine, kullanılan yağın özelliklerine benzer olmasına dikkat etmek gerekir (Co ve Marangoni, 2012).

Vaks, fonksiyonel grubu olan veya olmayan uzun hidrokarbon zincirleri içeren yağlı bir maddedir (Akoh, 2017; Martini ve Anon, 2003; Schick, 1987). Genellikle vakslarda bulunan fonksiyonel gruplar arasında alkol, ester, keton ve aldehit bulunur. Bitkilerden, böceklerden ve deniz hayvanlarından elde edilen vaks esterleri, çeşitli endüstriyel uygulamalarda (örneğin kozmetikler, kayganlaştırıcılar, cilalar, yüzey kaplamaları, mürekkepler ve gıdalar) kullanılmaktadır (Ghosh ve Bandyopadhyay, 2005; Schick, 1987). Mevcut tüketici talepleri, gıda, kozmetik ve farmasötik

endüstrilerinde kullanılmak üzere mineral bazlı vakslardan ziyade biyolojik bazlı vaksların kullanımına doğru hareket etmektedir (Dassanayake, vd., 2009).

Organik bir solventin jelasyonu işlemi için yeterli minimum miktar % 0,5' ten daha düşüktür (Hughes vd., 2009). Fakat gıda uygulamalarında oleojelin istenen kalite karakteristiklerinin sağlanabilmesi için genellikle daha yüksek oranlar tercih edilir. Oleojellerin genellikle 5 özelliğe sahip olması istenir.

Bunlar (Grob vd., 1994; Patel vd., 2013; Doan vd., 2015):

I- Lipofilik ve bağlanıcı bölümlerinin olması,

II- Yüzey aktivitesi,

III- Isıl-değişken karakteristikleri,

IV- Doğal kaynaklardan elde edilmesi,

V- GRAS (genellikle güvenli olarak kabul edilir) olmasıdır.

Önceki çalışmaların sonuçlarına göre vakslar %10'dan daha düşük konsantrasyonlarda bile kristal oluşturabildikleri ve güçlü yağ tutabilme özelliğinde olduğu için en etkili oleojelatörler olarak kabul edilir (Hwang vd., 2012; Patel vd., 2013).

#### **1.2.4.Gıda Alanında Kullanılan Oleojelatörler**

Oleojelatörler, güvenli, düşük konsantrasyonlarda etkili jel oluşturabilme özelliğine sahip, piyasada kolay bulunabilir ve ekonomik olmalıdır (Marangoni, 2012). Bu özellikler göz önüne alındığı zaman gıda uygulamalarında bitkilerden ekstrakte edilen vakslar kullanılmaktadır. Kullanılması uygun olarak bildirilenler ayçiçeği vaksı, balmumu vaksı, pirinç kepeği vaksı, candelilla vaksı, karnauba vaksı, berri vaks ve doymuş mono-gliseritlerdir. (Dassanayake vd., 2009; Da Pieve vd., 2010; Hwang vd., 2012; Marangoni, 2012). Pirinç kepeği vaksı, karnauba vaksı ve candelilla vaksında baskın zincir uzunluğu 24 (40.5 %), 30-32 (32% ve 33 %) ve 34 (30 %) iken; erime noktaları da sırası ile 78-82°C, 80-85°C ve 60-73 °C' dir (Warth, 1956; Tulloch, 1973; Vali vd., 2005; Dassanayake vd., 2009).

**Kandelilla vaksı**, FDA tarafından gıda katkısı olarak onaylanmış, Kuzey Meksika ve güney batı Amerika taraflarına özgü küçük bir çalıdan (*Euphorbia cerifera* ve



*Euphorbia antisiphilitica*) elde edilir. Kandelilla vaksı, genellikle sakız gibi gıdalarda parlatici ve bağlayıcı olarak kullanılır ve farklı gıda sistemlerinde pirinç kepeği vaksı ve karnauba vaksına alternatif olarak kabul edilir. Kimyasal kompozisyonunda 28-33 karbonlu (44-45%) n-alkanlar, alifatik asit ve alkollerin esterleri (6-7,4%), 18-34 karbonlu alifatik asitler (15-18,8), 24-34 karbonlu alifatik alkoller (5-7,6%), penta-siklik tripenoitler (21-23%) ve penta-siklik tripenoitlerin alkol esterleri (1,9-2,2%) bulunmaktadır (Dassanayake vd., 2009). N-alkanlardan hentriakontan en yüksek miktarda bulunurken (C31 H64; 75.9%, 70.1%), nonakozan (4.2%, 70.1%; C29 H60), triakontan (4.2%, 72.0%; C30 H62), dotriakontan (2.8%, 70.4%; C32H66), ve tritriakontan (9.9%, 70.4%; C33 H68) ise daha az miktarda bulunmaktadır (Alvarez-Mitre vd.,2013). Karnauba vaksının potansiyel gıda katkısı olarak kullanılabilirdiği çokça çalışma mevcuttur (Alvarez-Mitre vd.,2013; Alvarez-Mitre vd.,2012; Chopin-Doroteo vd., 2011; Hagenmaier ve Baker,1996; Toro-Vazquez vd., 2013). Kandelilla vaksının gıdalardaki faz davranışları ve fonksiyonel özellikleri n-alkan grupları ile özdeşleştirilse de pentasiklik triterpenoitler de jelasyonda etkin rol almaktadır (Alvarez-Mitre vd., 2013).

**Pirinç kepeği (*Oryza sativa*) vaksı**, pirinç değirmenciliğinin bir yan ürünü olan pirinç kepeğinden elde edilen doğal ve FDA tarafından onaylanmış GRAS bir bitki vaksıdır (Sabale vd., 2009). Doğu Asya'da pirinç ana besin olan önemli bir vaks kaynağıdır. Pirinç kepeği yağında vaks içeriği ekstraksiyon koşulları ile değişir. Ham pirinç kepeği yağındaki vaks, rafinasyon işleminde bir mum giderme adımı ile giderilir. Ito vd. (2001) pirinç kepeği vaksının dallı zincirli alifatik C32, C34 ve C36 esterlerini içerdiğini bildirmiştir. Pirinç kepeği vaksının kozmetik, farmasötik, gıda, polimer ve deri endüstrilerindeki potansiyel uygulamaları, karnauba vaksı ve kandelilla vaksı gibi diğer bitki vaksıları kadar düşüktür (Vali vd., 2005). 78-81 ° C'lik nispeten yüksek erime noktalarıyla pirinç kepeği vaksı, ortam sıcaklıklarında kolayca kristalleşir ve sonuçta sıvı yağ ile ince bir şekilde dağılmış bir karışım elde edilir (Kodali, 2010).

**Balmumu vaksı**, hafif kokusu ve 62-65 °C erime aralığındaki beyazımsı katı yapıdadır ve GRAS katkı maddesi olarak sınıflandırılmıştır. Dünya genelinde E 901 onaylı gıda katkı maddesi olarak da tanınan balmumu, *Apis mellifera* L. arıları tarafından üretilen organik vaksılardan biridir. Balmumu, %70-71 toplam ester, %1-1.5 serbest alkol, %9-11 serbest asit ve %12-15 hidrokarbondan oluşur. (Bogdanov, 2009). Diğer bir

çalışmada balmumunun %16'sı hidrokarbonlar ağırlıklı olarak C25-C33, ana alkoller C24-C34, palmitik asit ana asit ve uzun zincirli asitlerin C24-C23 karbonu bulunmuştur (Downing vd., 1961). Balmumu hidrokarbonlarının yaklaşık %31'inin esasen C31 ve C33 bileşikleri olan cis olefinlerden oluştuğunu, buna karşılık alkanlar C25-C29 bileşikleri olduğu görülmüştür. Balmumu vaksı çok küçük miktarlarda dallanmış zincirli hidrokarbonları ve trans olefinleri de içermektedir. Balmumunun serbest asitleri, çok uzun zincirli bileşiklerdir ve kombine asitlerden farklı oldukları görülmüştür (Streibl vd., 1966; Stransky vd.,1966;). Japon ve Avrupa bal mumlarının aynı hidroksi asidi içerdiğini belirlenmiştir. Geniş fraksiyonasyondan sonra, hidroksi asitlerin bir kısmı (orijinal ham hidroksi asitlerin yalnızca % 10'unu temsil eder), 14-hidroksi palmitik asit gibi görülmüştür (Toyama ve Hirai, 1951).

**Karnauba vaksı**, en sert, en yüksek erime noktasına sahip doğal bir vaktır. Brezilya' da yetişen hayat ağacından (*Copernica cerifera*) sızan, FDA'ya göre GRAS statüsünde bir materyaldir. Düz zincirli C24 ve C28 karboksilik asit esterleri ve C32 ve C34 düz zincirli primer alkollerden oluşur. Diğer vaksılar ile kıyaslandığı zaman daha az viskoz, daha elastik ve deformasyona karşı daha dirençlidir (Milanovic vd., 2010; FDA, 2018). Karnauba vaksınının %80'den daha fazlasını oluşturan esterler (çoğunlukla alifatik esterler ve sinnamik asit diesterleri), vaksın ana bileşeni olarak kabul edilir (Freitas vd., 2016).

**Ayçiçeği vaksı (AV)**, Ayçiçek yağından elde edilen kristal ve sert bir bitkisel vaktır. Bitkisel vaksılar içerisinde pirinç kepeği ve karnauba vaksından sonra erime noktası (75-78 C) en yüksek olan vaks olarak bilinmektedir. AV'nin yağ alkollerini ve yağ asitlerinden elde edilen C-42 ila C-60 esterlerinin uzun zincirlerini içerdiği bilinmektedir (Hwang vd., 2012). AV lipofilik özellikleri nedeniyle yeni dokular oluşturmak için emülgatör olarak kullanılabilir. Bu nedenle, lipidlerin kristalizasyon davranışını değiştirmek için de kullanılabilirliği bildirilmektedir (Kerr vd., 2011). Ayrıca AV içerdiği kristallerin yardımıyla sert yapıda ağ oluşturmaya ve yüksek yağ bağlama kapasitesi gibi özelliklere sahiptir. Ayçiçeği mumunun GRAS statüsü FDA tarafından henüz onaylanmamıştır. Bu nedenle, uygulamalarında öncelikle rujlar, maskaralar, kremler vb. kozmetik ürünler bulunur. Bir kıvam değiştirici olarak işlev görür ve kozmetik formülasyonların sertliğini ve dokusunu düzenler (Tinto vd., 2017).

**Etiselüloz**, Doğrudan yağ jelleştirebilen gıdalarda kullanılan tek polimer oleojelatördür. Etiselüloz, sıvı yağlar ile cam geçiş sıcaklığı üzerinde muamele edildiğinde tersinir sol-jel geçişine maruz kalan yarı kristal bir malzemedir. Polimer etiselüloz, bitki hücre duvarlarında bulunan selüloz olan polisakkaritten ve yeryüzündeki en bol polimerden türetilir. Çeşitli polimerlere GRAS statüsü verilmiştir ve etiselüloz da bunlardan biridir. (Laredo, Barbut ve Marangoni, 2011). Etiselüloz, selülozdan sadece bir veya daha fazla selülozun üç hidroksil grubunun ikame edilmesiyle farklılaşır. Son zamanlarda, ES bazlı oleojeller, yiyeceklerdeki katı yağların yerine, çikolatada, fırıncılık ürünlerinde yağ bağlayıcı maddeler olarak ve kozmetik ürünlerde olarak kullanılmıştır (Cattaruzza vd. 2012; Marangoni 2015; Davidovich-Pinhas, Barbut, Marangoni., 2016).

**Şellak**, doğal bir hidrofobik biyopolimer olan ve hidroksi yağ ve seskiterpen asitlerini içeren dişi böcek *Lacifer lacca*'nın reçineli bir salgısıdır. Gıdalarda, kozmetik ürünlerde ve ilaçlarda kaplama olarak kullanılmasına izin verilen bu salgı iyi bir film oluşturma kapasitesi, yüksek parlaklık kazandırma ve düşük geçirgenlik gibi özelliklere sahiptir (Patel vd., 2011; Wei vd., 2015; Chen vd., 2018).

### **1.2.5.Oleojelde Kullanılan Yağlar ve Bunların 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 yağı (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 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)'nin yaptığı bir çalışmada emülsiyon oleojellerinde mikro yapının oluşmasında düşük polaritede yağ kullanımının etkili olduğunu tespit etmiştir.

Pehlivanoğlu vd. (2018a), 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.

### **1.2.6.Oleojelin Gıda Uygulamalarında Kullanılması**

Oleojellerin gıdalardaki uygulama alanları ile ilgili çalışmalar son yıllarda oldukça artmıştır. Çikolata ve türevlerinde (Stortz vd.2014), kurabiye, kek vb. ürünlerde (Yılmaz ve Öğütçü, 2015; Mert ve Demirkese, 2016), baharatlı alman sosislerinde (Zetzi vd., 2012), sürülebilir kahvaltılık margarinerine alternatif olarak (Yılmaz ve Öğütçü 2014a; Yılmaz ve Öğütçü 2014b; Patel vd.,2014a), krem peynir ve dondurma üretiminde (Zulim vd., 2013; Bemer, 2016), oleojel ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Kandelilla vaksı kullanılarak hazırlanmış oleojellerin turta hamurunda şortening yağlar yerine kullanıldığı bir çalışmada tamamen oleojel kullanıldığında daha yumuşak ürünler elde edilmiştir. Şortening yağlar ile oleojellerin kısmen değiştirilmesinde ise daha kabul edilebilir hamur ve turta özellikleri sağlanmıştır. Şorteninglerin oleojeller ile aşamalı olarak değiştirilmesi ile turta hamurunda doymuş yağın azaltılmasında uygun bir yaklaşım olabileceği düşünülmektedir. (Mert ve Demirkese, 2016). Şellak ile hazırlanan oleojellerin şortening yerine kek ürününde kullanıldığı diğer bir çalışmada kabul edilebilir hamur özellikleri elde edilmiştir (Patel vd., 2014b).

Yılmaz ve Ögütçü (2015), yaptıkları çalışmada ticari unlu mamul şorteninglerine karşı kurabiyeleri hazırlamada ayçiçeği vaksı ve balmumu vaksı oleojelleri kullanarak, temel kimyasal bileşim, dokusal özellikler ve kurabiyelerin bazı fiziksel özellikleri karşılaştırmışlardır. Ayrıca, çalışmada kurabiye dokusu ve stabilitesindeki değişiklikler, oda sıcaklığında 30 gün depolama sırasında izlenmiştir. Hemen hemen tüm kalite özelliklerinde, oleojel ile hazırlanan kurabiyelerin ticari şorteningler ile hazırlanan kurabiyeleri andırdığı bulunmuştur. Tüketicilerin hedonik skorları, oleojel kurabiyelerinin şortening kurabiyelerden daha iyi olduğunu ve tüketiciler tarafından da iyi bir şekilde kabul edildiğini göstermiştir.

Yapılan çalışmalarda çikolata ve çikolata türevlerinin oleojel kullanılarak elde edildiği ürünlerde dokusal ve reolojik özellikleri geleneksel olanlara kıyasla kabul edilebilir seviyelerde olduğu görülmüş ve ayrıca oleojellerin ısıya dirençli çikolata üretmek için kullanılabilir olduğu konusunda görüş birliği sağlanmıştır (Stortz ve Marangoni 2013; Stortz vd., 2014; Patel vd., 2014b; Stortz vd., 2015).

Zetzi vd. (2012), yaptıkları bir çalışmada kanola yağı ve etil selüloz kullanılarak elde edilen oleojelleri, baharatlı alman sosislerinde doymuş hayvan yağı yerine kullanmışlardır. Oleojeller ile yapılmış baharatlı alman sosisleri ile hayvansal yağ kullanılarak yapılanlar karşılaştırıldığında çiğneme ve sertlikte önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada ayçiçeği vaksı (AV) ve balmumu vaksı (BV) içeren zeytinyağı oleojelleri %3, %7, %10 ekleme seviyelerinde geliştirilmiş ve bu oleojeller kahvaltılık margarin (KM) ile karşılaştırılmıştır. %3 BV ve %7 BV oleojellerinin yapısal özellikleri KM'ye çok benzer olduğu görülmüştür. Oleojellerin katı yağ içerikleri KM'ninkinden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, %3 BV jelinin termal özellikleri, KM'ninkine daha benzer çıkmıştır (Yılmaz ve Ögütçü, 2014a). Ögütçü ve Yılmaz (2014), ayrıca monodigliserit ve karnauba vaksı ile sızma zeytinyağını jel formuna getirerek kahvaltılık sürülebilir katı yağlar ile kıyaslamış olup %7 veya daha düşük konsantrasyonlardaki vaks ekleme seviyelerinin istenen termal ve tekstrürel özelliklere sahip oleojelleri üretmek için yeterli olacağı görülmüştür.

Lupi ve diğ. (2012), oleojelatör (mono ve di-gliserid) ve yağ kaynağının farklı kakao yağı ve zeytinyağı oranı ile hazırlanan zeytinyağı bazlı oleojellerin reolojik özellikleri

üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kristalleşme ve jelleşme davranışının ve reolojik özelliklerin yağ kaynağından etkilendiği sonucuna varmışlardır. Doyma derecesi seviyesi (kakao yağı fraksiyonu) ile kristalizasyon ve jelleşme sıcaklığı ve depolama süresi değerleri artmıştır. Kritik noktanın üzerinde, reolojik özellikler sadece jelator konsantrasyonundan etkilenmiştir.

Patel vd. (2014b) şellak oleojellerini sulu formda hazırlayarak sürülebilir katı yağlar, çikolata, pasta ve keklerde kullanarak sonuçları değerlendirmiştir. Formülasyondaki su miktarı ülkemizde endüstriyel olarak üretilen katı yağlar ile benzese de emülsifiye edici ve stabilize edici ajanlar olmadığı için sürülebilir katı yağa alternatif olmasının zor olduğu ancak gıda üretiminde kullanılabilir bir ürün olduğunu bildirmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada keklerde kullanılan şortening yağlar yerine oleojellerin kullanılması amaçlanmıştır. Farklı oranlarda yüksek oleik asitli ayçiçek yağı, pamuk tohumu yağı, blend yağ ve karnauba vaksı kullanılarak beş farklı oleojel elde edilmiştir. Çalışmada yağ asitleri bileşimi SFC, reolojik özellikler ve oleojellerin sertlik değerleri yağ kombinasyonlarından önemli derecede etkilenmiştir. Yapılan reolojik analizler sonucunda oleojellerin katı benzeri özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen oleojellerin kullanıldığı keklerde renk özelliklerinin kontrol numunesi ile benzer olduğu tespit edilmiştir. (Pehlivanoğlu vd., 2018b)

Hwang vd. (2012) çeşitli bitkisel vaksı (ayçiçeği, pirinç kepeği ve kandelilla vaksı) kullanarak ticari katı yağ özelliğinde oleojeller üretmişlerdir. Çalışmada tekstürel, ısıl analizler yapılmış olup sonucunda ayçiçeği vaksı ekleme oranının artmasıyla erime noktasının 47 °C'den 65 °C'ye yükseldiği saptanmıştır. Soğutma hızının oleojelin kristal boyutuna ve jel sertliğine gözle görülür etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Chen vd. (2016) zein bazlı, gliserol içinde yağ emülsiyonları oluşturup bunları  $\beta$ -karoten ile zenginleştirip ticari katı yağlar ile karşılaştırmışlardır. Reolojik ve morfolojik çalışmalar göstermiştir ki  $\beta$ -karoten ilavesi jel yapıyı güçlendirmiş ve zein emülsiyonlarının sürülebilirliğini artırmıştır. Bu sonucun da zein molekülleri ile  $\beta$ -karoten arasındaki etkileşimden ileri geldiğini ifade etmişlerdir.

Bemer vd. (2016) oleojel ikameli krem peynir ürünleri üretmek için, bitkisel yağlar ve diğer yağsız bileşenlerle birlikte pirinç kepeği vaksı ve etilselüloz oleojelatörleri ile yapılan yenilebilir oleojeller kullanılmışlardır. İki adet etilselüloz içeren dört adet

pirinç kepeği vaksı içeren, dört adet oleojel krem peynir ürünü hazırlanmıştır. Tam yağlı ve yağsız ticari krem peynir örneklerini içeren kontrol numuneleri ile karşılaştırılmıştır. Kompozisyon analizi sonucunda, tüm oleojel krem peynir numuneleri, tam yağlı ticari kontrol ile karşılaştırıldığında toplam yağ içeriğinde yaklaşık %25'lik bir azalma göstermiştir. Daha spesifik olarak, doymuş yağın daha sağlıklı doymamış yağ alternatifleriyle değiştirilmesiyle, krem peynir ürünlerinin geliştirilmiş bir yağ asidi profili belgelenmiştir.

Ayçiçek yağı ve kandelilla vaksı, karnauba vaksı, pirinç kepeği vaksı kullanılarak oleojeller elde edilmiştir. Elde edilen oleojellerin dondurma yapısına eklenmesi sağlanmıştır. Kullanılan vakslar arasında pirinç kepeği vaksı kullanıldığında dondurmadaki kristal oluşumuna daha yüksek katkı sağlamıştır. Yapılan bu çalışma ile pirinç kepeği vaksı oleojelinin dondurmada yağ yapımını geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Zulim vd., 2013b).

Yapılan bir başka çalışmada eriştelerin, kızartma yağı olarak kullanılan soya fasülyesi yağı karnauba vaksı kullanılarak oleojel haline getirilmiştir. Yüksek sıcaklık değişimlerine daha duyarlı oleojeller elde edilmesi için jelatör olarak karnauba vaksı seçilmiştir. Elde edilen oleojellerin temel termo-reolojik özellikleri araştırılmış, oleojellerde kızartılan eriştelerin kalite özellikleri palm ve soya fasülyesi yağında kızartılanlar ile karşılaştırılmıştır. Palmiye ve soya fasülyesi yağında kızartılmış eriştelerle kıyasla, oleojellerde kızartılan örneklerin yaklaşık %16 daha az yağ emdiği görülmüştür. Oleojel ile kızartılmış eriştelerdeki doymuş yağ asitleri seviyeleri (19 g / 100 g), palmiye yağı kızartılmış eriştelerle (54 g / 100 g) kıyasla önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, erişte dokusunda oleojelin herhangi bir olumsuz etkisi görülmemiştir. (Lim vd., 2017).

Yapılan bir çalışmada balmumu vaksı konsantrasyonunun (%5, %7,5, %10) ve soğutma sıcaklığının (4, 25 ° C) olduğu susam yağı oleojeli sığır etinden elde edilen diğer yağlar ile karşılaştırılmıştır. Asit ve peroksit değerleri, yağ asidi bileşimi, renk, doku, termal özellikleri ve kristal morfolojisi incelenmiştir. Sığır eti hamburgerinin içerdiği hayvansal yağ üç farklı konsantrasyonda (%0, %25 ve %50) hazırlanan oleojel ile değiştirilmiştir. Oleojellerin bulunduğu hamburgerler, hayvansal yağlardan daha az sertliğe neden olmuş, bu da ham hamburgerin sertliğini ve çiğnenmesini kontrol örneğine göre %50 azaltmıştır (Moghtadaei vd., 2018).

Yapılan diğerk bir çalışmada ayçiçek yağı ve karnauba vaksı kullanılarak elde edilen oleojellerin reolojik özellikleri margarinler ile karşılaştırılmıştır. Oleojellerde bulunan doymamış yağ asidi miktarı margarine göre daha fazla bulunmuştur. Çalışma ile oleojellerin özelliklerinin (reolojik ve dokusal) ticari margarinler ile benzer olduğu ve oleojellerin margarinler yerine kullanılabileceğini göstermiştir (Pehlivanoğlu vd., 2018a).

### 1.3.DSC (Diferansiyel tarama kalorimetri)



**şekil 1.1:** DSC Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC)

Termal analizler, sentetik polimerleri karakterize etmek için uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Gıda biliminde, yağ ve sıvı yağlar, karbonhidratlar, su veya alkol, proteinler ve gıda ambalajlarının depolanması ve işlenmesi sırasında fiziksel davranışları incelemekte kullanılır (Azira, 2016). Bununla birlikte, gıda ve içeceklerde, örneğin su kaybının, protein denatürasyonunun, nişasta kristalleştirmesinin, termofiziksel özelliklerin (spesifik ısı, entalpi, termal iletkenlik) tespiti için termal analizin kullanılmasına artan bir ilgi vardır.

Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC), ısı akışı miktarındaki farkı veya bir test numunesi ve inert bir referans arasındaki sıcaklık farkı arasındaki farkı ölçen ve genellikle sabit bir hızda, sıcaklıkta yükseltilen ve / veya düşürülen bir termoanalitik yöntemdir. Dahası, basit, hızlı ve evre dostu bir teknik olarak bilinmektedir. Öte yandan, DSC formüle edilmiş farmasötiklerin ve gıda sistemlerinin termal karakterizasyon alanında önem kazanmış bir tekniktir (Dahimi vd, 2014).



Bu teknik, materyallerdeki geçişler ile ilişkili sıcaklık ve ısı akışını, bir atmosferde zaman ve sıcaklık işlevi olarak ölçmek için kullanılır (Poonia vd., 2016). Ölçümler, endo-termik süreçleri (ısı absorpsiyonu oluştuğunda), ekzotermik (ısı oluşumu gerçekleştiğinde) veya ısı kapasitesindeki değişiklikleri içeren kimyasal ve fiziksel değişimler hakkında nicel ve nitel bilgiler iletir (Chiavarro, 2014).

Termofiziksel özellikler, depolama süresi, kurutma, soğutma veya ısıtma sırasında ısıtma için ısı transfer hesaplamalarının gerçekleştirilmesi ile ilgili olduğu için önemlidir (Pustjens vd., 2016). Analiz ayrıca işlenmiş gıda ürünlerinin gıda kalitesini, güvenliğini ve stabilitesini belirlemeye ve iyileştirmeye yardımcı olur (Yıldız, 2009).

### **1.3.1.Oleojellerin Isı Özelliklerinin Kullanıldığı Çalışmalar**

Nar çekirdeği yağı ve balmumu vaksı, propolis vaksı ve bunların karışımı kullanılarak yapılan bir çalışmada oleojellerin kristalleşme ve erime davranışı DSC analizi ile incelenmiştir. Kristalizasyon ve erime entalpilerinin tüm örneklerde artan balmumu vaksı konsantrasyonu ile orantılı olarak arttığı belirtilmiştir. Ayrıca propolis vaks, balmumu vaksı ve bunların karışımı arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Propolis vaks içeren oleojellerin, yalnızca balmumu vaksı ve karışımlarını içeren oleojellere göre daha düşük kristalleşme ve erime sıcaklığı gösterdiği tespit edilmiştir (Fayaz vd., 2017).

Yapılan bir çalışmada, susam yağı ve balmumu vaksının hamburger köftesine katılmak üzere hazırlanan oleojellerde kullanılan balmumu vaksının erime noktası  $64.05 \pm 0.07$  °C iken susam yağı oleojellerinin erime noktası 48–52 °C'ye gelmiştir. Oleojelatör konsantrasyonunun artmasının erime noktasının artmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, oleojellerin soğutma sıcaklığı bu özellik üzerinde önemli bir etkiye sahip olmamıştır. Erime noktası ve balmumu vaksı konsantrasyonu arasındaki ilişki, vaksın daha yüksek konsantrasyonlarında daha güçlü kristal kafes oluşturmasına bağlıdır. Oleojeller daha doymamış yağ asitleri içermesine rağmen, erime noktaları hayvansal yağlardan daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Oleojellerin kullanımı ile yüksek erime noktalı ve yüksek doymamış yağ asitleri içeren yağlara olan ihtiyaç karşılanmaktadır. Balmumu vaksı için erime entalpisi  $176.06 \pm 3.26$  J / g bulunurken, balmumu vaksı oleojelleri için bu miktar 5.77 ila 12.78 J / g arasında değişmiştir. (Moghtadaei vd., 2018). Lipitlerin entalpisini etkileyen önemli bir parametre triaçilgliserol bileşimidir. Ayrıca lipid yapısında bulunan kristal miktarları

entalpiyi deęiřtirebilmektedir. Katı yaę içerięi lipitte azaldığında entalpi daha dūřuktur. (Rousseau & Marangoni, 2002).

Toro-Vazquez vd., (2013) tarafından yapılan bir çalıřmada kandellila vaksı emūlsiyon oleojellerinin DSC ile Őlülen ergime sıcaklıları 36,20 ile 68,90 °C arasında deęiřtięi saptanmıřtır. Kandelila vaksı emūlsiyon oleojellerinin konsantrasyonu arttıkça ergime noktasının yūkseldięi belirtilmiřtir.

Hwang vd., (2013) tarafından soya yağı ile %1-6 arasında değişen konsantrasyonlarda ayçiçek vaksı kullanılarak oleojel ũretilmiřtir. ũretilen oleojellerin erime noktalarının 50-70 C<sup>0</sup> arasında olduğu tespit edilmiştir.

Rocha vd. (2013) tarafından yapılan diğer bir çalışmada soya yağı ile kandellila vaksı ve şeker kamışı vaksı kullanılarak ũretilen oleojeller ũretilmiřtir. Çalışmada ũretilen %4 oranında şeker kamışı vaksı kullanılan oleojelin erime noktası 43,17 °c iken %4 oranında kandelila vaksı içeren oleojelin erime noktası 43,64 °C olarak tespit edilmiştir.

Doan, vd. (2015) eřitli vaksların pirinç kepeği yağıyla oleojel oluşturma davranışlarını reolojik Őlümler, DSC ve polarize ışık mikroskobu kullanarak test etmişlerdir. Yapılan çalışmada, karnauba Brezilya ve meyve vakslarının pirinç kepeği yağıyla oleojel oluşturma Őzelliklerinin reolojik davranış açısından zayıf olduğunu ancak %2 konsantrasyondan daha dūřük konsantrasyonda kullanılsa dahi karnauba vaksı, kandelila vaksı, balmumu vaksı ve ayçiçeği vaksının son derece etkili oleojelatör olduğunu ortaya koymuştur.

Yapılan bir çalışmada fındık yağı bazlı balmumu vaksı ve monoglisericid ile oluşturulan oleojellerin ısıl davranışları incelenmiştir. Ticari şortening ũrünlerinin erime sıcaklığı 41,86 °C iken ve % 3 balmumu vaksı içeren oleojel numunesinin erime 45,22 °C olarak tespit edilmiştir. Genel olarak, oleojellerin erime sıcaklıkları ve entalpileri, monoglisericid oleojellerinin ilk fraksiyonları hariç, ticari şortening numunesi ile oldukça benzer bulunmuştur. Bu nedenle, benzer uygulamalar için iyi bir alternatif olabileceği ve gıda ũrünlerindeki termal koşullarla ilgili herhangi bir problem yaratmayacağı sonucuna ulaşılmıştır. şortening yağlarda erime sıcaklığı, farklı uygulamalar için yağın uygunluğunu belirleyen temel bir kalite parametresidir. Oleojaletörün konsantrasyonu arttıkça, erime sıcaklıkları ve entalpileri de artar. Bu

bulgu, üretilen oleojelin uygulamasına bağlı olarak, termal parametrelere ve diğer (doku, tat vb.) ölçümlere dayanarak uygun bir oleojelatör ilavesinin seçilmesinin önemini göstermektedir (Yılmaz ve Öğütücü, 2014b).

Nar çiçeği yağı ile karnauba vaks ve monogliserid kullanılarak oleojel elde edilen diğer bir çalışmada monogliserid kullanılan oleojellerin erime sıcaklıkları 11,09 – 50,63 °C arasında değişmiştir. Kimyasal şorteningle (45,92 °C) karşılaştırıldığında benzer olduğu görülmüştür. Karnaubu vaks içeren oleojellerin ise daha yüksek erime sıcaklıklarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Öğütücü ve Yılmaz, 2015b).

Yapılan diğer bir çalışmada %3, %7 ve %10 ayçiçeği vaksı (AV) ve balmumu vaksı (BV) içeren zeytinyağı oleojelleri kahvaltılık margarin (KM) ile karşılaştırılmıştır. Zeytinyağı, BV ve AV'nin erime sıcaklıkları, 93,96, 63,15 ve 76,29 °C olarak, erime entalpileri ise sırasıyla 71.36, 174,44 ve 199,68 J / g olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, AV'nin BV'den daha yüksek erime sıcaklıklarına ve entalpilere sahip olduğunu göstermiştir. BV oleojellerinin kristalleşme sıcaklıkları 35,06 ile 43,79 °C arasında değişirken, erime sıcaklıkları 44,36 ile 50,08 °C arasında değişmektedir. Bununla birlikte, AV oleojellerinin kristalleşme ve erime sıcaklıkları sırasıyla 51,53 ile 58,63 °C ve 58,26 ile 63,59 °C arasında bulunmuştur. Oleojellerinin erime sıcaklığının, balmumu vaksı ekleme seviyesine bağlı olduğu gözlemlenmiştir (Yılmaz ve Öğütücü 2014a).

Hwang vd. (2012), AV ile hazırlanan soya fasülyesi yağı oleojellerinin erime sıcaklıklarının, 47,00 ile 65,00 °C arasında değiştiğini ve entalpilerinin 0.20 ile 15.00 J / g arasında değiştiğini bildirmiştir.

#### **1.4.FTIR Spektroskopisi**

Fourier dönüşümü kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi, belirli bir dalga boyu aralığında IR ışınımı tarafından uyarılan bir molekülün titreşiminin ölçülmesine dayanan bir fiziko-kimyasal yöntemdir (Davis ve Mauer, 2010). IR radyasyonu bir numuneden geçirildiğinde, spesifik dalga boyları emilir ve materyaldeki kimyasal bağların gerilmesi, büzülmesi ve bükülmesi gibi titreşimler geçirmesine neden olur. Bir molekülde bulunan fonksiyonel gruplar, moleküldeki diğer yapılara bakılmaksızın aynı ışınım radyasyonunu absorbe etme eğilimindedir ve spektral tepeler, IR bölgesindeki bağ titreşimsel enerji değişimlerinin emiliminden türemiştir (Smith,

1996). Böylece, IR band pozisyonları ile molekül içindeki kimyasal yapılar arasında bir korelasyon vardır. FTIR spektroskopisi doğrudan ve geri dönüşlü bir yöntemdir. Az miktarda örnekle kısa sürede sonuç alınabilmektedir. (Gomez- Ordo ve Luperez, 2010).



**Şekil 1.2:** FT-IR Spektroskopisi

Elektromanyetik ışık dizisinin kızıl ötesi bölgesi  $14000\text{ cm}^{-1}$  ile  $10\text{ cm}^{-1}$  arasındadır ve yakın dalga boylu kızıl ötesi (NIR;  $4000\sim 14000\text{ cm}^{-1}$ ), orta dalga boylu kızıl ötesi (MIR;  $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$ ) ve uzak dalga boylu kızıl ötesi (FIR;  $4\sim 400\text{ cm}^{-1}$ ) olmak üzere üç ana bölgeden oluşmaktadır (Skoog vd., 1998).

Fourier transform infrared (FTIR) spektroskopisi, gıda endüstrisinde kantitatif bir kontrol yöntemi olarak önemli bir potansiyele sahiptir ve çeşitli gıdalarda kimlik doğrulama ve tağşiş sorunları çözmek için bugüne kadar başarıyla kullanılmıştır (Papadopoulou vd., 2011; Reis vd., 2013). Hücreleri oluşturan temel biyomoleküller hakkında bilgi vermektedir (Mecozzi vd., 2011). Şekerlerin gıda endüstrisinde analiz edilmesinde ve tanımlanmasında önemli uygulamalar olmuştur (Mathlouthi ve Koenig, 1986). Proteinleri oluşturan amino asitleri, kofaktör, redoks reaksiyonu, reaksiyona katılan enzimlerin oluşumu ve bağların yapısal değişiklikleri incelemek için kullanılan bir tekniktir (Iwaki vd., 2005). Süt endüstrisinde membran modüllerinin belirlenmesinde güvenilir bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Delaunay vd., 2006). Gıda

kaynaklı bakterilerin epidemiyolojik araştırması için güvenilir yöntemlerden biridir (David ve Mauer, 2010). Palm yağı karıştırılmış sızma zeytinyağında tağışış tespitinin sağlanabilmesi için FT-IR spektroskopisi kullanılmıştır (Rohman ve Man, 2010). Sıvı ve katı yağların sınıflandırılmasında %98 etkili olduğu tespit edilmiştir (Yang 2005). Özülkü vd, (2017) susam yağının, fındık yağı, kanola yağı ve ayçiçek yağı ile tağışışını incelediği bir çalışmada, parmak izi bölgelerinin farklılığı ile yağların birbirlerinden ayrılabilceğini ve FT-IR kullanılarak susam yağı tağışışının tespit edilebileceğini bildirmişlerdir.

Van der Waals kuvvetleri, moleküller arasındaki elektrostatik çekim kuvvetidir. Dipol-dipol etkileşimleri ve kalıcı dipol olmayan molekül ve atom arasındaki bu etkileşimlerin ortalama değeri van der Waals kuvveti adı verilir. Van der Waals kuvvetleri elektrostatik çekim içerdinden moleküller arası uzaklık (r) etkisiyle çok çabuk değışim gösterirler. Zayıf olmalarına rağmen sıvıların ve suyun akışkanlığında etkilidirler. (Tarlacı, 2005). Bitkisel yağın vakslar ile olan oleojelasyonu genellikle kovalent olmayan yapıları (hidrojen bağları, van der Waals kuvvetleri,  $\pi$ - $\pi$  etkileşimleri) nedeniyle kristallerin zayıf etkileşimi ile elde edilmektedir (Patel ve Dewettinck, 2016).

#### **1.4.1. Oleojellerin FT-IR Spektroskopisi ile İncelendiği Çalışmalar**

Hint yağı ile jelatör olarak monosorbitan palmitat kullanılan bir çalışmada oleojellerin bileşenleri arasındaki moleküler etkileşimleri incelemek için FTIR spektroskopisi kullanılmıştır. Hint yağı,  $1730\text{ cm}^{-1}$  ve  $1460\text{ cm}^{-1}$ 'de, sırasıyla ester ve CH bükme titreşimlerinin karbonil grubuyla ilişkili olabilen absorpsiyon pikleri ortaya çıkmıştır. Hint yağındaki,  $2930\text{ cm}^{-1}$  ve  $2837\text{ cm}^{-1}$ 'deki absorpsiyon zirveleri, yağ asitlerinin alkan omurgasına bağlı olarak  $\text{CH}_3$  ve  $\text{CH}_2$ 'deki C-H gerilme titreşimlerine atfedilmiştir.  $1743\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik, hint yağında mevcut olan trigliseritlerin karbonil grubunun gerilme titreşimi ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir.  $3400\text{ cm}^{-1}$ 'de geniş pik mevcudiyeti, boş ve metronidazol yüklü jellerdeki jel bileşenleri arasında güçlü molekül içi / moleküller arası hidrojen bağlanmasının varlığını göstermiştir. Hammaddelere kıyasla emilim tepe noktalarındaki yoğunluk artışının jel bileşenleri arasında hidrojen bağlanmasındaki görülen artışı etkili olduğu bildirilmektedir. (Singh, 2013).

Yapılan bir çalışmada fındık yağı bazlı balmumu vaksı ve monogliserid ile oluşturulan oleojellerin FTIR ile molekül yapısı incelenmiştir. Alınan spektrumlarda monogliserid oleojel numunesinde ölçülen çok küçük bant ( $3,300-3,450\text{ cm}^{-1}$ ) bazı moleküller arası hidrojen bağlanmasının varlığını göstermektedir. Bu bantlar hem balmumu vaksı hem de balmumu vaksı oleojellerinde bulunmadığından, monogliseridin moleküler yapısına atfedilmiştir (Yılmaz ve Öğütçü, 2014b).

Öğütçü ve Yılmaz'ın (2015b) nar çekirdiği yağı ile karnauba vaksı ve monogliserid kullanarak oleojel ürettiği bir çalışmada FT-IR spektrumları incelendiğinde monogliserid numunelerinin  $3400-3200\text{ cm}^{-1}$  aralığında pik verdiği tespit edilmiştir. Ancak karnauba vaks içeren oleojellerde bu bant aralığında pik görülmemiştir.

Adel vd., (2010) göre  $3550-3450\text{ cm}^{-1}$  aralığında orta yoğunluklu görülen pikler hidrojen bağlarını göstermektedir. Elde edilen pikler monogliserid içeren oleojellerin hidrojen bağı oluşturduğu saptanmıştır. Bu durumda monogliserid içerisinde hidrojen bağı oluşturan OH gruplarını içediğini göstermektedir.

Fayaz, Goli ve Kadivar (2017) yaptıkları bir çalışmada propolis vaksı ile kanola yağı, susam yağı, ayçiçek yağı ve keten yağı kullanılarak oleojeller elde etmiş ancak, elde edilen oleojeller ve propolis vaksta hidrojen bağları veya kimyasal moleküller arası etkileşimler gözlemlenmemiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada sızma zeytinyağı ile gliseril stearat, polikosanol ve bunların karışımları kullanılarak elde edilen oleojellerin FT-IR spektrumları incelenmiştir. Gliseril stearatın  $3307$  ve  $3241\text{ cm}^{-1}$  de OH gruplarına karşılık gelen geniş bir tepe noktası ile hidrojen bağı sağlayabildiği, polikosanolün ise van der Waals etkileşimlerinin oluşumunu sağladığı görülmüştür. Karışım olarak kullanımının saf polikosanol ile elde edilen oleojelden daha zayıf bir jel oluşumuna neden olmuştur (Lupi vd., 2017).

Nar çekirdeği yağı ve balmumu vaksı, propolis vaksı ve bunların karışımı kullanılarak yapılan bir çalışmada oleojellerin FTIR spektrumu incelenmiştir. Oleojeller  $1735-1750\text{ cm}^{-1}$  de (karbonil grubu  $C=O$  nun vibrasyonunun gerilmesi),  $1000-1300\text{ cm}^{-1}$  de (ester grubunda  $C-O$  esneme titreşimi) ve  $2900\text{ cm}^{-1}$  de (alkan  $sp^3$   $C-H$  gerilmesi) pikler göstermiştir. Oleojellerde hidrojen bağını gösterecek bir sinyal alınmamıştır. Bu

bulgulara dayanarak, balmumu vaksı, propolis vaks ve bunların nar çekirdeği yağındaki karışımlarının oluşturduğu ağların temel olarak van der Waals etkileşimlerine atfedilebileceği sonucuna varılmıştır (Fayaz vd. 2017).

Yapılan diğer bir çalışma da beta-siterol ve stearik asit, ayıek yağı kullanılarak elde edilen olejelin FT-IR spektrumu incelendiğinde jel ağının fiziksel dolaşımla oluştuğu hidrojen bağlanma gibi kovalent olmayan etkileşimlerle stabilize olduğu tespit edilmiştir (Yang 2017).



## İKİNCİ BÖLÜM

### MATERYAL VE METOD

#### 2.1. Materyal

Oleojel hazırlanmasında kullanılan ayçiçek yağı İstanbul'da bir süper marketten, balmumu ve karnauba vaksı ise gıda katkı maddesi satışı yapan bir firmadan temin edilerek materyal olarak kullanıldı. Tablo 2.1'de verilen yanıt yüzey metodu ile elde edilen modelleme konsantrasyonları kullanılarak, ayçiçek yağı ile hazırlanan oleojel numuneleri -20 °C de muhafaza edilerek analiz edilmiştir. Tüm analizlerde üniversite laboratuvarında bulunan cihazlar kullanılmıştır.

#### 2.2. Metod

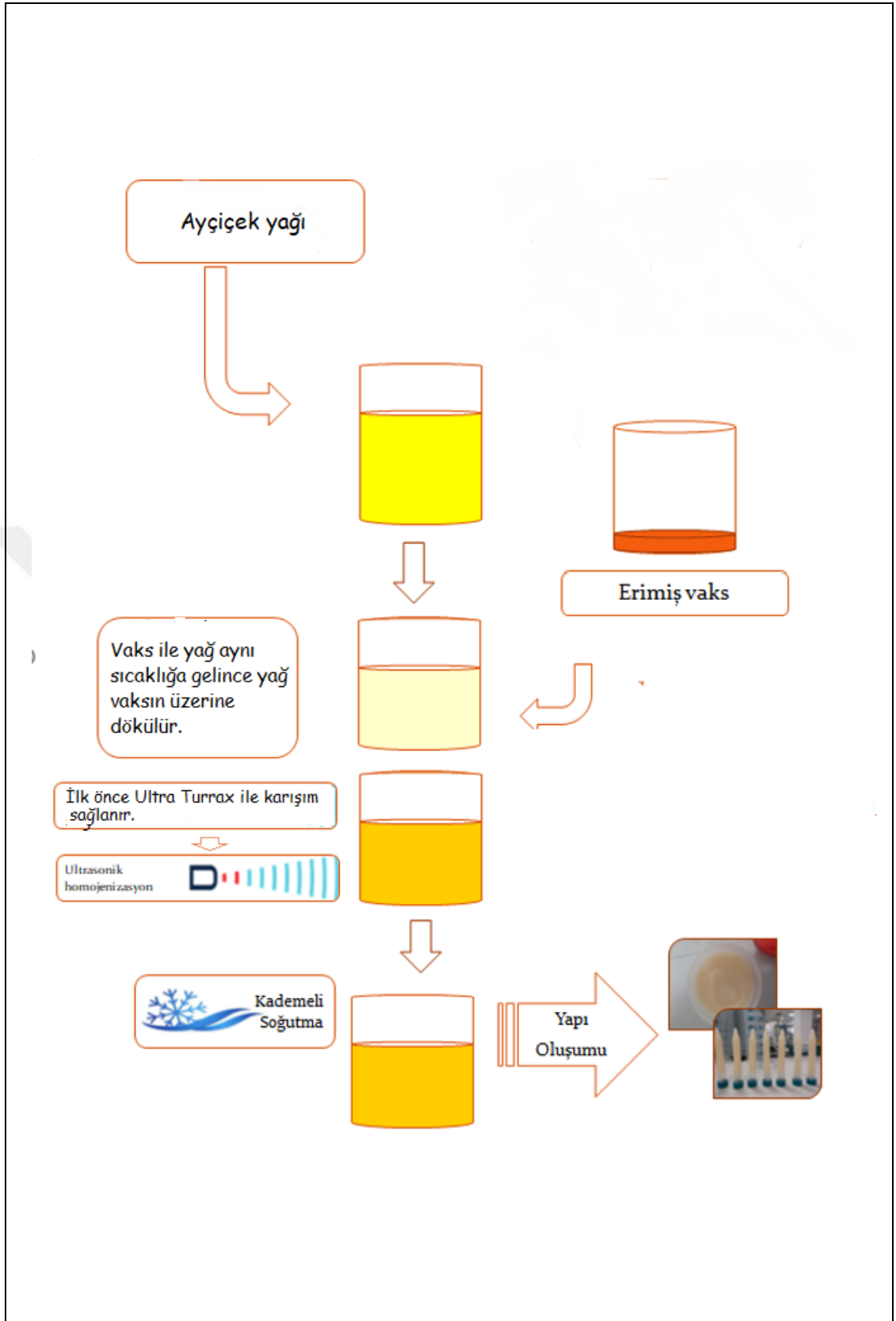
##### 2.2.2. Oloejelin Hazırlanması

Modelleme tablosunda yer alan değerlere göre vaks ve yağ tartımı yapıldı. Ayçiçek yağı ile vaksların homojen karışımının sağlanması için su banyosunda ayçiçek yağı, balmumu vaksı, karnauba vaksı 85 °C'ye getirilerek vaksın erimesi sağlandı. Vaks yağın üzerine eklenerek 5 dk süresince IKA® T18 Dijital Ultra Turrax ile karışımı sağlandı. Ardından SELECTA® Ultrasonik karıştırıcıya alınarak 5 dakika daha karıştırıldı. Hazırlanan oleojeller falkon tüplere konularak oda sıcaklığında 1 saat bekletildi. Ardından +4 °C'de 1 saat bekletildikten sonra analizlerde kullanılmak üzere -20 °C'de saklandı (Şekil 2.1).



**Tablo 2.1:** Karnauba ve Balmumu Vaksının Modellemesi

Örnek İsimleri	% Konsantrasyon	
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı
1-3	2,442	0,557
2-3	1,785	1,214
3-3	2,089	0,910
4-3	0,551	2,448
5-3	1,960	1,039
6-3	1,521	1,478
7-3	0	3
8-3	3	0
1-5	3,037	1,962
2-5	0,904	4,095
3-5	3,580	1,419
4-5	2,497	2,502
5-5	3,281	1,718
6-5	4,067	0,932
7-5	0	5
8-5	5	0
1-7	3,515	3,485
2-7	5,039	1,960
3-7	4,220	2,779
4-7	1,283	5,716
5-7	5,783	1,216
6-7	2,456	4,543
7-7	0	7
8-7	7	0
1-10	6,472	3,527
2-10	1,804	8,195
3-10	4,949	5,050
4-10	3,467	6,532
5-10	9,097	0,902
6-10	8,093	1,906
7-10	0	10
8-10	10	0



**Şekil 2.1:** Oleojel Hazırlama Aşamaları

### **2.2.3.DSC Analizi**

1 gün boyunca  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan oleojellerin termal özelliklerinin belirlenmesinde diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile (Shimadzu, DSC-60 Plus Series, USA) ölçümler yapılmıştır. Numuneler 15-20 mg 160  $\mu\text{L}$  alüminyum DSC panlarında dikkatle tartılarak hazırlanmıştır. Numuneler,  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $5\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{dk}$  süreyle  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılmıştır. Elde edilen termogramdan erime olaylarının başlangıcı, on-set (Ton), erime noktası (Tpeak), erime entalpileri ( $\Delta H$ ) hesaplanmıştır (Dassanayake vd., 2009).

### **2.2.4.NMR Analizi**

Oleojeller ilk önce bir su banyosunda eritilmiş ve her bir numuneden 3.5 ml alınarak cam NMR tüpüne konulmuştur. Hazırlanan numuneler ilk önce  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de (su banyosu) 5 dakika sonra  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saat bekletilmiş ve daha sonra tüm tüpler sırasıyla 10,20, 30 ve  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dakika bekletilerek şartlandırılmıştır. Her şartlandırılan dereceden sonra Minispec Bruker marka Mq 7.5 NMR cihazı ile okuma yapılarak % katı yağ içeriği (Solid Fat Content) tespit edilmiştir. Analizde AOCS Cd 16b-93 metodu kullanılmıştır (AOCS, 1998).

### **2.2.5.FT-IR Spektroskopisi**

Oleojel numuneleri  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den alınarak kızılötesi spektrumları, FT-IR Spektrofotometresinde (Shimadzu, IRTracer-100) ATR ile kullanılarak analiz edilmiştir. Numunelerin ATR-FTIR spektrumları  $4\text{ cm}^{-1}$  rezolusyonda her bir spektrumda 16 tarama toplanarak gerçekleştirilmiştir. Her ölçüm öncesi background olarak hava kullanılmıştır. İki ölçüm arasında cihazın kristal yüzeyi etil alkol ile temizlenmiştir.

### **2.2.6.Yağ Asidi Kompozisyonu**

Çalışmada kullanılacak ayçiçek yağının yağ asidi içeriği belirlenmiştir. 0,1 gr ayçiçek yağı tartılıp ve üzerine 10 ml hegzan eklenmiştir. 100  $\mu\text{L}$  2 mol/L KOH ilave edildikten sonra 30 sn vorteks ile karıştırılmıştır. 400 devirde 5 dakika santrifüj edilen örneklerin üst fazından alınarak GC'de analiz edilmek üzere viallere alınmıştır. Analizde ThermoScientific Trace 1300 cihaz kullanılmıştır. Cihazda FID dedektör ile yağ asidi kolonu (100m x 0,25 mm) enjeksiyon blok sıcaklığı  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  ye ayarlanmıştır. Fırın sıcaklığı  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 1 dk tutulduktan sonra  $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  artışla  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye yükseltilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır (Anonymous, 1998).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Oleojellerin Erime Profili

##### 3.1.1. Balmumu Vaksı ve Karnauba Vaksının Erime Profili

Çalışmamızda kullanılan balmumu ve karnauba vaksının termal özellikleri erime başlangıç sıcaklığı ( $T_{on}$ ), erime bitiş sıcaklığı ( $T_{end}$ ), erime sıcaklığı ( $T_{peak}$ ), erime entalpisi ( $H_c$ ) değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

**Tablo 3.1:** Balmumu Vaksı ve Karnauba Vaksı Termal Davranışı

	$T_{peak}$ (°C)	$T_{on}$ (°C)	$T_{end}$ (°C)	$\Delta H$ (J/g)
<b>Beeswax</b>	66,75	63,48	68,77	89,82
<b>Carnauba wax</b>	88,68	85,30	90,00	51,28

##### 3.1.2. %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili

Tablo 2.1’de yer alan bileşimlerde üretilen %3 vaks içeriğine sahip, ayçiçek yağı oleojellerinin termal özellik değerleri olan, erime başlangıç sıcaklığı ( $T_{on}$ ), erime bitiş sıcaklığı ( $T_{end}$ ), erime sıcaklığı ( $T_{peak}$ ), erime entalpisi ( $\Delta H$ ) Tablo 3.2’de verilmiştir.

%3 vaks ve vaks karışımı içeren oleojellerin erime sıcaklıklarının  $49,8\text{ C}^0$  ile  $81,2\text{ C}^0$  arasında değiştiği, en yüksek erime noktasının  $81,2\text{ C}^0$  ile %3 karnauba vaksı içeren oleojel, en düşük erime noktasının ise  $49,8\text{ C}^0$  ile %3 balmumu vaksı içeren oleojel olduğu tespit edilmiştir. Karışım içeren vakslar incelendiğinde en yüksek erime noktasının  $79,3\text{ C}^0$ ; en düşük erime noktasının  $65,3\text{ C}^0$  olduğu tespit edilmiştir. Karışım olarak eklenen vaksların oranlarının değişimiyle erime noktasının %21,4 oranında arttığı saptanmıştır.

Söz konusu oleojel numunelerinin, erime entalpi değerlerinin  $0,2\text{ J/g}$  ile  $18,3\text{ J/g}$  arasında olduğu görülmüştür. Balmumu vaksı ve susam yağı ile elde edilen bir oleojel

çalışmasında oleojellerin entalpi değerlerinin 5,77 ile 12,78 J/g olduğu tespit edilmiştir (Moghtadaei vd., 2018)

Yapılan bir çalışmada %3 oranında kandelilla vaksı içeren aspir yağı oleojellerinin erime noktası 44,66 °C iken erime entalpisi 1,61 J/g olarak tespit edilmiştir (Chopin-Doreto vd., 2011). Yine %3 oranında karnauba vaksı içeren nar çiçeği yağı oleojelinin elde edildiği diğer bir çalışmada erime noktası 74,73 °C olarak tespit edilmiştir (Öğütçü, 2014). Çalışmamızda %3 karnauba vaksı içeren oleojelin erime noktası 81,2 °C olarak saptanmıştır.

Yılmaz ve Öğütçü (2014b), yaptıkları çalışmada ticari şortening ürünlerinin erime sıcaklığını 41,86 °C, %3 balmumu vaksı içeren oleojel numunesinin erime sıcaklığını 45,22 °C olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamız literatürde yapılan diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında sonuçların benzer olduğu görülmektedir. Ancak vaksların karışım şeklinde eklenmesiyle karnauba vaksı erime noktasına (88,68 °C) yakın oldukları görülmüştür.

**Tablo 3.2:** %3 Vaks Karışımı Oleojellerinin Termal Davranışı

No	%3 Vaks Karışımı		Termal Davranış			
	Balmumu vaksı	Karnauba vaksı	T <sub>peak</sub> (°C)	T <sub>on</sub> (°C)	T <sub>end</sub> (°C)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)
1-3	2,442	0,557	67,1±0,007	62,0±4,546	68,9±9,142	0,2±0,098
2-3	1,785	1,214	79,3±4,963	78,6±4,737	80,8±4,617	0,9±1,117
3-3	2,089	0,910	65,3±5,084	64,3±5,826	71,2±11,228	5,6±3,634
4-3	0,551	2,448	70,2±10,180	67,2±8,492	81,4±0,919	3,6±0,615
5-3	1,960	1,039	77,2±1,371	76,2±2,609	81,8±1,972	1,1±0,035
6-3	1,521	1,478	74,6±0,848	73,3±0,318	77,6±3,775	0,5±0,028
7-3	0	3	81,2±0,261	76,8±4,744	84,9±1,088	11,9±15,412
8-3	3	0	49,8±2,786	48,7±1,308	63,9±20,958	18,3±24,663

### 3.1.3. %5 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili

Tablo 2.1’de yer alan bileşimlerde üretilen %5 vaks içeren ayçiçek yağı oleojellerinin termal özelliklerinden erime başlangıç sıcaklığı (T<sub>on</sub>), erime bitiş sıcaklığı (T<sub>end</sub>), erime sıcaklığı (T<sub>peak</sub>), erime entalpisi (ΔH<sub>c</sub>) değerleri Tablo 3.3’de verilmiştir.

%5 vaks ve vaks karışımı içeren oleojellerin erime sıcaklıkları 57,2 ile 83,8 °C arasında değişmektedir. En düşük erime sıcaklığı 57,2 °C ile %5 balmumu vaksı içeren oleojelde tespit edilirken en yüksek erime sıcaklığı 83,8 °C yalnızca %5 karnauba

vaksı içeren oleojelde tespit edilmiştir. Ayrıca oleojellerin erime entalpilerinin 1,1-8,3 J/g arasında olduğu tespit edilmiştir.

Karışım vaksı oleojeller incelendiğinde; en düşük erime sıcaklığı 67,2 °C iken en yüksek erime sıcaklığı 80,2 °C olarak bulunmuştur. Karışım olarak eklenen vaksların oranlarının değişimiyle erime noktasının %19,3 oranında arttığı saptanmıştır. %3 vaks ve vaks karışımları içeren oleojellere göre %5 vaks ve vaks karışımlarında hem erime profilinde hem de entalpi değerlerinde artış görülmüştür.

Propolis vaks ve balmumu vaksının %5 %10 oranında kullanılmasıyla hazırlanan nar çiçeği yağı oleojellerinin termal özelliklerini incelendiği bir çalışmada %5 balmumu vaksı içeren oleojelin erime sıcaklığı 51,5 °C iken %5 propolis vaks içeren oleojelin 49,9 °C olduğu tespit edilmiştir. %5 oranında bu iki vaksın karışımı yapılarak incelenen oleojelin erime sıcaklığı 51,5 °C bulunmuştur (Fayaz vd., 2017). Literatürde yer alan diğer bir çalışmada %5 pirinç kepeği vaksı ile hazırlanan zeytin yağı oleojelinin erime sıcaklığı 57,9 °C olarak bulunmuştur (Dassanayake vd., 2009). Bu sonuçlar elde ettiğimiz sonuçlar ile karşılaştırıldığında %5 balmumu vaksı içeren oleojel için yakın değerleri göstermektedir. Ancak çok yakın değerlerin çıkmamasındaki başlıca neden kullanılan vakstaki safsızlıklardan ileri gelmektedir. Vaks karışımı bulunan oleojellerdeki erime sıcaklığındaki değişim kullandığımız vaksın yüksek erime sıcaklığına sahip karnauba vaksı (88,68 °C) olmasından kaynaklanmaktadır. Karışım olan oleojellerin erime sıcaklığının karnauba vaksı erime sıcaklığına daha yakın olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 3.3:** %5 Vaks Karışımları İçeren Oleojellerin Termal Davranış

No	%5 Vaks Karışımı		Termal Davranış			
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı	T <sub>peak</sub> (°C)	T <sub>on</sub> (°C)	T <sub>end</sub> (°C)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)
1-5	3,037	1,962	75,7±0,685	73,7±2,234	79,1±1,025	2,4±0,113
2-5	0,904	4,095	80,2±0,749	77,1±1,378	82,2±1,428	1,1±0,763
3-5	3,580	1,419	75,6±0,509	68,2±1,350	81,5±1,513	1,1±0,077
4-5	2,497	2,502	78,2±1,916	76,6±0,905	80,7±4,171	3,9±4,270
5-5	3,281	1,718	77,8±3,577	74,9±6,264	81,2±2,078	2,5±9,680
6-5	4,067	0,932	67,2±5,883	63,4±5,388	77,7±0,502	1,2±0,272
7-5	5	0	57,2±0,466	56,3±0,650	57,4±2,559	3,3±0,282
8-5	0	5	83,8±0,014	78,6±1,562	87,4±2,432	8,3±0,127

### 3.1.4. %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili

Tablo 2.1’de yer alan bileşimlerde üretilen %7 vaks içeren ayçiçek yağı oleojellerinin termal özelliklerinden erime başlangıç sıcaklığı ( $T_{on}$ ), erime bitiş sıcaklığı ( $T_{end}$ ), erime sıcaklığı ( $T_{peak}$ ), erime entalpisi ( $H_c$ ) değerleri Tablo 3.4’te verilmiştir.

%7 vaks ve vaks karışımı eklenen oleojellerin erime sıcaklıkları 59,5 ile 85,2 °C arasında değiştiği saptanmıştır. En düşük erime noktası 59,5 °C ile %7 balmumu vaksı içeren oleojelde en yüksek erime noktası 85,2 °C ile karnauba vaksı içeren oleojelde tespit edilmiştir. Ayrıca oleojellerin erime entalpilerinin 0,1-5,3 J/g arasında olduğu bulunmuştur.

Karışım vaksli oleojeller incelendiğinde; en düşük erime sıcaklığı 70,7 °C iken en yüksek erime sıcaklığı 79,5 °C olarak bulunmuştur. Karışım olarak eklenen vaksların oranlarının değişimiyle erime noktasının %12,4 oranında arttığı saptanmıştır. %5 vaks karışımı içeren oleojellerin entalpi değerleri ile %7 vaks ve karışımı içeren oleojellerin entalpi değerleri farklılık göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada balmumu vaksı ve karnauba vaksı kullanılarak fındık yağı oleojelleri elde edilmiştir. Elde edilen fındık yağı oleojellerinden %7 balmumu vaksı içeren oleojelin erime sıcaklığı 48,87 °C iken %7 karnauba vaksı içeren oleojelin erime sıcaklığı 69,3 °C dir (Öğütçü, 2014). Aynı çalışmada zeytinyağı ve aynı vakslar kullanılarak elde edilen oleojellerden %7 balmumu vaksı içeren oleojelin erime sıcaklığı 49,1 °C iken %7 karnauba vaksı içeren oleojelin erime sıcaklığı 71,8 °C dir. Sonuçlar çalışmamızdaki değerler ile karşılaştırıldığında değerler arasında farklılık bulunmaktadır. Farklılığın kullanılan vaksın özellikleri ve yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Tablo 3.4: %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Termal Davranışı**

No	%7 Vaks Karışımı		Termal Davranış			
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı	T <sub>peak</sub> (C°)	T <sub>on</sub> (C°)	T <sub>end</sub> (C°)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)
1-7	3,515	3,485	78,9±4,560	76,7±6,569	81,3±3,266	0,8±2,269
2-7	5,039	1,960	75,9±0,898	74,9±1,110	77,9±0,127	2,6±0,565
3-7	4,220	2,779	70,7±5,409	69,4±4,893	73,6±7,382	0,9±0,063
4-7	1,283	5,716	76,7±0,431	69,1±0,010	83,4±0,205	3,3±1,025
5-7	5,783	1,216	71,3±5,388	68,2±2,276	75,9±9,885	0,8±0,346
6-7	2,456	4,543	79,5±0,148	75,8±4,603	82,7±0,707	2,2±0,049
7-7	0	7	85,2±0,565	75,2±7,134	88,2±6,788	0,1±0,120
8-7	7	0	59,5±0,070	50,1±1,576	60,9±0,091	5,3±0,084

### 3.1.5. %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin Erime Profili

Tablo 2.1’de yer alan bileşimlerde üretilen %10 vaks içeren ayçiçek yağı oleojellerinin termal özelliklerinden erime başlangıç sıcaklığı (T<sub>on</sub>), erime bitiş sıcaklığı (T<sub>end</sub>), erime sıcaklığı (T<sub>peak</sub>), erime entalpisi (H<sub>c</sub>) değerleri Tablo 3.5’de verilmiştir.

%10 vaks ve vaks karışımı eklenen oleojellerin erime sıcaklıkları 62,2 ile 86,4 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. En düşük erime sıcaklığı 62,2 °C %10 balmumu vaksı içeren oleojele ait iken, en yüksek erime sıcaklığı 86,4 °C %10 karnauba vaksı içeren oleojele aittir. Oleojellerin erime entalpi değerleri ise 0,3-11,2 J/g dir.

Karışım vaksli oleojeller incelendiğinde; en düşük erime sıcaklığı 69,9 °C iken en yüksek erime sıcaklığı 81,9 °C olarak bulunmuştur. Karışım olarak eklenen vaksların oranlarının değişimiyle erime noktasının %17,2 oranında arttığı saptanmıştır.

Fayaz vd., (2017) propolis ve balmumu vaksı ile hazırlanan nar çiçeği yağı oleojellerinde %10 propolis vaks içeren oleojelin erime sıcaklığını 53,96 °C, %10 balmumu vaksı içeren oleojelin erime sıcaklığını 55,23 °C olarak saptamışlardır. Ayrıca bu iki vaks kullanılarak hazırlanan oleojelin erime sıcaklığı 54,03 °C olarak tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada %10 balmumu vaksı içeren susam yağı oleojelinin erime sıcaklığı 52,25 °C tespit edilmiştir (Moghtadaei vd., 2018).

Yılmaz ve Ögütçü, (2014a) yaptıkları çalışmada, %10 balmumu vaksı içeren zeytinyağı oleojelinin erime sıcaklığını 40,04 °C, %10 ayçiçeği vaksı içeren zeytinyağı oleojelinin erime sıcaklığını ise 48,01 °C olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde



ettiğimiz sonuçlar literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırıldığında elde edilen oleojellerin erime sıcaklıklarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedenin de karnauba vaksının erime noktasının yüksek olması ve artan vaks konsantrasyonudur.

**Tablo 3.5:** %10 Vaks İçeren Oleojellerin Termal Davranışı

No	%10 Vaks Karışımı		Termal Davranış			
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı	Tpeak (°C)	Ton (°C)	Tend (°C)	ΔHc (J/g)
1-10	6,472	3,527	78,6±0,530	79,7±0,593	79,9±0,905	0,5±0,685
2-10	1,804	8,195	79,0±0,707	77,9±0,424	81,2±0,784	1,7±1,420
3-10	4,949	5,050	80,8±0,523	79,7±0,855	81,7±0,261	0,3±0,141
4-10	3,467	6,532	81,9±0,304	80,3±0,014	84,2±0,862	4,7±0,466
5-10	9,097	0,902	77,8±0,749	77,3±0,720	78,8±0,678	1,3±1,689
6-10	8,093	1,906	69,9±6,823	66,8±7,841	74,4±3,429	2,0±0,756
7-10	0	10	86,4±0,084	70,1±0,091	87,8±0,537	8,6±0,487
8-10	10	0	62,2±0,952	44,9±2,371	59,3±4,659	11,2±4,058

### 3.1.6. Tek Çeşit Vaks İçeriğine Sahip Oleojellerin Erime Profili

Karışım durumunda olmayan sadece balmumu vaksı ve karnauba vaksı eklenerek elde edilen oleojellerin erime sıcaklıkları Tablo 3.6’da verilmiştir. Konsantrasyon arttıkça erime sıcaklığının arttığı gözlemlenmektedir. Oleojellerin konsantrasyonlarının artmasıyla erime noktalarının da arttığı tespit edilmiştir.

**Tablo 3.6:** Tek Çeşit Vaks İçeriğine Sahip Oleojellerin Termal Davranışı

Vaks Konsantrasyonu	BV Tpeak °C	CV Tpeak °C
%3	49,8±2,786	81,2±0,261
%5	57,2±0,466	83,8±0,014
%7	59,5±0,070	85,2±0,565
%10	62,2±0,952	86,3±0,084

### 3.2. FT-IR Spektrumlarının İncelenmesi

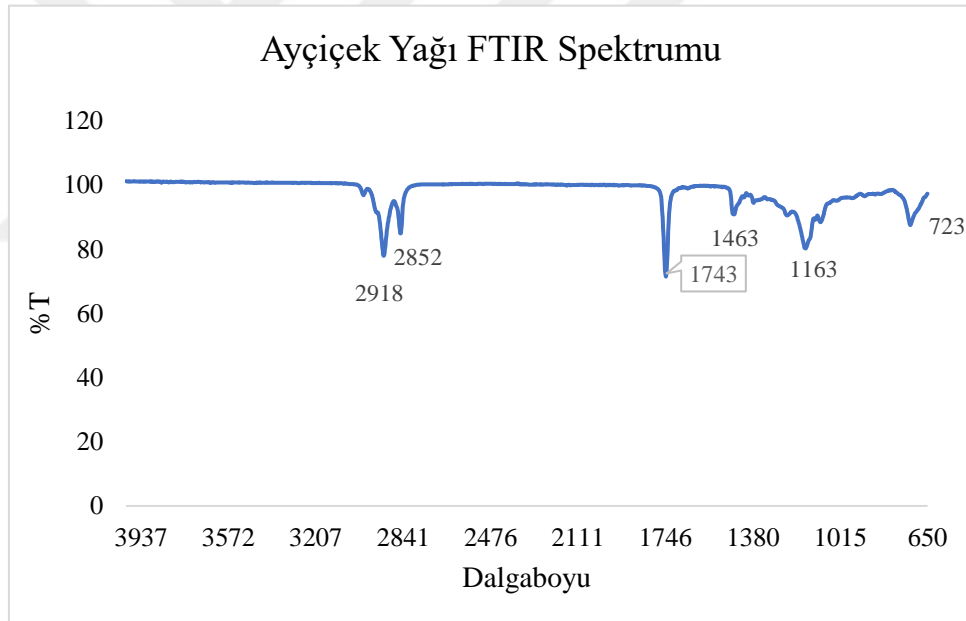
Kullanılan materyallerin ve hazırlanan oleojellerin molekül yapısının incelenmesi Infrared bölgenin 4000- 500  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında ölçümler yapılmıştır. Literatürde; 2800-3100  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu alanında C-H germe titreşimi piki, 1700-1800  $\text{cm}^{-1}$  bölgesinde C = O germe titreşimi piki ve 900-1400 bölgede C-O-C germe titreşimi ve C-H bükme titreşimi vermektedir. (Tay vd., 2002). Daha ayrıntılı şekilde trigliserit fonksiyonel gruplarını temsil eden ana pikler Tablo 3.7’de gösterilmiştir (Vlachos 2006).

**Tablo 3.7:** Trigliserit Fonksiyonel Grupları

Dalga Boyu	Fonksiyonel Grupların Davranışı
2922 $\text{cm}^{-1}$ ve 2853 $\text{cm}^{-1}$	Alifatik $\text{CH}_2$ grubunun simetrik ve asimetrik germe titreşimi
1743 $\text{cm}^{-1}$	Trigliseritlerin ester karbonil fonksiyonel grubu
1465 $\text{cm}^{-1}$	$\text{CH}_2$ ve $\text{CH}_3$ alifatik grupların bükme titreşimleri
1238 $\text{cm}^{-1}$ ve 1163 $\text{cm}^{-1}$	C=O ester gruplarının titreşimi
709 $\text{cm}^{-1}$	C-H bükme titreşimi

### 3.2.1. Ayçiçek Yağı FT-IR Spektrumu

Numunelerin FT-IR spektrumu ölçümü 4000-500  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında yapılmıştır. Şekil 3.1’de kullanılan ayçiçek yağına ait spektrumlar verilmiştir. Elde edilen spektrumda her bir bitkisel yağ için spesifik olan, cis-çifte bağın (=CH)- CH gerdirme titreşimine karşılık gelen yaklaşık 3005  $\text{cm}^{-1}$ ’de küçük bir pik görülmüştür. 2918  $\text{cm}^{-1}$  ve 2852  $\text{cm}^{-1}$ ’deki pik sırasıyla metilen asimetrik gerdirme bandı ve metilen simetrik germe bandına karşılık gelir. Bununla birlikte 1743  $\text{cm}^{-1}$ ’deki pik, ayçiçek yağında mevcut olan trigliseritlerin ester karbonil grubunun gerilme titreşimi ile ilgilidir. 1463  $\text{cm}^{-1}$ ’deki pik, metilen grubunun bükme titreşiminin makaslama bandını, 1163  $\text{cm}^{-1}$ ’deki pik esterlerdeki C=O grubunun germe titreşimini göstermektedir. 723  $\text{cm}^{-1}$ ’deki pik ise metilen sallanma titreşiminin üst üste binmesinden ve cis olefinlerin düzlem dışı eğilme titreşiminden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.1: Ayçiçek Yağı FT-IR Spektrumu

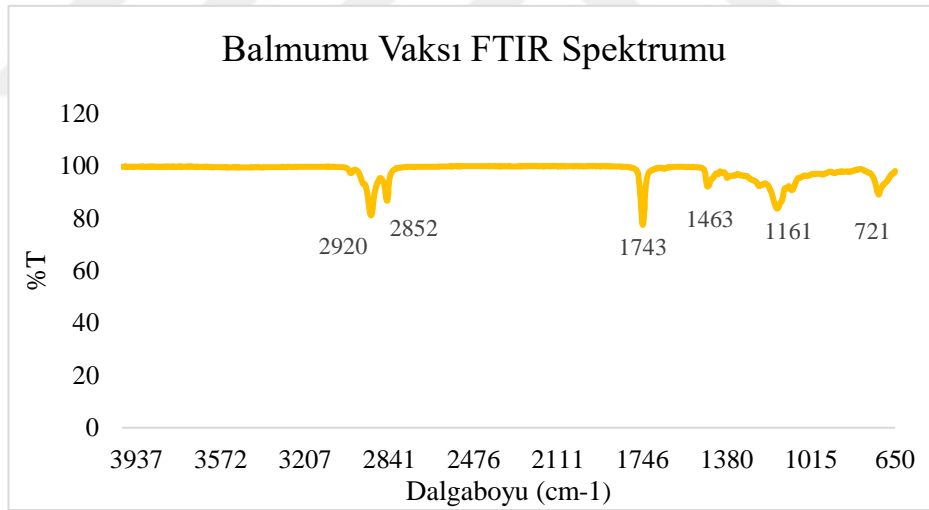
Elde edilen değerler Tablo 3.7’deki spektrum değerleri ile karşılaştırıldığında  $\text{CH}_2$  grubunun simetrik ve asimetrik titreşimleri 2922  $\text{cm}^{-1}$  ve 2853  $\text{cm}^{-1}$  iken kullandığımız ayçiçek yağında 2918  $\text{cm}^{-1}$  ve 2852  $\text{cm}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda 1463  $\text{cm}^{-1}$ ’deki elde edilen pik, literatürde 1465  $\text{cm}^{-1}$  olduğu esgörölmektedir. Elde edilen diğer piklerimizin literatürdeki değerler ile aynı olduğu görölmektedir. Çeşitli bitkisel yağlar (mısır, ayçiçek ve soya yağı) kullanılarak sızma zeytinyağı taşışisi tespiti

yapılmıştır. Yapılan çalışmada  $3009\text{ cm}^{-1}$ 'de görülen pikin taşıdığı anlaşılmada belirleyici olmuştur (Vlachos 2006).

### 3.2.2. Balmumu Vaksı FT-IR Spektrumu

Numunelerin FT-IR spektrumu ölçümü  $4000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında yapılmıştır. Oleojel üretiminde kullanılan balmumu vaksının verdiği pikler  $2920\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik  $\text{CH}_2$  asimetrik gerilme titreşimini,  $2852\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik  $\text{CH}_2$  simetrik gerilme titreşimini,  $1743\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik trigliseritlerin ester karbonil grubunun gerilme titreşimini,  $1463\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik  $\text{CH}_2$  makaslama bandını,  $1161$  ve  $721\text{ cm}^{-1}$ 'deki pik  $\text{CH}_2$  sallanma titreşimini göstermektedir. (Şekil 3.2).

Balmumu vaksı çok sayıda bileşiğin organik karışımını temsil etmektedir. Ancak, sadece en baskın olanları balmumu vaksının tipik bir IR spektrumunda gözlemlenebilir; çoğunlukla hidrokarbonlara, esterlere ve serbest yağ asitlerine ait sinyaller görülmektedir. Hidrokarbon absorpsiyon bantlarıyla ( $2921$ ,  $2852$ ,  $1464$  ve  $719\text{ cm}^{-1}$ 'de) ilgili basit bir moleküler yapı ile karakterizedir (Svečnjak vd., 2015).



Şekil 3.2: Balmumu Vaksı FT-IR Spektrumu

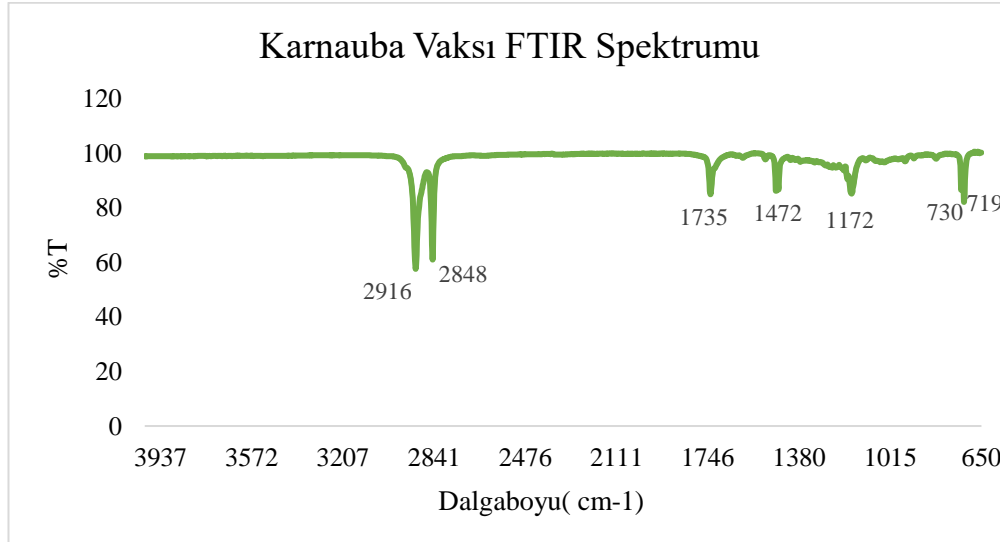
Balmumu vaksının  $2920\text{ cm}^{-1}$  de verdiği metilen asimetrik gerilme titreşimini gösteren pik literatürdeki (Tablo 3.2) deki  $2921\text{ cm}^{-1}$  değerine çok yakındır. Ayrıca  $1463\text{ cm}^{-1}$  de elde ettiğimiz metilen makaslama bandını gösteren değer ile  $721\text{ cm}^{-1}$  de elde ettiğimiz metilen sallanma titreşimini gösteren spektrumdaki değer literatürde belirtilen  $719\text{ cm}^{-1}$  değerine yakın bulunmuştur. Bu küçük farklılıkların, kullanılan

bal mumu vaksinin elde edildiği ham maddeden ve üretim proses koşullarından kaynaklandığı düşünölmektedir.

### 3.2.3. Karnauba Vaksinin FT-IR Spektrumu

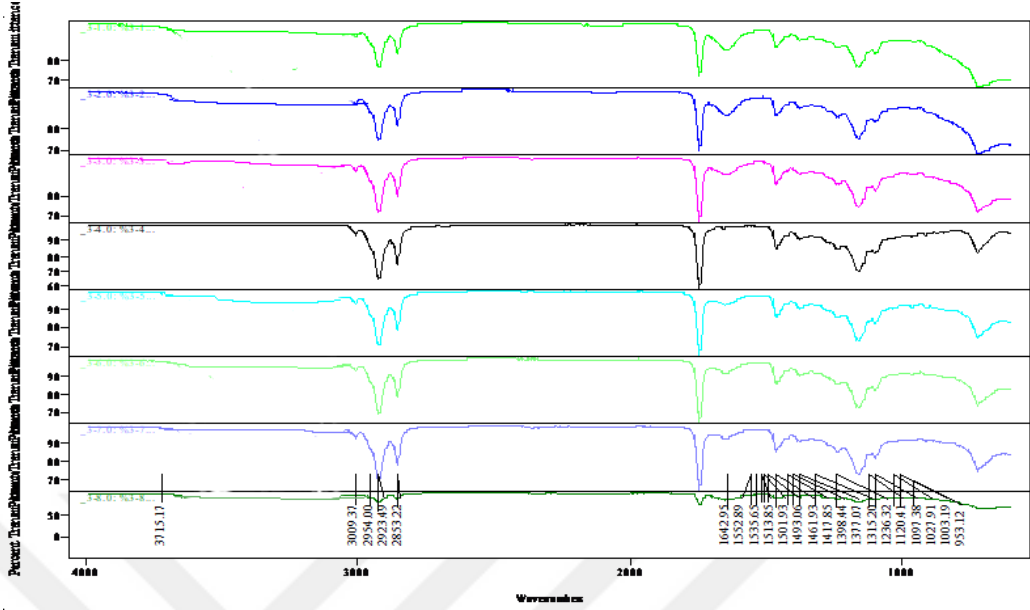
Numunelerin FT-IR spektrumu ölçümü 4000-500  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında yapılmıştır. Çalışmamızda oleojel üretiminde kullanılan karnauba vaksinin 2916 ve 2848  $\text{cm}^{-1}$ 'de verdiği pikler bu  $\text{CH}_2$  asimetrik germe titreşimini gösteren fonksiyonel gruplarını içermektedir. 1472 ve 1463  $\text{cm}^{-1}$ 'de görölen pik metilen grubunun makaslama bandına denk gelmektedir. 1172  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pik CO-O-C asimetrik gerileme titreşimini vermiştir. 730 ve 719  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pik metilen grubunun sallanma bandını göstermektedir (Şekil 3.3).

Yapılan bir çalışmada 2989- 2946  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki fonksiyonel grup C-H, 2946- 2881  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki fonksiyonel grup ise  $\text{CH}_2$  olduğu bildirilmektedir (Gullien ve Cabo,1998). Çalışmamızda 2916 ve 2848  $\text{cm}^{-1}$  elde edilen bu spektrumlar literatürdeki değerler ile uygunluk göstermektedir. 1172  $\text{cm}^{-1}$ 'deki elde edilen pikin ester ve yağ asitlerini gösteren bir spektrum olduğu bildirilmiştir (Svečnjak vd., 2015). Literatürdeki spektrum ölçümleri ile çalışmamızda kullanılan karnauba vaksinin spektrum ölçümleri uygunluk göstermiştir.



Şekil 3.3: Karnauba Vaksı FT-IR Spektrumu

### 3.2.4. %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu



Şekil 3.4: %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumları

Numunelerin FT-IR spektrumu ölçümü 4000- 500  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında yapılmıştır. Çalışmada üretilen %3 vaks karışımlarını içeren oleojellerin moleküller arası etkileşimini gösteren FT-IR spektrumları Şekil 3.4'te verilmiştir. Karışım ve saf olarak vaks içeren oleojellerde birbirine yakın spektrum değerleri 3700 – 720  $\text{cm}^{-1}$  arasında tespit edilmiştir. Elde edilen oleojellerin 2800-3100  $\text{cm}^{-1}$  bandında bulunan 2923  $\text{cm}^{-1}$  ve 2853  $\text{cm}^{-1}$  pikleri, trigliseritlerin fonksiyonel grubu olan alifatik  $-\text{CH}_2$  grubunun simetrik ve asimetrik gerilim titreşimlerini göstermektedir. 1743  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pik ayçiçek yağında mevcut olan trigliseritlerin ester karbonil grubunun germe titreşimi ile ilgili olduğu bildirilmektedir (Vlachos 2006).

Çalışmamızda olejel üretiminde kullanılan ayçiçek yağı ve balmumu vaksında 1463  $\text{cm}^{-1}$  de, karnauba vaksında 1462  $\text{cm}^{-1}$ , de pik tespit edilmiştir. %3 vaks içeren oleojellerde ise 1461  $\text{cm}^{-1}$  de tespit edilen bu spektrum değeri  $-\text{CH}_2$  grubunun bükme titreşiminin makaslama bandını göstermektedir (Vlachos, 2006). Ek olarak elde edilen %3 vaks içeren oleojellerde 1160  $\text{cm}^{-1}$  de görülen pikin esterlerdeki  $\text{C}=\text{O}$  grubunun germe titreşimi sonucu oluştuğu rapor edilmiştir (Fayaz, Goli ve Kadivar, 2017). 721  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pik metilen sallanma titreşimi ve cis olefinlerin düzlem dışı eğilim titreşimi

ile ilgilidir. Çalışmamızda üretilen %3 konsantrasyonda vaks içeren oleojellerin ayrıntılı spektrum bilgileri Tablo 3.8’de verilmiştir.

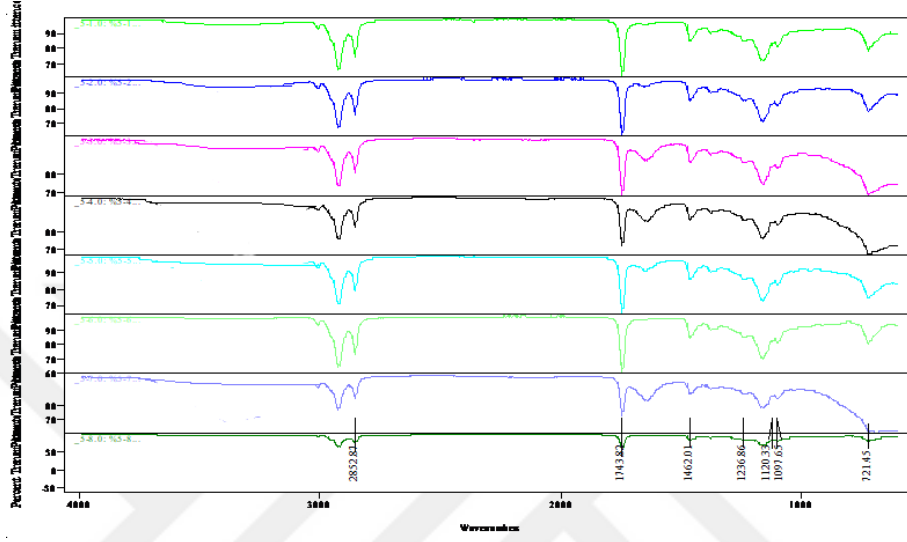
**Tablo 3.8:** %3 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrum Frekansları

No	%3 Vaks Konsantrasyonu		Frekans (cm <sup>-1</sup> )			
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı	3000-2800	1800-1400	1200-1100	800-700
1-3	2,442	0,557	2923,14 2852,98	1743,75 1461,74,	1160,58	719,72
2-3	1,785	1,214	2923,22 2853,11	1743,75 1461,50	1160,01	720,18
3-3	2,089	0,910	2923,26, 2853,26	1743,82 1461,93	1160,40	720,98
4-3	0,551	2,448	2923,10 2853,63	1743,86 1461,66	1159,87	721,80
5-3	1,960	1,960	2923,18 2853,22	1743,79 1461,93	1160,36	721,33
6-3	1,478	1,521	2923,14 2853,15	1743,65 1461,58	1160,15	721,25
7-3	0	3	2923,41 2853,71	1743,79 1461,11	1160,97	721,33
8-3	3	0	2923,49 2853,22	1743,65 1461,93	1160,15	721,38

### 3.2.5 %5 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu

Numunelerin FT-IR spektrumu ölçümü 4000-500 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında yapılmıştır. Çalışmada üretilen %5 vaks karışımlarını içeren oleojellerin moleküller arası etkileşimini gösteren FT-IR spektrumları Şekil 3.5’te verilmiştir. Karışım ve saf olarak vaks içeren oleojellerde birbirine yakın spektrum değerleri 3700 – 720 cm<sup>-1</sup> arasında tespit edilmiştir.

Elde edilen oleojellerin 2800-3100  $\text{cm}^{-1}$  bandında bulunan 2922  $\text{cm}^{-1}$  ve 2853  $\text{cm}^{-1}$  pikleri, trigliseritlerin fonksiyonel grubu olan alifatik  $-\text{CH}_2$  grubunun simetrik ve asimetrik gerilim titreşimlerini göstermektedir. 1743  $\text{cm}^{-1}$  civarındaki pik ayçiçek yağında mevcut olan trigliseritlerin ester karbonil grubunun germe titreşimi ile ilgili olduğu bildirilmektedir (Vlachos 2006).



Şekil 3.5: %5 Vaks Karşımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumları

Çalışmamızda oleojel üretiminde kullanılan ayçiçek yağı ve balmumu vaksında 1463  $\text{cm}^{-1}$ 'de, karnauba vaksında 1462  $\text{cm}^{-1}$ 'de pik tespit edilmiştir. %5 vaks içeren oleojellerde ise 1461  $\text{cm}^{-1}$ 'de tespit edilen bu spektrum değeri  $-\text{CH}_2$  grubunun bükme titreşiminin makaslama bandını göstermektedir. Elde edilen %5 vaks içeren oleojelde 1160  $\text{cm}^{-1}$ 'de görülen pikin esterlerdeki  $\text{C}=\text{O}$  grubunun germe titreşimi sonucu olduğu bilinmektedir. 720  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pik çakışan metilen sallanma titreşimi ve cis olefinlerin düzlem dışı eğilme titreşiminden kaynaklanmaktadır. Çalışmamızda üretilen %5 konsantrasyonda vaks içeren oleojellerin ayrıntılı spektrum bilgileri Tablo 3.9'da verilmiştir.



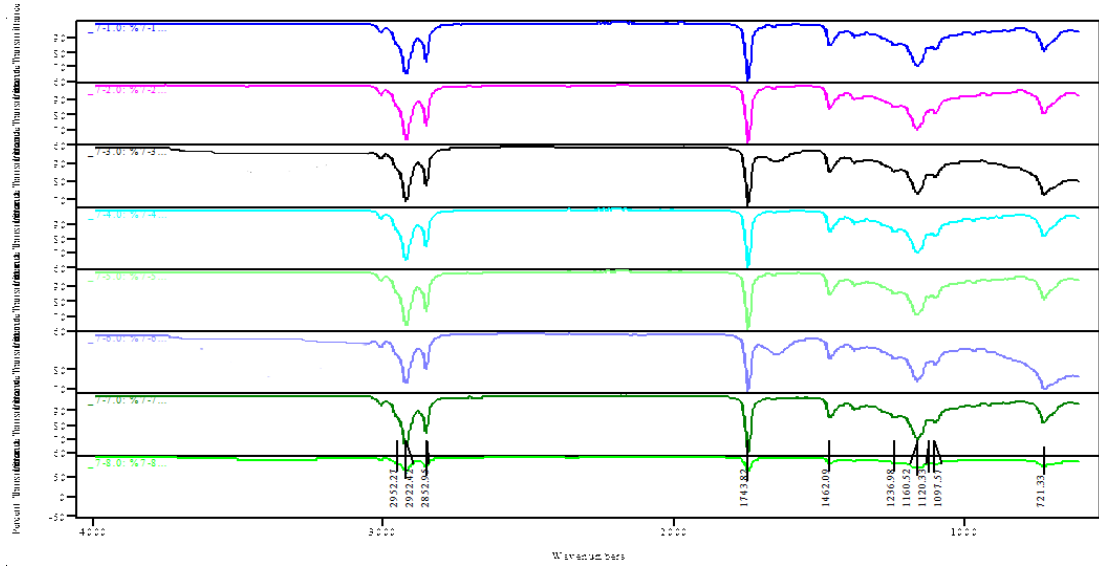
**Tablo 3.9: %5 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrum Frekansları**

No	%5 Vaks Konsantrasyonu		Frekans (cm <sup>-1</sup> )			
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı	3000-2800	1800-1700	1200-1100	800-700
1-5	3,037	1,962	2922,50 2853,07	1743,82 1461,78	1160,48	721,49
2-5	0,904	4,095	2923,06 2853,18	1743,82 1461,31	1160,28	721,41
3-5	3,580	1,419	2922,42 2853,07	1743,75 1461,81	1160,40	720,01
4-5	2,497	2,502	2922,42 2851,65	1743,98 1461,81	1160,28	720,96
5-5	3,281	1,718	2922,65 2852,42	1743,79 1463,25	1160,28	721,18
6-5	4,067	0,932	2921,84 2852,60	1743,75 1462,05	1160,07	721,57
7-5	5	0	2923,18 2853,18	1743,86 1462,01	1161,24	720,16
8-5	0	5	2922,36 2852,43	1743,82	1160,81	721,00

### 3.2.6. %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu

Numunelerin FT-IR spektrumu ölçümü 4000- 500 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında yapılmıştır. %7 vaks karışımlarını içeren oleojellerin moleküller arası etkileşimini gösteren FT-IR spektrumları Şekil 3.6'te verilmiştir. Karışım ve saf olarak vaks içeren oleojellerde birbirine yakın spektrum değerleri 3700 – 720 cm<sup>-1</sup> arasında tespit edilmiştir.

Elde edilen oleojellerin 2800-3100 cm<sup>-1</sup> bandında bulunan 2923 cm<sup>-1</sup> ve 2853 cm<sup>-1</sup> pikleri, trigliseritlerin fonksiyonel grubu olan alifatik -CH<sub>2</sub> grubunun simetrik ve asimetrik gerilim titreşimlerini göstermektedir. 1743 cm<sup>-1</sup> civarındaki pik ayçiçek yağında mevcut olan trigliseritlerin ester karbonil grubunun germe titreşimi ile ilgili olduğu bildirilmektedir. (Vlachos 2006).



**Şekil 3.6:** %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumları

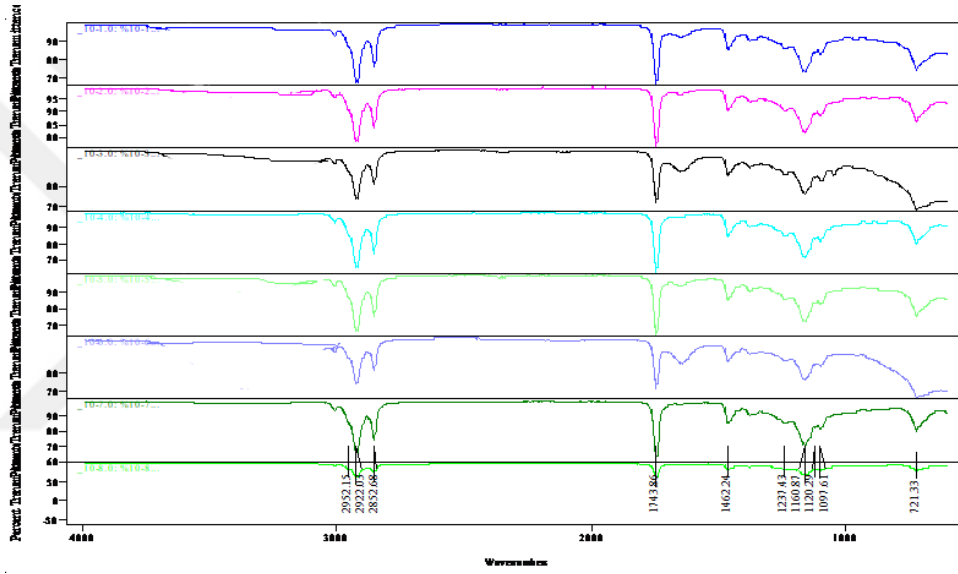
Çalışmamızda üretilen oleojelde kullanılan ayçiçek yağı ve balmumu vaksında 1463  $\text{cm}^{-1}$ 'de, karnauba vaksında 1462  $\text{cm}^{-1}$ 'de pik tespit edilmiştir. %7 vaks içeren oleojellerde ise 1461  $\text{cm}^{-1}$ 'de tespit edilen bu spektrum değeri -CH<sub>2</sub> grubunun bükme titreşiminin makaslama bandını göstermektedir. Elde edilen %7 vaks içeren oleojelde 1160  $\text{cm}^{-1}$ 'de görülen pikin esterlerdeki C=O grubunun germe titreşimi sonucu oluştuğu rapor edilmiştir. 720 ve 721  $\text{cm}^{-1}$ 'deki pikler çakışan metilen sallanma titreşimi ve cis olefinlerin düzlem dışı eğilme titreşiminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Çalışmamızda üretilen %7 konsantrasyonda vaks içeren oleojellerin ayrıntılı spektrum bilgileri Tablo 3.10'da verilmiştir.

**Tablo 3.10:** %7 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR spektrum değerleri

No	%7 Vaks Konsantrasyonu		Frekans ( $\text{cm}^{-1}$ )			
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı	3000-2800	1800-1700	1200-1100	800-700
1-7	3,515	3,485	2922,29 2853,85	1743,90 1461,85	1160,48	721,57
2-7	5,039	1,960	2921,55 2852,43	1743,82 1462,20	1160,47	721,16
3-7	4,220	2,779	2918,90 2852,77	1743,86 1462,25	116,40	720,01
4-7	1,283	5,716	2921,55 2851,39	1743,74 1462,20	1160,43	720,04
5-7-	5,783	1,216	2922,75 2853,11	1743,63 1462,15	1160,12	721,00
6-7	2,456	4,543	2920,32 2851,27	1743,74 1462,87	1160,43	720,13
7-7	0	7	2920,51 2851,39	1743,74 1462,17	1160,51	721,00
8-7	7	0	2919,58 2852,95	1743,78 1462,12	1160,90	721,33

### 3.2.7. %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu

%10 vaks karışımlarını içeren oleojellerin moleküller arası etkileşimini gösteren FT-IR spektrumları Şekil 3.7’te verilmiştir. Karışım ve saf olarak vaks içeren oleojellerde birbirine yakın spektrum değerleri  $3700 - 720 \text{ cm}^{-1}$  arasında tespit edilmiştir. Elde edilen oleojellerin  $2800-3100 \text{ cm}^{-1}$  bandında bulunan  $2923 \text{ cm}^{-1}$  ve  $2853 \text{ cm}^{-1}$  pikleri, trigliseritlerin fonksiyonel grubu olan alifatik  $-\text{CH}_2$  grubunun simetrik ve asimetrik gerilim titreşimlerini göstermektedir.  $1743 \text{ cm}^{-1}$  civarındaki pik ayçiçek yağında mevcut olan trigliseritlerin ester karbonil grubunun germe titreşimi ile ilgili olduğu bildirilmektedir. (Vlachos 2006).



Şekil 3.7: %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin FT-IR Spektrumu

Çalışmamızda üretilen oleojellerde kullanılan ayçiçek yağı ve balmumu vaksında  $1463 \text{ cm}^{-1}$ 'de, karnauba vaksında  $1462 \text{ cm}^{-1}$ 'de pik tespit edilmiştir. %10 vaks içeren oleojellerde ise  $1461 \text{ cm}^{-1}$ 'de tespit edilen bu spektrum değeri  $-\text{CH}_2$  grubunun bükme titreşiminin makaslama bandını göstermektedir. %10 vaks içeren oleojelde  $1160 \text{ cm}^{-1}$ 'de görülen pikin esterlerdeki  $\text{C}=\text{O}$  grubunun germe titreşimi sonucu oluştuğu tespit edilmiştir.  $720$  ve  $721 \text{ cm}^{-1}$ 'deki pikler çakışan metilen sallanma titreşiminin ve cis olefinlerin düzlem dışı eğilme titreşiminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Çalışmamızda üretilen %10 konsantrasyonda vaks içeren oleojellerin ayrıntılı spektrum bilgileri Tablo 3.11’de verilmiştir.

**Tablo 3.11:** %10 Vaks Karışımı İçeren Oleojellerinin FT-IR Spektrum Değerleri

No	%10 Vaks Konsantrasyonu		Frekans (cm <sup>-1</sup> )			
	Balmumu Vaksı	Karnauba Vaksı	3000-2800	1800-1400	1200-1100	800-700
1-10	6,472	3,527	2919,97 2851,00	1743,78 1462,80	1161,14	720,63
2-10	1,804	8,195	2921,60 2852,08	1743,94 1461,31	1160,63	721,18
3-10	4,949	5,050	2922,72 2852,51	1743,82 1461,21	1160,41	719,93
4-10	3,467	6,532	2921,20 2852,62	1743,79 1462,72	1160,90	721,81
5-10	9,097	0,902	2921,74 2852,57	1743,78 1462,76	1160,82	719,01
6-10	8,093	1,906	2921,46 2852,41	1743,82 1462,12	1160,67	719,57
7-10	0	10	2922,85 2852,87	1743,82 1461,44	1160,44	721,37
8-10	10	0	2922,03 2852,68	1743,82 1462,24	1160,01	721,33

Genel olarak %3 %5 %7 ve %10 saf ve karışım vaks içeren oleojellerinde yakın frekanslarda FT-IR spektrum sinyali verdiği görülmüştür. (Tablo 3.8, 3.9, 3.10, 3.11).

%3 saf ve karışım vaks içeren oleojellerin CH<sub>2</sub> bantlarının verdiği pikler, yaklaşık olarak 2923 ve 2853 cm<sup>-1</sup>'dir. %5 saf ve karışım vaks içeren oleojellerin CH<sub>2</sub> bağlarının verdiği pikler yaklaşık olarak 2922 ve 2853 cm<sup>-1</sup>'dir. %7 saf ve karışım vaks içeren oleojellerin CH<sub>2</sub> bağlarının verdiği pikler yaklaşık olarak 2921 ve 2852 cm<sup>-1</sup>'dir. %10 saf ve karışım vaks içeren oleojellerin CH<sub>2</sub> bağlarının verdiği pikler ise 2919 ve 2852 cm<sup>-1</sup>'dir. Her ne kadar spektrum değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiş olsa da yapılan literatür çalışmaları, dalgacıklarda çok küçük değişikliklerin van der Waals etkileşimlerine atfedilebileceğini düşündürmektedir (Lupi vd., 2016; Ren, Wang ve Zhang, 2015).

Hint yağı ile yapılan bir oleojel çalışmasında 1743 cm<sup>-1</sup>'deki hint yağındaki trigliseritlerin karbonil grubunu işaret etmiştir (Singh, 2013). Oleojel üretiminde kullanılan ayçiçek yağından kaynaklanan 1743 cm<sup>-1</sup>'deki pikler literatür çalışmaları ile benzer sonuçlar olduğunu göstermektedir.

Nar çekirdeği yağı ile balmumu vaksı ve propolis kullanılarak oleojel üretilen diğer bir çalışmada da 1735- 1750 cm<sup>-1</sup> 'de ve 1000-1300 cm<sup>-1</sup>'de pikler elde edilmiştir (Fayaz, 2017). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlarda 1160 cm<sup>-1</sup>'de bulunan pik yine benzer sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Literatür çalışmaları ile benzer

sonuçların elde edilmesi oleojel üretiminde kullanılan sıvı yağların, vaksların yapısal özelliklerinin çoğunlukla benzer olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 3.3. Ayçiçek Yağının Yağ Asidi Kompozisyonu

Çalışmamızda oleojel üretiminde kullanılan ayçiçek yağının yağ asidi kompozisyonu Tablo 3.12’ de verilmiştir. Ayçiçek yağ asidi bileşimi Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı ve Türk Gıda Kodeksi’ne göre C:16:0 yağ asidinin 4 ile 7,6 arasında, C:18:0’in 2,1 ile 6,5 arasında, C:18:1’in 14 ile 71,8 arasında, C:18:2’nin ise 18,7 ile 74,0 arasında olması gerektiği bildirilmektedir (Anonim, 2012; Anonim 2019). Çalışmamızda kullanılan ayçiçek yağının kodekse uygun olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.12:** Ayçiçek Yağı Yağ Asidi Kompozisyonu

Yağ Asidi (g/100g)	Ayçiçek Yağı
C:16:0	4,57
C:16:1	-
C:18:0	3,99
C:18:1 (cis-9)	25,99
C:18:2 (cis-9,12)	65,99
C:18:3	0,82
C:20:0	0,69
C:20:1	-
C:22:0	0,72
C:22:1	0,10

### 3.4. Vaks Karışımı İçeren Oleojellerin % Katı Yağ İçeriği

Çalışmamızda üretilen oleojellerden her konsantrasyon için bir numune seçilerek 10, 20, 30 ve 35 C<sup>0</sup>’de ki % katı yağ içeriği (SFC) incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.13’de gösterilmiştir. Oleojelatör konsantrasyonu arttıkça %SFC değerlerinin de arttığı, yükselen sıcaklık ile birlikte % SFC değerlerinin düştüğü görülmektedir. Katı yağlardaki % SFC değeri, katı yağlar için ürünün son kalitesini, kristallenme eğilimini, elastik yapısını, sürelebilirliğini direk etkileyen bir parametredir. Piyasadaki kâse margarinlerin 20 C<sup>0</sup>’ki % SFC değerleri 5,5 ile 15,27 arasında, paket margarinlerin ise 20 C<sup>0</sup>’ki % SFC değerleri 22,90 ile 35,75 arasında değişim göstermiştir (Pehlivanoğlu vd. 2016). Çalışmamızda elde edilen oleojellerin 20 C<sup>0</sup>’ki SFC değerleri %2,68 ile 10, 10 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlarımız oleojellerin katı yağlara iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir.

**Tablo 3.13:** Oleojellerin %Katı Yağ İçeriği

	Vaks Konsantrasyonu		% SFC			
	Karnauba V.	BalmumuV.	10 C°	20 C°	30 C°	35 C°
<b>%3</b>	1,478	1,521	2,92	2,68	2,28	2,20
<b>%5</b>	0	5	4,71	4,67	4,49	3,94
<b>%7</b>	1,960	5,039	6,50	6,37	5,20	4,86
<b>%10</b>	6,532	3,677	10,30	10,10	8,90	8,40

Yılmaz ve Ögütçü, (2015) Nar çiçeği yağı ile karnauba vaks ve monoglisericid ile elde edilen oleojellerde SFC değerlerini 35 ve 20 C<sup>0</sup>'de incelemiştir. Karnauba vaksı oleojellerinin 20 C<sup>0</sup>'de SFC değerlerini %2,96-8,71 arasında tespit etmişlerdir. Monoglisericid oleojellerinin SFC değerinin ise %2,59- 9,43 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. 35C<sup>0</sup>'ye 20 C<sup>0</sup>'de oleojellerin katı yağ içeriğinin olejelatörlerden daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Bu da oleojellerin en önemli özelliğinin, sıvı yağlardan oluşmuş olduklarını göstermektedir. Ayrıca oleojellerin yağ asidi profilindeki doymuşluk seviyelerinde bir değişiklik olmadığı bildirilmektedir.

Fındık yağı, karnauba vaks ve balmumu vaks kullanılarak olejel üretilen bir çalışmada 20 ve 35 C<sup>0</sup>'de SFC değerleri incelenmiştir. Endüstriyel şortening yağın 20 C<sup>0</sup> deki SFC değeri %30 iken hazırlanan oleojellerin 20 ve 35 C<sup>0</sup> deki SFC değerleri %1,96 – 8,52 arasında tespit edilmiştir. (Yılmaz ve Ögütçü, 2014b)

Yapılan başka bir çalışmada oleojeller kullanılarak elde edilen kek ürününde düşük sıcaklık seviyelerinde düşük SFC oranı gözlemlenmiştir (Pehlivanoğlu vd, 2018b). Unlu mamüllerde elde edilen hamurun karıştırma sırasında gaz tutma kabiliyeti arttırmak için gerekli miktarda SFC gerekmektedir (Ghotra, Dyal ve Narine, 2002). Literatür çalışmaları ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında oleojellerin katı yağ içereklere benzer olduğu görülmektedir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusunun hızla artışı, yaşam koşulları ve Gıda Endüstrisinde kullanılan bazı teknolojiler beslenmeye bağlı rahatsızlıkları arttırmaktadır. Özellikle endüstriyel katı yağ tüketiminin obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabette önemli bir etkisi olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle doymamış yağ asidi yüksek, trans yağ içermeyen sıvı yağların kullanılması önerilmektedir. Gıda endüstrisinde katı yağlar oksidatif dayanım, sürülebilirlik, elastikiyet, performans vb. özellikleri nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Bu sebeple hidrojenasyon, interesterifikasyon ve fraksiyonlama gibi teknolojiler kullanılarak sıvı yağların katılaştırılması söz konusudur. Ancak özellikle hidrojenasyon teknolojisi ile doymuş yağ asidi içeriği artarak insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Son yıllarda bitkisel yağın vakslar ile jelleştirilmesi işlemi olan oleojelasyon teknolojisinde yapılan çalışmalarda sağlık açısından doymamış yağ asidi daha fazla olmakta ve GRAS statüsünde olan vakslar kullanılmaktadır.

Çalışmamızda ayçiçek yağı kullanarak karnuba vaksı, balmumu vaksı ve karışımları ile %3 %5 %7 ve %10 vaks içeren oleojeller üretilerek ilk olarak DSC ile erime profili incelenmiştir. Balmumu vaksı kullanılarak elde edilen oleojellerin erime noktası düşük, karnauba vaksı kullanılarak elde edilen oleojellerin erime noktasının daha yüksek olduğu görülmüştür. Vaks karışımları ile elde edilen oleojellerin erime profili ise karnauba vaksına bağlı olarak artış göstermiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında üretilen oleojellerin moleküler yapısı FT-IR spektroskopisi ile ortaya konmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda van der Waals bağlarının gösterdiği sinyallere bağlı olarak, değişen vaks konsantrasyonlarının FT-IR spektroskopisi sinyallerinde küçük değişimler olduğu saptanmıştır.

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki oleojelatör olarak kullanılan vaksın sahip olduğu özellikler doğrudan elde edilen oleojelin özelliklerini etkilemektedir. Bundan sonra vaksların karakterizasyonu ve optimizasyonu ile ilgili çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akoh, C. C. (Ed.). (2017). *Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology*. CRC press.
- Martini, S., & Añón, M. C. (2003). Crystallization of sunflower oil waxes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(6), 525-532.
- Alvarez-Mitre, F. M., Morales-Rueda, J. A., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M. A., Toro-Vazquez, J. F. (2012). "Shearing as a variable to engineer the rheology of candelilla wax organogels", *Food research international*, 49(1), 580-587.
- Alvarez-Mitre, F. M., Toro-Vázquez, J. F., Moscosa-Santillan, M. (2013). "Shear rate and cooling modeling for the study of candelilla wax organogels rheological properties", *Journal of Food Engineering*, 119(3), 611-618.
- Anonim. (1994). "Fats and Oils in Human Nutrition: Report of an Expert Consultation Jointly", Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, FAO Food and Nutrition Paper, 57, 147.
- Anonim. (2012). Türk Gıda Kodesi, Bitki Adı Anılan Yağlar Tebliği, Tebliği No: 2012/29
- Anonim. (2018). Mutfak Ürünleri ve Margarin Sanayicileri Derneği, 2018 Yılı Margarin Üretim Tablosu
- Anonim. (2019). TürKomp, Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı, versiyon 1.0, [www.turkomp.gov.tr](http://www.turkomp.gov.tr)
- Anonymous. (1998). Adjusting flow properties of the chocolate mass by means of emulsifiers. Technical memorandum, Palsgaard Industry A/S, Juelsminde.
- AOCS (1998). Official methods Cc 16b-93. Official method and recommended practice of the American Oil Chemists' Society, 5th edn. AOCS Press, Champaign.
- Ayaz, A. (2008). "Yağlı Tohumların Beslenmemizdeki Yeri", Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü.
- Azira, T. N., & Amin, I. (2016). Advances in Differential Scanning Calorimetry for Food Authenticity Testing. In *Advances in Food Authenticity Testing* (pp. 311-335).



- Baçoğlu, F. (2014). Yemeklik Yağ Teknolojisi, Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 4. Baskı.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food Chemistry 4th Revised and Extended Edition. New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. 315-327.
- Bemer, H. L., Limbaugh, M., Cramer, E. D., Harper, W. J., & Maleky, F. (2016). Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. *Food Research International*, 85, 67-75.
- Bogdanov, S. (2009). Beeswax: uses and trade. *Bee Product Science*, 1-11.
- Botega, D.C.Z. (2012). “Application of rice bran wax organogel to substitute solid fat and enhance unsaturated fat content in ice Cream”, tez.
- Cattaruzza, A., Radford, S., & Marangoni, A. G. (2014). *U.S. Patent Application No. 13/885,237*.
- Chen, S., Xu, C., Mao, L., Liu, F., Sun, C., Dai, L., & Gao, Y. (2018). Fabrication and characterization of binary composite nanoparticles between zein and shellac by anti-solvent co-precipitation. *Food and Bioprocess Technology*, 107, 88-96.
- Chen, X.W., Fu, S.Y., Hou, J.J., Guo, J., Wang, J.M., & Yang, X.Q. (2016). “Zein based oil-in-glycerol emulgels enriched with  $\beta$ -carotene as margarine alternatives”, *Food Chemistry*, 211, 836-844.
- Chiavarro E: Differential Scanning Calorimetry: Applications in Fat and Oil Technology. edn 1. CRC Press; (2014). 301 p.
- Chopin-Doroteo, M., Morales-Rueda, J. A., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M. A., de la Peña-Gil, A., Toro-Vazquez, J.F. (2011). “The effect of shearing in the thermo-mechanical properties of candelilla wax and candelilla wax–tripalmitin organogels”. *Food Biophysics*, 6(3), 359-376
- Co, E. D., Marangoni, A. G. (2012). “Organogels: An alternative edible oil-structuring method”, *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 89, 749–780.

- Da Pieve, S., Calligaris, S., Co, E., Nicoli, M. C., Marangoni, A. G. (2010). "Shear nanostructuring of monoglyceride organogels", *Food Biophys.*, 5, 211-217.
- Dahimi, O., Hassan, M. S., Rahim, A. A., & Abdulkarim, S. M. (2014). Differentiation of Lard from Other Edible Fats by Gas Chromatography-Flame Ionisation Detector (GC-FID) and Chemometrics. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 2(1).
- Dassanayake, L. S. K., Kodali, D. R., Ueno, S., & Sato, K. (2009). Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(12), 1163.
- Dassanayake, L.S.K., Kodali, D.R., Ueno, S. (2011). "Formation of oleogels based on edible lipid materials", *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 16 (5), 432-439.
- Davidovich-Pinhas, M., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2016). Development, characterization, and utilization of food-grade polymer oleogels. *Annual review of food science and technology*, 7, 65-91.
- Davis, R., & Mauer, L. J. (2010). Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy: a rapid tool for detection and analysis of foodborne pathogenic bacteria. Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology, 2, 1582-1594.
- Delaunay, D., Rabiller-Baudry, M., Gozávez-Zafrilla, J. M., Balannec, B., Frappart, M., & Paugam, L. (2008). Mapping of protein fouling by FTIR-ATR as experimental tool to study membrane fouling and fluid velocity profile in various geometries and validation by CFD simulation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(7), 1106-1117.
- Demirci, M. (2003). Beslenme (1. Basım). Sayfa 277, Tekirdağ: Rebel Yayıncılık.
- Demirci, M. (2012). Gıda Kimyası (6. Basım). Sayfa 81, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın:40
- den Adel, R., Heussen, P. C., & Bot, A. (2010). Effect of water on self-assembled tubules in  $\beta$ -sitosterol+  $\gamma$ -oryzanol-based organogels. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 247, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.

- Dinç, S., (2002)., İnteresterifiye Yağların Bisküvi Kalitesine Etkisi. Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 62s.
- Doan, C. D., vd., (2015). Evaluating the oil-gelling properties of natural waxes in rice bran oil: rheological, thermal, and microstructural study. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(6), 801-811.
- Downing, D. T., Kranz, Z. H., Lamberton, J. A., Murray, K. E., & Redcliff, A. H. (1961). Studies in waxes. XVIII. Beeswax: a spectroscopic and gas chromatographic examination. *Australian Journal of Chemistry*, 14(2), 253-263.
- Eceseli, H., Değirmencioğlu, A. Ve Kahraman, R. 2006. Omega Yağ Asitlerini İnsan Sağlığı Yönünden Önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No 33.
- FAO, (2003). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO /FAO expert consultation.
- Fayaz, G., Goli, S. A. H., & Kadivar, M. (2017). A novel propolis wax-based organogel: Effect of oil type on its formation, crystal structure and thermal properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(1), 47-55.
- Fayaz, G., Goli, S. A. H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Balducci, C., ... & Nicoli, M. C. (2017). Pomegranate seed oil organogels structured by propolis wax, beeswax and their mixture. *European Journal of Lipid Science and Technology*.
- FDA, (2018). Food Additive Status List <https://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/foodadditivesingredients/ucm091048.htm> Erişim Tarihi: 20.03.2018.
- Freitas, C.A.S., Vieira, Í.G.P., Sousa, P.H.M., Muniz, C.R., da Costa Gonzaga, M.L., Guedes, M.I.F. (2016). “Carnauba wax p-methoxycinnamic diesters: Characterisation, antioxidant activity and simulated gastrointestinal digestion followed by in vitro bioaccessibility”, *Food chemistry*, 196, 1293-1300
- Ghosh, M., & Bandyopadhyay, S. (2005). Studies on the crystal growth of rice bran wax in a hexane medium. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(4), 229-231.

- Ghotra, B. S., Dyal, S. D., & Narine, S. S. (2002). Lipid shortenings: a review. *Food Research International*, 35(10), 1015-1048.
- Gómez-Ordóñez, E., & Rupérez, P. (2011). FTIR-ATR spectroscopy as a tool for polysaccharide identification in edible brown and red seaweeds. *Food Hydrocolloids*, 25(6), 1514-1520.
- Grob, K., Giuffré, A. M., Leuzzi, U., Mincione, B. (1994). "Recognition of adulterated oils by direct analysis of the minor components", *Lipid/Fett* 96(8):286-290.
- Hagenmaier, R.D., Baker, R.A. (1996). "Edible coatings from candelilla wax microemulsions", *Journal of food science*, 61(3), 562-565.
- Hinze, W. L., Uemasu, I., Dai, F., & Braun, J. M. (1996). Analytical and related applications of organogels. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 1(4), 502-513.
- Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A., & Rush, J. W. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 470-480.
- Husum, T. L., Cowan, W. D., Pedersen, L. S., Holm, H. C., & Pearce, S. W. (2004). Enzymatic Interesterification: a Trouble-free Process for Trans-free Fats. In *Proceedings of the 3rd EuroFed Lipoid congress*.
- Hwang, H. S., Singh, M., Bakota, E. L., Winkler-Moser, J. K., Kim, S., & Liu, S. X. (2013). Margarine from organogels of plant wax and soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90(11), 1705-1712.
- Hwang, H. S., Kim, S., Singh, M., Winkler-Moser, J. K., & Liu, S. X. (2012). Organogel formation of soybean oil with waxes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(4), 639-647.
- Ito, S., Suzuki, T., & Fujino, Y. (1983). Wax lipid in rice bran. *Cereal Chemistry (USA)*.
- Iwaki, M., Cotton, N. P., Quirk, P. G., Rich, P. R., & Jackson, J. B. (2006). Molecular recognition between protein and nicotinamide dinucleotide in intact, proton-translocating transhydrogenase studied by ATR-FTIR spectroscopy. *Journal of the American Chemical Society*, 128(8), 2621-2629.

- Jacob, J., & Leelavathi, K. (2007). Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. *Journal of food Engineering*, 79(1), 299-305.
- Jang, A., Bae, W., Hwang, H. S., Lee, H. G., & Lee, S. (2015). Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food chemistry*, 187, 525-529.
- Kayahan, M., 2002, Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları METU Pres, Ankara, 263s.
- Kerr, R. M., Tombokan, X., Ghosh, S., & Martini, S. (2011). Crystallization behavior of anhydrous milk fat– sunflower oil wax blends. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(6), 2689-2695.
- Kılıç, G. B., & Karahan, A. G. (2010). Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Laktik Asit Bakterilerinin Tanısında Kullanılması. *Gıda Dergisi*, 35(6).
- Kodali, D. R. (2010). *U.S. Patent Application No. 12/670,516*.
- Kodre, K. V., Attarde, S. R., Yendhe, P. R., Patil, R. Y., & Barge, V. U. (2014). Differential scanning calorimetry: A review. *Research and Reviews: Journal of Pharmaceutical Analysis*, 3(3), 11-22.
- Laredo, T., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2011). Molecular interactions of polymer oleogelation. *Soft Matter*, 7(6), 2734-2743.
- Lim, J., Jeong, S., & Lee, S. (2017). Evaluation of soybean oil-carnauba wax oleogels as an alternative to high saturated fat frying media for instant fried noodles. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 788-794.
- List, G. R., Dharma, R. Kodali. (2005). “Trans Fats Alternatives”. USA: AOCS Press.
- Lupi, F. R., Gabriele, D., & de Cindio, B. (2012). Effect of shear rate on crystallisation phenomena in olive oil-based organogels. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 2880-2888.

- Lupi, F. R., Greco, V., Baldino, N., de Cindio, B., Fischer, P., & Gabriele, D. (2016). The effects of intermolecular interactions on the physical properties of organogels in edible oils. *Journal of colloid and interface science*, 483, 154-164.
- Lupi, F. R., Shakeel, A., Greco, V., Baldino, N., Calabrò, V., & Gabriele, D. (2017). Organogelation of extra virgin olive oil with fatty alcohols, glyceryl stearate and their mixture. *LWT*, 77, 422-429.
- Marangoni, A. G. (2004). *Fat crystal networks*. CRC Press.
- Marangoni, A.G. (2012). "Organogels: an alternative edible oil structuring method", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 89(5), 749-780.
- Marangoni, A. G. (2015). *U.S. Patent No. 8,940,354*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Marangoni, A. G., & Garti, N. (2011). An overview of the past, present, and future of organogels. In *Edible Oleogels* (pp. 1-17).
- Marangoni, A.G. and Rousseau, D., (1998). Chemical and enzymatic modification of butterfat and butterfat-canola7 oil blends, *Food Research International*, 31(8), 595-599.
- Martini, S., & Añón, M. C. (2003). Crystallization of sunflower oil waxes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(6), 525-532.
- Mathlouthi, M., & Koenig, J. L. (1987). Vibrational spectra of carbohydrates. In *Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry* (Vol. 44, pp. 7-89). Academic Press.
- Mecozi, M., Pietroletti, M., & Tornambè, A. (2011). Molecular and structural characteristics in toxic algae cultures of *Ostreopsis ovata* and *Ostreopsis* spp. evidenced by FTIR and FTNIR spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 78(5), 1572-1580.
- Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D., & Katan, M. B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*, 77(5), 1146-1155.

- Mert, B., & Demirkesen, I. (2016). Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food chemistry*, 199, 809-816.
- Milanovic, J., Manojlovic, V., Levic, S., Rajic, N., Nedovic, V., Bugarski, B. (2010). "Microencapsulation of flavors in carnauba wax", *Sensors*, 10(1), 901-912.
- Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., & Goli, S. A. H. (2018). Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Research International*, 108, 368-377.
- Mol, S. (2008). Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 2(4), 601-607.
- Nagaraju, A., & Lokesh, B. R. (2007). Interesterified coconut oil blends with groundnut oil or olive oil exhibit greater hypocholesterolemic effects compared with their respective physical blends in rats. *Nutrition research*, 27(9), 580-586.
- Nas S., Gökalp H.Y., Ünsal M. 2001. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No:005, 329s, Denizli.
- Naumann, D., Helm, D., Labischinski, H., & Giesbrecht, P. (1991). The characterization of microorganisms by Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). *Modern techniques for rapid microbiological analysis*, 43, 96.
- O'brien, R. D. (2008). *Fats and oils: formulating and processing for applications*. CRC press.
- Öğütçü, M., (2014). Yemeklik oleojellerin hazırlanması ve gıda ürünü olarak kullanımlarının araştırılması. Doktora Tezi. Çanakkale 18 Mart Üniversitesi.
- Öğütçü, M., & Yılmaz, E. (2014). Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. *Grasas y aceites*, 65(3), 12.
- Öğütçü, M., Yılmaz, E. (2012). "Margarinlere alternatif olabilecek yeni bir ürün: Oleojeller-I", *Dünya Gıda*, 1, 68-73.

- Öğütçü, M., Yılmaz, E. (2015a). “Characterization of hazelnut oil oleogels prepared with sunflower and carnauba waxes”. *International Journal of Food Properties*, 18(8), 1741-1755.
- Öğütçü, M., Yılmaz, E. (2015b). “Comparison of the pomegranate seed oil organogels of carnauba wax and monoglyceride”, *Journal of Applied Polymer Science*, 132(4).
- Özülkü, G., Yıldırım, R. M., Toker, O. S., Karasu, S., & Durak, M. Z. (2017). Rapid detection of adulteration of cold pressed sesame oil adulterated with hazelnut, canola, and sunflower oils using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometric. *Food Control*, 82, 212-216.
- Özvural, E.B., (2003). İnteresterifiye Yağ Karışımlarının Düşük Yağlı Sosis Üretiminde Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 69s.
- Papadopoulou, O., Panagou, E. Z., Tassou, C. C., & Nychas, G. J. (2011). Contribution of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy data on the quantitative determination of minced pork meat spoilage. *Food Research International*, 44(10), 3264-3271.
- Patel, A. R. (2015). *Alternative routes to oil structuring*. New York: Springer International Publishing.
- Patel, A. R., & Dewettinck, K. (2015). Comparative evaluation of structured oil systems: Shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel. *European journal of lipid science and technology*, 117(11), 1772-1781.
- Patel, A. R., & Dewettinck, K. (2016). Edible oil structuring: an overview and recent updates. *Food & function*, 7(1), 20-29.
- Patel, A. R., Cludts, N., Sintang, M. D. B., Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2014a). Edible oleogels based on water soluble food polymers: preparation, characterization and potential application. *Food & function*, 5(11), 2833-2841.
- Patel, A. R., Rajarethinem, P. S., Grędowska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W. H., Van de Walle, D., Dewettinck, K. (2014b). “Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes”, *Food & function*, 5(4), 645-652.



- Patel, A., Heussen, P., Hazekamp, J., & Velikov, K. P. (2011). Stabilisation and controlled release of silibinin from pH responsive shellac colloidal particles. *Soft Matter*, 7(18), 8549-8555.
- Patel, A.R., Schatteman, D., De Vos, W.H., Dewettinck, K. (2013). “Shellac as a natural material to structure a liquid oil-based reversible soft matter system”, *RSC Advances*, 3, 5324–27
- Pehlivanoğlu, H., Çakır, B., & Demirci, M. (2016). Investigation of Physicochemical Properties of Bowl and Packet Margarines Produced by Interesterification Technology.
- Pehlivanoğlu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S., & Sagdic, O. (2017). Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 1-12.
- Pehlivanoglu, H., Demirci M., & Toker O. S. (2018a). Rheological properties of wax oleogels rich in high oleic acid, *International Journal of Food Properties*, DOI:10.1080/10942912.2017.1381704.
- Pehlivanoglu, H., Ozulku, G., Yildirim, R. M., Demirci, M., Toker, O. S., & Sagdic, O. (2018b). Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low-calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(6), e13621.
- Poonia, A., Jha, A., Sharma, R., Singh, H. B., Rai, A. K., & Sharma, N. (2017). Detection of adulteration in milk: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 70(1), 23-42.
- Pustjens, A. M., Weesepeel, Y., & van Ruth, S. M. (2016). Food fraud and authenticity: emerging issues and future trends. In *Innovation and future trends in food manufacturing and supply chain technologies* (pp. 3-20).
- Ren, Y., Wang, B., & Zhang, X. (2015). Synthesis of photoresponsive cholesterol-based azobenzene organogels: dependence on different spacer lengths. *Beilstein journal of organic chemistry*, 11(1), 1089-1095.

- Ribeiro, A. P. B., Basso, R. C., Grimaldi, R., Gioielli, L. A., & Gonçalves, L. A. G. (2009). Instrumental methods for the evaluation of interesterified fats. *Food analytical methods*, 2(4), 282-302.
- Rocha, J. C. B., Lopes, J. D., Mascarenhas, M. C. N., Arellano, D. B., Guerreiro, L. M. R., & da Cunha, R. L. (2013). Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane or candelilla wax in soybean oil. *Food Research International*, 50(1), 318-323.
- Rodrigues, J. N., & Gioielli, L. A. (2003). Chemical interesterification of milkfat and milkfat-corn oil blends. *Food Research International*, 36(2), 149-159.
- Rogers, M. A., Wright, A. J., Marangoni, A. G. (2009). "Oil organogels: the fat of the future", *Soft Matter*, 5, 1594–1596.
- Rohman, A., & Man, Y. C. (2010). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for analysis of extra virgin olive oil adulterated with palm oil. *Food research international*, 43(3), 886-892.
- Rousseau, D., & Marangoni, A. G. (2002). The Effects of Interesterification on the Physical Properties of Fats. *Physical properties of lipids*, 479.
- Sabale, V., Sabale, P. M., & Lakhotiya, C. L. (2009). Comparative evaluation of rice bran wax as an ointment base with standard base. *Indian journal of pharmaceutical sciences*, 71(1), 77.
- Sánchez, R., Franco, J. M., Delgado, M. A., Valencia, C., & Gallegos, C. (2008). Effect of thermo-mechanical processing on the rheology of oleogels potentially applicable as biodegradable lubricating greases. *Chemical Engineering Research and Design*, 86(10), 1073-1082.
- Schick, M. J. (1987). Handbook of lipid research 4—the physical chemistry of lipids, by Donald M. Small, Plenum, New York, 1986, 672 pp.
- Semma, M., (2002). Trans fatty acids: Properties, benefits and risks. *Journal of health science*, 48(1), 7-13.

- Singh, V. K., Pal, K., Pradhan, D. K., & Pramanik, K. (2013). Castor oil and sorbitan monopalmitate based organogel as a probable matrix for controlled drug delivery. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(3), 1503-1515.
- Skoog DA, Holler FJ, Nieman TA. (1998). Principles of Instrumental Analysis. 5th Edition. Kılıç E, Köseoğlu F, Yılmaz H (çeviri ed) Bilim Yayıncılık, Ankara,. s. 850.
- Smith B. (1996). *Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. CRC Press, Washington, D.C.
- Stauffer, C. E. (1996). *Fats and oils*. Eagan Press.
- Stortz, T. A., De Moura, D. C., Laredo, T., & Marangoni, A. G. (2014). Molecular interactions of ethylcellulose with sucrose particles. *RSC Advances*, 4(98), 55048-55061.
- Stortz, T. A., Laredo, T., & Marangoni, A. G. (2015). The role of lecithin and solvent addition in ethylcellulose-stabilized heat resistant chocolate. *Food biophysics*, 10(3), 253-263.
- Stortz, T. A., & Marangoni, A. G. (2013). Ethylcellulose solvent substitution method of preparing heat resistant chocolate. *Food research international*, 51(2), 797-803.
- Stortz, T.A., Zetzl, A.K., Barbut, S., Cattaruzza, A., Marangoni, A.G. (2012). “Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles”, *Lipid Technology*, 24, 151–154.
- Stránský, K., Streibl, M., & Šorm, F. (1966). Über naturwachse IV. Über einen neuen typ verzweigter paraffine aus dem wachs der honigbiene (*Apis mellifera* L.). *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, 31(12), 4694-4702.
- Streibl, M., & Stránský, K. (1968). Über Naturwachse IX: Vorkommen, Isolierung und Identifizierung der Olefine in Naturwachsen. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 70(5), 343-348.
- Şahingöz, S.A., (2007). Omega-3 yağ asitlerinin insan sağlığına etkileri. Gazi Üniv. Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fak. Derg., 21: 1-13.

- Tekin A. (2018). GDM402 Yağ Teknolojisi Ders Notları [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/66539/mod\\_resource/content/0/12.%20Hafta.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/66539/mod_resource/content/0/12.%20Hafta.pdf)
- Terech, P., Weiss, R.G. (1997). “Low molecular mass gelators of organic liquids and the properties of their gels”, *Chemical Reviews*, 97, 3133–3159.
- Tinto, W. F., Elufioye, T. O., & Roach, J. (2017). Waxes. In *Pharmacognosy* (pp. 443-455). Academic Press.
- Toro-Vazquez, J. F., Mauricio-Pérez, R., González-Chávez, M. M., Sánchez-Becerril, M., de Jesús Ornelas-Paz, J., Pérez-Martínez, J. D. (2013). “Physical properties of organogels and water in oil emulsions structured by mixtures of candelilla wax and monoglycerides”, *Food research international*, 54(2), 1360-1368.
- Toyama, Y., & Hirai, H. (1951). Relation between the characteristic properties of beeswax and its chemical components. *Res. Rep. Nagoya Industr. Sci. Res. Inst.*, (3), 42-45.
- Vali, S. R., Ju, Y. H., Kaimal, T. N. B., & Chern, Y. T. (2005). A process for the preparation of food-grade rice bran wax and the determination of its composition. *Journal of the American il Chemists' Society*, 82(1), 57-64.
- van Esch, J. H., & Feringa, B. L. (2000). New functional materials based on self-assembling organogels: from serendipity towards design. *Angewandte Chemie International Edition*, 39(13), 2263-2266.
- Vandana, D., Neelam, G., Kulveer Singh, A., Bhupender Singh, K. (2011). “Trans fats-sources, health risks and alternative approach—a review”, *Journal of Food Science & Technology*, 48, 534–541.
- W.H.O., (2002). The World Health Report, 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life. World Health Organization, Geneva.
- Warth A. H. (1956). The chemistry and technology of waxes. New York (NY): Reinhold Publishing Corporation. p 940.

- Wei, X., Pang, J., Zhang, C., Yu, C., Chen, H., & Xie, B. (2015). Structure and properties of moisture-resistant konjac glucomannan films coated with shellac/stearic acid coating. *Carbohydrate polymers*, 118, 119-125.
- Weiss, R. G., & Terech, P. (2006). Molecular gels. *Materials with Self-Assembled Fibrillar Networks*.
- Yang, H., Irudayaraj, J., & Paradkar, M. M. (2005). Discriminant analysis of edible oils and fats by FTIR, FT-NIR and FT-Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 93(1), 25-32.
- Yang, S., Li, G., Saleh, A. S., Yang, H., Wang, N., Wang, P., ... & Xiao, Z. (2017). Functional Characteristics of Oleogel Prepared from Sunflower Oil with  $\beta$ -Sitosterol and Stearic Acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(9), 1153-1164.
- Yılmaz, E., & Ögütçü, M. (2014a). Comparative analysis of olive oil organogels containing beeswax and sunflower wax with breakfast margarine. *Journal of food science*, 79(9).
- Yılmaz, E., & Ögütçü, M. (2014b). Properties and stability of hazelnut oil organogels with beeswax and monoglyceride. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 1007-1017.
- Yılmaz, E., & Ögütçü, M. (2015). The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food & function*, 6(4), 1194-1204.
- Yildiz, Ö., & Unluturk, S. (2009). Differential scanning calorimetry as a tool to detect antibiotic residues in ultra high temperature whole milk. *International journal of food science & technology*, 44(12), 2577-2582.
- Yüksel E., 2010. "Çeşitli rafine bitkisel yağlarda ve kahvaltılık margarinlerde bazı element içeriklerinin belirlenmesi." YL Tezi.
- Zetzl, A. K., Gravelle, A. J., Kurylowicz, M., Dutcher, J., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2014). Microstructure of ethylcellulose oleogels and its relationship to mechanical properties. *Food Structure*, 2(1-2), 27-40.
- Zetzl, A. K., Marangoni, A. G., & Barbut, S. (2012). Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. *Food & function*, 3(3), 327-337.

Zulim Botega, D. C., Marangoni, A. G., Smith, A. K., & Goff, H. D. (2013a). The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. *Journal of food science*, 78(9).

Zulim Botega, D. C., Marangoni, A. G., Smith, A. K., & Goff, H. D. (2013b). Development of formulations and processes to incorporate wax oleogels in ice cream. *Journal of food science*, 78(12).



## **ÖZGEÇMİŞ**

### **KİŞİSEL BİLGİLER**

Ad Soyad: Selvanur KARA

Doğum Yeri: Fatih

Doğum Tarihi: 03.10.1993

İletişim: selvanurkaraa@gmail.com

### **EĞİTİM BİLGİLERİ**

Lise: Güngören Anadolu İmam Hatip Lisesi

Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

Yabancı Dil: İngilizce ( Yökdil 71,25)

### **İŞ DENEYİMİ**

İstanbul Halk Ekmek Fabrikası Analiz Laboratuvarı (Staj)

İstanbul İl Gıda Kontrol Laboratuvarı - Gıda Katkı Laboratuvarı (Staj )

### **BİLDİRİLER/PROJELER**

Tübitak 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenen ‘Şekerli Ve Stevia İle Tatlandırılmış Hünnap (Ziziphus Jujuba) Reçeli Üretimi İle Fizikokimyasal Ve Duyusal Analiz Özelliklerinin Araştırılması’ Projesi

## **SERTİFİKALAR**

Temel Gıda Hijyen Eğitimi

TS EN ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Temel Eğitimi

İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Temel Eğitimi

TS EN ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemleri

