

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PİRİNADAN GERİ KAZANILAN FENOLİK BİLEŞENLERİN
NANOENKAPSÜLASYONU VE VEGAN MAYONEZ ÜRETİMİNDE
KULLANILMASI

Alican AKÇİÇEK

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman
Doç. Dr. Salih KARASU

Şubat, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PİRİNADAN GERİ KAZANILAN FENOLİK BİLEŞENLERİN
NANOENKAPSÜLASYONU VE VEGAN MAYONEZ ÜRETİMİNDE
KULLANILMASI**

Alican AKÇİÇEK tarafından hazırlanan tez çalışması 04.02.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Salih KARASU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Salih KARASU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ümit GEÇGEL, Üye
Namık Kemal Üniversitesi

Doç. Dr. Enes DERTLİ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ, Üye
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Salih KARASU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Pirinadan Geri Kazanılan Fenolik Bileşenlerin Nanoenkapsülasyonu ve Vegan Mayonez Üretiminde Kullanılması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Alican AKÇİÇEK

İmza



Alican AKÇİÇEK, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)
2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı tarafından desteklenmiştir.



*Aileme
ve
biricik eşime*

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmalarım sırasında akademik bilgi ve tecrübelerini daima benimle paylaşan, akademik çalışmalarım için imkan sunan danışman hocam Doç. Dr. Salih KARASU'ya saygı ve sevgilerimi sunarım.

Laboratuvar günlerini birlikte geçirdiğim çalışma arkadaşlarım Esra AKDENİZ ve Mahmut KILIÇLI'ya;

Tez çalışmalarım kapsamında analizlerin yapılmasına katkıda bulunan başta Arş. Gör. Fatih BOZKURT'a ve Öğretim Görevlisi Cansu Akgül ile Arş. Gör. Selma KAYACAN'a;

Tez izleme komitesi üyeleri Doç. Dr. Salih KARASU, Prof. Dr. Ümit GEÇGEL ve Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ'a

Saygıdeğer jüri üyelerim Prof.Dr. Osman SAĞDIÇ, Prof. Dr. Ümit GEÇGEL, Doç. Dr. Enes DERTLİ, Dr. Öğretim Üyesi Mustafa MORTAŞ'a

Beni her zaman her konuda destekleyen başta eşim Aygöl AKÇİÇEK'e, annelerim Kabire AKÇİÇEK ve Usnie VATANSEVER'e, babalarım Emir Ali AKÇİÇEK ve Muharrem VATANSEVER'e;

Ayrıca doktora tez sürem içerisinde beni doktora bursiyeri olarak destekleyen TÜBİTAK 2211/A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programına;

en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Alican AKÇİÇEK

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	xiv
TABLO LİSTESİ	xvi
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.1.1 Zeytinyağı	1
1.1.2 Pirina	2
1.1.3 Nanoteknoloji	4
1.1.4 Enkapsülasyon ve Taşınım Sistemleri	5
1.1.5 Mikroenkapsülasyon	7
1.1.6 Nanoenkapsülasyon	8
1.1.7 Biyopolimerik Nanopartikül Sistemleri	13
1.1.8 Polisakkaritler	14
1.1.9 Doğal Hidrofilik Biyopolimerler (Gamlar)	15
1.1.10 Ticari Gamlar	16
1.1.11 Yerli Gamlar	17
1.1.12 Gam Nanopartikülleri	18
1.1.13 Desolvasyon Tekniği	19
1.1.14 Roka Tohumu	21
1.1.15 Chia Tohumu	22
1.1.16 Mayonez	24
1.1.17 Zeytin Fenolikleri ve Vegan Mayonez ile İlgili Yapılan Çalışmalar	29
1.2 Tezin Amacı	38
1.3 Hipotez	40
2 MATERYAL VE YÖNTEMLER	41
2.1 Materyal	41
2.2 Yöntemler	42
2.2.1 Roka ve Chia Tohumlarından Gam Üretimi	44
2.2.2 Pirina Tozu, Roka ve Chia Tohumu Gamlarının Karakterizasyonu	44
2.2.3 Pirina Ekstraktının Hazırlanması	46
2.2.4 Pirina Ekstraktının Fenolik Bileşen Analizi	47

2.2.5 Nanopartikül Üretim Koşullarının Belirlenmesi.....	48
2.2.6 Gam Çözeltilerinin Hazırlanması	48
2.2.7 RSG ve CSG Nanopartiküllerinin Üretimi.....	49
2.2.8 Nanopartiküllerin Karakterizasyonu	50
2.2.9 Nanopartiküllerin Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi	51
2.2.10 Pickering Emülsiyonu Hazırlık Prosedürü	52
2.2.11 Oksidatif Stabilitate Analizi	52
2.2.12 Yumurta sarısı içermeyen vegan mayonez (EYFVM) hazırlanışı.....	52
2.2.13 Damlacık Boyutu ve Mikroyapısal Özellikler	55
2.2.14 Renk Özellikleri	55
2.2.15 Reolojik özellikler.....	55
2.2.16 Emülsiyon Kapasitesi ve Emülsiyon Stabilitesi	57
2.2.17 Oksidatif Stabilitate Analizi	57
2.2.18 Duyusal Analiz	57
2.2.19 İstatistiksel Analiz	57
3 ARAŞTIRMA BULGULARI	59
3.1 Pirina Tozu, Roka ve Chia Tohumu Gamlarının Karakterizasyonu	59
3.1.1 Fizikokimyasal Özellikler	59
3.1.2 Gumların Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	61
3.2 Nanopartikül Üretim Koşullarının Belirlenmesi ve Karakterizasyonu	63
3.2.1 Gam Nanopartiküllerinin Üretimi.....	63
3.2.2 Optimum Koşullarda Üretilen Pirina Ekstraktı Yüklü Gam Nanopartiküllerinin Karakterizasyonu.....	64
3.2.3 Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi	76
3.2.4 Model Emülsiyonda Oksidatif Stabilitenin Belirlenmesi	78
3.3 Gam Nanopartikülleri ilavesiyle Mayonez Üretimi ve Özellikleri	79
3.3.1 Mayonezlerin Renk Değerlerinin Belirlenmesi	79
3.3.2 Damlacık Boyut Dağılımının Belirlenmesi.....	81
3.3.3 Mikroyapısal Özelliklerin Belirlenmesi	82
3.3.4 Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi	84
3.3.5 Emülsiyon Kapasitesi ve Stabilitesi.....	95
3.3.6 Depolama Stabilitesi	98
3.3.7 Oksidatif Stabilitenin Belirlenmesi.....	100
3.3.8 Duyusal Analiz.....	101
4 SONUÇ VE ÖNERİLER	104

KAYNAKÇA	107
A OPTİMUM NANOPARTİKÜL PARAMETRELERİ	130
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	134



SİMGE LİSTESİ

D_1	1. Gün Damlacık Boyutu
D_{30}	30. Gün Damlacık Boyutu
Rec_{30}	30. Saniyedeki Geri Kazanım
ω	Açısal Hız
n	Akış Davranış İndeksi
n_{rel}	Bağıl Viskozite
L^*	Beyazlık-Siyahlık
n_s	Çözücünün Viskozitesi
G_0	Deformasyon Sonrası Depolama Modülü Değeri
G_{30}	Deformasyon Sonrası İlk 30. Saniye Depolama Modülü Değerleri
G'	Depolama Modülü
n	Görünür Viskozite
φ	Hacim Fraksiyonu
k_H	Huggins Sabiti
$[n]$	İçsel Viskozite
G_i	İlk Depolama Modülü Değeri
G''	Kayıp Modülü
σ	Kayma Gerilimi
γ	Kayma Hızı
a^*	Kırmızılık-Yeşillik
K	Kıvam Katsayısı
$<$	Küçüktür
μm	Mikrometre
μl	Mikrolitre
p	Olasılık (Ölçülebilir)
M	Ortalama Moleküler Ağırlık
n_{sp}	Özgül Viskozite
α	Polimer Geometrisi Fonksiyonu
C	Polimer Konsantrasyonu
R^2	Regresyon Katsayısı
k	Sabit
$^{\circ}C$	Santigrat Derece

b^*	Sarılık-Mavilik
M_v	Viskozite Ortalama Moleküler Ağırlık
$\approx$	Yaklaşık
%	Yüzde
ζ_v	Zeta



KISALTMA LİSTESİ

3-ITT	3 Zaman Aralıklı Tikotropik Test
ABTS	2,2'-Azino-Bis (3-Etilbenztiyazolin-6-Sülfonik Asit)
ANOVA	Varyans Analizi
AOAC	Resmi Analitik Kimyager Birliği
CD	Siklodekstrin
CM	Kontrol Mayonez
CSG	Chia Tohumu Gamı
CSGNP	Chia Tohumu Gam Nanopartikülü
CUPRAC	Bakır (II) İyonu İndirgeme Antioksidan Kapasitesi
Da	Dalton
Dk	Dakika
dL	Desilitre
DLS	Dinamik Işık Saçılması
DPPH	2,2-Difenil-1-Pikril-Hidrazil
D _R	Deformasyon
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
EF1	Zeytin Yaprığı Ekstraktı 1
EF2	Zeytin Yaprığı Ekstraktı 2
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EY	Yumurta Sarısı
EYFVM	Yumurta Sarısı İçermeyen Vegan Mayonez
FDA	Gıda ve İlaç Dairesi
FSG	Keten Tohumu Gamı
FTIR	Fouirier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
g	Gram
G	Galaktoz
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GRAS	Genellikle Güvenli Tanınan
HDL	Yüksek Yoğunluklu Lipoproteinler
HepG2	Karaciğer Kanseri Hücre hattı
HIPE	Yüksek İç Fazlı Emülsiyon
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

HT	Hidroksitirozol
IOC	Uluslararası Zeytinyağı Konseyi
IP	İndüksiyon Periyodu
KBr	Potasyum Bromür
kDa	Kilodalton
Kg	Kilogram
kPa	Kilopaskal
kV	Kilovolt
L	Litre
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoproteinler
LVR	Lineer Viskoelastik Alan
M	Mannoz
MAE	Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon
MAEE	Mikrodalga Destekli Enzimatik Ekstraksiyon
MD	Maltodekstrin
mg	Miligram
MHS	Mark-Houwink-Sakurada
ml	mililitre
MP	mikropartikül
mV	milivolt
N	Normalite
n.d	Tespit Edilmedi
n.t	Test Edilmedi
NaOH	Sodyum Hidroksit
nm	Nanometre
NP	Nanopartikül
OLE	Zeytin Yaprağı Ekstraktı
OPE	Pirina Ekstraktı
OPECSGNP	Pirina Ekstraktı Yüklü Chia Tohumu Gam Nanopartikülü
OPERSGNP	Pirina Ekstraktı Yüklü Rocha Tohumu Gam Nanopartikülü
OPP	Pirina Tozu
Pa	Paskal
PBS	Fosfat Tampon Çözeltisi
PCL	Polikaprolakton
PDI	Polidispersite İndeksi

PLA	Polilaktik Asit
PLGA	Polilaktoglikolik Asit
ppm	Milyonda Bir
PV	Peroksit Değeri
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
rpm	Dakikada Dönme Hızı
RSG	Roka Tohumu Gamı
RSGNP	Roka Tohumu Gam Nanopartikülü
S/Y	Yağ içinde Su
S/Y/S	Su içinde Yağ içinde Su
SAA	Süperkritik Destekli Atomizasyon
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SMP	Yağsız Süt Tozu
TAC	Toplam Antosiyanin İçeriği
TBA	Tiyobarbitürik Asit
TBHQ	Tersiyer Bütil Hidrokinon
TE	Troloks Eşdeğer
TFC	Toplam Flavanoide İçeriği
T _g	Camsı Geçiş Sıcaklığı
TPC	Toplam Fenolik İçeriği
TS	Tirozol
v	Hacim
w	Ağırlık
W	Watt
w/v	Ağırlık/ Hacim
w/w	Ağırlık/Ağırlık
WPC	Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi
WPI	Peynir Altı Suyu Protein İzolatı
Y/S	Su içinde Yağ
Y/S/Y	Yağ içinde Su içinde Yağ

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1	Fenolik bileşiklerin doğrudan gıda uygulamalarında kullanım zorlukları (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)	4
Şekil 1. 2	Nanopartikül matris yapıları [30]	6
Şekil 1. 3	Nanoenkapsülasyon taşıma sistemleri [30]	7
Şekil 1. 4	Aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı yaklaşımlarla nanoenkapsülasyon teknikleri [36].....	9
Şekil 1. 5	Nanopartikül formları [60]	13
Şekil 1. 6	Pirina fenolik bileşiklerinin gıdalarda kullanımının taşıma sistemleri ile gerçekleştirilmesi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.).....	14
Şekil 1. 7	Ticari ve yerli gam kaynakları [69]	15
Şekil 1. 8	Nanoyapıların oluşumu ve ürünlerde kullanılması (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)	19
Şekil 1. 9	Desolvasyon tekniğinin şematize edilmesi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)	20
Şekil 1. 10	Roka tohumu görüntüsü	22
Şekil 1. 11	Chia tohumu görüntüsü.....	23
Şekil 1. 12	Biyopolimerik nanopartikül sistemleri (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)	24
Şekil 1.13	Emülsiyonların destabilizasyon mekanizmaları [134]	27
Şekil 2. 1	Pirinanın katı-sıvı, kurutulmuş ve toz form yapısı	42
Şekil 2. 2	Çalışmada gerçekleştirilen analizler (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur)	43
Şekil 2. 3	Gam üretim yöntemi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur).....	44
Şekil 2. 4	Pirina ekstraktının hazırlanması (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.).....	47
Şekil 2. 5	Gam çözeltilerinin hazırlanması (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.).....	48
Şekil 2. 6	Gam nanopartikülü üretim yöntemi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.).....	49
Şekil 2. 7	EYFVM oluşturma aşamaları (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.).....	54
Şekil 3. 1	(a) RSGNP, (b) OPE-RSGNP, (c) CSGNP ve (d) OPE-CSGNP'nin SEM görüntüleri.....	68

Şekil 3. 2	(a) OPE, RSG, RSGNP, OPE-RSGNP, (b) OPE, CSG, CSGNP ve OPE-CSGNP'nin DSC termogramlarının karşılaştırılması	70
Şekil 3. 3	(a) OPE, RSG, RSGNP, OPE-RSGNP, (b) OPE, CSG, CSGNP ve OPE-CSGNP'nin FTIR spektrumları.....	71
Şekil 3. 4	Çözeltideki pirina ekstraktının (OPE) ve OPE-RSG, CSG NP'lerinin 24saat boyunca fizyolojik pH'da (7.4) in vitro salınım profili	76
Şekil 3. 5	Mayonez örneklerinin mikroyapısal özellikleri	86
Şekil 3. 6	Mayonezlerin akış davranış reolojik özellikleri	88
Şekil 3. 7	Mayonezlerin dinamik reolojik özellikleri	92
Şekil 3. 8	Mayonez numunelerinin depolama modülünün (G') 3-ITT özellikleri.....	97
Şekil 3. 9	Mayonez örneklerinin görünümü.....	99



TABLO LİSTESİ

Tablo 1. 1	Nanoenkapsülasyon tekniklerinin sınıflandırılması [51]	11
Tablo 2. 1	Çalışmada gerçekleştirilen analizlerin şematik gösterimi.....	42
Tablo 2. 2	Mayonez örneklerinin formülasyonu.....	53
Tablo 3. 1	Pirina tozu, roka tohumu ve chia tohumu gamının fizikokimyasal özellikleri	60
Tablo 3. 2	Pirina ekstraktının fenolik bileşikleri	62
Tablo 3. 3	Nanopartikül süspansiyonlarının partikül boyutu, zeta potansiyeli ve enkapsülasyon etkinliği.....	66
Tablo 3. 4	OPE,RSGNP ve OPE-RSGNP'nin FTIR spektrum bantları	73
Tablo 3. 5	OPE,CSGNP ve OPE-CSGNP'nin FTIR spektrum bantları	74
Tablo 3. 6	Nanopartiküllerin toplam fenolik miktarı (TPC) ve antioksidan aktivitesi (CUPRAC) ve nanopartiküller tarafından hazırlanan pickering emülsiyonlarının oksidatif stabilitesi	78
Tablo 3. 7	Mayonez örneklerinin renk değerleri	83
Tablo 3. 8	Mayonez örneklerinin emülsiyon kapasitesi, emülsiyon kararlılığı ve damlacık büyüklüğü.....	85
Tablo 3. 9	Mayonez örneklerinin power law model parametreleri	89
Tablo 3. 10	Mayonezlerin dinamik reolojik özellikleri için model parametreleri .	93
Tablo 3. 11	Mayonez örneklerinin tiksotropik parametreleri	96
Tablo 3. 12	Mayonez örneklerinin IP değerleri	101
Tablo 3. 13	Mayonez örneklerinin duyuşal özelliklerinin belirlenmesi	103

Pirinadan Geri Kazanılan Fenolik Bileşenlerin Nanoenkapsülasyonu ve Vegan Mayonez Üretiminde Kullanımı

Alican AKÇİÇEK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Bu çalışmanın amacı, pirina ekstraktının (OPE) polimerik nanopartiküller içinde kapsülasyonu, bozulmasının önlenmesi, duvar materyali olarak roka tohumu (RSG) ve chia tohumu gamının (CSG) potansiyel kullanımının belirlenmesi ve OPE yüklü roka (RSGNP'ler) ve chia tohumu gam nanopartiküllerinin (CSGNP'ler) karakterize edilerek yumurta sarısı içermeyen mayonez üretiminde kullanılmasıdır. RSGNP'ler ve CSGNP'ler düzensiz biçimde küresel şekil göstermiştir. OPERSGNP ve OPECSGNP 318 ± 3,11 nm ve 490 ± 8,67 nm boyuta ve sırasıyla -22,6 ± 1,23 mV ve -29,9 ± 2,57 mV, zeta potansiyel değerlerine sahiptir. OPE-CSGNP ve OPE-RSGNP'nin enkapsülasyon etkinliği sırasıyla %67,01 ± %4,29 ve %82,86 ± %4,13 olarak bulunmuştur. Dalga boyundaki kayma, sırasıyla RSG ve CSG içinde OPE fenolik bileşiğinin etkileşimlerini göstermiştir. In vitro salınım çalışması, OPE'nin RSGNP'lerde ve CSGNP'lerde kapsülasyonunun, fizyolojik pH'ta salınan OPE'nin gecikmesine yol açtığını göstermiştir. OPE yüklü RSGNP'ler ve CSGNP'ler oluşturulduğunda, toplam fenolik içeriği (TPC) ve antioksidan kapasitesi artmıştır. OPERSGNP ve OPECSGNP Pickering emülsiyonlarının IP değerleri

OPE'den daha yüksektir, Pickering emülsiyonlarının oksidatif stabilitesini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Yumurta sarısı içermeyen mayonez ve kontrol mayonez örnekleri, görünüm, damlacık boyutu, mikroyapısal, reolojik özellikler, emülsiyon stabilitesi, oksidatif stabilite ve duyusal özellikler açısından karşılaştırılmıştır. Yumurta sarısı içermeyen mayonez numunelerinde nanopartikül konsantrasyonunun artmasıyla emülsiyon stabilitesi, kapasitesi artmış ve damlacık boyutu azalmıştır. Yumurta sarısı içermeyen mayonez numuneleri, katı benzeri özelliklerle kayma ile incelme davranışı sergilemiş ve nanopartikül konsantrasyonundaki artış, mayonez numunelerinin geri kazanım özelliklerinin artmasına neden olmuştur. OPE yüklü gam nanopartikülleri ile stabilize edilmiş yumurta sarısı içermeyen mayonez numuneleri, kontrol numunelerinden daha yüksek IP değerleri göstermiştir. Bu sonuçlar, RSG ve CSG'nin nanoenkapsülasyon için duvar malzemeleri olarak kullanılma potansiyeline sahip olabileceğini ve OPE'nin bozulmasını önleyebileceğini ve gam nanopartikülleri ile stabilize edilmiş Pickering emülsiyonlarının geleneksel mayonezde bulunan yumurta sarısına sağlıklı alternatifler olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Gam Nanopartikülleri, Pirina, Vegan Mayonez, Roka tohumu gamı, Chia tohumu gamı

Nanoencapsulation of Phenolic Compounds from Olive Pomace and Use in Vegan Mayonnaise Production

Alican AKÇİÇEK

Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Salih KARASU

This study aimed to encapsulate olive pomace extract (OPE) in polymeric nanoparticles, prevent its degradation, determine the potential use of rocket seed (RSG) and chia seed gum (CSG) as wall material, and determine the potential use of OPE loaded rocket (RSGNPs) and chia seed gum nanoparticles. (CSGNPs) are characterized and used in the production of mayonnaise without egg yolk. RSGNPs and CSGNPs showed irregularly spherical shapes. OPE-RSGNP and OPE-CSGNP have the size of $318 \pm 3,11$ nm and $490 \pm 8,67$ nm, and zeta potential values of $-22,6 \pm 1,23$ mV and $-29,9 \pm 2,57$ mV, respectively. The encapsulation efficiency of OPE-CSGNP and OPE-RSGNP was found to be $67,01\% \pm 4,29\%$ and $82,86\% \pm 4,13\%$, respectively. The band shift showed interactions of OPE in RSG and CSG. The in vitro release study showed that encapsulation of OPE in RSGNPs and CSGNPs resulted in a delay of OPE released at physiological pH. Total phenolic content and antioxidant capacity increased when OPE-loaded RSGNPs and CSGNPs were formed. The IP values of OPE-RSGNP and OPE-CSGNP Pickering emulsions are higher than OPE, showing that significantly increase the oxidative stability of Pickering emulsions. Egg yolk-free mayonnaise and control mayonnaise samples

were compared in terms of appearance, droplet size, microstructural, rheological properties, emulsion and oxidative stability, and sensory properties. Emulsion stability, capacity increased and droplet size decreased with increasing nanoparticle concentration. Samples exhibited shear-thinning behavior with solid-like properties, and the increase in nanoparticle concentration caused an increase in the recovery properties. OPE loaded gum nanoparticles mayonnaise showed higher IP values than control. RSG and CSG may have the potential to be used as wall materials for nanoencapsulation and prevent degradation of OPE, and Pickering emulsions stabilized with gum nanoparticles can be used as healthy alternatives to egg yolk found in traditional mayonnaise.

Keywords: Gum Nanoparticles, Olive Pomace, Vegan Mayonnaise, Rocket Seed Gum, Chia Seed Gum.

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Zeytinyağı

Ülkemizde zeytinyağı endüstrisi, tarımsal gıda alanında en önemli sektörlerden birini oluşturmaktadır. Hem organoleptik özellikler hem de sağlık açısından olumlu etkileriyle son yıllarda zeytinyağı tüketimi ve üretiminde artış gözlenmiştir.

Zeytinyağı, zeytin ağacının meyvesinin (*Olea europaea* L.) çekirdeğiyle beraber sıkılarak, herhangi bir kimyasal işlem görmeden elde edilen yeşilimsi/sarımtırak yapıda aromatik bir sıvıdır [1]. Uluslararası zeytinyağı konseyi (IOC), zeytinyağını sızma zeytinyağı, rafine zeytinyağı, rafine ve sızma zeytinyağı karışımı ve prina zeytinyağı biçiminde kategorize etmiştir. Sızma zeytinyağı, zeytin ağacının meyvesinden, yağda değişikliğe yol açmayan ve herhangi bir işleme tabi tutulmamış, yalnızca mekanik veya diğer fiziksel yollarla elde edilen yağdır [2]. Sızma zeytinyağı yıkama, dekantasyon, santrifüj ve filtrasyon dışında herhangi bir prosese maruz kalmamaktadır ve asitlik derecesine göre ekstra sızma (0,8 g/ 100g), sızma (2 g/ 100g) ve natürel sızma zeytinyağı (3,3 g/ 100g) şeklinde sınıflandırılmaktadır [2].

Zeytinyağının %98 ile %99'u trigliseritlerden (triacilgliseroller) oluşur. Zeytinyağının kompozisyonunda yer alan trigliseritler yapılarında genellikle oleik, palmitik, stearik ve linoleik asitler içermektedir ve yağ asidi oranları, değişik parametrelere göre farklılaşmakla beraber genellikle % 50-83 oleik asit, % 7-20 palmitik asit ve %3-20 linoleik asitten oluşmaktadır [3]. Ayrıca, serbest yağ asitleri, fosfatitler, gliserol, pigmentler tat ve aroma bileşenlerini de içermektedir. Zeytinyağının yağ asidi bileşimi çeşide, hasat sırasında zeytinin olgunluk durumu, iklim koşullarına ve üretim tekniğine göre değişmektedir [4]. Zeytinyağı yüksek oranda tekli doymamış yağ asitlerini bünyesinde içermektedir. Yağ asidi tipine göre yer alan parçalanma yüzdeleri doymuş yağ asitleri (%14), tekli doymamış yağ asitleri (%72) ve çoklu doymamış yağ asitleri (%14) şeklindedir [2].

Sızma zeytinyağı, trigliseritlerden ve 230'dan fazla minor bileşenden oluşmaktadır. Zeytinyağında yer alan ve toplam ağırlığın %1-2'sini oluşturan minör bileşenler Alifatik ve triterpen alkoller, pigmentler, steroller, hidrokarbonlar, karotenoidler ve polifenoller gibi antioksidanlardır. Bu bileşenler zeytinyağının kendine has organoleptik özellikleri, stabilite ve besinsel değerinin oluşmasından sorumludur [5].

1.1.2 Pirina

Zeytinyağı, zeytinden yağ üretiminde başlıca çıktılarından biridir. Ancak zeytinyağı prosesinin kütsel olarak (%35-40) temel çıktısı pirinadır. Pirina, zeytinyağı üretiminden elde edilen ucuz ve heterojen bir katı atıktır [6]. Zeytin ezmesinden yağın büyük bir kısmı alındıktan sonra geriye kalan hamurlu malzemedir, kabuk, pulp, çekirdek ve zeytin tohumu parçalarından oluşur. Toplam zeytin ağırlığı bazında, pulp yaklaşık %70-90, çekirdek yaklaşık %9-27 ve tohum yaklaşık %2-3 civarında bulunmaktadır [7, 8]. Ticari değeri, yağ ve su içeriğine bağlı olarak değışiklik göstermektedir. İki fazlı zeytinyağı üretim sistemlerinde, atık %55-70'e aralığında nem oranına sahiptir ve zeytin karasuyunun varlığından dolayı belirli miktarda şeker içerir. Üç fazlı sistemlerde ise atıkdaki nem oranı yaklaşık %40-45'tir. Pirinada suyun yanı sıra karbonhidratlar, lipitler (kalan yağ), fenoller ve bir dizi inorganik bileşikler bulunmaktadır [9]. Selüloz, hemiselüloz ve lignin ana bileşenlerdir; bununla birlikte, yağ ve protein de önemli miktarlarda bulunur [8]. Biyoaktif bileşikler açısından zengin olduğu için, polifenoller gibi yüksek katma değeri bileşiklerin düşük maliyetli ve yenilenebilir bir kaynağı olarak kabul edilebilir. Bununla beraber, pirina, ucuz bir fenolik bileşik kaynağı olarak tanımlanmıştır [10]. Pirina, hidroksitirozol, tirozol ve luteolin gibi insan sağlığı üzerinde potansiyel etkisi olan birçok fenolik bileşik içerir [11].

Pirinada en çok bulunan fenolik bileşikler hidroksitirozol (%1.8), tirozol, p-kumarik ve az oranda vanilik asittir [8]. Ayrıca minor olarak belirtilen bileşikler arasında verbascoside, sinnamik asit, kafeik asit, ferulik asit, gallik asit, siringik asit, sinapik asit, hidroksitirozol-10-p-glukozit ve homovanilik asit, sekoiridoidler demethyleuropein, ligstroside, 11-methyleoleoside ve oleoside yer almaktadır [12, 13]. Bununla beraber, pirina luteolin, luteolin 7-O-glukozit, luteolin-4-O-glukozit, luteolin-7-O-rutinosid, rutin, hesperidin, kuersetin, apigenin, apigenin 7-

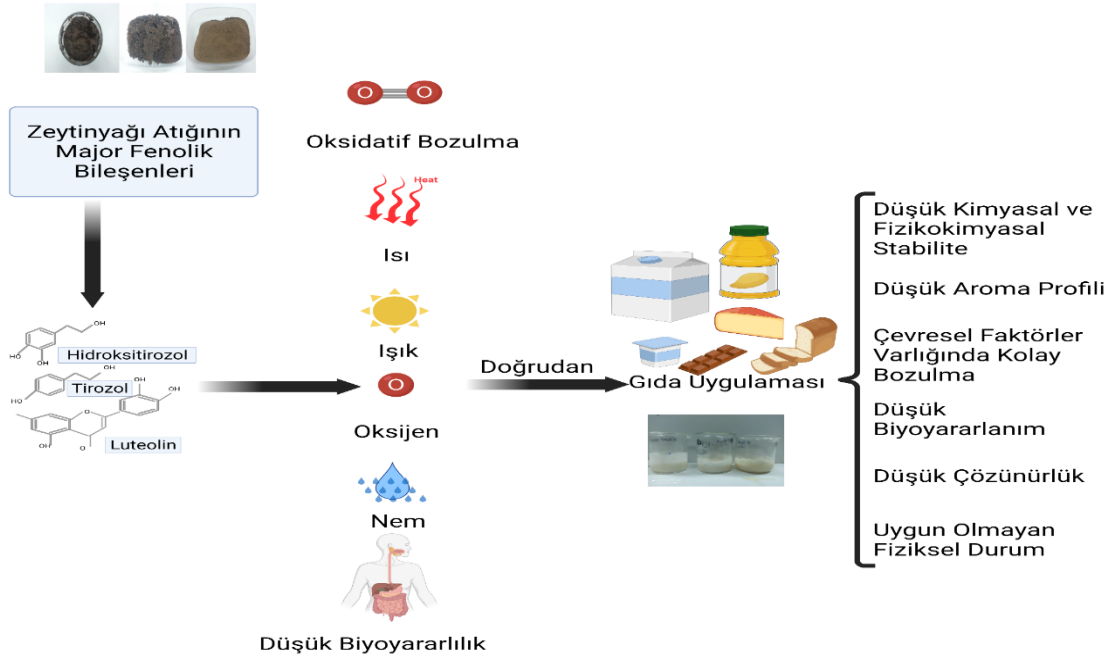
O- glukozit, siyanidin 3-O-rutinosit ve siyanidin 3-O-glukozit gibi flavonoidler içerir. Pirina, ayrıca skualen, tokoferol, fosfolipidler ve steroller içerir [8, 14].

Pirinada tanımlanan başlıca fenolik bileşikler, her ikisi de fenil alkol ailesine ait olan hidroksitirozol (HT) ve tirozol (TS) ile kafeik asit ve türevleri gibi p-hidroksisinnamik asitlerdir. Bu moleküller, biyoaktiviteleri (örn., antioksidan potansiyelleri) ile güçlü bir şekilde ilişkili olan indirgeyici (elektron veren) bir karakter kazandıran bir kateşol birimi sergilerler. HT, reaktif oksijen türlerini temizleme ve kardiyovasküler hastalık risklerini azaltması nedeniyle Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA) tarafından bir sağlık beyanı almıştır. Bununla birlikte, zeytin fenollerinin elektron verici özellikleri onları oksidasyona duyarlı hale getirir [15].

Fenolik bileşiklerin, faydaları esas olarak, antiviral, antimikrobiyal, antioksidan, anti-inflamatuar, anti-kanserojenik aktiviteleri ve (fenolik asitler ve alkoller, sekoiridoid türevleri, lignanlar ve flavonlar) pozitif biyoaktif özelliklerinden kaynaklanmaktadır [16-18].

İnsan sağlığı üzerindeki tüm bu faydalı etkiler için, katma değeri yüksek bu bileşiklerin tarımsal gıda atıklarından geri kazanılması büyük bir önem taşımaktadır [18]. Gıda ve ilaç endüstrilerinin fenolik bileşiklere ve terpenoidlere olan ilgilerinden dolayı, zeytinyağı endüstriyel üretiminde oluşan bu bileşenlerin geri kazanımlarına yönelik büyük bir yönelim bulunmaktadır [8, 19, 20].

Natürel yağların üretim aşamalarında, önemli miktarda atık oluşmakta ve besin bileşenlerinin gıda atıklarından geri kazanılması alternatif bir kullanım olarak önerilmiştir, çünkü bunların antioksidan ve antimikrobiyal gibi biyoaktif özelliklere sahip yüksek miktarda aktif bileşiklere sahip olduğu belirtilmiştir [21]. Atıklar fenolik bileşenler açısından son derece zengin olmasıyla, antioksidan kaynağı olarak gıda endüstrisinde değerlendirilebilmektedir. Bileşimi nedeniyle pirina değerli bir yan ürün ve iyi bir fonksiyonel bileşik kaynağıdır [22]. Pirina, yüksek düzeyde fenolik biyoaktif bileşen içeriğine sahiptir. Bu açıdan önemli bir antioksidan ve antimikrobiyal kaynaklardır ve teknolojik açıdan öneme sahiptir [23]. Bu nedenle, alternatif kaynaklardan geri kazanılma olasılıklarının araştırılması ve ardından fonksiyonel gıdalara, besin takviyelerine veya kozmetik ürünlere dahil edilmeleri oldukça önemlidir (Şekil 1.1) [24].



Şekil 1. 1 Fenolik bileşiklerin doğrudan gıda uygulamalarında kullanım zorlukları (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

Pirina, yağ üretiminden sonra fenolik bileşenlerin değerli bir kaynağını oluşturmaktadır. Zeytinin dolayısıyla pirinanın, en yaygın polifenolik aktif bileşenleri oleuropein, TS ve HT'dir [25].

Pirina, doğal bileşenler elde etmek, yeni gıda ürünleri geliştirmek, zeytinyağı işleme segmentine ekonomik değer katmak, aynı zamanda atıkların çevresel yükünü azaltmak amacıyla değerlendirilebilmekte ve böylece sürdürülebilir bir tarım sistemine katkıda bulunmak için kullanım imkanına sahip olmaktadır [22].

1.1.3 Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, nano ölçekte organik ve inorganik material oluşumunu gerçekleştirmektedir. Tarımsal gıda sektöründe nanosensörler, izleme cihazları, belirli bileşenlerin hedefli teslimatı, gıda güvenliği uygulamaları, yeni ürün geliştirme, hassas işleme ve akıllı paketlenme dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamaları kapsamaktadır [26].

Nanoteknoloji, hassas biyoaktif bileşiklerin enkapsüle edilmesi, korunması, stabilitesi ve salınımı gibi özelliklere sahip olması nedeniyle gıda ve ilaç endüstrisinde en hızlı büyüyen alanlardan biri haline gelmiştir [27]. Nanoteknoloji,

aktif bileşikleri çevresel faktörlere karşı korumak, biyoyararlanımı ve stabiliteyi artırmak amacıyla kullanılmaktadır [28].

Nanoteknolojinin şu anda araştırılmakta olan birçok uygulaması, doğal biyopolimerik gıda bileşenlerinin normal yapısının değiştirilmesini, birleştirilmesini içermektedir, örneğin proteinlerin veya karbonhidratların biyoaktif bileşenlerin nano-stabilizatörleri olarak uygun hale getirmek amacıyla değiştirilmesidir [29].

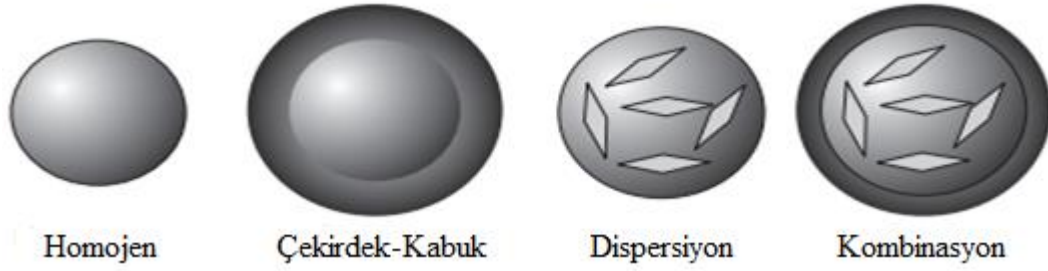
1.1.4 Enkapsülasyon ve Taşınım Sistemleri

Taşınım sistemi içerisinde enkapsüle edilecek bir gıda bileşenine aktif bileşen denilmektedir [30]. Bu biyoaktif bileşikler meyveler, sebzeler, tahıllar, bakliyatlar, kökler ve diğer bitkiler içerisinde yoğun olarak yer almaktadır [31]. Bununla birlikte, doğal biyoaktif bileşikler kimyasal olarak kararsızdır ve özellikle oksijen, ışık, nem, ısı [32] ve oksidatif bozulmaya karşı hassastır [33]. Ayrıca, gıda formülasyonlarında, saf biyoaktif bileşiklerin kullanımı düşük çözünürlük, düşük biyokimyasal ve fizikokimyasal stabilite, düşük aroma profili, uygun olmayan fiziksel durum, biyoyararlanımın düşük olması (örneğin; çözünürlük, zayıf biyoyararlanıma) ve ayrıca çevresel streslerin varlığında kolayca bozulma nedeniyle sınırlıdır [34].

Biyoaktif bileşenlerin özelliklerini korumak ve gıda formülasyonlarında kullanımını gerçekleştirmek için bir taşınım sistemi (enkapsülasyon) alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Belirli bir bileşeni ("aktif") bir tür matris ("kapsülleyici") içerisine yerleştirme durumuna enkapsülasyon adı verilmektedir [34]. Kaplanan madde (aktif madde) çekirdek, dolgu veya iç faz olarak da nitelendirilirken, kaplama malzemeleri (taşıyıcı malzeme) ise duvar malzemesi, zar, kapsül, kabuk, matris veya dış faz olarak nitelendirilmektedir [31, 35].

Matris, bir veya birden fazla bileşenden (proteinler, polisakkaritler, yüzey aktif maddeler, lipitler, su ve/veya mineraller gibi) meydana gelebilir ve üretimde kullanılan malzeme ve tekniklere göre basit (homojen) veya karmaşık (heterojen) bir duruma sahip olabilmektedir (Şekil 1.2) [30].



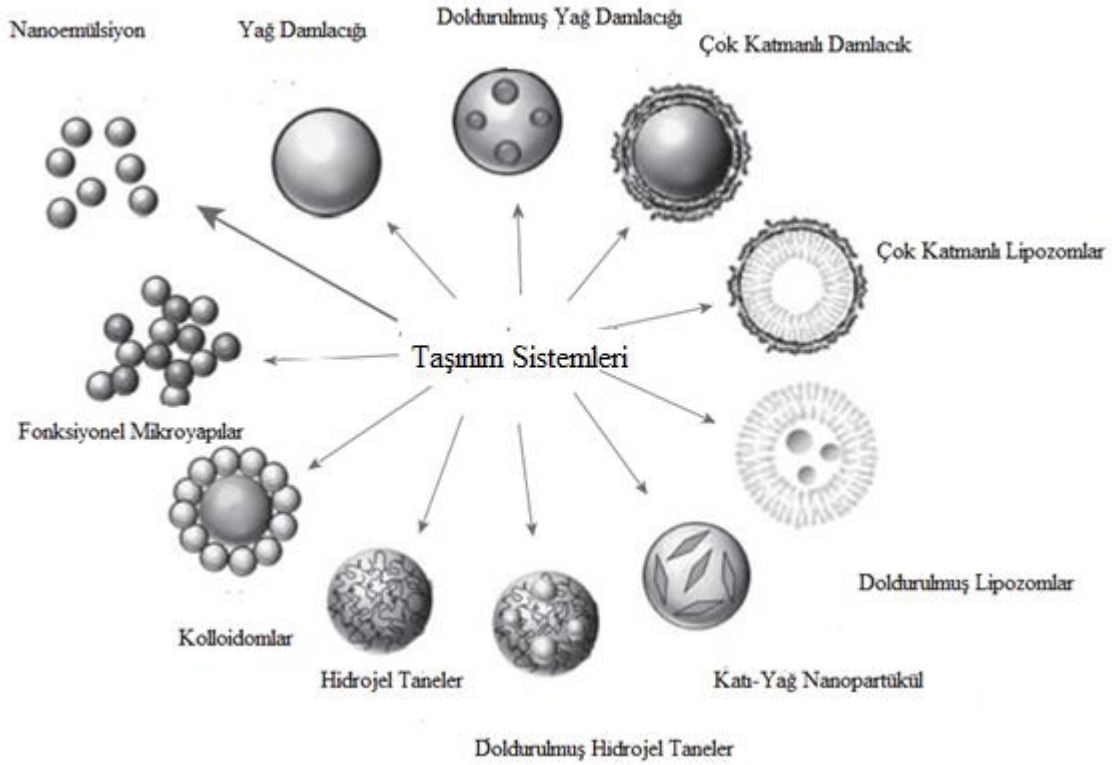
Şekil 1. 2 Nanopartikül matris yapıları [30]

Enkapsülasyon, biyoaktif bileşikler (polifenoller, mikrobeseinler, enzimler, antioksidanlar ve nutrasötikler) olumsuz çevresel faktörlerden korumak ve hedeflenen bölgede kontrollü salınımın yapılması amacıyla kullanılmaktadır [36]. Biyoaktif bileşikler pH, ışık, oksijen ve ısıya duyarlıdır ve bu da düşük biyoyararlılık ve biyoaktivite ile sonuçlanır. Bununla birlikte, enkapsülasyon teknolojisi, biyoaktif bileşikler sırasıyla midede ve ince bağırsakta asidik ve alkali koşullar altında oksidasyona karşı korur [37].

Enkapsülasyon işlemi biyoyararlanımı, kontrollü salınımı ve hedeflenen bölgeye ulaşma hassasiyetini artırır [31]. Ayrıca, enkapsülasyon işlemi istenmeyen tatların maskelenmesini, uçuculuk kaybının azaltılmasını, biyoaktif bileşiklerin fiziksel stabilitesinin, aktivitesinin ve raf ömrünün geliştirilmesini sağlar [38, 39]. Sonuç olarak, enkapsülasyon, biyoaktif bileşiklerin işlevselliğini artırmanın yanı sıra koruma açısından da oldukça önemli bir rol oynar [31].

Bir veya daha fazla aktif bileşeni enkapsüle etmek, korumak ve salınımını gerçekleştirmek için tasarlanmış sistemlere taşıma sistemi adı verilmektedir. Gıda endüstrisinde aktif bileşenleri kapsüllemek, korumak ve serbest bırakmak için çok çeşitli kolloidal taşıma sistemleri bulunmaktadır [34].

Taşıma ise enkapsüle edilmiş bir bileşeni, gerekli etki alanına taşıma işlemine denilmektedir [30]. Aktif bileşen enkapsülasyon işleminden sonra, genellikle serbest hale gelmeden önce belirli çevresel koşullar altında belirli bir süre boyunca taşıma sistemi tarafından muhafaza edilmelidir [30]. Farklı içeriklere ve yapılara sahip çok sayıda taşıma sistemi bulunmaktadır [30] (Şekil 1.3).



Şekil 1. 3 Nanoenkapsülasyon taşıyım sistemleri [30]

Gıda bileşeninin enkapsülasyonundaki ilk aşama uygun bir duvar malzemesinin seçilmesi ve enkapsülasyon tekniğinin belirlenmesidir [31]. Uygun bir duvar malzemesinin seçiminde çok çeşitli doğal ya da sentetik polimerler kullanılabilir [31]. Taşıyım sistemlerini oluşturmak amacıyla yaygın olarak kullanılan gıda bileşenleri lipitler, yüzey aktif maddeler, proteinler, karbonhidratlar, su ve mineraller'dir [30]. İşlevsellik açısından, kapsülleyici ajanlar öncelikle iyi bir emülgatör, yüksek konsantrasyonda düşük viskoz yapıda olmalı ve iyi çözünme, ağ oluşturma özelliklerine sahip olmalıdır [31].

Enkapsülasyon teknikleri, mikroenkapsülasyon, nanoenkapsülasyon ve makroenkapsülasyon olmak üzere 3'e ayrılmaktadır [30, 31].

1.1.5 Mikroenkapsülasyon

Mikroenkapsülasyon, küçük katı parçacıkların, sıvı damlacıkların veya gazların bir kaplama materyali ile (1-1000 µm) kaplanması işlemidir [40]. Mikroenkapsülasyon için en uygun teknolojiler, bir sıvı (karmaşık koaservasyon, arayüzey ve yerinde polimerizasyon veya emülsiyonlardan solvent buharlaşması) veya bir gaz süspansiyon ortamının (püskürtmeli kurutma veya sprey soğutma,

akışkan yataklı kaplama veya koekstrüzyon) kullanılmasıdır [41]. Gıda bilimi ve biyoteknolojisinde, doğal bileşenlerin, polifenollerin, uçucu katkı maddelerinin, enzimlerin, bakterilerin küçük kapsüller içinde enkapsülasyonunu sağlar ve bileşenlere stabil olma, besinsel bileşen kaybına karşı koruma imkanı sağlamaktadır [40].

Mikropartiküller (MP'ler) veya mikrokapsüller, çekirdek malzeme ve kaplama veya kabuk malzemesi olmak üzere iki yapıdan meydana gelmektedir. Çekirdek malzeme, enkapsülasyon sırasında aktif bir bileşen içerir. Bu bileşenler, proteinler, peptitler, uçucu yağlar, gıda malzemeleri, pigmentler, boyalar, monomerler, katalizörler, pestisitler etil selüloz, hidroksil propilmetil selüloz, sodyum karboksimetil selüloz, sodyum aljinat, Poli Laktik-ko-Glikolik Asit (PLGA), jelatin, polyesterler, kitosanlar vb. gibi malzemeler ile enkapsüle edilebilir [42].

1.1.6 Nanoenkapsülasyon

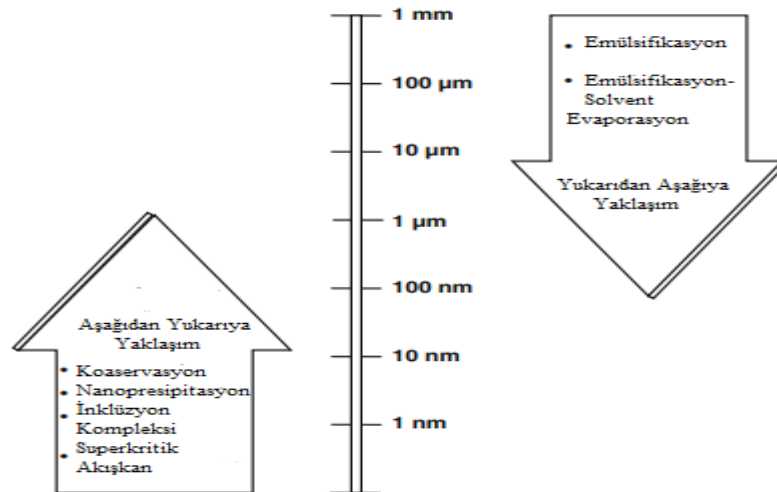
Nanoenkapsülasyon, biyoaktif bileşikler için uygun olmayan çevresel koşullara karşı koruyan, biyoyararlılık ve stabiliteyi arttırmak amacıyla kullanılan bir enkapsülasyon tekniğidir [28]. Nanoenkapsülasyon işlemi biyoaktif bileşiklerin kimyasal ve termal stabilitesini artırır, oksijen, ışık, pH, nem ve gastrik sindirime karşı koruma, kontrollü salınımı sağlar, hoş olmayan tat ve aromayı maskeler ve biyoyararlılığı arttırmaktadır [43]. Bununla beraber, nanoenkapsülasyon teknikleri, partikül büyüme kontrolü, organik solventler kullanma, ölçeği büyütmenin zor olması, saflaştırma ihtiyacı ve düşük kapsülleme verimliliği gibi bazı dezavantajlara sahiptir [44].

Mikrokapsüller (1-1000 mikrometre (μm)), submikronkapsüller (birkaç yüz nanometre (nm) ila 1 μm 'den az) ve nanokapsüller (1 ila birkaç yüz nm) mikroenkapsülasyon ve nanoenkapsülasyon teknikleri sonucunda üretilmektedir [31]. Nano-kapsüller, mikrokapsüllere kıyasla çözünürlüğü artıran daha büyük bir yüzey alanı sağlar ve nanoenkapsülasyon, biyoyararlanımı artırma, kontrollü salınımı iyileştirme ve biyoaktif bileşiklerin mikroenkapsülasyon tipi dağıtım sistemlerinden daha büyük ölçüde hassas bir şekilde hedefe ulaşmasını sağlama potansiyeline sahiptir [45]. Geleneksel enkapsülasyon tekniklerinin (sprey kurutma, koaservasyon) yüksek sıcaklık, partikül boyutu kontrolünün güç olması

ve düşük düzeyde enkapsülasyon verimliliği gibi dezavantajlarından dolayı nanoenkapsülasyon teknikleri kullanımı avantaj sağlamaktadır [46].

Nanoenkapsülasyon teknikleri, nanomalzemelerin geliştirilmesi için yukarıdan aşağıya, aşağıdan yukarıya yaklaşımları veya iki tekniğin kombinasyonları kullanılır [30]. Yukarıdan aşağıya yaklaşımlar, yapının boyut küçültülmesine ve şekillendirilmesine izin veren kuvvetle gerçekleştirilen uygulamaları içerir [47]. Boyut küçültme işlemlerindeki kontrol, üretilen malzemelerin özelliklerini etkiler [36]. Bu yöntemler öncelikle boyut küçültme işlemini gerçekleştirmek için kullanılan homojenizasyon, öğütme, enjeksiyon, püskürtme işlemleridir [36]. Aşağıdan yukarıya yaklaşımda nanomateryaller, pH, sıcaklık, konsantrasyon ve iyonik güç gibi birçok parametreden etkilenirler ve moleküllerin kendi kendine toplanması ve kendi kendine organize edilmesi sonucu meydana gelmektedir [48].

Yukarıdan aşağıya yaklaşımda emülsiyon oluşturma ve emülsiyonlaştırma-çözücü buharlaştırma gibi teknikler kullanılırken, aşağıdan yukarıya yaklaşımda ise süperkritik sıvı teknikleri, inklüzyon kompleksleştirme, koaservasyon ve nanoçökeltme kullanılmaktadır (Şekil 1.4) [49, 50]. Her iki yaklaşımdaki teknikler lipofilik ve hidrofilik biyoaktif bileşiklerin enkapsülasyonu için kullanılabilir [47].



Şekil 1.4 Aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı yaklaşımlarla nanoenkapsülasyon teknikleri [36]

Nanoenkapsülasyon teknikleri Tablo 1.1'de gösterildiği gibi 5 gruba ayrılmıştır [51]. Bir nanoenkapsülasyon teknolojisinin seçimi fizikokimyasal özellikler, gerekli partikül boyutu, salınım türü, taşınım yöntemi, işlem maliyeti vb. gibi birçok parametreye bağlıdır [52].

Nanopartiküller (NP), biyoaktif bileşiklerin nanoenkapsülasyonu için kullanılabilen mikron altı boyutlu katı taşıyıcılar olarak tanımlanır. NP genellikle 1 ile 100 nm arasında değişen küresel substratlar olarak tanımlanır. Ancak endüstriyel uygulamalar için 1 ile 1000 nm arasında değişen partikül boyutları kullanılır [53]. Farklı ilaç taşıyıcıları arasında NP'ler, nano ölçekli boyut, yüksek yüzey/hacim oranı, seçici hedefleme potansiyeli ve kontrollü ilaç salımı gibi birçok avantaja sahiptir [53, 54]. NP'lerin hazırlanma yöntemine bağlı olarak iki farklı formda elde edilebilirler: nanoküreler veya nanokapsüller (Şekil 1.5). Nanoküreler, biyoaktif bileşiklerin partiküller içinde homojen olarak dağıldığı veya yüzeylerinde onları absorbe ettiği matris sistemleridir [36]. Nanokapsüller, polimerik bir zarla çevrelenmiş merkezi bir çekirdeğe sahip veziküller bir sisteme sahiptir ve biyoaktif bileşikler, iç çekirdekte çözülebilir veya kapsül yüzeyine adsorbe edilebilir [55]. Biyolojik olarak parçalanabilen NP sistemleri, duyarlı biyoaktif bileşiklerin potansiyel salınımı nedeniyle son yıllarda ilgi kazanmıştır [56, 57]. NP sistemleri, MP'lere kıyasla biyoyararlanımı, ilaç kontrollü salınımı ve biyoaktif bileşiklerin çözünürlüğünü geliştirmektedir [45].

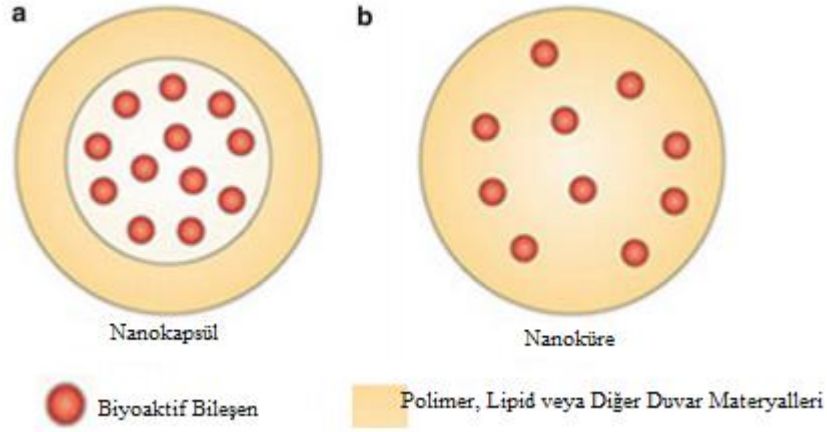
Partiküllerin küçültülmüş boyutu, daha yüksek çözünürlük ve biyoaktivite, artan stabilite ve hücresel alım, geliştirilmiş biyoyararlanım, kimyasal reaktivite ve kontrollü salıverme gibi farklı fiziksel-kimyasal ve biyolojik özellikleri sağlar ve yüzey/hacim oranında önemli bir artışa yol açar [27, 28]. NP sistemleri özellikle oksijen, ışık ve sıcaklık gibi zorlu çevre koşullarına karşı polimerik bir bariyer sağlar [58]. Biyoaktif bileşikler, düşük biyoyararlanım ve biyoaktivite ile sonuçlanan pH, ışık, oksijen ve ısıya duyarlıdır. Bununla birlikte, polimerik bariyer, biyoaktif bileşikleri sırasıyla mide ve ince bağırsakta asidik ve alkali koşullar altında oksidasyona karşı korur [37]. Bu özelliklere sahip gıda biyopolimerik NP'leri son yıllarda çok dikkat çekmiştir [59].

Tablo 1. 1 Nanoenkapsülasyon tekniklerinin sınıflandırılması [51]

Grup	Teknik	Strateji
Yağ Bazlı Teknikler	Nano ve Mikroemülsiyonlar	Tekli Emülsiyon Su içinde Yağ (Y/S) ve Yağ içinde Su (S/Y)
		Çift Emülsiyon (S/Y/S) (Y/S/Y)
		Yapılandırılmış Emülsiyonlar
	Nanoyapılandırılmış Fosfolipid Taşıyıcılar	Lipozomlar, tek katlı ve çok katlı
		Fitozomlar, tek katlı ve çok katlı
		Yapılandırılmış Kaplamalı Lipozom ve Fitozomlar
	Nanolipid Taşıyıcılar	Katı-Yağ Nanopartikül
		Nano yapılandırılmış Lipid Taşıyıcılar
		Akıllı Lipid Taşıyıcılar
Doğal Kaynaklı Teknikler	Kasein	Alfa, Beta ve Gamma Kasein
	Siklodekstrin	Alfa, Beta ve Gamma Siklodekstrin
	Amiloz	Tekli ve Çift Heliks
Temel Ekipman Bazlı Teknikler	Elektrospin	Tekli Enjeksiyon Başlığı ve Çift Enjeksiyon
	Elektrosprey	
	Nanosprey Kurutucu	
	Mikroakışkan/Nanoakışkan	

Tablo 1. 1 Nanoenkapsülasyon tekniklerinin sınıflandırılması (devamı) [51]

Grup	Teknik	Strateji
Biyopolimer Bazlı Teknikler	Tek Biyopolimer Nanotaşıyıcılar	Desolvasyon ile oluşturulan Protein NP
		Presipitasyon ile Oluşturulan Polisakkarit NP
	Kompleks Biyopolimer Nanotaşıyıcılar	Protein + protein
		Protein +Polisakkarit
		Polisakkarit+ Polisakkarit
	Nanojeller	Hidrojeller
		Organojeller/ Oleojeller
		Karışık Jeller
	Nanotüpler	Alfa Laktalbumin ile elde edilen Protein Nanotüpü
Diğer Teknikler	Nanokristaller	Biyoaktifli Kristaller
		Diğer nanotaşıyıcılar içerisindeki biyoaktif kristaller
	Nanoyapılandırılmış Surfektanlar	Niyozomlar
		Dendrimeters



Şekil 1. 5 Nanopartikül formları [60]

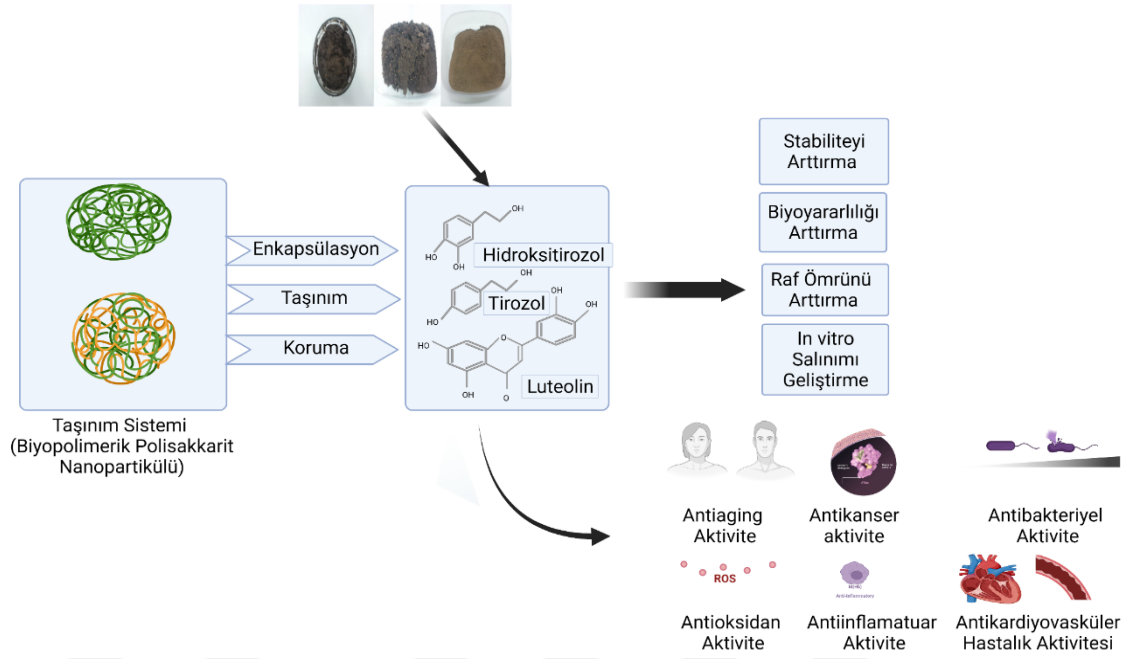
1.1.7 Biyopolimerik Nanopartikül Sistemleri

Biyopolimer kolloidal partiküller, çeşitli aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya yöntemler kullanılarak proteinlerden veya polisakkaritlerden elde edilmektedir [61]. Bu partiküller, nihai üründe gerekli fonksiyonel özellikleri gösterecek şekilde tasarlanmalıdır [34].

Gıda biyopolimerleri, çok çeşitli fonksiyonel nitelikler sergileyen kolloidal parçacıkların birleşmesini sağlayan çok çeşitli moleküler ve fizikokimyasal özellikler (örneğin moleküler ağırlık, yük, dallanma, esneklik, polarite ve çözünürlük) göstermektedirler [62].

Çeşitli yöntemler kullanılarak üretilen biyopolimerik partiküller, biyoaktif bileşenleri kapsüllemek, korumak ve salmak için özel olarak tasarlanabilir veya gıda ürünlerinin dokusunu, stabilitesini veya görünümünü değiştirmek için fonksiyonel bileşenler olarak kullanılabilir [63].

Son yıllarda, polisakkarit bazlı polimer kompleksleri gıda beslenme dağıtım sisteminin bir araştırma konusu haline gelmiştir. Biyolojik olarak parçalanabilir NP sistemleri, son derece hassas biyoaktif bileşikler potansiyel taşıma özelliğine sahip olması nedeniyle son yıllarda dikkat çekmektedir [56, 57]. Gıda biyopolimerik NP'leri, gıdalar ve takviye edici ürünler gibi farklı alanlarda kullanımı büyük ilgi görmektedir [59]. Pirina fenolik bileşiklerinin gıdalarda kullanımının taşınımı sistemleri ile gerçekleştirilmesi Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1. 6 Pirina fenolik bileşiklerinin gıdalarda kullanımının taşıyıcı sistemleri ile gerçekleştirilmesi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

1.1.8 Polisakkaritler

Doğal polisakkaritlerden yapılan polimerik NP'ler son zamanlarda büyük bir ilgi görmektedir. Polisakkaritler hızla içselleştirilir ve bozunur, böylece orta derecede hücre içi salınım gerçekleşmektedir [58]. Ayrıca, yapılarında hidroksil, karboksil ve amino grupları gibi hidrofilik grupların varlığı, aktif bileşenlerin biyoyararlanımını arttırmak için yararlı bir strateji olan epitel ve mukoza zarları ile biyolojik temas ve yapışmayı arttırmaktadır [64]. Bu nedenle, polisakkaritler NP'lerin hazırlanması ve biyobozunur polimerlerin yeni kaynağını bulmak, özellikle uygun özelliklere sahip bitki kaynaklı polimerler bulmak için umut verici geleceğe sahip biyomateryallerdir [58]. Polisakkaritlerin kullanımı, genel olarak güvenli, non-toksik, biyolojik olarak bozunabilir kabul edilmektedir ve doğadaki bol kaynaklar, düşük üretim maliyeti, doğal polisakkaritlerin geliştirilmesi için büyük bir potansiyel sunmaktadır [65]. Bununla birlikte, polisakkarit bazlı biyopolimerik NP sistemleri, doğal materyalin kökeni, polidispersite ve moleküler ağırlık kontrol komplikasyonları gibi bazı dezavantajlara sahiptir, bu da NP'lerde partiden partiye değişkenlik ile sonuçlanır [66].

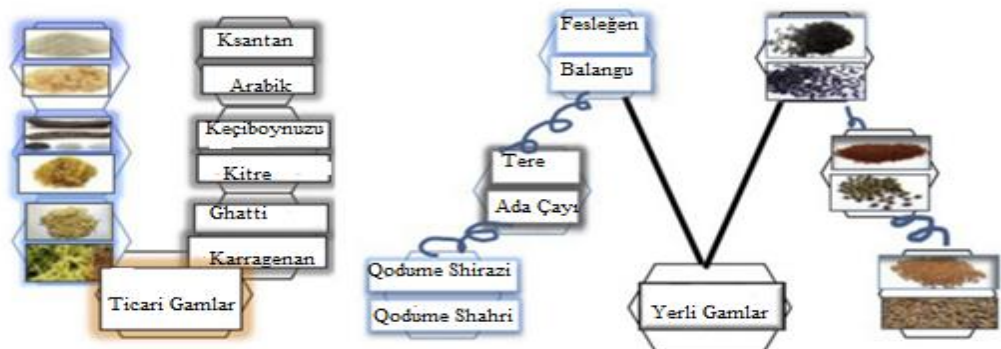
Özellikle, doğal polisakkaritlerin çoğu, biyolojik yapıyı oluşturan biyolojik dokular (çoğunlukla epitel ve mukoza zarları) ile kovalent olmayan bağlar oluşturabilen hidroksil, karboksilik asit ve amino grupları gibi hidrofilik gruplara sahiptir [65].

Polisakkaritlerin moleküler ağırlıkları, konformasyonları, esneklikleri, dallanmaları, elektriksel özellikleri, hidrofobiklikleri ve kimyasal reaktiviteleri farklıdır, bu da fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinde, örneğin çözünürlüklerinde, kalınlaşma ve jelleşme özelliklerinde, bağlanma özelliklerinde ve yüzeyde farklılıklara yol açmaktadır [34].

Polisakkaritlerin kimyasal olarak işlevselleştirilmesi, polisakkaritlerin omurgası boyunca dağılan serbest karboksil ve hidroksil grupları kullanılarak elde edilir. Bu reaktif grupların kullanımı, belirli özelliklere (örn. hidrofobiklik, çözünürlük) sahip uygun polisakkarit türevlerinin üretilmesine imkan vererek, özel uygulama alanlarında polisakkaritlerin kullanımını teşvik etmektedir [67]. Biyopolimer destekli taşıma sistemlerinin meydana gelmesinde polisakkaritlerin kendi kendine birleşme ve jel oluşturma yeteneği, yaygın olarak kullanılmaktadır [68]. Polisakkarit moleküllerinin elektriksel özelliklerini belirlemek önemlidir (zeta (ζ) potansiyeline karşı pH), çünkü elektrostatik etkileşimler, örneğin koaservasyon, kümelenme veya çok katmanlı oluşum gibi spesifik biyopolimer yapılarını bir araya getirmek için kullanılabilir [34].

Polisakkaritler yardımıyla elde edilen biyopolimerik partiküllerin morfolojisi, yoğunluğu, kırılma indeksi, boyutu, yükü; pH, tuz, sıcaklık ve enzimlere karşı stabilitesi gibi özelliklerini belirlemek oldukça önemlidir [61, 68].

1.1.9 Doğal Hidrofilik Biyopolimerler (Gamlar)



Şekil 1. 7 Ticari ve yerli gam kaynakları [69]

Gam biyopolimerleri için çeşitli sınıflandırmalar vardır. Bunlar; Üretim kaynaklarına göre (bitkiler, hayvanlar, deniz yosunları, mantarlar ve diğer mikrobiyal kaynaklar) ve sıvı,yarı katı bitki kaynaklarına göredir [69]. Gamların üretimi için farklı kaynakların mevcudiyeti, bu malzemelerin başka bir sınıflandırmasına, yani Şekil 1.7'de gösterildiği gibi doğal ve ticari gam sınıflandırmasına yol açmıştır [69].

Gamlar, suda çözünen, mikroorganizma, bitki ve hayvanlar tarafından meydana gelen moleküllerdir. Ayrıca, gamlar gıda zımkı da denilmektedir. Gıda endüstrisinde gamlar, çok sayıda hidrofilik grup ve spesifik moleküler yapıya sahip olmasından dolayı koyulaştırıcı, jelleşme, doku ajanları, stabilizatörler ve emülsiyonlaştırıcılar olarak kullanılan biyopolimerlerdir [65]. Genel olarak, sentetik gamlar gıda sektöründe uzun yıllardır kullanılmaktadır. Bununla birlikte, gıda endüstrisinde sentetik gamların kullanılması, yüksek maliyet, vücuda toksisite, çevre kirliliği, yenilenemeyen kaynaklar olması gibi dezavantajlara sahiptir. Doğal gamlar, biyolojik olarak parçalanabilir, biyouyumlu ve nontoksiktir, elde edilmesi daha kolay ve düşük maliyetlidir. Tüm bu avantajlar doğal gam kaynaklarının sentetik gamlara alternatif olarak ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, doğal gam kaynaklarının araştırılması büyük önem taşımaktadır [57, 70].

Gamların hidrofilik özellikleri, gamların yapısında onları su ile bağlanmaya uygun hale getiren birçok hidroksil grubunun varlığından kaynaklanmaktadır [69, 71]. Polisakkarit gamların, düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoz dispersiyonlar veya çözeltiler göstermesi ve kolay hidrasyon kabiliyeti temel özellikleridir [72].

Gamlar gıda endüstrisinde yoğurt, dondurma ve tereyağındaki emülgatörler gibi kullanımı ile farklı fonksiyonel ve besleyici özelliklere sahiptir [73]. Örneğin, çikolatalı sütte süspansiyon ajanı, bira ve çırpılmış soslarda köpük stabilizatörleri, şekerlemelerde kaplama ajanları olarak; pudinglerde ve jölelerde jelleştirici ajanlar, stabilize edici ajanlar, çorbalarda, salata soslarında ve soslarda kıvam arttırıcı ajanlar olarak kullanılabilirler [74, 75].

1.1.10 Ticari Gamlar

Ticari gamlar keçiyoynuzu gamı, karragenan, ksantan ve gam arabik gibi gıdalarda yaygın olarak kullanılır. Ticari gamlar ayrıca Ghatti, Karaya ve kitre gamını da

içerir [69]. Gam arabik, kitre gam, karaya gam ve ghatti gamı gibi gıda sınıfı gamlar ticari olarak mevcuttur ve Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından belirlenen Genel Olarak Güvenli Kabul Edilir (GRAS) statüsündedir. [76].

Ksantan gam, mikrobiyal orijinli, non iyoniktir ve özellikle dondurulmuş tatlılarda, dondurmada ve içeceklerde kullanılmaktadır [77]. Keçiboynuzu gamı, non iyonik, bitkisel orjinli, galaktomannan yapıya sahip bir tohum gamıdır [76]. Koyulaştırıcı olarak özellikle dondurma, çorba, ketçap ve mayonezde kullanılmaktadır [78]. Anyonik bir polisakarit olan kitre gamı, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyobazlı bir polimerdir [79]. Özellikle salata soslarında meyveli içeceklerde ve soslarda kullanılmaktadır [80]. Kitre gamı, asit stabilitesi ve dayanıklılığı nedeniyle dökülebilir kıvama sahip kremalı salata sosunda da kullanıma uygundur. Kitre gamı ayrıca çeşitli sos türlerinin hazırlanmasında koyulaştırıcı olarak uygulama bulur. Ayrıca çeşitli fırıncılık emülsiyonlarında ve soslarında stabilizatör olarak kullanılır. Ksantan gam, düşük maliyeti ve stabil kalitesi nedeniyle birçok gıda uygulamasında kitre gamı yerine kullanılabilir [76]. Guar gam noniyonik bitkisel orjinli emülsifiye ve stabilize etme özelliğine sahip içecek, ketçap, mayonez ve çorbalarda kullanılan bir gam çeşididir [81]. Gam arabik, anyonik, bitkisel orjinli ve emülsifiye etme ve köpük stabilizatörü özelliğine sahip, çikolata ve soft içeceklerde kullanılan bir ticari gam çeşididir [82]. Ghatti, anyonik, bitkisel orjinli, emülsifiye etme amacıyla salata sosları, işlenmiş peynirlerde kullanılan bir gam çeşididir [83]. Karragenan, anyonik deniz orjinli, jelleşme ajanı ve emülsiyonları stabilize etme amacıyla dondurmalarda, krem peynirlerde, sütlü tatlılarda kullanılan bir gam çeşididir [84]. Karaya gam ise anyonik bitkisel orjinli, stabilize, emülsifiye edici ajan olarak sürülebilir peynirlerde ve hamur tabanlıörneğin ekmek ve makarnada kullanılan bir gam çeşididir [85]. Karaya gamı salata soslarında sulu faz viskozitesini artırır ve bu nedenle bu tür soslarda emülsiyon stabilizatörü olarak kullanılabilir. Unlu mamül ve makarna ürünlerinde özellikle düşük kalorili ürünlerin geliştirilmesinde bağlayıcı olarak kullanılabilir [76].

1.1.11 Yerli Gamlar

Yerli gamlar farklı tohumlardan elde edilmiştir, örn. tere tohumu [86], Angum gamı [87], Qodume Shahri [88], fesleğen tohumu [58, 89], Qodume Shirazi [90], ada çayı gamı [91], chia tohumu gamı [92], ısırgan tohumu gamı [93], ayva çekirdeği gamı

[94]. Yerli gamlar, gıda sistemlerinde koyulaştırıcı, stabilize edici ve emülsifiye edici ajan olarak işlev görebilirler [69].

Doğal gamlar, dikkate değer teknolojik ve fonksiyonel özelliklere (tekstüre etme, emülsifiye etme ve kalınlaştırma) sahiptir ve mevcut bilimsel literatür, doğal gamların bazı ticari stabilizatörler için bir alternatif olabileceğini ve gıda ürünlerinin kalitesini ve çeşitliliğini iyileştirebileceğini göstermektedir [69, 95].

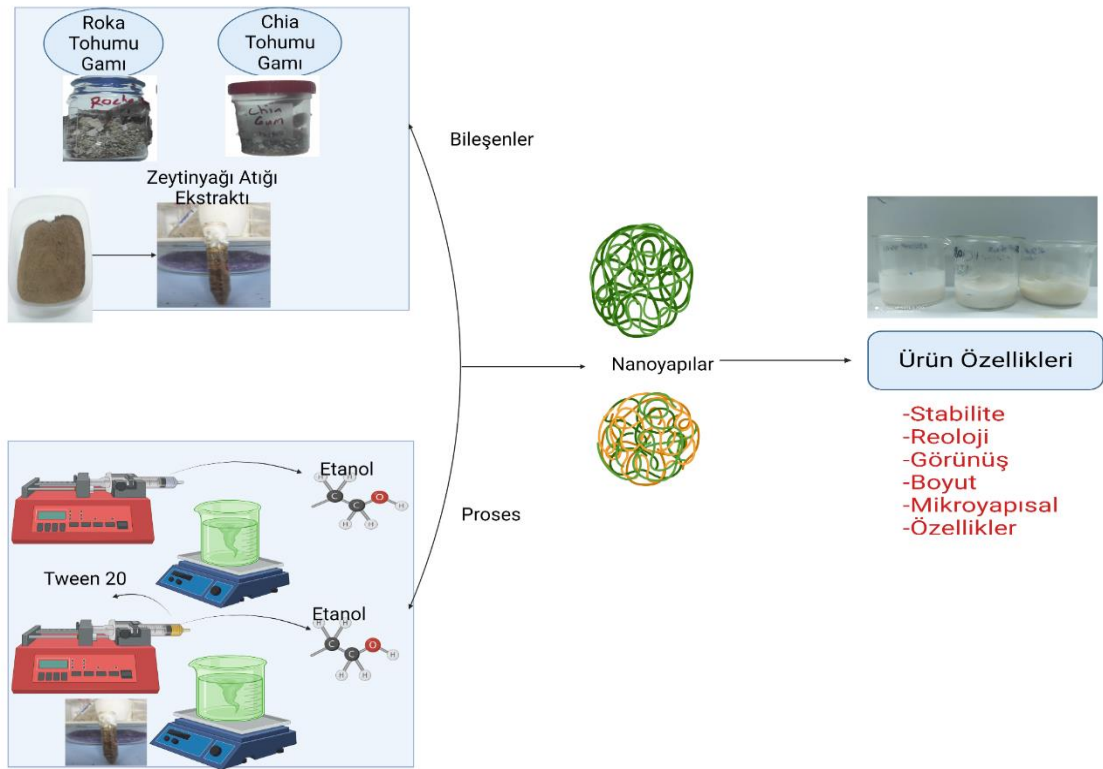
Nanoenkapsülasyon tekniğinde kullanılan yapılandırma malzemesi, doğal veya sentetik polimerlerden elde edilebilir ve doğal polimerlerin kullanımına olan ilgi, toksik olmamaları ve sentetik polimerlere göre daha düşük maliyetleri nedeniyle artmaktadır. [70].

Aroma maddeleri, vitaminler, mineraller ve esansiyel yağ asitleri dahil olmak üzere çeşitli nanoenkapsüle gıda bileşenleri için önemli duvar malzemeleri olarak kullanılmışlardır [69]. Nanoenkapsülasyon sistemlerinde kullanılan en yaygın gamlar arasında gam arabik [96], karragenan [97], ksantan [98] kitre gam [99] ve ilave olarak chia tohumu gamı [57], tere tohumu gamı [27], adaçayı gamı ve tere tohumu gamı [100] gibi bazı yeni geleneksel olmayan gam kaynakları da nanoyapılı sistemler için potansiyel yapı taşları olarak tanımlanan gamlardır.

1.1.12 Gam Nanopartikülleri

Günümüzde gıda kolloidleri alanı hızla büyümektedir [101]. Gam NP'leri oluşturmak için en sık emülsifikasyon, koaservasyon (basit veya karmaşık) ve elektrospreyleme teknikleri kullanılmaktadır [69]. Örneğin, karmaşık koaservasyon, zıt yüklü iki biyopolimerin sulu çözeltilerini karıştırmak için bir temeldir; ılımlı üretim koşulları ve basit süreci nedeniyle NP'leri bir araya getirmek için arzu edilen bir yöntemdir [102]. Çoğunlukla suda çözünür polisakkaritler olan gamlar, viskoz çözeltiler, emülsiyonlar veya jeller oluşturmak için su ile etkileşime girebilir [69]. Gamlar, esneklik, biyouyumluluk, biyobozunurluk, moleküler etkileşimler için reaktif bölgelerin mevcudiyeti ve kullanım kolaylığı gibi arzu edilen özellikleri nedeniyle nanoyapıların (nanoemülsiyonlar, NP'ler, nanokompleksler ve nanolifler) oluşumunda aroma maddeleri, vitaminler, mineraller ve esansiyel yağ asitleri dahil olmak üzere çeşitli nanoenkapsüle gıda bileşenleri için önemli duvar malzemeleri olarak son derece

geniş uygulamalara yol açmıştır [69]. Şekil 1.8'de nanoyapıların oluşumu ve ürünlerde kullanılması şematize edilmiştir.



Şekil 1. 8 Nanoyapıların oluşumu ve ürünlerde kullanılması (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

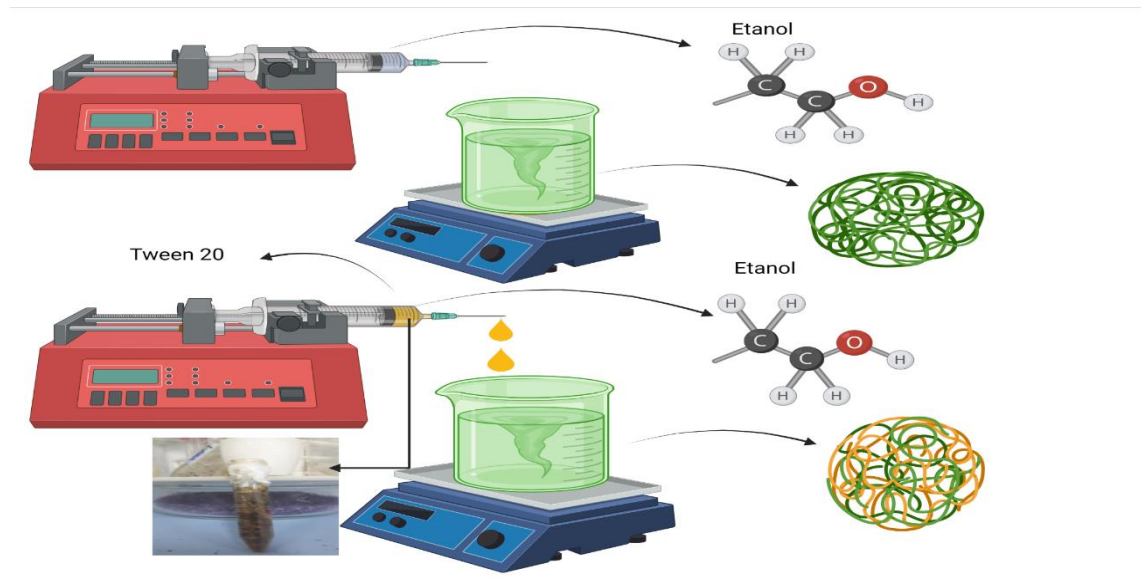
1.1.13 Desolvasyon Tekniği

Sıvı-sıvı dispersiyonu veya desolvasyon olarak da bilinen antisolvent çökeltme, zein gibi proteinlerden ve gam gibi polisakkaritlerden nanopartiküller üretmek için kullanılan basit bir yöntemdir [27, 103].

Hem polisakkaritlerden hem de proteinlerden nanoyapı, özellikle NP üretimi için basit bir teknik, katılan makromoleküllerin sayısına bağlı olarak iki kategoriye ayrılabilen koaservasyondur (sıvı-sıvı faz ayrımı): antisolvent çökeltme (desolvasyon) veya basit koaservasyon ve kompleks koaservasyon [69].

Desolvasyon, termodinamik olarak teşvik edilen, kendi kendine birleşme süreci olan, sulu fazda polimerlerin çökmesini düzenlemek için bir makromolekül çözeltisi içinde tuzlar, alkoller veya çözücüler gibi farklı bir çözücü maddenin yavaş ilavesi anlamına gelmektedir ve hem polisakkaritlerden hem de proteinlerden nanoyapının, özellikle NP üretilmesi için kullanılmaktadır.

Biyopolimer konsantrasyonu, pH, desolvasyon maddesi miktarı NP'lerin fizikokimyasal özellikleri için önemli parametrelerdir [27, 104]. NP üretim yöntemleri arasında diğer yöntemlere kıyasla kolay uygulanabilir ve düşük maliyetinden dolayı etkili bir teknik olarak kullanılmaktadır [55]. Antisolvent (Desolvasyon) çöktürme kullanılarak biyopolimer partiküllerinin oluşumu, solvent kalitesindeki değişikliklere dayanır [105]. Desolvasyon tekniği şematize edilerek Şekil 1.9'da verilmiştir. Bu işlemde, biyopolimer ve aktif bileşen önce iyi bir çözücü içinde çözülür ve daha sonra koşullar, kötü bir çözücü haline gelecek şekilde değiştirilir, bu da kendiliğinden biyopolimer NP'lerin veya MP'lerin oluşumuna yol açar [34]. Bu yöntem, suda çözünür veya suda çözünmeyen biyopolimerik partikülleri oluşturmak için kullanılabilir [34]. Suda çözünmeyen biyopolimerler için, biyopolimeri çözmek için organik bir çözücü kullanılır ve bir antisolvent olarak su kullanılır [34]. Suda çözünür biyopolimerler için ise biyopolimeri çözmek için sulu bir çözelti kullanılır ve antisolvent olarak ise organik bir sıvı (etanol gibi) kullanılmaktadır [34]. Örneğin protein ve aktif bileşen suda çözülebilir ve ardından biyopolimer çökmesini ve oluşumunu teşvik etmek amacıyla bir alkol çözeltisine ilavesi gerçekleştirilebilir [106]. Biyopolimerik partiküller meydana geldikten sonra stabilitesini arttırmak için antisolvente partikül yüzeylerine adsorbe edilebilme kabiliyetine sahip yüzey aktif maddeler veya polimerler gibi stabilize edici bir ajan eklemek gerekebilir [34, 105].



Şekil 1. 9 Desolvasyon tekniğinin şematize edilmesi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

Emülsiyon üretmenin yanı sıra ultrasonik homojenleştiriciler, diğer kolloidal taşınım sistemlerinin üretimi için de oldukça faydalıdır. Örneğin, NP oluşumunu kolaylaştırmak amacıyla kullanılabilirler. NP ve MP tabanlı taşıyıcı sistemlerde, küçük partiküllerin bazı antisolvent çökeltme yöntemlerinde partikül üretimine katkı sağlamalarının yanı sıra [107, 108] büyük katı parçacıkları veya aglomeratları daha küçük parçacıklara ayırmak amacıyla da kullanım imkanı bulunmaktadır [34].

Polisakkarit çözeltisinin konsantrasyonu gibi partikül boyutunu belirleyen birçok faktör bulunmaktadır, özellikle konsantrasyon ne kadar yüksek olursa, oluşan partiküllerin boyutu da o kadar büyük olmaktadır [51]. Polisakkarit molekülleri, nanoçökeltme sırasında daha küçük NP'lerin hazırlanmasını sağlayan daha düşük konsantrasyonlarda, iyi bir şekilde dağılmış haldedir [51, 109].

Polimerik NP'lerin boyutu ve yüzey alanı-hacim oranı, desolvasyon işlemi sırasında polimer konsantrasyonu ve iyonik güç ayarlanarak kontrol edilir [110, 111]. Bu teknik, özel ekipman ve karmaşık çalışma koşulları gerektirmez ve kolayca gerçekleştirilebilir, ancak NP'leri üretmek için kullanılan biyopolimerlerin veya bileşiklerin doğası göz önünde bulundurularak solvent ve antisolventin dikkatli ve uygun bir şekilde seçilmesi büyük önem taşımaktadır [105]. Desolvasyon tekniği, düşük maliyet, rahat koşullar, küçük parçacık boyutu ve işlem kolaylığı sağlaması gibi birçok avantaja sahiptir. Bununla beraber, kolay partikül agregasyonu, düşük yükleme kapasitesi ve organik çözücülerin kullanılması bu tekniğin dezavantajlarını oluşturmaktadır [112].

1.1.14 Roka Tohumu

Roket veya roka olarak da bilinen (*Eruca sativa* Mill) bitki genellikle bir salata bileşeni olarak kullanılmaktadır. Roka, polifenoller, lifler ve glukozinolatlar gibi sağlığı teşvik eden fitokimyasal bileşikler içermektedir [113]. Roka tohumları, yüksek yağ içerikleri (%20,0) ve en çok aranan yağ asitlerinden biri olan Erusik asit içerikleri nedeniyle dünyada petrol üretimi için kullanılmaktadır [113, 114]. Şekil 1.10'da roka tohumunun görüntüsü verilmiştir. Ayrıca roka tohumu önemli miktarda toplam karbonhidrat (%23,1), ham lifler (%20,4) ve ham protein (%31,0) içermektedir [115]. Roka tohumları, kimyasal bileşimleri sayesinde, fonksiyonel özelliklere sahip makul gam içeriğine sahip olabilir. Roka tohumu gamı

(RSG), roka tohumu endosperminin ekstraksiyonu ile elde edilen bitkisel kaynaklı bir gamdır [114, 116]. Stabilizatör, emülgatör ve yağ ikame edici olarak kullanım potansiyeline sahiptir [117].



Şekil 1. 10 Roka tohumu görüntüsü

Roka, Hindistan ve Güney Avrupa'da bulunan Brassicaceae familyasından bir bitkidir. Tek yıllık otsu bir bitkidir [118]. Roka, yıl boyunca büyüyebilir ve taze yeşil yaprakları besin ve vitaminler açısından zengindir ve tohumlar tıbbi yağ içermektedir [119].

Roka tohumu epidermal hücreleri, müsilağın materyallerden oluşur [116]. RSG anyonik bir polisakkarittir ve müsilağlı materyallere sahip olması nedeniyle duvar materyali olarak umut verici bir polimerdir [117].

1.1.15 Chia Tohumu

Lamiaceae familyasından Chia tohumu (*Salvia hispanica*), Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri, Latin Amerika ve Nijerya gibi farklı bölgelerde yetiştirilen önemli bir besindir [120]. Besinsel olarak, chia tohumları (%18–25) protein, (%20–37) diyet lifi ve (%21–33) yağ içerir. Tohumlar ayrıca iyi antioksidan aktiviteye sahip iyi bir fenolik bileşik kaynağıdır [121-123]. Chia tohumu, günümüzde dünyada beslenme, sağlık ve fonksiyonel gıdalara olan talep dolayısıyla kullanımı önemli miktarda artmaktadır [124].



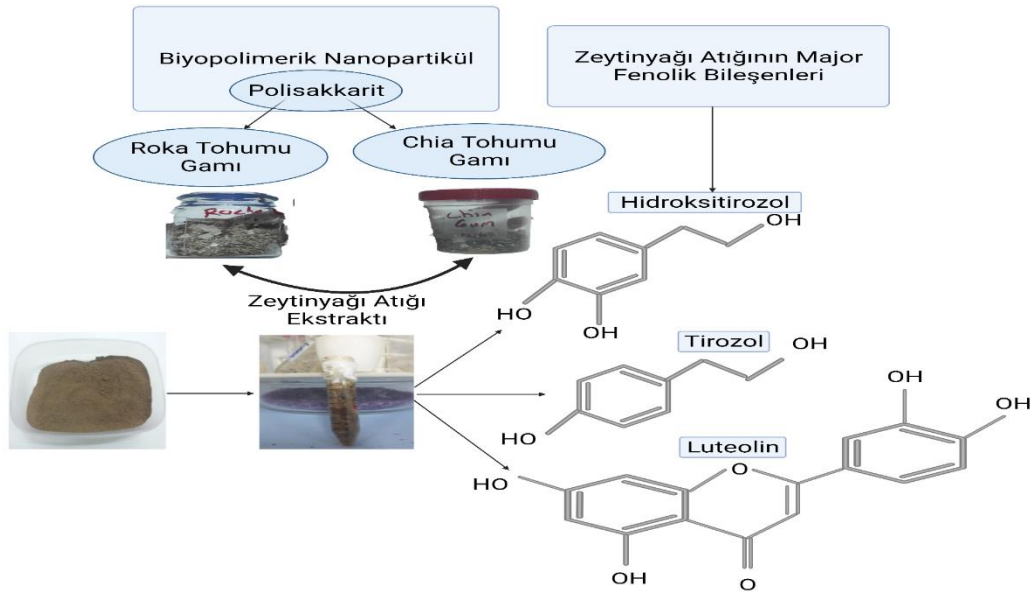
Şekil 1. 11 Chia tohumu görüntüsü

Chia tohumu güney Meksika ve kuzey Guatemala'ya özgü, yıllık otsu bir bitkidir [125]. Şekil 1.11'de chia tohumunun görüntüsü verilmiştir.

Chia tohumlarının un, bütün tohumlar, tohum yağı ve müsilaj gibi kısımları gıda endüstrisinde kullanım imkanı bulmaktadır [121]. Yüksek yağ içeriğine ek olarak, chia tohumu yüksek protein ve diyet lifi içeriği nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak kullanım potansiyeline sahiptir [126].

Chia tohumlarının, kan şekeri seviyelerini düşürmek, kan basıncını kontrol etmek, kardiyovasküler ve kolon sağlığını iyileştirmek, bağırsak boşalmasını düzenlemek ve gastroözofageal reflü ve mide ekşimesini azaltmak gibi sağlığı geliştirici özellikleri nedeniyle tüketiciler arasında popülerliği artmaktadır [127].

Chia tohumu gamı (CSG), chia tohumlarının endosperminden izole edilen bir anyonik gamdır, iyi bir lif ve hidrasyon kapasitesi kaynağıdır. [128, 129] Çeşitlerine ve büyüme koşullarına bağlı olarak CSG, tohum kuru kütlelerinin% 4-6'sını oluşturur [129]. CSG, anyonik bir polisakkarittir, Bu özelliklerinden dolayı CSG, biyopolimerik NP'ler üretmek için umut verici bir polimerdir [127]. RSG ve CSG, doğal hidrofilik biyopolimerlerdir ve duvar malzemeleri olarak kullanım potansiyeline sahiptir. Şekil 1.12'de RSG ve CSG kullanılarak OPE yüklü biyopolimerik nanopartikül oluşturulmuştur.



Şekil 1. 12 Biyopolimerik nanopartikül sistemleri (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

1.1.16 Mayonez

Emülsiyon, sıvılardan birinin diğerinin içerisinde dağılım gösterdiği, birbirine karışmayan iki sıvıdan meydana gelen bir sistemdir [130]. Mayonez su içinde yağ emülsiyonudur ve temel olarak %70-80 yağ, %6-20 yumurta sarısı (EY) ve %3-5 sirkeden oluşur [131]. Mayonez, bitkisel yağlar (%65 w/w'den az olmamak üzere) ile hazırlanan emülsiyon haline getirilmiş yarı katı bir gıda olarak tanımlanır. Buna göre hafif ve yağı azaltılmış mayonez, normal olanlara göre sırasıyla en az %50 ve %25 daha düşük yağ içeriğine sahip olanlar anlamına gelir [132]. Mayonezin ana bileşenlerinden biri olan yağ; yağ damlacıkları şeklindedir; EY ise, emülsiyon stabilizatörü/doku değiştiricisi ve dolayısıyla mikroyapısal belirleyici faktör olarak önemli olan bir diğer bileşendir [133].

Emülsiyon stabilitesi kavramı, bir emülsiyonun zaman içinde fizikokimyasal özelliklerindeki değişikliklere dayanma yeteneğini belirtmektedir. Emülsiyonun fiziksel stabilitesi, emülsiyonun zaman içerisinde fiziksel özelliklerini (boyut, şekil, reoloji, morfoloji ve kimyasal olmayan diğer özellikler) muhafaza etme durumunu belirtmektedir [134].

Gıda emülsiyonları, yerçekimi ayrımı (kremleşme/sedimentasyon), flokülasyon, birleşme, kısmi birleşme, Ostwald olgunlaşması ve faz inversiyonu gibi çeşitli fizikokimyasal mekanizmalar nedeniyle kararsız hale gelebilmektedir [135] (Şekil

1.13). Yerçekimi ayrımı, yağ damlacıklarının kendisini saran sıvıdan daha düşük yoğunluğa sahip olması durumunda yukarı doğru ("kremlenme") veya yağ damlacıklarının kendisini saran sıvıdan daha yüksek yoğunluğa sahip olması durumunda aşağı doğru ("çökelme") hareket etmesidir [130]. Koalesans ise iki veya daha fazla emülsiyon damlacığının birleşerek ve daha büyük tek bir damlacık oluşturmasıdır [134]. Temel destabilizasyon sistemi olarak düşünülebilir. Koalesans, Şekil 1.13'de verilen tüm destabilizasyon mekanizmalarının oluşmasına sebebiyet verebilir [134]. Ostwald olgunlaşması, sürekli faz boyunca dağılmış halde bulunan damlacıkların kütle taşınımı nedeniyle daha küçük damlacıkların daha büyük damlacıkların oluşumuna neden olduğu bir süreçtir. Kısaca, Ostwald olgunlaşması, başlangıçta oluşan bu küçük damlacıkların zamanla kaybolacağı daha küçük damlacıkları harcayarak daha büyük damlacıkların istikrarlı büyümesinin bir sonucu olarak meydana gelir [130]. Flokülasyon, iki veya daha fazla damlacığın, ilk damlacıkların her birinin kendi bütünlüğünü koruduğu bir küme oluşturmak üzere birbirine "yapıştığı" süreçtir. Emülsiyon birleştikten sonra, yumaklar/daha büyük damlacıklar daha sonra yerçekimi ayrımı nedeniyle çöker (sedimentasyon) veya yüzeye hareket eder (kremleşme) ve sonunda süreç faz ayrımı ile sonuçlanmaktadır [134].

Mayonez, düşük pH ve yüksek yağ içeriği nedeniyle mikrobiyal bozulmalara karşı nispeten dirençlidir [136]. Mayonez içerisindeki mikrobiyal veya kimyasal özelliklerdeki, pH ve asitlikte meydana gelen istenmeyen değişiklikler gibi durumlar mikrobiyal bozulmaya sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, oksidasyon ve mikrobiyal aktiviteyi kontrol altında tutmak için mayoneze sağlığa zararlı olmasına rağmen ekonomik avantajlara sahip olduğu için sentetik antioksidanlar ve kimyasal koruyucular eklenmektedir [137, 138] .

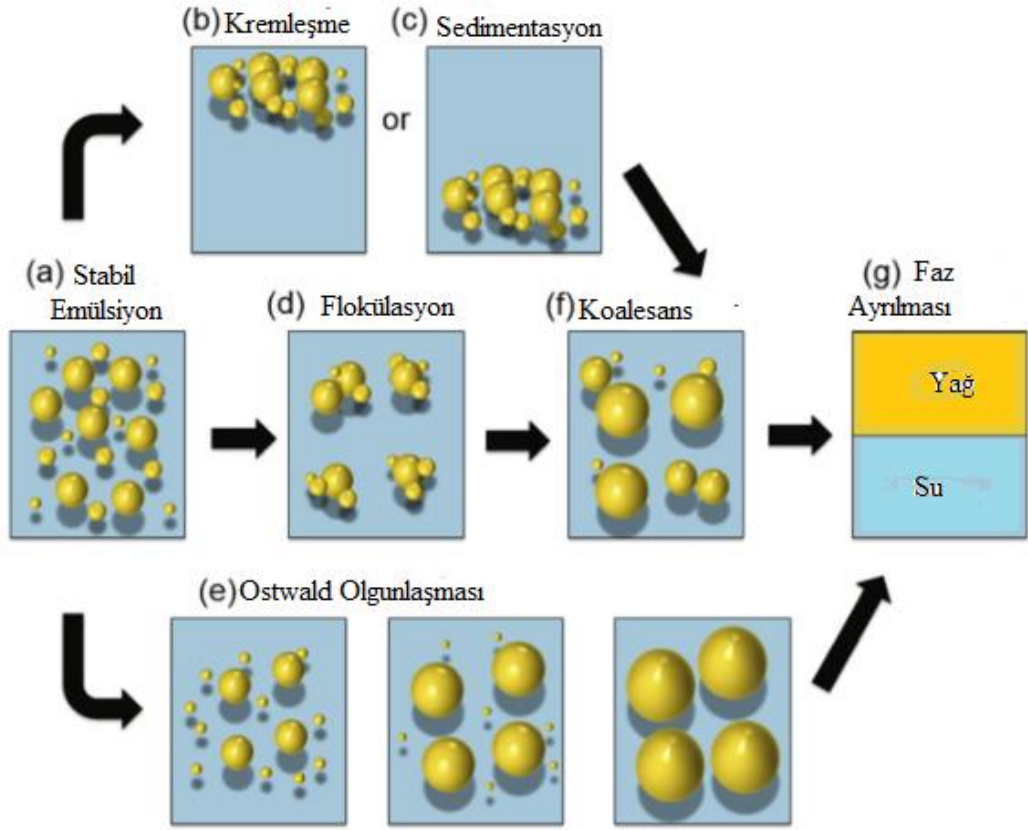
Polifenoller, meyvelerde, sebzelerde, tohumlarda ve bitkilerin diğer kısımlarında yoğun olarak bulunmaktadır [138]. Bu bileşikler, moleküler yapılarındaki doymamış bantlardan dolayı ısıya, ışığa ve oksidasyona karşı hassastır [139]. Buna ek olarak, tüketicilerin daha sağlıklı gıda maddeleri ve/veya fonksiyonel bileşenlere duydukları ilgi göz önüne alındığında, gıda, kozmetik ve farmasötik uygulamalar için doğal ekstraktlar endüstriyel olarak üretilmektedir [140].

Emülsiyonlar, termodinamik olarak kararsız sistemler olup, depolama stabilitelerini iyileştirmek için emülgatörlerin kullanılmasını gerektirir [141]. EY, fosfolipidlere ve lipoproteinlere ve bağlı olmayan proteinlere (fosvitin ve livetin) atfedilen yüksek emülsiyonlaştırma kapasitesi nedeniyle emülsiyon stabilitesi için önemli bir bileşendir [142, 143]. EY ayrıca mayonezin uygun bir dokusunu sağlamak için şekillendirme özellikleri sağlar ve topaklanmayı önler [144, 145]. Mayonezin yol açtığı sağlık sorunları vardır; ilki yüksek yağ içeriği (%70-80) ve ikincisi ise yüksek kolesterol seviyeleridir [146]. Mayonez sağlık sorunlarının ikinci konusu, *Salmonella spp.* ile yüksek oranda kontamine olan mayonez hazırlanmasında çiğ yumurta kullanılmasıdır. EY proteinleri ayrıca bebeklerde, küçük çocuklarda ve düşük oranda yetişkin popülasyonda olumsuz immünolojik reaksiyonların tetiklenmesinden sorumlu olarak kabul edilir [147, 148]. EY geleneksel olarak birçok gıda emülsiyonunun ana bileşeni olarak kullanılmaktadır. EY, emülsifiye edici özelliklere sahip olması, yüzey gerilimini düşürmesi ve emülsiyon stabilitesini artırması nedeniyle mayonezin stabilitesinin sağlanması ve yapısal özelliklerinde kritik bir rol oynamaktadır [75]. Bununla birlikte, EY içeriği ile mayonez, obeziteye neden olan yüksek kolesterol düzeyine, doymuş yağ asitlerine [149] ve *Salmonella Enteridis* tarafından mikrobiyal kontaminasyona açık [150, 151] bir yapıya sahiptir. Bu anlamda gerçekleştirilen çalışmalar mayonez için potansiyel yeni emülgatör bulunmasına odaklanmıştır.

Günümüzde artan sayıda insan, kötü beslenmeden kaynaklanan kardiyovasküler hastalıkları önlemek için vejetaryen veya esnek bir diyet uygulamaktadır. Bu nedenle, çeşitli diyetlere uygun düşük işlenmiş vegan gıda seçeneklerine yönelik artan bir talep bulunmaktadır ve diyet içerisinde, kültürel, geleneksel veya dini faktörler nedeniyle hayvansal protein tüketmemeyi tercih eden tüketiciler için uygun yeni gıdaların geliştirilmesinde büyük çabalar sarf edilmektedir [152].

Bu nedenle başka bir alternatif emülsifiye edici ajan kullanılmalıdır [153, 154]. Alternatif olarak, EY içermeyen vegan mayonez (EYFVM) tüketiciler için daha sağlıklı bir seçenek olarak ilgi görmektedir [143]. Ayrıca, EYFVM üretici açısından daha uygun maliyetli olabilir, çünkü işleme sırasında pastörizasyon artık bir gereklilik değildir [145]. Son yıllarda, gıda endüstrisinde EY'yi mayonez formülünden çıkarmak oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu durum, hayvansal

ürünlerin tüketimiyle ve sağlıkla ilgili olduğu kadar sürdürülebilirlik sorunlarından da kaynaklanmaktadır ve daha sağlıklı ürünlerin geliştirilmesine yönelik pazar odaklı bir tercih olarak kendini göstermektedir [147].



Şekil 1.13 Emülsiyonların destabilizasyon mekanizmaları [134]

EY bazlı mayonez kullanımı veganlar veya vejeteryanlar tarafından tercih edilmez ve ağırlıklı olarak vejetaryen veya vegan nüfusa sahip ülkelerde yumurtasız sağlıklı mayonez için oldukça büyük bir pazar vardır. Bu amaçla hayvan veya bitki kaynaklı emülgatörler kullanılmıştır [146, 147]. Soya, bezelye, mercimek ve kolzadan elde edilen bitkisel protein izolatları uygun EY alternatifleri olarak kabul edilmiştir [143, 155-157]. Gamlar (ksantan, guar gam ve gam arabik) gibi çeşitli koyulaştırıcılar, emülsifiye etme yetenekleri ve stabiliteyi nedeniyle yumurta redüksiyonu veya tamamen çıkarılması için de kullanılmıştır [158].

Bir EYFVM analogu geliştirmek için çözülmesi gereken en zor problemlerden biri, birleşme veya topaklanma olmaksızın uzun süreli depolamaya dayanabilecek stabil bir emülsiyon yapısı oluşturmaktır [141]. EYFVM geliştirme sürecinde

karşılaşılan ana zorluklardan biri, geleneksel tarifteki EY yerine stabilite, tat ve rengi bozmadan uygun bileşenleri belirlemektir.

EYFVM formülasyonuna yeni emülgatör eklenmesi veganlığa yönelik tüketici tercihinin artması nedeniyle tüketiciler tarafından yoğun ilgi görmektedir [75]. Mayonezin kalitesi pH, emülsiyon stabilitesi, görünüm, damlacık boyutu ve reolojik özellikler gibi özelliklere bağlıdır [159].

EY bazlı mayonez ve EYFVM benzeri emülsiyonlar arasındaki kalite farkı nedeniyle tüketicinin ihtiyaçlarına cevap vermek oldukça önemlidir. Bu nedenle EYFVM mikroyapı, reoloji, tekstür, stabilite duyusal gibi kalite özellikleri, EY bazlı mayonezin özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Bu özelliklerin dengesinin oluşturulması, tüketicinin EY bazlı mayonez yerine mayonez benzeri emülsiyon ile ihtiyaçlarını karşılamasını ve kabul etmesini sağlamaktadır [149]. Günümüzde EYFVM örneklerinin arttırılması için pickering emülsiyonlar kullanılarak bazı çalışmalar rapor edilmiştir [149, 151, 160].

Katı partiküller kullanılarak stabilize edilen emülsiyon (yaygın olarak Pickering emülsiyonu olarak bilinir), geleneksel yüzey aktif maddeler ile karşılaştırıldığında azaltılmış toksisitesi, daha düşük maliyeti ve basit geri kazanım gibi özellikleri nedeniyle son zamanlarda araştırmacıların odak noktası olmuştur [134, 161].

Stabilizasyon mekanizması, geleneksel ve pickering emülsiyon için farklıdır. Geleneksel emülsiyonda stabilizasyon, yüzey aktif maddeler veya polimerik moleküller yardımıyla elektrostatik stabilizasyon, yüzey gerilimi ve redüksiyonun sterik stabilizasyonundan kaynaklanmaktadır [162].

Çalışmalar, geleneksel emülsiyonda EY yerine gamların ve bitki bazlı proteinlerin emülgatör ve stabilizatör kaynağı olarak kullanılabileceğini önermiştir [75, 163, 164].

Geleneksel emülsiyonlaştırıcıların ve makromoleküllerin adsorpsiyonu, geleneksel emülsiyonda çoğunlukla tersine çevrilebilirken, ara yüzeydeki katı parçacıkların adsorpsiyonu, pickering emülsiyonları için geri döndürülemez olarak kabul edilir [162]. Katı partiküller yağ-su arayüzüne yerleşir, damlacıklar arasında olası toplanma, birleşme ve çökmeyi önlemek için bir engel oluşturmaktadır [165]. Pickering emülsiyonları, geleneksel emülsiyonlardan daha yüksek stabiliteye ve

küçük boyut dağılımına sahiptir [160]. Ayrıca pickering emülsiyonları, birleşme ve Ostwald olgunlaşmasına karşı daha iyi ve yüksek stabilite göstermektedir [166].

Gıda sınıfı pickering emülgatörler, inorganik partiküller, karbonhidrat partikülleri, lipid partikülleri ve protein partikülleri olmak üzere 4 gruba ayrılır [151, 167]. Pickering emülsiyonunun stabilize edilmesi için inorganik ve sentetik partiküller kullanılırken, organik, doğal gıda sınıfı pickering emülgatör olarak doğal bitki bazlı karbonhidrat ve protein partikülleri dengeleyici gıda uygulamaları için çok daha fazla ilgi görmektedir. Karbonhidrat partikülleri, zayıf yüzey aktivitesi ve emülsifikasyon gibi sınırlamalara sahiptir. Bununla birlikte, bu zorlukların üstesinden gelmek için protein parçacıkları ile yüzey kaplama, yüzey modifikasyonu, ultrason ve öğütme gibi fiziksel modifikasyon gibi bazı teknikler geliştirilmiştir [162, 168]. Kitosan, selüloz ve nişasta NP'leri gibi karbohidrat partikülleri, pickering stabilizatörü olarak en çok bilinen ve kullanılan partiküllerdir [169-171]. NP'ler, geleneksel emülgatörler yerine pickering emülsiyonlarını stabilize etmek için emülgatör olarak kullanılabilir, yağ veya su fazında dağılan, bir fazda çözünen NP'ler bir emülgatör görevi görmektedir [165]. EYFVM'deki boş ve pirina ekstraktı (OPE) yüklü gam NP'lerinin pickering stabilizatörü, yalnızca iyi bir OPE fenolik bileşikler sağlamakla kalmaz, aynı zamanda insan sağlığı için faydalıdır ve gıda uygulamalarında kullanım potansiyeli bulunmaktadır [22].

1.1.17 Zeytin Fenolikleri ve Vegan Mayonez ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Trucillo vd. [172] tarafından yapılan bir çalışmada polifenol bakımından zengin bir sulu OPE'nin kapsüllenmesi için süperkritik destekli lipozom oluşum süreci kullanılmıştır. Farklı operasyon parametrelerinin lipozom morfolojisi ve enkapsülasyon üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Lipozomlar, 130 bar'da 265 nm'den daha küçük ve 170 bar için ise 168 nm'ye kadar düşük ortalama çaplarla oluşturulmuştur. Geleneksel yöntemlere göre yaklaşık altı kat daha büyük olan %58'e varan enkapsülasyon etkinliği elde edilmiştir.

Mohammadi vd. [173] tarafından yapılan bir çalışmada zeytin yaprağı ekstraktı (OLE) soya fasulyesi yağı kullanılarak nanoemülsiyonlar içerisinde enkapsüle edilmiş ve antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir. Ortalama damlacık boyutu, birincil yağ içinde su nano emülsiyonu için 6,16 nm ve tek başına peynir altı suyu

protein konsantresi (WPC) ve WPC-pektin kompleksi ile stabilize edilen çoklu emülsiyonlar için ise sırasıyla 675 nm ve 1443 nm bulunmuştur. 100, 200 ve 300 miligram (mg) OLE içere emülsiyonların depolama sırasında antioksidan aktivitesi, soya fasulyesi yağında peroksit değeri (PV), Tiyobarbitürik Asit (TBA) değeri ve ransimat termal stabilite testi ile değerlendirilmiş, boş (kapsüllenmemiş) OLE ve sentetik tert- bütildihidrokinon (TBHQ) antioksidan ile karşılaştırılmıştır. Nano kapsüllü OLE, kapsüllenmemiş OLE'den daha iyi peroksit değerinin kontrolünü sağladığı belirtilmiştir. Ancak, dağılmış emülsiyon damlacıkları içindeki fenolik bileşiklerin bloke edilmesi nedeniyle, kapsüllenmiş OLE'nin termal stabilitesi daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak, artan çözünürlük ve nanoenkapsülasyon tekniğiyle zeytin yaprağı fenolik bileşiklerinin kontrollü salınımı ile daha yüksek bir antioksidan aktivite elde edildiği çalışmada belirtilmiştir.

Soleimanifar vd. [101] tarafından yapılan bir çalışmada OLE içeren nanopartiküller, elektrospreyleme yoluyla WPC hazırlanmıştır. Çekirdek ve duvar konsantrasyonunun kapsüllerin morfolojisi, verimliliği, zeta potansiyeli, partikül boyutu, polidispersite indeksi (PDI) üzerindeki etkisi ve Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile örnekler araştırılmıştır. Sonuçlar, Elektrospreyleme yoluyla küresel NP'lerin elde edildiğini ve boyutlarının uygulanan WPC ve OLE seviyelerine bağlı olduğunu bulmuşlardır. Enkapsülasyon etkinliğinin, daha yüksek OLE ve WPC içeriklerinde önemli ölçüde arttığını bulmuşlardır ($p < 0,05$). Tüm NP'ler negatif zeta potansiyeli göstermiştir. Elektrospreylenmiş WPC NP'lerinin ortalama boyutu, 0,074-0,650'lik bir PDI ile 232,3-659,8 nm aralığında ve heterojen bir NP yapısı göstermiştir. WPC'nin artışıyla daha yüksek enkapsülasyon etkinliğine sahip daha küçük NP'ler elde edilmiştir. Ayrıca, OLE'nin (500'den 1000 milyonda bir birim (ppm)'e) arttırılması daha büyük partiküllerle sonuçlanmıştır. HPLC analizi, 500 ppm fenolik yüklü %15 WPC'li nanotaşıyıcıların en yüksek oleuropein (138 mg/kilogram (kg)), TS (42 mg/kg) ve kafeik asit (36 mg/kg) içeriğine sahip olduğunu; ancak en yüksek HT seviyesi (94 mg/kg), %15 WPC ve 1000 ppm fenolik bileşimine sahip partiküllerde bulunduğunu göstermiştir.

Flamminii vd. [174] tarafından yapılan bir çalışmada, OLE yüklü aljinat/pektin MP'leri, serbest ekstrakt olarak eklenen geleneksel tam yağlı mayonezin ($\approx$ %80

yağ) fiziksel, yapısal ve duyuşal özelliklerini incelenmiştir. Mayonez örneklerinin fiziksel karakterizasyonu, için partikül boyutu, viskozite ve renk analizi; kantitatif bir tanımlayıcı analiz ile de duyuşal analizler değeriendirilmiştir. Ekstraktın eklenmesi, özellikle OLE yüklü aljinat/pektin MP'leri kullanıldığında numunelerin dağılma derecesini iyileştirerek viskozite ve yağlayıcı özelliklerini etkilemiştir. Mayonez örneklerinde, zenginleştirilmiş örneklerin her ikisi de düşük bir yayılabilirlik ve daha yüksek tuzlu, acı algısı göstererek kabul edilebilirliğin azalmasına neden olmuştur. Çalışma, hem serbest hem de enkapsüle formlarda OLE ile emülsifiye edilmiş gıda sistemlerinin zenginleştirilmesinin etkilerinin anlaşılmasını sağlamıştır.

Sylia vd. [175] tarafından yapılan bir çalışmada pirinanın enkapsüle ve serbest fenolik bileşiklerinin antioksidan ve antidiyabetik aktiviteleri incelenmiştir. İlk olarak tüm numunelerin toplam fenolik içeriği (TPC), toplam flavonoid içeriği (TFC) ve ardından toplam antioksidan kapasitesi (TAC) 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) ve 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sülfonik asit (ABTS) yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Antidiyabetik aktivite, a-amilaz enziminin inhibisyonu ile çalışılmış, standart olarak akarboz kullanılmıştır. Bu çalışma, enkapsülasyon işleminin avantajlarını ve potansiyel bir antidiyabetik bileşik kaynağı olarak pirinanın kullanım potansiyeli olduğunu belirtmiştir.

Aliakbarian vd. [176] tarafından yapılan bir çalışmada pirina ekstrakte edilen fenolik bileşiklerin Süperkritik Destekli Atomizasyon (SAA) kullanılarak maltodekstrin (MD) içinde enkapsüle edilmesidir. MD içeriğinin ekstraktın toplam katı içeriğine oranının ve kurutma sıcaklığının, toz halindeki ürünün fiziksel özellikleri, TPC, antioksidan özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Partikül boyutu 712 nm olan, TPC (105,0 ± 0,1 mg Kafeik Asit Eşdeğeri/g Kuru Toz) ve antiradikal gücü (98,8 ± 3,0 mg DPPH/ mililitre (ml) ekstrakt) olan partiküller meydana gelmiştir. Sonuç olarak, biyoaktif bileşenler açısından zengin partiküllerin yeni gıda, kozmetik veya farmasötik ürünlerin formülasyonları içerisinde fonksiyonel bileşen olarak potansiyel kullanım imkanı olduğu belirtilmiştir.

Radic vd. [177] tarafından yapılan bir çalışmada oksidatif strese maruz kalan insan Karaciğer kanseri hücre hattı (HepG2) hücrelerinin, OPE hücre canlılığı ve

antioksidan savunması üzerindeki koruyucu etkisi incelenmiştir. Araştırma, olası matris etkilerini, gastrointestinal sindirimin etkisini ve siklodekstrin (CD) enkapsülasyonunu kapsamıştır. OPE matrisi, HT gibi ana antioksidanların hücre koruyucu etkilerini önemli ölçüde artırırken, siklodekstrin enkapsülasyonu, OPE'nin hücre içi reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimine karşı etkisi artış göstermiştir. Sonuçlar, OPE'nin eşdeğer dozda ana polifenoller olan HT ve TS ile karşılaştırıldığında daha güçlü bir antioksidan olduğunu ve OPE polifenollerinin CD enkapsülasyonu veya sindirim yoluyla artan çözünürlüğünün, hücre içi antioksidanlar olarak kullanım potansiyellerinin bulunduğunu göstermiştir.

Kesente vd. [178] tarafından yapılan bir çalışmada, OLE'nin biyolojik olarak parçalanabilen poli-laktik asit (PLA) NP'ler içinde enkapsülasyonu gerçekleştirilmiştir. Üretilen NP'ler karakterize edilmiş ve enkapsülasyon tekniğini etkileyen deneysel parametreler incelenmiştir. Ayrıca, NP'ler bir kozmetik formülasyonu içerisine ilave edilmiş, formülasyonun stabilitesi üç aylık bir çalışma dönemi boyunca incelenmiştir. PLA NP'leri, nanoçökeltme tekniği kullanılarak üretilmiştir. NP'lerin karakterizasyonu çeşitli teknikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir: boyut, PDI ve ζ -potansiyel Dinamik Işık Saçılımı (DLS) tekniği ile ölçülmüştür; morfoloji, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak; termal özellikler Diferansiyel Tarama Kalorimetrisi (DSC) kullanılarak incelenmiştir; FT-IR spektroskopisi ise ekstraktın kapsüllenmesi hakkında daha iyi bir fikir vermiştir. OLE içeren NP'ler, ortalama partikül boyutu $246,3 \pm 5,3$ nm (PDI: $0,21 \pm 0,01$) ve enkapsülasyon etkinliği %49,2'ye eşit olan anyonik ζ -potansiyeli gösterirken, NP'lerden OLE salınımının ilk 2 saat'de bir patlama salınım etkisi gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, yüklü NP'lerin kozmetik formülasyonunun stabilite çalışmaları, viskozite, pH, organoleptik özellikler, emülsiyon fazları açısından saf ekstrakt ile karşılaştırıldığında artan bir stabilite gösterdiği belirtilmiştir.

Chanioti vd. [17] tarafından yapılan bir çalışmada, zeytin çekirdeği ve yapraklarından polifenollerin geri kazanılması için mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE) ve mikrodalga destekli enzimatik ekstraksiyon (MAEE) gerçekleştirilmiş ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip zeytin çekirdeği ve yaprak ekstraktları dondurarak kurutma tekniği ile MD içerisinde enkapsüle edilmiştir.

HPLC analizleri, ekstraksiyon işleminde enzim kullanımının fenolik bileşiklerin geri kazanımına neden olduğu ispatlanmıştır. Zeytin çekirdeği ve yaprak ekstraktlarındaki major fenolik bileşikler oleuropein, HT ve rutin olarak tespit edilmiştir. Enkapsüle edilmiş polifenoller, higroskopiklik, çözünürlük, nem içeriği ve mikro kapsülleme verimliliği açısından değerlendirilmiştir. Zeytin çekirdeği ve yaprak formülasyonları için mikro kapsülleme verimliliği %'si sırasıyla %82,39 ile %92,12 ve %87,98 ile %91,06 arasında değişmiştir. Enkapsülasyon işlemi sonucunda enkapsüle edilen yapıların kapsüllenmiş nem içeriği, çözünürlüğü ve higroskopikliği artmıştır. Sonuç olarak, MAEE yönteminin çevre dostu olması polifenollerin geri kazanılmasında etkili olurken, önemli antioksidan aktiviteye sahip polifenollerin potansiyel bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Muzzalupo vd. [179] tarafından yapılan bir çalışmada farklı mikotoksinleri üreten bir *Fusarium proliferatum* (AACC0215) suşuna karşı iki OLE'nin (EF1 ve EF2 olarak adlandırılır) in vitro antifungal aktivitesi incelenmiştir. (HPLC) ile iki OLE'nin kalitatif ve kantitatif analizleri ile, kitosan-tripolifosfat NP'leri içinde enkapsüle edildikten sonra iki OLE'nin antifungal aktivitesi değerlendirilmiştir. Hem EF1 hem de EF2'deki temel bileşik, sırasıyla 336 ve 603 mg/g ile oleuropein olarak tespit edilmiştir. EF1 ve EF2'nin, *F. proliferatum* (AACC0215) canlılığı üzerinde konsantrasyona bağlı bir etki gösterdiği belirtilmiştir. Sonuçlar, hedef türlere karşı (12X) daha yüksek konsantrasyonda EF1/NP'lerin yüksek bir etkinlik sağladığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, EF1 OLE, serbest veya kitosan-tripolifosfat NP'lerinde kapsüllenmiş olarak bitki hastalıklarını kontrol etmek için antifungal olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Paini vd. (2015) [180] tarafından yapılan çalışmada, pirinadan elde edilen polifenoller, yüksek basınç-yüksek sıcaklıkta karıştırılmış bir reaktör ile ekstrakte edilmiş ve ilk kez, farklı konsantrasyonlarda kaplama maddesi olarak MD kullanılarak sprey kurutma ile enkapsüle edilmiştir. Ayrıca, giriş sıcaklığının (130 °C ve 160 °C) ve besleme akışının (5 mL/dakika (dk) ve 10 mL/dk) etkileri incelenmiştir. MP'lerin fizikokimyasal, antioksidan özellikleri ve stabilitesi değerlendirilmiştir. Artan MD konsantrasyonu, daha düşük yığın yoğunluğuna ve daha yüksek MP boyutlarına neden olurken, daha yüksek besleme akışı nem

içeriğini arttırdığı belirtilmiştir. 130 °C'lik giriş sıcaklığında, 100 g/ Litre (L)'lik MD konsantrasyonunda ve 10 mL/dk'lık besleme akışında püskürterek kurutma, yüksek polifenol içeriği ve antiradikal güç'e yol açmıştır. HPLC ve termogravimetrik analiz, MD'in fenolik bileşikler için termal koruma sağladığını göstermiştir. Mikrokapsüller, 70 gün boyunca karanlık durumda 5 °C'de stabil durumda ve 25 °C'ye kadar depolama sıcaklığı artırıldığında ise yalnızca %21'i bozulduğu belirtilmiştir. Ultraviyole ışığına maruz kalma sonucu 48 saatlik maruziyetten sonra polifenollerde %66'lık bir kayıpla sonuçlandığı belirtilmiştir.

Jolayemi vd. [167] tarafından yapılan bu çalışma, tek ve çift emülsiyon sistemleri olarak hazırlanan salata soslarının depolama stabilitesi üzerine enkapsüle OLE ve serbest OLE etkilerini karşılaştırmıştır. Salata sosları kremleşme, reolojik özellikler, çift emülsiyon verimi, pH, TPC, antioksidan aktivite ve PV 4 °C'de 90 gün boyunca incelenmiştir. OLE'nin eklenmesiyle damlacık boyutu daha homojen bir dağılım göstermediği belirtilmiştir. Kremleşme gözlenmemiştir ve reolojik parametrelerde çok az değişiklik (< %10) gözlemlenmiştir. OLE zenginleştirme ve çift emülsiyon sistemleri, aljinat-pektin partiküllerinden dolayı enkapsüle OLE'nin daha yüksek etkisinden dolayı reolojik davranışı önemli ölçüde geliştirdiği belirtilmiştir (p < 0,05). OLE zenginleştirme, oksidasyon indüksiyon süresini 15-20 günden 50 güne çıkardığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, çalışma, emülsifikasyon-iç jelasyon tekniği ile OLE kapsüllemesinin, salata sosu depolaması sırasında kademeli olarak polifenol salınımlarında etkili olduğunu ve böylece oksidasyona karşı ürün korumasını arttırdığını göstermiştir.

Gonzalez-Ortega vd. [181] tarafından yapılan bir çalışmada aktif/pasif olarak enkapsüle edilmiş oleuropeinin, lipozomların termal ve yapısal özellikleri üzerindeki etkisi ve lipid peroksidasyonuna karşı antioksidan kapasitesi incelenmiştir. Ayrıca, oleuropein açısından zengin bir OLE soya fosfatidilkolin içinde enkapsüle edilip model ve ticari içeceklere dahil edilmiştir. Oleuropein, soya fosfatidilkolin lipozomlar içerisinde lipid peroksidasyonuna karşı antioksidan etki göstermiştir. Soya fosfatidilkolin OLE içeren lipozomlar, 405 ± 4 nm'lik bir ortalama çap ve %34'lük oleuropein kapsülleme verimliliği ve pH 2,0 ve 2,8 model içeceklerde gecikmiş oleuropein degradasyonu gösterdiği belirtilmiştir. Sonuç olarak, oleuropein aktif olarak enkapsüle edildiğinde lipozomların yapısı ve

akışkanlığı üzerinde daha büyük etkiler gözlenirken, kapsüllenmiş formda asidik gıdalara dahil edilmesi stabilitesini artırabildiği belirtilmiştir.

Farrag vd. [182] tarafından yapılan bu çalışmanın amacı, süt proteinlerinin zeytin polifenolik ekstraktı için taşıyıcı olarak ve beyaz yumuşak peynir üretiminde kullanılmasıdır. Zeytin değirmeni atıklarından polifenoller ekstrakte edilerek çalışmada kullanılmıştır. Peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) ve yağsız süt tozu (SMP) ile MD zeytin polifenolleri ekstraktını enkapsüle etmek amacıyla kullanılmıştır. Hazırlanan kapsüller için enkapsülasyon etkinliği, partikül boyutu, zeta potansiyeli ve morfolojisi değerlendirilmiştir. Polifenolik kapsüllerle zenginleştirilmiş beyaz yumuşak peynir üretilmiştir. Peynirin polifenol içeriği, antioksidan aktivitesi, doku profilleri ve duyu özellikleri belirlenmiştir. SMP/MD karışımı, %90,08'lik daha iyi enkapsülasyon etkinliği sağlarken, 50:50 oranında MD ile WPI arasındaki kombinasyon, enkapsülasyon etkinliğini %88,42 sağlamıştır. SMP/MD karışımı kullanılarak hazırlanan kapsüller, 189 nm WPI: MD 50:50 ile karşılaştırıldığında 270,3 nm'den daha az ortalama çapa sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, SMP/MD karışımı ile hazırlanan kapsüller -39,75 milivolt (mV) zeta potansiyeli, MD ile WPI kullanılarak hazırlanan kapsüller ise -13,7 mV göstermiştir. Elektron mikroskopisi, WPI kapsüllerine (262,07 nm) kıyasla SMP kapsüllerinin daha düşük (122,04 nm) çapa sahip olduğunu göstermiştir. Zeytin polifenolik kapsülleri ilave edilmiş beyaz yumuşak peynir, 30 günlük soğuk depolama esnasında yüksek toplam katı ve protein içeriğine ve neredeyse sabit antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Polifenol kapsülleri ile zenginleştirilmiş peynirin sertliği, yapışkanlığı ve çiğnenebilirliği kontrol örneklerine kıyasla önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca kontrole göre daha yüksek toplam kabul edilebilirlik puanları elde edilmiştir. Çalışma sonuçları, zeytin polifenollerini enkapsüle etmek için süt proteinlerinin kullanılabilmesini ve sağlıklı beyaz yumuşak peynir üretiminde kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

Cornelia vd. (2015) [183] tarafından yapılan bir çalışmada Durian, tohum gamı mayonez üretiminde yumurta sarısı yerine kullanılmıştır. %4 durian tohum gamından elde edilen en iyi vegan mayonez formülasyonu, ticari ve kontrol ile de

karşılaştırılmıştır. Bu sonuç, EY içeren mayonez ve ticari mayonez kadar iyi olduğu bulunmuştur.

Raikos vd. (2019) [147] tarafından yapılan bir çalışmada, konserve nohutlardan üretilen viskoz sıvı kıvamdaki Aquafaba, vegan mayonez üretimi için yumurtaya ikame maddesi olarak kullanılmıştır. Aquafaba, 4 µm'nin altında ortalama damlacık boyutu dağılımı değerine sahip stabil bir emülsiyon meydana getirdiği belirtilmiştir. Aquafaba/yağ oranı arttıkça sıklık, yapışkanlık kuvveti ve yapışkanlık azalırken ($p < 0,05$) kıvamlılık etkilenmemiştir. Yağ fazının oksidatif stabilitesi tüm formülasyonlar için benzer bulunmuştur ve depolama sırasında etkilenmediği belirtilmiştir. Aquafaba, standart seviyelerde yağ içeren mayonez formülasyonlarında yumurtanın yerine etkin bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir.

He vd. (2021) [141] tarafından yapılan bir çalışmada, standart aquafaba tozu üretmek için nohut aquafaba üretim ve kurutma yöntemleri optimize edilmiştir. Hem dondurularak hem de spreyle kurutulmuş Aquafaba örnekleri, EYFVM yapımında kullanılmıştır. Vegan mayonez, fizikokimyasal özellikler, mikro yapı ve stabilite açısından test edilmiş ve EY içeren mayonez ile karşılaştırılmıştır. 4 °C'de 16 saat suda demlenen nohutlar, ardından 75 kilopaskal (kPa)'da 116 °C'de 30 dk pişirildikten sonra en iyi emülsiyon kalitesini üreten aquafaba elde edilmiştir. Aquafaba'yı kurutmak için hem liyofilizasyon hem de sprey kurutma kullanılmış ve rehidrasyon sonrasında işlevlerini koruyan tozlar elde edilmiştir. Aquafaba tozu ile oluşturulan mayonez analogları, 4 °C'de 28 günlük depolama sonunda stabil olduğu, ancak damlacık boyutlarının kontrolden önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Çalışma sonuçlarında, aquafaba üretiminin optimal emülsiyon parametreleri açısından belirlenebileceğini, kurutulmuş aquafaba'nın gıda emülsiyonlarında yumurta sarısının özelliklerini taklit edebildiğini ve çok çeşitli yumurta içermeyen gıda ürünlerinde kullanım potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

Ali ve El Said (2020) [153] tarafından yapılan bir çalışmada gam arabik'in sulu ekstraktının antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerini tahmin etmek için araştırma yapılmıştır. Mayoneze, farklı yüzdelerde (25, 50, 75 ve 100) gam arabik tozu ilavesinin fiziksel-kimyasal ve duyu özellikleri üzerindeki etkisi

araştırılmıştır. Gam arabik en yüksek konsantrasyonda, DPPH sonucu %92,13 ile yüksek antioksidan aktiviteyi göstermiştir. Gam arabik'in mayonezde yumurta ikamesi olarak kullanılmasının fiziksel-kimyasal özellikler üzerinde büyük etkisi olduğu gösterilmiştir. Tüm mayonez numuneleri, özellikle vegan mayonez (%100 Gam arabik) olmak üzere duyusal olarak kabul edilebilir ve 5 aylık depolama boyunca 5°C'de tüketim için kabul edilebiliyordu belirtilmiştir. Gam arabik, önemli emülgatör özellikleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri olan bir katkı maddesi olarak çalışmada belirtilmiştir. Bu nedenle gam arabik, yumurta bazlı yiyecekleri yiyemeyen tüketiciler için yeni vejetaryen ürünler üretmek için iyi bir seçim olduğu çalışmada belirtilmiştir.

Hijazi vd. (2022) [184] tarafından yapılan bir çalışmada soğuk preslenmiş chia tohumu (CSG), keten tohumu (FSG) ve roka tohumu (RSG) yağ atıklarından elde edilen gam çözeltilerinin reolojik davranışının modellenmesini ve az yağlı bir vegan mayonez formülasyonunda kullanılmasını içermektedir. CSG, FSG ve RSG çözeltileri, belirtilen tüm konsantrasyonlarda kayma incelmesi akış davranışı gösterdi. CSG, FSG ve RSG çözeltileri için K değerleri 0,209 ile 49,028 Pa·sn arasında bulunmuştur ve artan gam konsantrasyonu ile K değerinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. G' için geri kazanım yüzdesi, gam tipi ve konsantrasyonlarından önemli düzeyde etkilenmiştir. CSG, FSG ve RSG katı benzeri bir yapı gösterdi ve tüm frekans aralıklarında depolama modülünün (G') kayıp modülünden (G'') daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, CSG, FSG ve RSG, yağ ve yumurta ikame maddeleri, stabilizatörler ve oksidatif ajanlar olarak az yağlı vegan mayonez için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Z. Lu vd. (2020) [151] tarafından yapılan bir çalışmada, kolesterol üzerindeki sağlık endişeleri göz önüne alındığında, mikro jet, ultrasonik ve yüksek hızlı kesme homojenleştirici kullanılarak elma posa partikülleri tarafından stabilize edilen Pickering emülsiyonlarından yeni mayonezler yapılmıştır. Yeni mayonezler ve ticari mayonez, görünüm, damlacık boyutu, reolojik, tribolojik ve stabilite özellikleri açısından karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Yeni mayonezler, renk dışında ticari mayonez ile neredeyse aynı görünümleri gösterdiği belirtilmiştir. Yeni mayonezlerdeki damlacıkların boyutu ticari mayonez'den daha büyük bulunmuştur. Hem yeni mayonezler hem de ticari mayonezler, kayma incelmesi

davranışı ve katı benzeri özellikler göstermiştir. Mayonezlerden mikro jet yeni mayonez örneği, 51 saniye (s)'de geri kazanılan G' ile en hızlı tiksotropik geri kazanımı göstermiştir. 210 günlük depolamanın ardından, hem yeni mayonezler hem de ticari mayonez, herhangi bir yağ-su ayrımı meydana gelmeden mükemmel stabilite sergilediği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, Pickering emülsiyonların, geleneksel mayonez'e karşı umut verici ve sağlıklı alternatifler olduğu belirtilmiştir.

Liu vd. (2018) [149] tarafından yapılan bir çalışmada mevcut ve düşük maliyetli bir bitki proteini bileşeni olarak buğday gluteni, emülsifikasyon-buharlaştırma yöntemi yoluyla mayonez ikame maddeleri olarak Y/S yüksek iç fazlı emülsiyonları (HIPE) hazırlanarak ve stabilize etmek amacıyla kullanılmıştır. İlk olarak, buğday gluteni sulu asetik asit/etanol çözeltisi içinde çözündürülerek faz ayrılmış buğday gluteni partikülleri oluşturulmuş ve daha sonra yüksek ayçiçek yağı ile homojenizasyonu yoluyla Y/S HIPE'leri hazırlanmıştır. Yumurta bazlı mayonez ile karşılaştırıldığında, su içinde yağ yüksek iç fazlı emülsiyonları (özellikle ağırlıkça %1,0 buğday gluteni için) çok benzer damlacık boyut dağılımı, reolojik davranış, mükemmele yakın tiksotropik geri kazanım ve tribolojik özellik sergilemiştir. Buğday gluteni ile stabilize edilmiş Y/S HIPE'lerinin tasarımı ve yapımı, mayonez ikame maddelerinin hazırlanması için potansiyel olduğu belirtilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Özellikle ülkemiz açısından, zeytinyağı endüstrisi, tarımsal gıda sektöründeki en önemli sektörlerden biridir. Zeytinyağı, zeytinden yağ üretiminde başlıca çıktılarından birini oluşturmaktadır. Ancak zeytinyağı prosesinin temel çıktısı pirinadır. Pirina, zeytinyağı üretiminden elde edilen ucuz ve heterojen bir katı atıktır [6] ve Akdeniz bölgesindeki en yaygın tarımsal yan sanayi ürünlerinden biridir. Ayrıca pirina, ucuz bir fenolik bileşik kaynağı olarak tanımlanmıştır [10].

Natürel zeytinyağının üretim aşamalarında, önemli miktarda atık oluşmakta ve bu atıklar antioksidan, fenolik bileşenler açısından son derece zengindir [21]. Atıklar fenolik bileşenler açısından son derece zengin olmasıyla, antioksidan kaynağı olarak gıda endüstrisinde değerlendirilebilmektedir ve bu nedenle teknolojik açıdan öneme sahiptirler [22]. Ayrıca fenolik bileşikler sağlık ve iyi yaşam uygulamalarında kullanılabilmektedir (Örneğin; gıda ve kozmetik endüstrisi için)

[23]. Bu nedenle, alternatif kaynaklardan geri kazanılma olasılıklarının araştırılması ve ardından fonksiyonel gıdalara, besin takviyelerine veya kozmetik ürünlere dahil edilmeleri oldukça önemlidir [24]. Fenolik bileşenler, hem çevre (ışık, oksijen, sıcaklık, nem) hem de gastrointestinal (pH, sindirim enzimleri) sistem koşullarına maruz kaldıklarında, pirinadan ekstrakte edildikten sonra, kolayca dekompoze olmaktadır. Bu bileşenler zayıf stabiliteye, düşük çözünürlüğe ve düşük biyoerişilebilirliğe sahip olmaktadır [185]. Böyle bir durumda fenolik bileşenlerin, degrade olmalarını yavaşlatmak veya önlemek için etkin taşıyım sistemlerinin dizayn edilmesi gerekmektedir [186].

Biyoaktif bileşiklerin nanoenkapsülasyonu kimyasal ve termal stabiliteyi geliştirir, oksijen, ışık, pH, nem ve gastrik sindirime karşı koruma sağlar, hoş olmayan, istenmeyen tat ve aromayı maskeler, kontrollü salınımı sağlar ve biyoyararlılığı arttırmaktadır [43]. Atıkların ve atıklardan geri kazanılan antioksidan, fenolik bileşenlerin emülsiyon ürünlerinde kullanımında stabiliteyi arttırmak, kontrollü salınımını sağlamak, fenolik bileşenlerin biyoyararlılığını arttırmak amacıyla nanoenkapsülasyon teknikleri son zamanlarda artan bir trend haline gelmiştir [187].

Gamlar doğal hidrofilik biyopolimerler, bulunabilirlik, potansiyel biyobozunurluk ve yüksek hidrasyon kapasitesi gibi özelliklere sahip olmaları nedeniyle NP'lerin üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Esas olarak bitkilerde bulunan bu polimerler, suda yüksek oranda çözünür polisakkaritlere sahiptir. Sentetik polimerlerle rekabet eden doğal hidrofilik polimerler, düşük maliyetleri, toksik olmamaları ve kimyasal olarak modifiye edilebilmeleri nedeniyle ideal malzemeler olarak kabul edilir [57, 70]. RSG ve CSG, doğal hidrofilik biyopolimerlerdir ve RSG ve CSG kullanılarak OPE enkapsüle edilmesi hakkında herhangi bir rapor bulunmamaktadır.

İlk olarak, bu çalışma, duvar materyali olarak RSG ve CSG'nin potansiyel kullanımını belirlemeyi, polimerik NP'lerde nanoenkapsülasyon yoluyla OPE'nin bozulmasını önlemeyi ve OPE yüklü RSG ve CSGNP'leri karakterize etmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmanın amacı, OPE'nin polimerik NP'ler içinde kapsüllenmesi, bozulmasının önlenmesi, duvar materyali olarak RSG ve CSG potansiyel

kullanımının belirlenmesi, OPE yüklü RSGNP'ler ve CSGNP'ler karakterize edilerek EYFVM üretiminde kullanılmasıdır.

1.3 Hipotez

Bu çalışmanın hipotezini pirinadan geri kazanılan antioksidanların RSG ve CSG gibi doğal polimerler ile enkapsüle edilerek vegan mayonez üretiminde kullanım potansiyelinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Tezimin bir diğer önemli hipotezi ise pirina, RSG ve CSG'nin, sadece sağlık ve besinsel içeriklerinden dolayı değil, ayrıca karbonhidrat, protein içeriklerinden dolayı kolesterol içeriği olmayan EYFVM'de kullanımı ile teknolojik ve reolojik özelliklerinin geliştirmesi oluşturmaktadır.



2.1 Materyal

Bu çalışmada ana hammadde olarak pirina (Ekin Kocadağ Zeytin ve Gıda Sanayi A.Ş. Havran/Balıkesir) temin edilmiş ve kullanılmıştır. Pirina 3 fazlı sistem ile natürel sızma zeytinyağı üretimi sonucunda elde edilmiştir. Pirina tepsili kurutucuda (Intermak-Milkol-Türkiye) 50 °C'de 7 saat kurutulduktan ve çekirdekler çıkarıldıktan sonra un değirmeni tipi öğütücüde (Karmatte Un Değirmeni-Meltaş Makina-Türkiye) öğütülerek pirina tozu haline getirilmiştir (Şekil 2.1). Pirina tozu (OPP), analize kadar hava geçirmez plastik bir kapta saklanmıştır. Son yıllarda bitkisel gamlar, diyet lifi takviyeleri, doku değiştiriciler, jelleştirici maddeler, kıvam arttırıcılar, stabilizatörler, emülgatörler, hacim artırıcı maddeler, enkapsülantlar, sinerez önleyiciler ve film/kaplama maddeleri olarak gıda endüstrisinde popüler hale gelmektedir. [127]. Gamlar ve müsilaajlar gibi doğal hidrofilik biyopolimerler, bulunabilirlik, potansiyel biyolojik bozunabilirlik ve yüksek hidrasyon kapasitesi gibi özelliklere sahip olmaları nedeniyle önemlidirler. Çoğunlukla bitkilerde bulunan bu polimerler, suda çözünürlüğü yüksek polisakkaritlere sahiptir. Sentetik polimerlerle rekabet halinde olan doğal hidrofilik polimerler, düşük maliyetli, toksik olmamaları ve kimyasal olarak modifiye edilebilmeleri nedeniyle ideal malzemeler olarak kabul edilmektedir [57, 70]. Roka tohumu önemli miktarda toplam karbonhidrat (%23,1), ham lifler (%20,4) ve ham protein (%31,0) içermektedir [115]. Roka ve chia tohumları, kimyasal bileşimleri sayesinde, fonksiyonel özelliklere sahip makul gam içeriğine sahip olabilir. Bu nedenle, çalışma içerisinde roka ve chia tohumları doğal bitkisel gam kaynağı olarak seçilmiştir. Roka ve chia tohumları ithal eden satıcılardan (Emiönü/İstanbul) temin edilmiştir. RSG yapısında yüksek oranda mannoz ($37,29 \pm 0,32$) ve galaktoz ($24,49 \pm 0,74$)[114] CSG ise ksiloz ($38,5 \pm 2,4$) ve glikoz ($19,6 \pm 3,2$)[127] içermektedir. Tween 20 ve etanol, Sigma Aldrich'ten satın alınmıştır. EY (Alfasol), ayçiçek yağı (Biryağ), sirke (Kemal Kükrer Elma Sirkesi),

tuz (Billur Tuz) ve şeker (Torku Kristal Şeker) yerel marketten satın alındı. Kullanılan diğer tüm reaktifler analitik derecelidir.

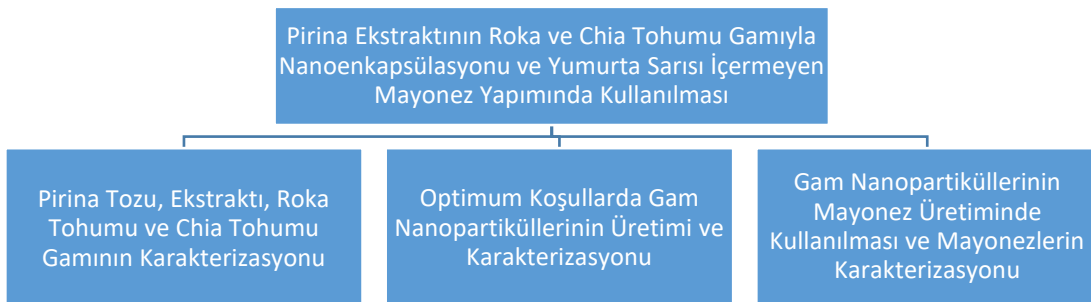


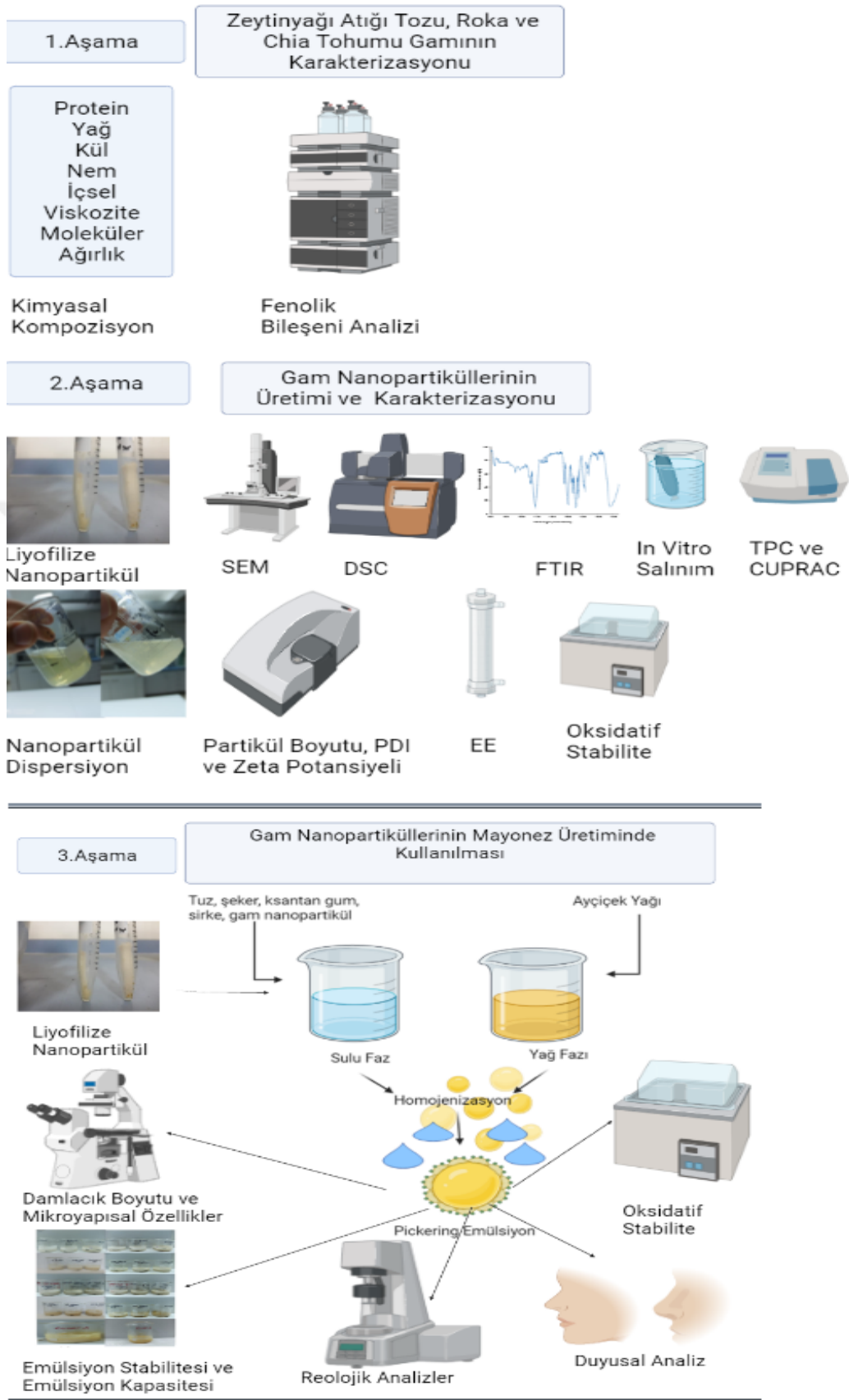
Şekil 2. 1 Pirinanın katı-sıvı, kurutulmuş ve toz form yapısı

2.2 Yöntemler

Çalışma kapsamında RSG ve CSG üretilmiş, ardından karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Gam NP'leri desolvasyon tekniği kullanılarak üretilmiş ve optimum koşullar 3^2 faktöriyel dizayn kullanılarak belirlenmiştir. Optimum koşullarda üretilen gam NP'leri OPE'nin enkapsülasyonu amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra boş ve enkapsüle OPE içeren gam NP'lerinin karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Son olarak, gam NP'lerinin EY içermeyen mayonez üretiminde pickering stabilizatör olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen analizler şematik olarak Tablo 2.1 ve Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. 1 Çalışmada gerçekleştirilen analizlerin şematik gösterimi





Şekil 2. 2 Çalışmada gerçekleştirilen analizler (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur)

2.2.1 Roka ve Chia Tohumlarından Gam Üretimi

Roka ve chia tohumlarından gam üretimi Razavi vd. (2009) [188] tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. 50 g tohuma 1 L distile su ilave edilerek manyetik ısıtıcıda (Heidolph MR3001) 80 °C'de 2 saat karıştırılmıştır. Çözelti daha sonra tohumları ayrılması için süzülüp ve çözeltideki 500 ml su buharlaştırılıp ve 1:2 (su : etanol) oranında etanol (%96) ilave edilip karıştırılmıştır. Daha sonra, karışım gece boyunca solüsyon yüzeyinde gam birikmesi için 4°C'de bırakılmıştır. Daha sonra yüzeyden toplanan gam 1 gün etüvde (50°C) kurutulmuş ve kuru RSG ve CSG şeklinde elde edilmiştir. Şekil 2.3'te gam üretim yöntemi verilmiştir.



Şekil 2. 3 Gam üretim yöntemi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur)

2.2.2 Pirina Tozu, Roka ve Chia Tohumu Gamlarının Karakterizasyonu

OPP, RSG ve CSG'nin protein, kül, nem, yağ içeriği, standart Resmi Analitik Kimyager Birliği (AOAC) yöntemlerine göre belirlenmiştir [189]. Toplam protein içeriğini tespit etmek amacıyla Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır ve kullanılan düzeltme faktörü 6,25'tir. Kül içeriğinin tespit edilmesi için 550 °C'ye ayarlanmış

bir kül fırını kullanılmıştır. Nem içeriği gravimetri ile belirlendi, n umune sabit tartım elde edilinceye kadar etüvde (Memmert UF 110. Almanya) 105 °C'de tutulmuştur. Yağ içeriğini analiz etmek için bir Soxhlet ekstraktörü (Buchi E-216, İsviçre) kullanılmıştır. RSG, CSG ve OPE'nin karbonhidrat içeriği yağ, kül, nem ve protein baz alınarak aradaki farkla hesaplanmıştır. Sonuçlar % w/w yüzdesi olarak verilmiştir.

İçsel viskoziteyi belirlemek için %0,1-2 w:v aralığında gam konsantrasyonları hazırlanarak kullanılmıştır. Aşağıdaki denklemler kullanılarak Denklem (2.1) ve (2.2), bağıl viskozite (η_{rel}) ve özgül viskozite (η_{sp}) hesaplanmıştır:

$$\eta_{rel} = \frac{n}{n_s} \quad (2.1)$$

$$\eta_{sp} = \frac{n - n_s}{n_s} \quad (2.2)$$

burada n , RSG,CSG'nin görünür viskozitesidir ve n_s çözücünün viskozitesidir [190]. İçsel viskozite ($[\eta]$), Huggins denklemi (2.3) kullanılarak $\frac{\eta_{sp}}{C}$ 'nin sıfır konsantrasyona ekstrapolasyonu ile belirlenmiştir [190].

$$\frac{\eta_{sp}}{C} = [\eta] + k_H[\eta]^2 C \quad (2.3)$$

burada, η_{sp} , C , $[\eta]$, k_H , sırasıyla özgül viskozite (boyutsuz), polimer konsantrasyonu (g desilitre⁻¹ (dL)), içsel viskozite (dL g⁻¹), Huggins sabitidir (boyutsuz). Denklem (2.3)'e göre konsantrasyona karşı azaltılmış viskozite çizildiğinde düz bir çizgi elde edilir ve bu düz çizginin kesişimi içsel viskozite değerini sağlar.

Mark-Houwink-Sakurada (MHS) denklemi (2.4), içsel viskozite verilerinden moleküler ağırlığın dolaylı bir ölçüsünü sağlar:

$$[\eta] = kM^\alpha \quad (2.4)$$

n , Huggins denkleminde (dL g⁻¹) elde edilen içsel viskozite olduğunda, k bir sabittir (dL g⁻¹), M ağırlık ortalamalı moleküler ağırlıktır (Dalton (Da)) ve α polimer geometrisinin bir fonksiyonudur, (şekillendirici faktör) boyutsuzdur [191].

k ve α değerleri polimer konformasyonuna ve solvent-polimer sistemine göre değişiklik gösterir ve genellikle literatürden alınır. Belirli bir polimer ve çözücü-

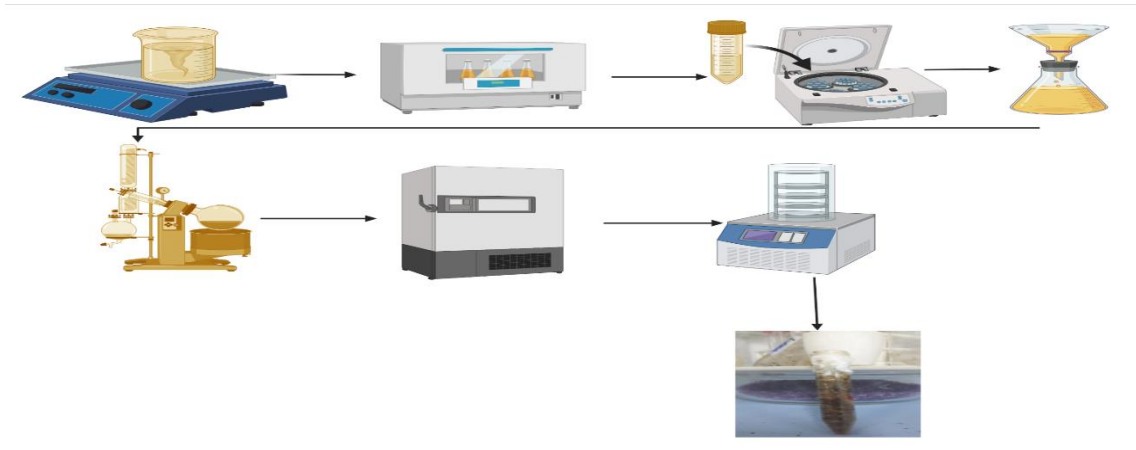
polimer sistemi için k ve α bilindiğinde, bir polimerin ortalama molar ağırlığını belirlemek için içsel viskozite kullanılabilir veya bunun tersi de kullanılabilir. CSG'nin k ve α değeri literatürde mevcuttur ve Timilsena vd. (2015) tarafından belirlenmiştir [191]. Ancak, RSG için literatür verisi mevcut değildir. Bu nedenle, RSG'nin moleküler ağırlığını tespit etmek amacıyla modifiye edilmiş Mark-Houwink denklemi (2.5) kullanılmıştır [192]. Mannoz/Galaktoz (M/G) oranı RSG'nin 1,52 önceki çalışmada bulunmuştur [114].

$$[\eta] = 11.55 \times 10^{-6} [(1 - X)M_v]^{0.98} \quad (2.5)$$

burada M_v , viskozite ortalama moleküler ağırlığı, $X = \frac{1}{\left[\left(\frac{M}{G}\right) + 1\right]}$ ve M/G, gamin mannoz/galaktoz oranını belirtmektedir.

2.2.3 Pirina Ekstraktının Hazırlanması

Ekstraksiyondan önce OPP hekzan kullanılarak 3 kez yağından arındırılmıştır. OPP (%80 Metanol-Su) 100 ml'de hazırlandı ve 600 dakikada devir hızında (rpm'de) 30 dk karıştırıldı (M5 CAT, Almanya). Daha sonra bir çalkalayıcı karıştırıcıda (Yamato Shaker MK200D, Japonya) 150 rpm'de 90 dakika karıştırıldı ve safsızlıkları gidermek için 4500 rpm'de 5 dakika santrifüjlendi. Daha sonra ekstrakt, filtre kağıdından (Whatman No. 4) süzüldü. Metanolün tamamı bir evaporator yardımı (Buchi R-210, İsviçre) ile buharlaştırıldı. Ekstrakt -80°C'de (EscoLexicon II Ult, Singapur) 24 saat donduruldu, daha sonra dondurarak kurutucuda kurutuldu (Christ Beta 1-8 LSC plus, Almanya) ve toz halinde elde edildi. Şekil 2.4'te ekstrakt üretim yöntemi verilmiştir.



Şekil 2. 4 Pirina ekstraktının hazırlanması (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

2.2.4 Pirina Ekstraktının Fenolik Bileşen Analizi

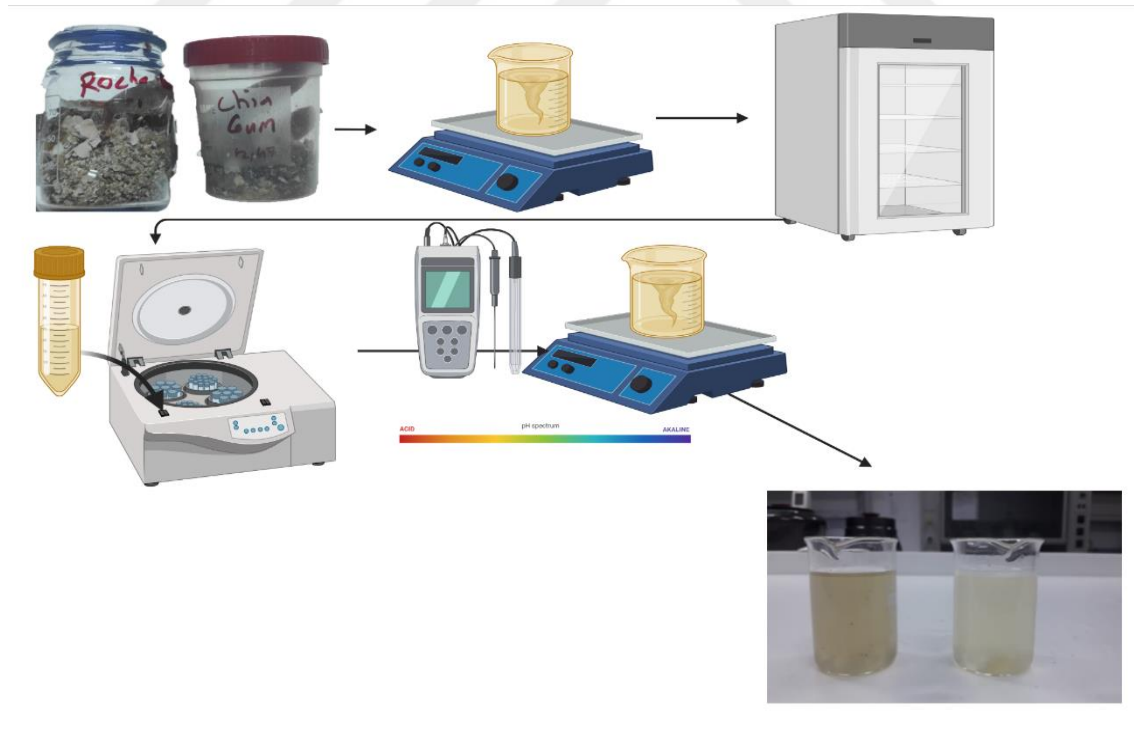
OPE'nin fenolik profilleri, bir diyot dizisine (HPLC-206 DAD) bağlanan HPLC ile belirlenmiştir. Gallik, protokateşik asit, kateşin, p-hidroksibenzoik, şırına, elajik, m-kumarik, o-kumarik, mirisetin, kuersetin, kaempferol, hidroksitirozol, tirozol, luteolin, oleuropein, krizin, ferulik, p-kumarik ve kaffeik kullanılarak standart kalibrasyon eğrileri kullanılmıştır. HPLC analizi, bir yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir [16]. Numuneler ve stok çözeltiler 0,45 µm membran filtreden süzölmüş ve bir Shimadzu HPLC sisteminde (LC-10AD vp pompası, SPDM10A vp DAD dedektörü, SIL-10AD vp otomatik numune alıcısı, CTO-10AVP kolon fırını, DGU- 14A gaz giderici ve SCL-10A sistem kontrolörü; Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) analiz edilmiştir. Ayırmalar 30 °C'de Agilent Eclipse XDB-C18 ters faz kolonu (250 mm x 214 4,6 mm uzunluk, 5 µm parçacık boyutu) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mobil faz, solvent A (%3 (h/h) asetik asit) ve solvent B (Metanol) içeriyordu. Gösterildiği gibi bir gradyan elüsyonu: %28 B (0 – 20 dakika (dk)), %28 – %30 B (21 – 50 dk), %31 – %50 B (51 – 70 dk) ve %50 – %100 B (70 – 81 dk) ve 90 dk'de başlangıç koşullarına geri döner. Akış hızı 0,8 ml /dk idi. Kromatogramlar 278 nm'de kaydedilmiştir. Tanımlama ve nicel analiz, alıkoyma zamanı ve harici standart eğrilerine bağlı olarak yapılmıştır. Polifenol miktarı mikrogram/gram (µg/g) kuru OPE'de belirtilmiştir.

2.2.5 Nanopartikül Üretim Koşullarının Belirlenmesi

3² faktöriyel dizayn kullanılarak farklı konsantrasyonlarda (%0,1, 0,5, 1 w/v) ve farklı desolvasyon ajanı miktarının (1,2,5 ml) gam nanopartiküllerinin partikül boyutu ve zeta potansiyeli üzerine etkisi incelenerek optimum konsantrasyon belirlenmiştir. Optimum konsantrasyon ve desolvasyon ajanı belirlendikten sonra karakterizasyon aşamasına geçilmiştir.

2.2.6 Gam Çözeltilerinin Hazırlanması

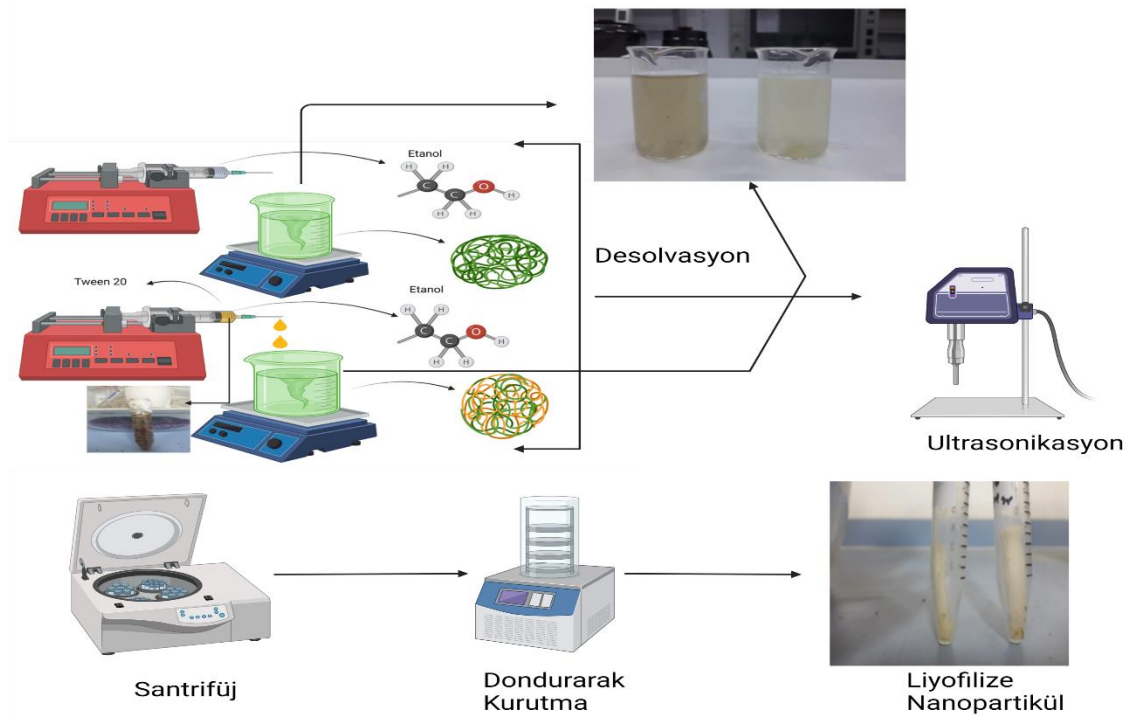
%0,1 (w/v) gam distile su içinde 2 saat boyunca 500 rpm oda sıcaklığında çözülmüştür. Daha sonra gam çözeltileri, hidrasyonun tamamlanması için 4°C'de gece boyunca tutulmuştur. Gam tamamen çözündürüldükten sonra safsızlıkları gidermek için 5000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiştir (Universal 320R, Almanya). Gam çözeltilerinin pH değerleri, 0,1 N NaOH kullanılarak RSG ve CSG için sırasıyla (HI 2211, Birleşik Krallık) 8 ve 7'ye ayarlandı. Gam çözeltileri, daha sonraki analizler için hazır hale getirilmiştir. Gam çözeltilerinin hazırlanması Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2. 5 Gam çözeltilerinin hazırlanması (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

2.2.7 RSG ve CSG Nanopartiküllerinin Üretimi

OPE içeren gam NP'leri, Taheri vd. [27] tarafından verilen yöntemin modifiye edilmesiyle üretilmiştir. Hazırlanan gam solüsyonu (çözücü) 800 rpm'de 5 dakika karıştırılmıştır. OPE (%0,1) ve Tween 20 (%0,5) optimize edilmiş etanol (Antisolvent) içinde çözüldü. Tween 20, OPE'nin etanol içinde daha iyi çözünmesi amacıyla kullanılmıştır. Etanolik OPE (0,5 mL/dak), bir şırınga pompa sistemi (New Era NE 236 300, ABD) kullanılarak gam çözeltisine (Solvent Faz) damla damla ilave edildi. Organik fazın eklenmesinden sonra çözelti, 800 rpm'de 10 dakika daha karıştırılmıştır. Daha sonra ultrasonik işlemci (Hielscher UIP1000hdT, Almanya) kullanılarak çözeltilere 1 dk (30 saniyede bir 10 saniye bekleme) 100 Watt (W) ultrasonikasyon buz banyosu üzerinde bekletilerek uygulanmıştır. NP süspansiyonu 9000 rpm'de 30 dk santrifüjlendi, süpernatant atıldı ve Tween 20 santrifüj işlemiyle uzaklaştırıldı. NP'ler 5 mL distile su ile yeniden dağıtıldı ve daha sonra kriyoprotektan kullanılmadan dondurularak kurutuldu. Gam NP'lerin üretim yöntemi Şekil 2.6'da verilmiştir. OPE ve Tween 20 olmadan aynı deneysel prosedür, boş gam NP üretimi için uygulanmıştır.



Şekil 2. 6 Gam nanopartikülü üretim yöntemi (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

2.2.8 Nanopartiküllerin Karakterizasyonu

2.2.8.1 Nanopartikül Boyutu ve Zeta Potansiyeli

NP süspansiyonlarının partikül boyutu ve zeta potansiyeli, Zeta potansiyeli ve bir partikül boyutu ölçer (Nanosizer, Malvern Instruments, Worcestershire, UK) ile belirlenmiş ve DLS tekniği kullanılarak karakterize edilmiştir. Analiz öncesi, numuneler ultra saf su kullanılarak 10 kat seyreltilmiş ardından ölçüm yapılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

2.2.8.2 Nanopartikül Morfolojisi

Kurutulmuş NP'lerin morfolojik özellikleri, SEM kullanılarak incelenmiştir. SEM (Zeiss EVO LS 10), 20000-100000 x büyütme aralığına sahiptir ve hazırlanan RSG ve CSG NP'lerinin karakterizasyonu için 12 kV hızlanma voltajı kullanılmıştır. Tüm numuneler SEM analizinden önce altınla kaplanmıştır.

2.2.8.3 Enkapsülasyon Etkinliği

Folin Ciocalteu yöntemi kullanılarak TPC'ye göre NP'nin enkapsülasyon etkinliği membran filtrasyon tekniği kullanılarak belirlenmiştir. NP'lerin üretiminde, ultrasonikasyon işleminden sonra, NP süspansiyonları, 25°C'de karıştırılan hücrede (HP4750, Sterlitech, ABD) 10 kilodalton (kDa) membran filtreden süzölmüştür. Filtrasyondan sonra, kapsüllenmemiş OPE toplanmış ve NP'lerde enkapsüle edilen OPE'yi belirlemek için TPC analizi gerçekleştirilmiştir.

Liyofilize OPE 0.01-1 mg/ml olarak hazırlanmış ve TPC ($R^2=0.9843$) kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. OPE yüklü RSG ve CSGNP'lerin % EE'si aşağıdaki denklem (2.6) kullanılarak hesaplanmıştır:

$$EE(\%) = \frac{NP \text{ içerisinde enkapsüle edilen gerçek OPE değeri}}{NP \text{ içerisinde enkapsüle edilen teorik OPE değeri}} \times 100 \quad (2.6)$$

2.2.8.4 Termal Özellikler

CSG, RSG, OPE, RSGNP, CSGNP ve OPE yüklü RSGNP ve CSGNP'nin termal özellikleri, bir termal analiz otomatik programı ile donatılmış DSC (TA Q20, ABD) kullanılarak değerlendirilmiştir. 5 mg'lık numuneler, 40 mikrolitre (μ l) kapasiteli alüminyum pan'a yerleştirildi ve bir alüminyum kapakla kapatılmıştır. Referans olarak boş bir pan kullanılmıştır. Konvansiyonel DSC ölçümleri, numunenin bir

nitrojen akımı altında 10 °C/dk hızında 30 ila 400 °C arasında ısıtılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

2.2.8.5 Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR)

CSG, RSG, OPE, RSGNP, CSGNP ve OPE yüklü RSGNP ve CSGNP, KBr topakları kullanılarak FT-IR ile karakterize edilmiştir. FTIR (Bruker Tensor 27, USA) karakterizasyonu, 600 ile 4000 cm⁻¹ arasındaki dalga boyları ile çalışan absorbans modunda ve 4 cm⁻¹ çözünürlükte 32 adet tarama ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.8.6 In Vitro Salınım Çalışması

Tabasi vd (2017) [58] tarafından belirlenen metot OPE'nin RSG ve CSG NP'lerinden salınımını gerçekleştirmek için modifiye edilerek kullanılmıştır. OPE'nin NP'lerden in vitro salınımı, fizyolojik pH'da (7.4) 37°C'de belirlenmiştir. Fizyolojik pH'ı simüle etmek amacıyla fosfat tamponlu salin (PBS) kullanılmıştır. RSG ve CSG NP'lerinden OPE salınımı, bir diyaliz yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 40 mg OPERSG ve OPECSGNP'ler tartıldı ve 5 ml distile su ile diyaliz torbasına (14 kDa) aktarıldı. Diyaliz torbaları her iki taraftan kapatılmış ve ardından sabit sıcaklıkta (37 °C) çalkalamalı bir inkübatör (WiseCube Fuzzy Control System, Almanya) (100 rpm) içinde gastrointestinal salınım ortamına (45 ml PBS) daldırılmıştır. Analiz için farklı zaman aralıklarında (0, 30, 60, 120, 240, 360 ve 1440 dakika) örnekler alındı (0,5 ml) ve yeni bir ortam (0,5 ml) ile değiştirildi. OPE'nin salımı, TPC kullanılarak spektrofotometrik olarak değerlendirilmiştir. (Shimadzu UV-296 1800, Japonya). Analiz üç paralel halinde gerçekleştirildi.

2.2.9 Nanopartiküllerin Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi

2.2.9.1 Nanopartiküllerin TPC ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi

Ekstrakt ve NP'lerin TPC'si Singleton vd. (1965) tarafından açıklanan tekniğin kullanılmasıyla belirlenmiştir [193]. TPC, Folin Ciocalteu fenol reaktifi ile bir spektrofotometre (Shimadzu UV-1800, Japonya) kullanılarak 760 nm'de ölçüm alınarak tespit edilmiştir. Numunelerin TPC'si, kuru numune başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak hesaplandı. Bakır azaltıcı antioksidan kapasite (CUPRAC) analizi, daha önce Apak vd. (2004) tarafından belirtilen metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir [194]. Sonuçlar, bir g kuru OPE başına mg Trolox eşdeğeri (TE) ve bir g kuru NP ağırlığına mg TE/g olarak ifade edilmiştir.

2.2.10 Pickering Emülsiyonu Hazırlık Prosedürü

OPE-RSGNP, OPE-CSGNP, RSGNP, CSGNP ve OPE, 2.2.7'de açıklanan aynı yöntemle üretilmiştir. OPE-RSGNP, OPE-CSGNP, RSGNP, CSGNP (%0,1 w/v) dispersiyonları ve OPE (%0,01 w/v) Y/S Pickering emülsiyonlarının hazırlanması amacıyla kullanılmıştır. NP dispersiyonlarına ve OPE'ye ayçiçek yağı eklenmiş, ardından 20 saniye boyunca 300 W'da ultrasonikasyon işlemi uygulanmıştır. Emülsiyonun toplam hacmi 50 ml olarak sabitlenmiştir. Yağ hacim fraksiyonu $\phi=0,2$ olarak belirlenmiştir.

2.2.11 Oksidatif Stabilité Analizi

Pickering emülsiyon örneklerinin depolama esnasında oksidatif stabilitesi Oksidatif Test Cihazı (Velp Scientifica, Usmate, MB, İtalya) yardımıyla belirlenmiştir. 20 g pickering emülsiyonu numune hücrelerine tartıldı ve numune homojen bir şekilde dağıtıldı. Cihaz sıcaklığı 90 °C'ye ve oksijen basıncı 6 bar'a ayarlanmıştır. Örneklerin oksidatif stabilite değerleri, oxitest cihazından kaydedilen indüksiyon periyodu (IP) değerine göre yorumlanmıştır.

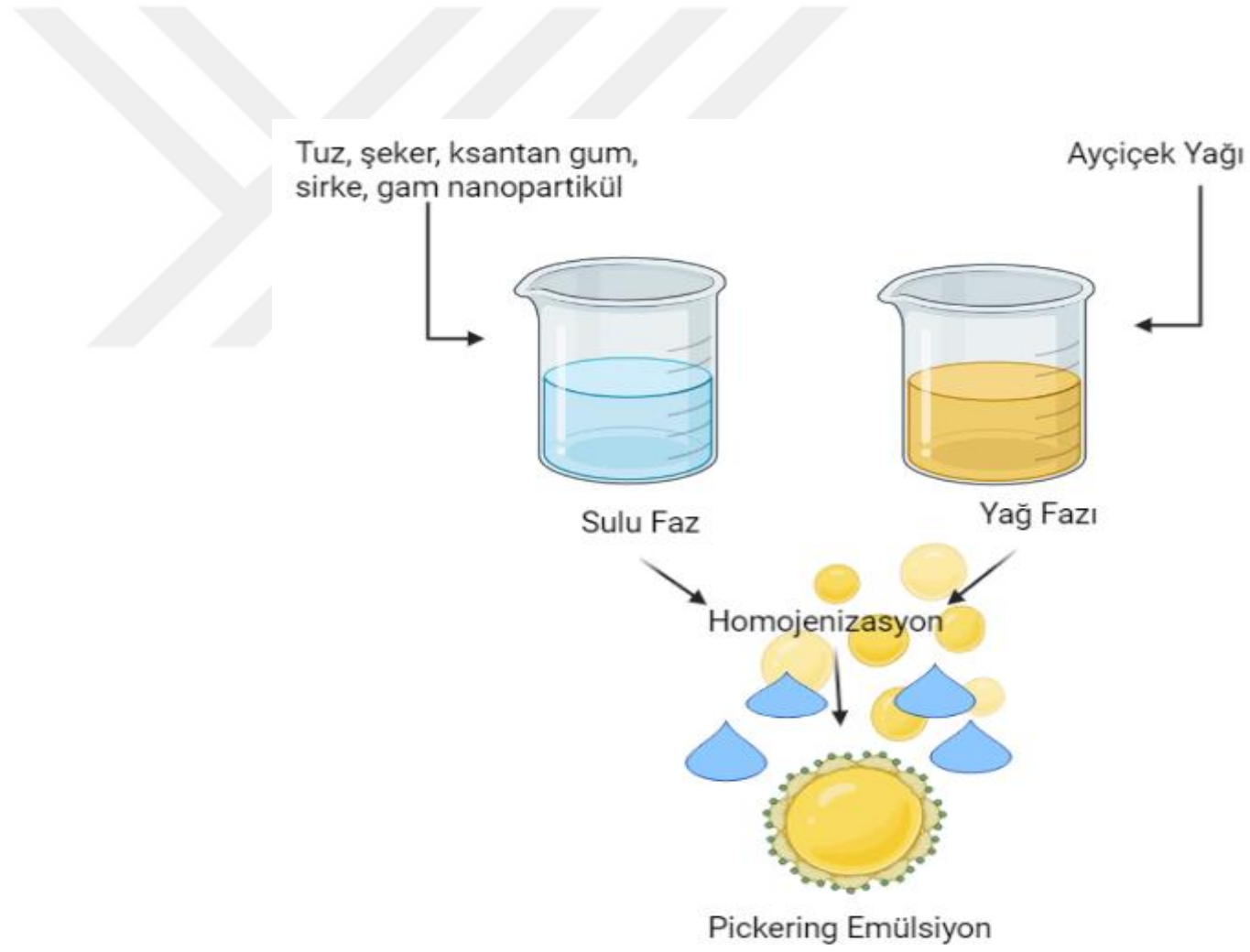
2.2.12 Yumurta sarısı içermeyen vegan mayonez (EYFVM) hazırlanışı

EYFVM Z.Lu vd. [151] tarafından belirlenen yöntem kullanılarak hazırlanmıştır. Sulu NP çözeltileri, ksantan gam (% 0,4, m/v), şeker (%4, m/v), tuz (%2, m/v), sirke (%10, m/v), CSGNP, RSGNP, OPERSGNP, OPECSGNP (1,2,3 %, m/v) ve bir miktar saf sudan oluşmaktadır. Su içinde yağ emülsiyonu, sulu fazdaki NP çözeltileri (10 ml) ve ayçiçek yağı (10 ml)'nın homojenize edilmesi sonucu oluşturulmuştur. 150 s boyunca 10 000 rpm'de Ultraturraks (Daihan, HG-15D) kullanılarak emülsiyon haline getirilmiştir. Mayonez örneklerinin formülasyonu Tablo 2.2'de verilmiştir. Kontrol mayonez (CM) ise NP'ler yerine EY kullanılarak yukarıda açıklanan yöntemle hazırlanmıştır. Pickering emülsiyonun hazırlama prosedürü Şekil 2.7'de verilmiştir. Pickering emülsiyonların görüntüsü 24 saat ve 30 gün sonra çekilmiştir. Mikrobiyal bozulmayı önlemek için pickering emülsiyonlarına sodyum benzoate ilave edilmiştir. Son aşamada mayonezdeki NP konsantrasyonları %0,5, %1, %1,5'tur.

Tablo 2. 2 Mayonez örneklerinin formülasyonu

Bileşenler	Kontrol	RSGNP	CSGNP	OPE-RSGNP	OPE-CSGNP
Sulu Faz (% v)	50	50	50	50	50
Ayçiçek Yağı (% v)	50	50	50	50	50
Sulu Faz (%m/v)	100	100	100	100	100
Sirke (% m)	10	10	10	10	10
Tuz (% m)	2	2	2	2	2
Şeker (%m)	4	4	4	4	4
Sodyum Benzoat (%m)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Ksantan Gum (%m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
NP Konsantrasyonları (%m)	-	1-2-3	1-2-3	1-2-3	1-2-3
EY (%m)	14	-	-	-	-

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü, OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP.



Şekil 2. 7 EYFVM oluşturma aşamaları (Biorender.com sitesi kullanılarak oluşturulmuştur.)

2.2.13 Damlacık Boyutu ve Mikroyapısal Özellikler

24 saat ve 30 günlük depolamadan sonra emülsiyonların damlacık boyutu belirlenmiştir. İlk olarak, bir lam üzerine bir damla emülsiyon yavaşça döküldü ve daha sonra bir dijital kamera ile donatılmış bir ışık mikroskobu (Olympus, JAPONYA) kullanılarak fotoğrafı çekilmiştir. Emülsiyon damlacıklarının ortalama boyutunu tahmin etmek için her örnekten 3 görüntü alınmıştır ve ardından farklı görüntülerde en az 30 damlacık sayılarak Olympus yazılımı yardımıyla damlacık boyutu belirlenmiştir.

2.2.14 Renk Özellikleri

Renk değerleri kullanılan kolorimetre (Konica Minolta, CR 148400, Japonya) ile yapılmıştır. Kolorimetre kalibrasyonundan sonra L^* , a^* ve b^* değerleri elde edildi. L^* siyahtan beyaza (L^* ; 0- koyu, 100- açık), a^* belirtilen yeşillikten (+60) kırmızıya (-60) ve b^* belirtilen mavilikten (+60) sarıya (- 60). Mayonez örnekleri oluşan hava kabarcıkları engellenerek petri kabına konuldu. Analizler yapıldı. Beyazlık indeksi Denklem (2.7) kullanılarak belirlenmiştir [75].

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (2.7)$$

2.2.15 Reolojik özellikler

2.2.15.1 Sabit Kayma Özellikleri

Tüm reolojik analizler, stres ve sıcaklık kontrollü bir reometre (Anton Paar MCR 302, Graz, Avusturya) ile gerçekleştirilmiştir. Reolojik analiz, 25 °C ve 0,5 mm boşluk aralığında gerçekleştirilmiştir. 0,1-100 s⁻¹ kayma hızı aralığında kararlı kayma analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler için Power Law modeli (2.8) kullanılmıştır;

$$\sigma = K\gamma^n \quad (2.8)$$

σ Kayma gerilmesini (Pa), K kıvam katsayısını, γ kayma hızını (s⁻¹), n akış davranışı indeksini belirtmektedir.

2.2.15.2 Dinamik Frekans Özellikleri

Dinamik frekans analizi, depolama ve kayıp modülünü belirlemek için analiz, 0,1-62,8 rad/s frekans aralığında (ω) ile % 0,1 gerinimde gerçekleştirilmiştir. Dinamik frekans reolojik parametreleri, Power Law modeli kullanılarak doğrusal olmayan regresyon [195] yardımıyla belirlenmiştir (2.9) ve (2.10):

$$G' = K'(w)^{n'} \quad (2.9)$$

G' ve G'' depolama ve kayıp modülü, K' ve K'' belirtilen kıvam katsayısı değerleri, n' ve n'' kayıp ve depolama modülünün frekansa bağımlılık derecesi'dir.

$$G'' = K''(w)^{n''} \quad (2.10)$$

2.2.15.3 Üç Aralıklı Tikstropi Testi (3-ITT)

3-ITT, deformasyon uygulandıktan sonra numunelerin geri kazanımı hakkında bilgi vermektedir. İlk zaman aralığında lineer viskoelastik alanda (LVR) emülsiyon numuneleri 50 s boyunca düşük kayma hızı değerine ($0,5 \text{ s}^{-1}$) maruz bırakıldı. İkinci zaman aralığında ise LVR olmayan alanda emülsiyon numuneleri 30 s yüksek kayma hızı değerine (150 s^{-1}) maruz bırakıldı. Üçüncü zaman aralığı LVR'de düşük kayma hızı değerine ($0,5 \text{ s}^{-1}$) 50 s maruz bırakılmıştır. Emülsiyon numunelerinin viskoelastik matrisinin değişimi gözlemlenmiştir.

Deformasyon ($\%D_R$) ile ilgili 3-ITT parametrelerini değerlendirmek için kullanılan önceki yöntem [196] Denklem (2.11) ile uygulanmış ve uygulanan deformasyondan 30 s sonra emülsiyon numunelerinin geri kazanım yüzdesi Denklem (2.12) ile ($\%Rec_{30}$) belirlenmiştir.

$$\%D_R = \frac{G_i - G_0}{G_i} \times 100 \quad (2.11)$$

$$\%Rec_{30} = \frac{G_{30}}{G_i} \times 100 \quad (2.12)$$

G_i , G_0 emülsiyon numunelerinin sırasıyla ilk durumu ve deformasyon uygulandıktan sonraki G' değerleridir. G_{30} emülsiyon numunelerinin deformasyondan sonraki ilk 30. saniyedeki G' değerleridir.

2.2.16 Emülsiyon Kapasitesi ve Emülsiyon Stabilitesi

EYFVM'lerin görünümü akıllı telefon kamerası (Xiaomi Note 8 Pro, ÇİN) ile çekilmiştir. Emülsiyon kapasitesi, 24 saatlik ağzı kapalı bir şekilde oda sıcaklığında depolandıktan sonra emülsiyon tabakası yüksekliğinin taze emülsiyonların toplam yüksekliğine bölünmesiyle belirlenmiştir. Emülsiyon stabilitesi ise, 30. gün emülsiyon tabakasının yüzdesinin ila 24 saat sonraki yüzdeye bölünmesi ile belirlenmiştir [151].

2.2.17 Oksidatif Stabilite Analizi

Pickering emülsiyon numunelerinin depolama esnasında oksidatif stabilitesi Oksidatif Test Cihazı (Velp Scientifica, Usmate, MB, İtalya) yardımıyla yukarıda bölüm 2.2.11'de açıklandığı şekilde belirlenmiştir.

2.2.18 Duyusal Analiz

Mayonez örneklerinin duyusal özellikleri, akademisyenler ve öğrencilerden oluşan 30 yarı eğitimli panelist tarafından 5 noktalı hedonik teste [146] dayalı olarak aşağıdaki duyusal nitelikler değerlendirilmiştir: görünüm, renk, tat, yayılabilirlik, doku ve genel kabul edilebilirlik. Analiz öncesinde panelistler ölçekler ve duyusal nitelikler hakkında kısaca bilgilendirilmiştir. Tüm mayonez örnekleri rastgele üç basamaklı sayılarla numaralandırılmıştır. Mayonez örnekleri, çay kaşığı ile beyaz plastik kaplarda panelistlere rastgele servis edilmiştir. Su, farklı mayonez örnekleri arasında ağzı temizlemek amacıyla kullanılmıştır. Sıralama 1= en düşük ve 5= en yüksek olarak tanımlanmıştır.

2.2.19 İstatistiksel Analiz

Tüm analizler üç paralel halinde gerçekleştirilmiş ve değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmiştir. İstatistiksel analizler, Minitab14 kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA Tukey's Test) ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel anlamlılık $p < 0.05$ olarak belirlendi. Reolojik analizlerin sonuçları, doğrusal olmayan regresyon yardımıyla Power Law modeline fit edildi ve model'in uygulanabilirliği belirleme katsayısı (R^2) ile değerlendirilmiştir. Pickering emülsiyonunun kararlı kayma reolojik özelliklerinin model parametresi ve

dinamik frekans doğrusal olmayan regresyon analizleri, Statistica yazılım programı (StatSoft, Inc., Tulsa, OK) kullanılarak belirlenmiştir.



3.1 Pirina Tozu, Roka ve Chia Tohumu Gamlarının Karakterizasyonu

3.1.1 Fizikokimyasal Özellikler

Pirina tozu'nun başlangıç nem içeriği $38,3 \pm 1,47$ bulunmuştur. Üç fazlı sistemlerin nem içeriği yaklaşık %40-45 civarındadır [9]. OPE, RSG ve CSG'nin yaklaşık bileşimi Tablo 3.1'de verilmiştir. Pirina suyun yanı sıra karbonhidratlar, lipidler (kalan yağ), fenoller ve bir dizi inorganik bileşik içerir ve ortalama pH'ı 4,8-5,2 arasındadır [9]. OPE, kuru ağırlık bazında $3,21 \pm 0,03$ protein, $3,39 \pm 0,29$ kül, $9,21 \pm 0,21$ yağ, $3,9 \pm 0,04$ nem ve $78,95 \pm 0,84$ karbonhidrat içeriğinden oluşmaktadır. RSG ise, $23,01 \pm 0,55$ protein, $8,26 \pm 0,37$ kül, $0,69 \pm 0,04$ yağ, $10,5 \pm 0,5\%$ nem ve $57,49 \pm 1,41$ karbonhidrat içeriğinden oluşmaktadır. Koochehi vd. (2012) [116], nem içeriği ($12,28 \pm 0,11$) için RSG'ye benzer değerler, kül ($10 \pm 0,01$) ve karbonhidrat içeriği ($67,92 \pm 1,02$) için daha yüksek değer, ancak protein ($9,75 \pm 0,9$) ve yağ içeriği (iz) için daha düşük değerler bulmuştur. Gerçekleştirdikleri çalışmada optimum ekstraksiyon koşulları $65,5$ °C sıcaklık, pH 4, su : tohum oranı 60:1 olarak belirtilmiştir. Ayrıca Karazhiyan vd. (2011) [86] tere tohumu müsilağını incelemiştir ve protein içeriği ($22,75 \pm 0,88$) için RSG'ye benzer değerler, bununla birlikte yağ içeriği için daha yüksek değer ($23,4 \pm 1,5\%$), ancak nem, kül ($5,05 \pm 0,11$) ve karbonhidrat içeriği ($43,51 \pm 2,64$) için daha düşük değerler ($5,29 \pm 0,15$), bulmuştur. Kutlu vd. (2021) RSG'yi incelemiş ve karbohidrat değerini $80,38 \pm 1,13$ daha yüksek, kül ($3,55 \pm 0,04$), ve protein ($5,81 \pm 0,26$), değerini daha düşük nem ($10,26 \pm 0,19$), içeriğini ise benzer bulmuştur [114]. Tablo 3.1'de görüldüğü gibi CSG, kuru bazda $12,46 \pm 0,12$ protein, $9,23 \pm 0,35$ kül, $1,23 \pm 0,14$ yağ, $9,5 \pm 0,5$ nem içeriği ve $67,58 \pm 1,11$ karbonhidrat içeriğinden oluşmaktadır. Chia tohumları, chia tohumu müsilağını üretmek için saf suda (1:30 w/v) çözündürülür ve 2 saat 25 °C'de

karıştırılmıştır [57]. de Campo vd. (2017) [57], nem içeriği ($11,30 \pm \%0,04$) ve kül içeriği ($\%10,02 \pm 1,14$) için CSG'ye benzer toplam lif olarak karbonhidrat içeriği için yüksek değer ($74,04 \pm 0,13$), ancak protein içeriği ($4,25 \pm 0,00\%$) ve yağ içeriği ($0,39 \pm 0,04\%$) daha düşük bulmuştur. RSG ve CSG'nin fizikokimyasal özelliklerindeki farklılıklar, çalışmada kullanılan ekstraksiyon yöntemi ile ilgilidir [57]. Ayrıca, su/tohum oranı, sıcaklık ve pH gibi ekstraksiyon koşulları, RSG ve CSG'nin fizikokimyasal özelliklerinde farklılıklara yol açmıştır [86]. RSG ve CSG'nin yaklaşık kompozisyonunun varyasyonları, roka ve chia tohum çeşidine, coğrafi kökene ve yetiştirme koşullarına bağlıdır. Ayrıca, bu tip karakteristik özellikler, viskozite ve termal davranış gibi fiziksel faktörlerde değişikliğe neden olmaktadır [197].

Tablo 3. 1 Pirina tozu, roka tohumu ve chia tohumu gaminin fizikokimyasal özellikleri

Örnek	Pirina Tozu	Roka Tohumu Gamı	Chia Tohumu Gamı
pH	$5,06 \pm 0,1$	$6,24 \pm 0,14$	$6,85 \pm 0,15$
Karbonhidrat (% w/w)	$78,95 \pm 0,84$	$57,49 \pm 1,41$	$67,58 \pm 1,11$
Yağ (% w/w)	$9,21 \pm 0,21$	$0,69 \pm 0,04$	$1,23 \pm 0,14$
Kül (% w/w)	$3,39 \pm 0,29$	$8,26 \pm 0,37$	$9,23 \pm 0,35$
Nem (% w/w)	$3,9 \pm 0,04$	$10,5 \pm 0,5$	$9,5 \pm 0,5$
Protein (% w/w)	$4,55 \pm 0,30$	$23,01 \pm 0,55$	$12,46 \pm 0,12$
İçsel Viskozite (dL/g)	n,t,	$3,69 \pm 0,4$	$19,13 \pm 0,81$
Moleküler Ağırlık (Da)	n,t,	$6,82 \pm 0,75 \times 10^5$	$2,23 \pm 0,12 \times 10^6$

¹n.t: Test edilmedi.

HPLC tarafından OPE'nin fenolik bileşimi ($\mu\text{g/g}$ kurutulmuş OPE) Tablo 3.2'de verilmiştir. Sonuçlarımıza benzer şekilde pirinanın major fenolik bileşenleri, Skaltsounis vd. (2015), Nunes vd. (2018), Malapert vd. (2018) [8, 198, 199] tarafından rapor edilmiştir. OPE'nin başlıca fenolik bileşikler arasında, HT, antioksidan aktivitesi, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal gibi sağlık özelliklerine sahip olması nedeniyle dikkat çekmektedir [16, 200]. Pirinanın başlıca fenolik bileşikler oleuropein ($1,22\text{-}13,50 \text{ mg/g}$), HT ($0,61\text{-}8,70 \text{ mg/g}$), TS ($0,13\text{-}1,115 \text{ mg/g}$), luteolin ($0,02\text{-}0,14 \text{ mg/g}$), vanilin ($0,92\text{-}3,64 \text{ mg/g}$) ve rutin ($0,21\text{-}1,70$

mg/g)'dir [16, 200]. OPE içerisinde ferulik, kaffeik, p-kumarik ve oleuropein fenolik bileşikleri tespit edilememiştir.

Zeytindeki oleuropein (HT türevi) ve ligstrosit (TS türevi) seviyeleri malaksasyon sırasında giderek azalır ve yağda pek görülmezler. Oleuropein içeriğinin azaltılması, zeytindeki başlangıç seviyeleri ne olursa olsun, zeytinden prinaya kadar devam etmektedir [201]. Oleuropein ve ligstrosit içerikleri, malaksasyon süresi boyunca zamanla sürekli olarak azalır [201-203]. Son santrifüjleme ve yağın ayrılmasından önce pirina oleuropein içerse bile, pirinada herhangi bir miktar tespit edilmez, bu da atıkta bile sürekli dönüşüm anlamına gelir [201, 203]. Oleuropein zeytinyağı üretim prosesinde atıklarda meydana gelen sürekli dönüşümlerden dolayı muhtemelen HT ve TS'e parçalanmış ve tespit edilememiştir.

3.1.2 Gumların Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi

Polimerin moleküler yapısı ve sulu faz ile etkileşimleri, içsel viskozitenin belirlenmesiyle tahmin edilebilir bir forma dönüşmektedir. Polimerin makromoleküler özellikleri, içsel viskozitenin tanımıyla karşılaştırılabilir. Ayrıca, makromoleküllerin akışı bozma kabiliyeti ile doğrudan, boyutları ve şekli açısından ise dolaylı olarak ilişkilidir. İçsel viskozite $[\eta]$, çözelti içindeki bir polimerin, çözeltinin viskozitesini arttırma kapasitesinin bir ölçüsüdür. RSG ve CSG'nin içsel viskozite değeri olarak sırasıyla $3,69 \pm 0,4$ ve $19,13 \pm 0,81$ dL/g olarak belirlenmiştir (Tablo 3.1). Ayrıca RSG ve CSG'nin moleküler ağırlığı sırasıyla $6,82 \pm 0,75 \times 10^5$ Da ve $2,23 \pm 0,12 \times 10^6$ Da, olarak bulunmuştur. Avustralya chia tohumu gamının moleküler ağırlığı $2,3 \times 10^6$ Da ve içsel viskozitesi 16,63 dL/g bulunmuştur [127]. Literatürde RSG'nin içsel viskozitesi ve moleküler ağırlığı için mevcut hiçbir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte, RSG'nin düşük moleküler ağırlığı ve içsel viskozitesi, tere tohumu gamına benzer bulunmuştur [204].

Tablo 3. 2 Pirina ekstraktının fenolik bileşikleri

Fenolik Bileşenler	Alıkonma Zamanı (dk)	Konsantrasyon($\mu\text{g/g}$ kurutulmuş OPE)
Gallik asit	5,867	314,4
Protokateşik asit	8,864	60,4
Hidroksitirozol	9,3	2857,0
Kateşin	12,360	48,8
p-Hidroksibenzoik asit	13,429	15,6
Tirozol	14,3	358,8
Şiringik asit	14,919	16,4
Ellajik asit	20,495	134,4
m-Kumarik asit	22,623	15,2
o-Kumarik asit	25,082	2,8
Mirisetin	26,950	348,4
Kuersetin	33,083	217,2
Kaempferol	36,162	68,8
Luteolin	74,8	715,6
Krizin	n.d.	n.d.
Kaffeik	n.d.	n.d.
p-kumarik	n.d.	n.d.
Ferulik	n.d.	n.d.
Oleuropein	n.d.	n.d.

¹ n.d: Tespit edilmedi ve OPE: Pirina Ekstraktı.

3.2 Nanopartikül Üretim Koşullarının Belirlenmesi ve Karakterizasyonu

3.2.1 Gam Nanopartiküllerinin Üretimi

3.2.1.1 Ön Denemeler

Zeta potansiyeli, yük yoğunluğu ve süspansiyon stabilitesi hakkında bilgi sağladığı için NP'lerin karakterizasyonunda önemli bir faktördür. Farklı pH derecelerinde RSG ve CSG farklı zeta potansiyeli değerlerine sahiptir. Yüksek zeta potansiyeli süspansiyonları partikül agregasyonuna karşı daha stabil hale getirmektedir [205]. RSG ve CSG çözeltileri için sırasıyla pH 8 ve pH 7 değerleri NP üretim pH değerleri seçilmiştir. RSG ve CSG'nin en yüksek zeta potansiyeli değerlerini elde etmek için optimum pH seçilmiştir. Sırasıyla pH 7 ve 8 olan CSG ve RSG gam çözeltileri, pH 3-8 aralığında en yüksek zeta potansiyeli değerini göstermiştir (veriler gösterilmemiştir).

Optimal formülasyonu elde etmek için gam konsantrasyonunun ve desolvasyon ajan miktarının RSG ve CSGNP'lerin partikül boyutu ve zeta potansiyeli değerleri üzerine etkisini belirlemek için ön denemeler yapılmıştır. Bu amaçla, RSG ve CSG'nin üç konsantrasyonu (%0,1, %0,5, %1) hazırlanmış ve farklı miktarlarda desolvasyon ajanları (1 ml, 2 ml, 5 ml) ilave edilmiş, ultrasonikasyon işlemi sonucu oluşan partiküller, partikül boyutu ve zeta potansiyeli açısından değerlendirilmiştir. Minimum partikül boyutu ve ortalama zeta potansiyeli değerleri baz alınarak, RSGNP ve CSGNP'ler için konsantrasyon olarak % 0,1'de elde edilmiştir. Sonuçlar ve belirlenen optimum NP üretim parametreleri ek olarak A'da verilmiştir. Farklı miktarda desolvasyon ajanı ile RSG ve CSG konsantrasyonlarındaki artış, partikül boyutunda ve zeta potansiyelinde artışa neden olmuştur. Gam konsantrasyonundaki artış, polimer zincir yapısından dolayı moleküler itmelerin artmasına neden olmuştur [27, 206, 207]. Ancak, yüksek konsantrasyondaki gama az miktarda etanol eklendiğinde, gam moleküllerinin polimerinin dehidrasyonuna karşı yeterince güçlü olmayan, gam moleküllerinin kısmi desolvasyonuna neden olmuştur. Ayrıca, gam konsantrasyonundaki artış, moleküler agregasyonun artmasına ve hidrofobik etkileşimlerden etkilenen gam

moleküllerinin artmasına neden olmuştur ve dolayısıyla partikül boyutu artmıştır. Protein ve polisakkarit çözeltileri için artan konsantrasyonun partikül boyutunda artışa neden olduğu çalışmalarda rapor edilmiştir [27, 208-211].

Desolvasyon, gam moleküllerinin desolvasyonu boyunca farklı elektrostatik etkileşimlere yol açan, çözücü madde miktarı ve gam konsantrasyonu gibi hazırlama koşullarından etkilenen bir tekniktir. Bu nedenle, az miktarda etanol eklendiğinde, gam molekülleri sulu ortamda tutulabilir, etanol miktarı arttığında moleküllerin desolvasyonu başlar ve bu da NP'lerin oluşumuyla sonuçlanır. Bununla birlikte, gam moleküllerine eklenen az miktarda asetonun, artan karıştırma hızıyla partikül boyutunun artmasına neden olduğu yapılan bir çalışmada belirtilmiştir [27]. Polisakkarit çözeltilisine eklenen desolvasyon ajanı çözücü noktasında geçici olarak yüksek konsantrasyonda bulunabilir. Bu yüksek konsantrasyon, gam moleküllerinin lokal desolvasyonuna neden olmaktadır. Yerel gam çökeltisi, ultrasonikasyon gibi yüksek hızlı karıştırma kullanılarak nanopartikül yapılarına bölünebilir [27]. [212] sığır serum albümini solüsyonunun konsantrasyonu 150 mg/ml'yi aştığında, az miktarda etanol bile olsa protein agregasyonu oluştuğunu göstermiştir.

3.2.2 Optimum Koşullarda Üretilen Pirina Ekstraktı Yüklü Gam Nanopartiküllerinin Karakterizasyonu

3.2.2.1 Partikül Boyutu ve Zeta Potansiyeli

Partikül boyutu ve PDI, NP sistemlerinin en önemli parametreleridir ve NP'lerin ilaç yükleme, ilaç salınımını ve stabilitesini oldukça etkiler [213]. Nanosistemlerin partikül boyutu, gam konsantrasyonu, karıştırma ve emülgatör gibi faktörlerden etkilenmektedir [214].

Bu çalışmada hazırlanan NP'ler, boş ve OPE yüklü RSGNP'ler için sırasıyla 304,1-318 nm ve boş ve OPE yüklü CSGNP'ler için 425,2-490 nm aralığında ortalama partikül boyutu göstermiştir (Tablo 3.3). Ayrıca, RSGNP'ler 0,395-0,514 ve CSGNP'ler 0,483-0,485 aralığında bir PDI değerine sahiptir. Bu çalışmada partikül boyutunda boş RSGNP, OPE-RSGNP, boş CSGNP, OPE-CSGNP arasında önemli farklılıklar gözlemlendi ($p < 0.05$). PDI değerlerinin boş ve OPE yüklü CSGNP'leri için

önemli farklılıklar gözlenmedi. Ancak, OPE yüklü RSGNP'lerin PDI değerleri, boş nanopartiküllerden daha yüksek bulundu ($p < 0.05$). Benzer sonuçlar Pereira vd. [215] tarafından rapor edilmiştir. Ancak boş RSGNP ile CSGNP arasında ve OPE-RSGNP ile OPE-CSGNP arasında boyut ve PDI değerlerinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$).

RSG ve CSG nanopartiküllerinin partikül boyutundaki farklılıklar, RSG ve CSG'nin farklı içsel viskozitesi ve moleküler ağırlığı ile ilişkili olabilir (Tablo 3.1). İçsel viskozitesi ve moleküler ağırlık, NP boyutunu kontrol etmek için faydalı parametrelerdir. Hidrodinamik boyuttaki bir artış, içsel viskozitede bir artışa sebebiyet vermektedir [58]. Ayrıca, NP boyutu ile moleküler ağırlık arasında pozitif korelasyon bulunmuştur [216]. CSG, RSG solüsyonlarından daha yüksek içsel viskoziteye ve moleküler ağırlığa sahiptir. Gamın daha yüksek moleküler ağırlığı, gam çözeltilerinin daha yüksek viskozitesine yol açmaktadır [217]. Süspansiyondaki CSG ve RSG moleküllerinin diğer NP bileşeni ile etkileşimi, elde edilen viskozite davranışını açıklayabilir. Viskozite davranışı, gam süspansiyonlar ve NP bileşeni arasındaki etkileşimden dolayı oluşmuştur. CSG'nin RSG'den daha yüksek moleküler ağırlığının olması, OPE-CSGNP'nin OPE-RSGNP'den daha yüksek partikül boyutuna yol açmıştır (Tablo 3.3). Boş RSGNP ve CSGNP, OPE-RSGNP ve OPE-CSGNP'den daha küçük bir boyuta sahip olma eğilimindedir. Bu sonuç, enkapsüle OPE varlığında organik fazın artan viskozitesine atfedilir. Bu, ultrasonikasyon süreci boyunca fazları dağıtmanın daha zor bir hale gelmesi nedeniyle daha büyük partiküllerle sonuçlanmıştır [218]. Benzer sonuçlar Pereira vd. [215] tarafından rapor edilmiştir. de Campo vd. (2017) [57], chia tohumu müsilajı kullanarak chia tohumu yağı NPs'in boyutunun $205 \pm 4,24$ nm olduğunu bulmuştur. Duvar malzemesi olarak kitosan kullanılarak kitosan-oleuropein, kitosan-iki farklı OLE'nin partikül boyutu 250-270 nm aralığında bulunmuştur. Boş NP'ler 220,6 ve OLE yüklü NP'ler 246,3 nm için partikül boyutu değerleri, duvar malzemesi olarak PLA kullanılarak elde edilmiştir [178].

Zeta potansiyel değerleri, NP'lerin yüzey yükü ve farklı koşullar altında süspansiyon kararlılığı hakkında bilgi vermesi nedeniyle NP sistemi için de önemli

bir parametredir. Ayrıca sulu ortamın pH'ı NP'lerin zeta potansiyel değerini etkilemiştir.

Tablo 3. 3 Nanopartikül süspansiyonlarının partikül boyutu, zeta potansiyeli ve enkapsülasyon etkinliği

Örnek	Partikül Boyutu (nm)	PDI	Zeta Potansiyeli (mV)	EE (%)
RSGNP	304,1 ± 4,49 ^D	0,395 ± 0,01 ^C	-23,1 ± 0,85 ^A	
OPE-RSGNP	318 ± 3,11 ^C	0,514 ± 0,06 ^A	-22,6 ± 1,23 ^A	82,86 ± 4,13 ^A
CSGNP	425,26 ± 6,49 ^B	0,485 ± 0,08 ^B	-28,1 ± 0,95 ^B	
OPE-CSGNP	490 ± 8,67 ^A	0,483 ± 0,01 ^B	-29,9 ± 2,57 ^B	67.01 4,29 ^B

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP,

²Aynı sütunda aynı harfe sahip ortalama değerler önemli ölçüde farklılık göstermez (p>0,05) ancak farklı harfler önemli düzeyde farklılık göstermektedir (p<0,05).

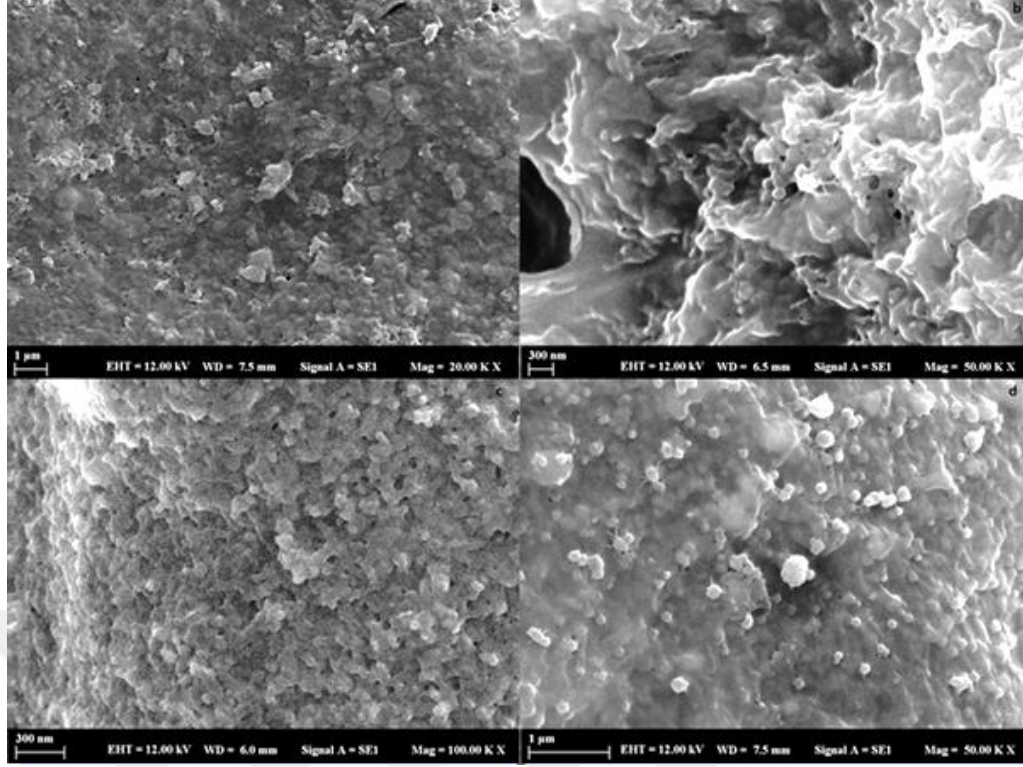
Negatif zeta potansiyeli olan partikül süspansiyonlarına daha fazla alkali eklenirse, daha fazla negatif yük alma eğilimi göstermektedir. Tablo 3.3'te görüldüğü gibi boş RSGNP ve OPE-RSGNP ve ayrıca boş CSGNP ve OPE yüklü CSGNP'de zeta potansiyeli açısından önemli farklılıklar görülmemiştir. NP'lerin zeta potansiyeli, RSG ve CSG'nin çoğunlukla NP'lerinin yüzeyinde bulunduğunu gösteren OPE'nin enkapsülasyonundan sonra değişmemiştir [58]. OLE yüklü PLA NP -27,5 mV zeta potansiyeli değerini göstermiştir [178]. Ancak zeta potansiyel değerlerinin boş RSGNP ile CSGNP arasında, ayrıca OPE-RSGNP ile OPE- CSGNP arasında da anlamlı farklılıklar bulunmuştur (p< 0.05). Bu sonuç, bileşime, molekül ağırlığına ve gam moleküllerinin zincir uzunluklarına bağlı olarak RSG ve CSG gibi farklı türdeki gamların stabilizasyon etkisine atfedilmiştir. RSG ve CSG'nin yük yoğunluğundaki fark, stabilizasyon etkisinde önemli bir rol oynayabilir [105]. Muhammed vd. (2020) [98], ksantan gam ve badem gam zeta potansiyel değerlerinin sırasıyla % 0,5 konsantrasyonda -59 mV ve -32 mV olduğunu bulmuşlardır.

3.2.2.2 Enkapsülasyon Etkinliği

OPE sağlık yararları sağlayan yüksek miktarda fenolik bileşiklere sahip olduğu için, enkapsülasyon etkinliğinin belirlenmesi amacıyla parametre olarak seçilmiştir. Tablo 3.3'te görüldüğü gibi, OPE'nin RSG ve CSG NP'lerinde % enkapsülasyon etkinliği sırasıyla $82,86 \pm 4,13$ ve $67,01 \pm 4,29$ 'dur. OPE yüklü RSGNP ile CSGNP'nin % enkapsülasyon etkinliği değeri arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, duvar malzemesi bileşiminin özellikleri ve parçacık boyutu ile açıklanabilir [219]. Ancak, OPE yüklü RSGNP, OPE yüklü CSGNP'den daha küçük bir boyuta sahiptir. Absorpsiyon ve yüzey hacmindeki bir artış, OPE yüklü CSGNP'den daha yüksek bir EE %'ne yol açmıştır. RSG ve CSG'nin stabilizasyon etkisi, bileşime, moleküler ağırlığa ve zincir uzunluğuna bağlıdır [105]. RSGNP ve CSGNP, OPE'yi kaplamış ve OPE ile RSGNP, CSGNP arasında hidrojen bağı oluşturmuştur. Yüksek enkapsülasyon etkinliği, OPE'nin zorlu çevresel koşullara karşı stabiliteyi artıran gam NP'leri içerisinde enkapsüle edildiğini göstermiştir. Muzzalupo vd. (2020) [179] kitosan NP'lerinde iki tür OLE'nin % enkapsülasyon etkinliğini sırasıyla %94,5 ve %73,1 bulmuştur. OPE'nin % enkapsülasyon etkinliği değerleri literatürdeki [178] Kesente vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen OLE'nin PLA içinde kapsüllenmesi adlı çalışmadan daha yüksek bulunmuştur.

3.2.2.3 Morfolojik Özellikler

Şekil 3.1, sürekli etanol ilavesiyle hazırlanan boş RSG ve CSGNP'ler ile OPERSGNP ve OPECSGNP'nin SEM görüntülerini göstermektedir. Boş ve OPE yüklü CSGNP RSGNP, DLS kullanılarak partikül boyutu analizine uygun olarak tek tip boyutta küresel morfoloji sergilemiştir. Bununla birlikte, partikülün yüzeyinin biçimindeki ve pürüzlülüğündeki düzensizlikler, RSG ve CSG polisakkaritleri ile ilgili olabilir. Partiküllerin agregasyonu, NP'lerin analizden önce liyofilize edilmesi ve az miktarda deiyonize su içinde yeniden rehidre edilmesiyle açıklanabilir. RSG ve CSGNP'ler agregasyonu önlemek için yeterince rehidre edilmemiş olabilir [220]. Bu sonuçlar önceki çalışmalarla uyumludur [98, 105, 221]. Ayrıca, OPECSGNP, OPERSGNP'den çok daha görünür ve küreseldi. Bu sonuç, OPECSGNP'in zeta potansiyelinin OPE-RSGNP'den daha yüksek olması, yani OPECSGNP'nin kümeleşmeye karşı OPE-RSGNP'den daha kararlı olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 3. 1 (a) RSGNP, (b) OPE-RSGNP, (c) CSGNP ve (d) OPE-CSGNP'nin SEM görüntüleri¹

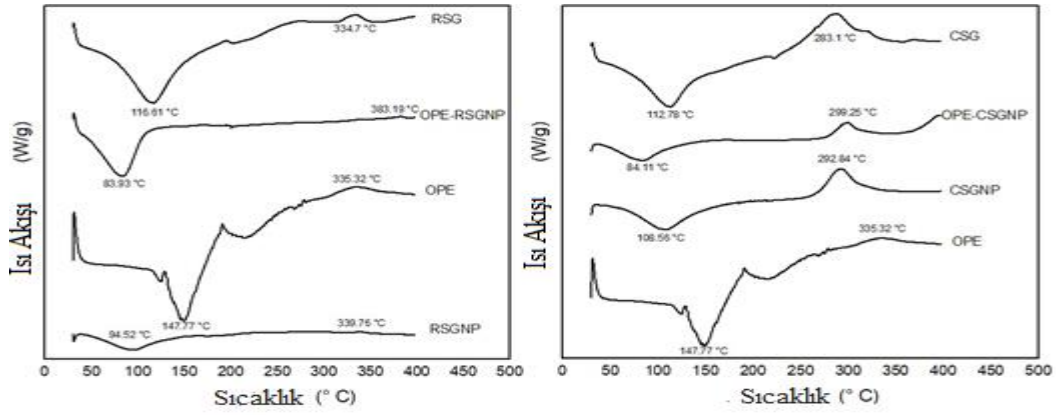
3.2.2.4 DSC Analizi

OPE'nin RSG ve CSGNP'ler içindeki fiziksel etkileşimini incelemek amacıyla DSC analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2, boş RSG-CSGNP'ler, OPE yüklü RSG-CSGNP'ler, RSG, CSG ve OPE'nin DSC termogramlarını göstermektedir. OPE, $147,77 \pm 2,55$ °C'de endotermik bir tepe noktası ve OPE'de ayrıca $335,32 \pm 0,53$ °C'de ekzotermik bir tepe noktası vardır. Bu endotermik tepe noktaları, OPE yüklü RSG-CSG NP'nin DSC termogramında kayboldu ve bu, polimer yapısında OPE'nin homojen dağılımını veya çözünmesini göstermektedir [178]. Benzer bir sonuç [178] Kesente vd. (2017) OLE için, Doost vd. (2018) [221] tarafından quercetin için ve Mourtzinou vd. (2007) [222] tarafından OLE için rapor edilmiştir.

RSG ve CSG, serbest su nedeniyle sırasıyla $116,61 \pm 0,01$ °C ve $112,78 \pm 0,35$ °C 'te endotermik bir tepe göstermiştir. OPE yüklü RSG ve CSGNP'lerin erimesinden

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP.

sonra OPE yüklü RSG ve CSGNP'lerde RSG ve CSG'nin endotermik zirvesi görülmemiştir. OPE yüklü RSG ve CSGNP, sırasıyla $83,93 \pm 0,01$ ° C ve $84,11 \pm 0,01$ ° C'de endotermik tepeler göstermiştir. OPE'nin endotermik tepesi, OPE yüklü RSG ve CSGNP'lerin DSC termogramında gözlenmemiştir ve ayrıca RSG ve CSG'nin T_g 'sinde, OPE'nin RSG ve CSG ile katı çözelti oluşturduğunu temsil eden daha düşük sıcaklıklara doğru plastikleştirici etkiler nedeniyle kayma gözlemlenmiştir [223]. Tepe pozisyonundaki bu değişiklikler etkileşimler gösterip, polimer ve OPE'nin yeni bir yapısal organizasyonunun oluşturulmasına yol açmıştır [224]. Benzer bir sonuç, Policaprolacton (PCL) MP'lerindeki TS antioksidanları için Paulo ve Santos (2020) [223] ve Pool vd. (2012) [224] tarafından quercetin ve kateşin için PLGA, (yüksek oranda biyouyumlu ve biyobozunur polimer, FDA tarafından onaylanmıştır) nanopartikülleri için elde edilmiştir. Ayrıca, RSG ve CSG, polisakkarit yapısının degradasyonu nedeniyle sırasıyla $334,7 \pm 0,09$ ° C ve $283,1 \pm 0,01$ ° C'de ekzotermik tepe noktaları göstermiştir. RSG ve CSG'de OPE nanoenkapsülasyonundan sonra, sırasıyla $383,19 \pm 0,01$ ° C ve $299,25 \pm 0,09$ ° C'de ekzotermik tepe noktası oluşmuştur. Bununla birlikte, nanopartikülün yüksek sıcaklıklarda bozunması, enkapsüle edilmiş OPE'nin daha yüksek termal kararlılığını göstermektedir. OPE-RSGNP ve OPE-CSGNP, sırasıyla RSG ve CSG'ye göre termal olarak daha kararlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, OPE, RSG ve CSGNPs arasında etkileşimin oluştuğunu göstermektedir. RSG ve CSG, yüksek termal stabiliteye sahip duvar malzemesi olarak NP formunda kullanılabilir ve degradasyona karşı OPE'ye iyi koruma sağlamaktadır.



Şekil 3. 2 (a) OPE, RSG, RSGNP, OPE-RSGNP, (b) OPE, CSG, CSGNP ve OPE-CSGNP'nin DSC termogramlarının karşılaştırılması²

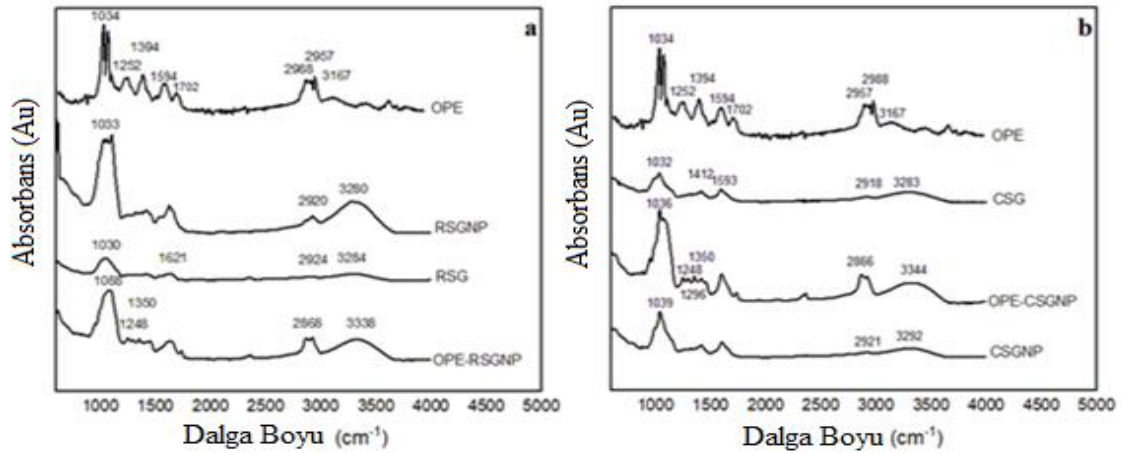
3.2.2.5 FT-IR Analizi

RSG, CSG ve OPE arasındaki etkileşimlerin daha iyi anlaşılması için FT-IR analizi yapılmıştır. Şekil 3.3, FT-IR spektrumları ($600 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) kullanılarak OPE, RSG, RSGNP, OPE-RSGNP ve CSG, CSGNP, OPE-CSGNP'nin yapısal özelliklerini göstermektedir. CSG ve RSG, O-H hidroksil grubuna karşılık gelen 3283 ve 3284 cm^{-1} civarında geniş bant göstermiştir. Ayrıca 2918 ve 2924 cm^{-1} bandı CH grupları arasındaki bağı yani CH_2 gerilmesini, 1033 cm^{-1} ise COC bağlarını gösterir ve bu bağlar genellikle polisakkaritlerde bulunur [57, 225]. Ayrıca 1412 ve 1413 cm^{-1} bandı, üronik asidin karboksilik gruplarının gerilmesini temsil eder ve genellikle gamlarda ve anyonik makromoleküllerde bulunur [57, 128].

Ek olarak, RSG ve CSG, mannoz halkasının gerilmesi olarak belirtilen 1621 cm^{-1} ve 1593 cm^{-1} 'lik bir bant gösterdi ve ayrıca bu bantlar guar gam ve keçiyoynuzu gamında da tespit edilmiştir [225]. OPE spektrum bandı yaklaşık olarak CH gerilmesine karşılık gelen $2988,59 \text{ cm}^{-1}$ ve $2957,09 \text{ cm}^{-1}$ 'de, özellikle asimetric ve simetric titreşime karşılık gelen, OH hidroksil grubuna karşılık gelen $3167,40 \text{ cm}^{-1}$ 'de ve OPE'deki karbonilin $\text{C}=\text{O}$ gerilmesine karşılık gelen $1594,37 \text{ cm}^{-1}$, $1702,10 \text{ cm}^{-1}$ 'de meydana gelmiştir. $1104,28 \text{ cm}^{-1}$ ve $1074,36 \text{ cm}^{-1}$ $1034,36 \text{ cm}^{-1}$ 'deki güçlü

²RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, RSG: Roka Tohumu gamı, OPE: Pirina ekstraktı, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü CSG : Chia tohumu gamı, OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP.

absorpsiyonlar, ekstraktın yukarıda bahsedilen fitokimyasallarında bulunan ester gruplarının C-O gerilmesine atfedilmelidir. Sırasıyla C-O gruplarının gerilmesine ve O-H deformasyonuna karşılık gelen 1394,69 ve 1252,53 cm^{-1} 'dir [101, 176]. FTIR spektrumlarında fonksiyonel bir OPE grubunun yokluğu, OPE'nin RSG ve CSGNP'lere dahil edilmesinin verimli olduğunu belirtmektedir [223]. OPE-RSG NP ve OPE-CSGNP, esas olarak OPE ile örtüşen RSG ve CSG absorpsiyonlarının olduğunu göstermiştir. Enkapsülasyondan sonra, kaydırılmış FTIR spektrum bantları Tablo 3.4 ve 3.5'te gözlenmiştir. Ayrıca, OPE-RSGNP ve OPE-CSGNP, sırasıyla 1248 cm^{-1} ve 1350 cm^{-1} 'de pikler sunmuş, bu da sırasıyla OH deformasyonunu ve CO gruplarını temsil eden OPE (1252,53 cm^{-1} ve 1394,69 cm^{-1}) ile karşılaştırıldığında bantlarda kayma gözlenmiştir. Dalga boylarında meydana gelen kayma, OPE'nin fenolik bileşiklerinin sırasıyla RSG ve CSG içerisindeki etkileşimleri anlamına gelmektedir. Dalga boylarındaki kaymalar fitokimyasalların polimer içerisindeki etkileşimlerinden kaynaklanmaktadır [178]. 3500-2600 cm^{-1} 'de absorpsiyon zirvesinin daha yüksek genişlemesi OPE ile etkileşimden sonra, O-H-O hidrojen bağından dolayı bu alanda yoğunluğun artmasına yol açmıştır.



Şekil 3. 3 (a) OPE, RSG, RSGNP, OPE-RSGNP, (b) OPE, CSG, CSGNP ve OPE-CSGNP'nin FTIR spektrumları³

³RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, RSG: Roka Tohumu gamı, OPE: Pirina ekstraktı, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü CSG : Chia tohumu gamı, OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP.

OPE'nin FTIR spektrumu, 1594 cm⁻¹ ve 1702 cm⁻¹ 'de OPE-RSGNP'lerde ve OPE-CSGNP'lerde gözlenmeyen daha keskin zirvelere sahiptir. Bu piklerin, 1750 - 1500 cm⁻¹ arasında değişen daha geniş piklerle örtüştüğü bulunmuştur. Bu sonuçlar, OPE ve RSG ve CSG'nin hidroksil grupları arasındaki etkileşimi göstermiştir. Bu sonuçlar, OPE'nin nanopartikül içerisinde enkapsüle edildiğini belirtmiştir. FT-IR sonuçları, RSG, CSG ve OPE'nin nanopartikül oluşumu sırasında etkileşime sahip olduğunu ve DSC sonuçlarıyla iyi bir uyum içinde olduğunu ortaya koymuştur.

3.2.2.6 İn Vitro Salınım Analizi

NP'lerden salınan OPE, spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Çözelti içinde OPE salınımı ve dondurularak kurutulmuş RSGNP ve CSG NP'lerinden pH 7,4'de 37 ± 0,5 ° C'de Şekil 3.4'de sunulmuştur. NP'lerin oluşumu sırasında, biyoaktif partiküllerin hem içinde hem de yüzeyinde tutulmaktadır. Bu nedenle, ilk 30 dakikada OPE, NP'lerin yüzeyine eklenmiş fenolik ile ilgili RSGNP'lerden 39,9 ± %7,54 ve CSGNP'lerden 47,7 ± 5,65'ten salınmıştır. 24 saatlik inkübasyondan sonra OPE salınımının OPE-RSGNP için %96,45 ± %1,89'e ve OPE-CSGNP için %85,61 ± %3,85'e ulaştığı gözlenmiştir.

İlk patlama salınımı muhtemelen yüzeydeki OPE nedeniyle meydana gelmiş, ardından birikimli bir salınım gerçekleşmiştir [179, 226]. Başlangıçta, serbest bırakılan OPE, ani salınım nedeniyle hızlı bir şekilde arttı. Ancak bu salınım belirli bir süre sonra azalıp ve sifıra yaklaşmıştır. Bu davranış, salınımın sonuna kadar devam etmiştir. [227] Rajabi vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmaya göre kitosan – gam arabik nanopartiküllerinden krosinin 4 saat sonra %70 oranında salındığını ve [228] Wu vd. (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise, gliadin-gum arabik-kitosan hidroklorür NP'lerinden resveratrolün 24 saat sonra %93,9 salındığını bulmuşlardır.

Tablo 3. 4 OPE,RSGNP ve OPE-RSGNP'nin FTIR spektrum bantları

Bandların Karşılaştırılması	Gözlenen Band (cm ⁻¹)	Enkapsülasyondan Sonra Gözlenen Değişim
OPE OPE-RSGNP RSGNP	2988 ve 2957 cm ⁻¹ C-H gerilmesi, özellikle asimetrik ve simetrik titreşim	2868 cm ⁻¹
	3167 cm ⁻¹ O-H hidroksil grubuna karşılık gelen	3338 cm ⁻¹
	1594, 1702 cm ⁻¹ karbonil gruplarının C=O gerilmesine karşılık gelir	-
	1104, 1074, 1034 cm ⁻¹ ester gruplarının C-O gerilmesine atfedilir	1088 cm ⁻¹
	1394 and 1252 cm ⁻¹ Sırasıyla C-O gruplarının gerilmesine ve O-H deformasyonuna karşılık gelen	1350 cm ⁻¹ 1248 cm ⁻¹
	3280 cm ⁻¹ O-H hidroksil grubuna karşılık gelen	3338 cm ⁻¹
	2920 cm ⁻¹ CH grupları arasındaki bağ, yani CH ₂ gerilmesi	2868 cm ⁻¹
	1033 cm ⁻¹ C-O-C bağlarını gösterir	1088 cm ⁻¹

¹OPE: Pirina Ekstraktı RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP,

Tablo 3. 5 OPE,CSGNP ve OPE-CSGNP'nin FTIR spektrum bantları

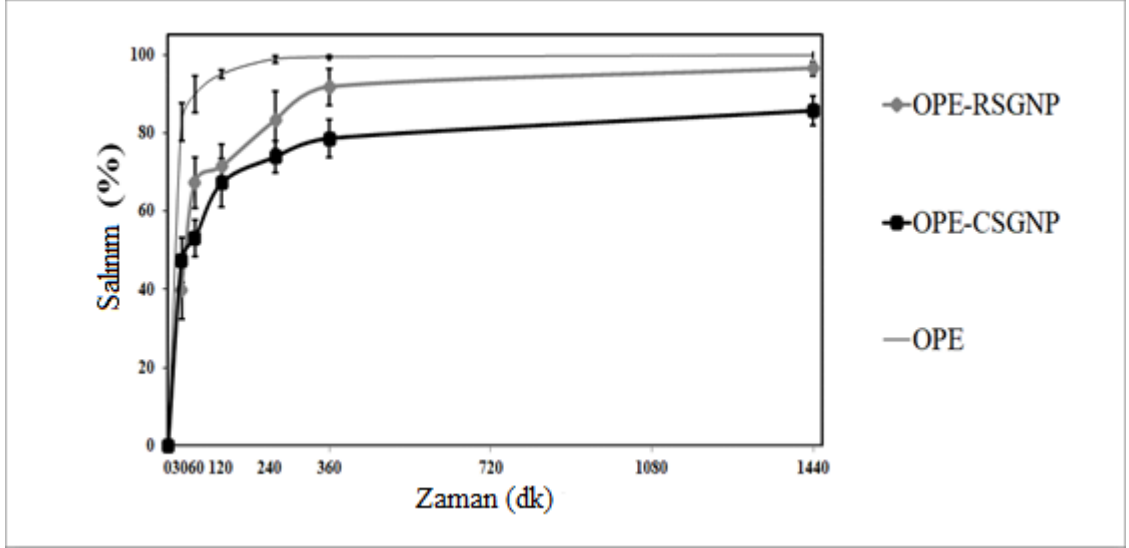
Bandların Karşılaştırılması		Gözlenen Band (cm^{-1})	Gözlenen Değişim
OPE-CSGNP	OPE	2988 and 2957 cm^{-1} C-H gerilmesi, özellikle asimetrik ve simetrik titreşim	2866 cm^{-1}
		3167 cm^{-1} O-H hidroksil grubuna karşılık gelen	3344 cm^{-1}
		1594, 1702 cm^{-1} karbonil gruplarının C=O gerilmesine karşılık gelir	-
		1104, 1074, 1034 cm^{-1} ester gruplarının C-O gerilmesine atfedilir	1071 cm^{-1}
		1394 and 1252 cm^{-1} Sırasıyla C-O gruplarının gerilmesine ve O-H deformasyonuna karşılık gelen	1350 cm^{-1} 1296 cm^{-1}
	CSGNP	3292 cm^{-1} O-H hidroksil grubuna karşılık gelen	3344 cm^{-1}
		2921 cm^{-1} CH grupları arasındaki bağ, yani CH ₂ gerilmesi	2866 cm^{-1}
		1039 cm^{-1} C-O-C bağlarını gösterir	1071 cm^{-1}

¹OPE: Pirina Ekstraktı CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP,

Ayrıca [178] Kesente vd. (2017), t=2 saatte pH 5,6'da % 15,7'de PLA NP'lerinden OLE salınımını ve 7 gün sonra ise %100 salındığını bulmuşlardır. [179] Muzzalupo vd. (2020) kitosan NP'lerinden 30 saat sonra pH 5,9'da %38 oranında OLE salındığını bulmuşlardır. [173] Mohammadi vd., WPC ve pektin ile OLE'nin nanoenkapsülasyonunu gerçekleştirmiştir. Tek katmanlı WPC multiemülsiyonlarında OLE fenoliklerinin salınım oranı %22, iki katmanlı WPC-pektin multiemülsiyonlarında 30 C'de 20 gün boyunca %8,1 olarak bulunmuştur.

İlk 30 dakikada, NP'lerin yüzeyine bağlı fenolik ile ilgili RSGNP'ler % 39,9 ve CSGNP'ler % 47,7'den OPE salındı. 24 saatlik inkübasyondan sonra OPE salınımının RSGNP için %96,45'in üzerine, CSGNP için ise %85,61'e ulaştığı gözlemlendi. Moleküler ağırlık, partikül boyutu ve yüzey yük potansiyeli açısından RSG ve CSGNP'nin kimyasal yapısı arasındaki farklılıklar, RSG ve CSGNP'nin salınım davranışının farklı olmasına neden olmuştur [227]. NP'lerden kapsüllenmiş bileşiklerin salınımı, partikül boyutu, moleküller arası etkileşim ve çevresel koşullar gibi birçok parametreden etkilenmektedir [228].

OPE, RSG ve CSGNP'ler tarafından kapsanmaktaydı ve bu durum OPE'nin hızla serbest bırakılmasını engellemektedir. OPE yüklü RSGNP'ler, OPE yüklü CSGNP'lerden daha düşük bir partikül boyutuna (Tablo 3.3) sahiptir. Sonuç, daha küçük partikül boyutuna sahip komplekslerin daha büyük bir yüzeye hacim oranına ve NP'lerde tampon penetrasyonuna sahip olabileceği ve yüzeyde adsorbe edilen enkapsüle edilmiş bileşiğin hızlı salınımı ile sonuçlanmasıyla açıklanabilir [229]. In vitro salınım çalışması, RSG ve CSG sistemlerinin OPE'nin salınımını önlemede ve sonuç olarak fizyolojik pH'da polifenol salınımını kontrol etmede önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Serbest OPE, in vitro salım koşullarını belirlemek için salınım ortamında süspanse edilmiştir. OPE serbest bırakılan ortama ilk %30 dk'da $82,79 \pm 4,54$ salınmış ve 4 saat sonra da OPE $98,9 \pm 1,09$ salınım göstermiştir. OPE, bir RSG ve CSG sisteminde mükemmel bir şekilde enkapsüle edilmiştir, sınırsız bir patlama salınımı engellenir ve ardından OPE, fizyolojik pH derecesinde hedeflenen bölgede salınabilir. OPE'nin RSG ve CSGNP'lerde kapsüllenmesinin fizyolojik pH'da OPE salınımının 24 saate kadar gecikmesine yol açtığı söylenebilir.



Şekil 3. 4 Çözeltideki pirina ekstraktının (OPE) ve OPE-RSG, CSG NP'lerinin 24 saat boyunca fizyolojik pH'da (7.4) in vitro salınım profili⁴

3.2.3 Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Boş RSGNP, CSGNP, OPE ve OPE yüklü RSG, CSG NP'lerinin antioksidan aktiviteleri Tablo 3.6'da verilmiştir. Tablo 3.6'da görüldüğü gibi OPE'nin TPC' daha yüksek (44,24 mg GAE/g) ve CUPRAC (254,56 mg TE/g) değeri diğer örneklerle göre daha fazladır. Tablo 3.6'da görüldüğü gibi, RSGNP'leri ve CSGNP'leri OPE ile yükledikten sonra, RSGNP'nin ve CSGNP'nin TPC değerleri sırasıyla 10,89 mg/g ve 9,27 mg/g artış göstermiştir. Benzer şekilde, her iki NP'nin de antioksidan aktivitesi %50'den fazla artmıştır. Bu sonuçlar, nanopartiküllerin OPE fenolik bileşiklerini kapsülleyebildiğini ve dolayısıyla NP'lerin TPC ve antioksidan aktivitelerinin arttığını göstermiştir. OPE yüklenen RSGNP'lerde TPC ve antioksidan değerlerindeki artış, CSGNP'lerden daha fazladır. RSGNP'lerin TPC ve antioksidan değerindeki daha yüksek artış, RSGNP'lerin (%82,86), CSGNP'lerden (%67,01) daha yüksek enkapsülasyon etkinliği değeri ile açıklanabilir. Duvar malzemelerinin tipi TPC'si ve NP'ün antioksidan aktivitesinde etkileyebilir [230]. Bu nedenle, OPE yüklemesi ile NP'ün antioksidan aktivitelerindeki artışı belirlemek için OPE yüklemesi öncesi RSGNP'lerin ve CSGNP'lerin TPC ve antioksidan değerleri de

⁴OPE: Pirina ekstraktı, OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP.

ölçülmüştür. Doğal polisakkaritler her zaman tek başlarına bulunmazlar, fenolik bileşikler, amino asit, protein, lipidler ve nükleik asit kalıntısı gibi diğer bileşenlerle konjuge yapıda da bulunabilirler. Ayrıca, polisakkarit içindeki protein içeriği, süperoksit ve hidroksil radikalleri üzerinde doğrudan bir süpürme aktivitesi geliştirmektedir. OH, -SH, -COOH, -PO₃H₂, -C=O, -NR₂, -S- ve -O- gibi fonksiyonel gruplar içeren polisakkaritlerin, şelatlama kabiliyeti bulunmaktadır. Bu şelatlayıcı ve antioksidan aktiviteye sahip fonksiyonel gruplar, RSG ve CSG'nin FTIR spektrumunda verilmiştir. Ayrıca polisakkaritlerin moleküler ağırlığı antioksidan aktivitesi ile ilişkilidir, moleküler ağırlığı düşük olan polisakkaritler daha fazla hidroksil grubuna sahip olmakta ve serbest radikalleri elimine etmekte ve daha yüksek antioksidan aktivite göstermektedir [231].

RSG, CSG'den daha düşük molekül ağırlığına sahipti ve daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Malsawmtluangi vd. (2014) [232] polisakkarit konsantrasyonunun artmasının antioksidan aktivitede artışa yol açtığını bulmuştur. Ayrıca, TPC ve CUPRAC'ın boş RSGNP ve CSGNP'si iyi bir korelasyon gösterdi. Benzer bir sonuç Muhammad vd. Shaygannia vd. (2020), Ahmed vd. tarafından rapor edilmiştir [98, 230, 233]. Bu sonuç, NP'lerin sentetik antioksidanların yerini alacak doğal bir antioksidan olarak büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir [98]. Sonuç olarak, OPE yüklemesi ile her iki NP'ün TPC ve antioksidan değerlerinde önemli bir artış gözlenmiştir. Bu sonuç, her iki NP'ün de OPE fenolik bileşiklerinin enkapsüle edilmesinde başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 3. 6 Nanopartiküllerin toplam fenolik miktarı (TPC) ve antioksidan aktivitesi (CUPRAC) ve nanopartiküller tarafından hazırlanan pickering emülsiyonlarının oksidatif stabilitesi

Örnek	OPE ve Gam Nanopartiküllerinin Biyoaktif Özellikleri		Pickering Emülsiyonların Oksidatif Stabilite Değerleri
	TPC (mg GAE/g)	CUPRAC (mg TE/ g)	IP Değerleri
OPE	44,24 ± 0,22	254,56 ± 1,70	2,51 ± 0,02
OPE-RSGNP	27,92 ± 1,01 ^A	235,28 ± 0,36 ^A	4,39 ± 0,11 ^A
RSGNP	17,08 ± 0,5 ^B	148,49 ± 7,45 ^B	4,10 ± 0,08 ^B
OPE-CSGNP	19,52 ± 0,33 ^a	212,07 ± 50 ^a	3,23 ± 0,07 ^a
CSGNP	10,25 ± 1,13 ^b	135,28 ± 0,36 ^b	2,59 ± 0,07 ^b

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE:Pirina Ekstraktı OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP,

²Aynı satırda aynı harfe sahip ortalama değerler önemli ölçüde farklılık göstermez (p> 0,05) ve farklı harfler önemli ölçüde farklılık gösterir (p <0,05). A ve B OPE-RSGNP ve RSGNP'yi, a ve b OPE-CSGNP ve CSGNP'yi ifade eder.

3.2.4 Model Emülsiyonda Oksidatif Stabilitenin Belirlenmesi

Tablo 3.6, pickering emülsiyonlarının IP (h) değerlerini göstermektedir. Tablo 3.6'da görülebileceği gibi, OPE su içinde yağ emülsiyonu, diğer örneklerden daha düşük IP değerine sahiptir (2,51 ± 0,02 h). Tablo 3.6, nanopartiküllerle hazırlanan emülsiyonların oksidatif stabilite değerlerini göstermektedir. Görüldüğü gibi numunelerin IP değerleri arasında önemli bir farklılık gözlemlenmiştir. Tüm nanopartikül örneklerinin IP değerleri, sadece OPE kullanılarak hazırlanan emülsiyonun IP değerlerinden daha yüksektir. OPE-RSGNP'ler (4,39 ± 0,11 saat) ve OPE-CSGNP'ler (3,23 ± 0,07 saat) kullanılarak hazırlanan emülsiyonların IP değerleri, RSGNP'lerden (4,10 ± 0,08 saat) ve CSGNP'lerden (2,59 ± 0,07 saat) daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, NP'lerin antioksidan sonuçları ile uyumludur. Benzer şekilde Soleimanifar vd. 2021 [234] OLE yüklü WPC nanotaşıyıcıların oksidatif stabilite sonuçlarının DPPH antioksidan sonuçlarıyla uyumlu olduğunu

belirtmiştir. OPE yüklü NP'lerin daha yüksek IP değeri, yüklü fenolik bileşiklerin kontrollü salınımı ile serbest radikallerin daha etkili bir şekilde temizlenmesi ile açıklanabilir. OPE-RSGNP'lerin OPE-CSGNP'lere kıyasla daha yüksek IP değeri, daha yüksek enkapsülasyon etkinliği nedeniyle OPE-RSGNP'lerin daha yüksek fenolik bileşik yükleme kapasitesi ve daha yüksek antioksidan aktiviteleri ile açıklanabilir.

Sonuçlar, OPE yüklü NP'lerin Pickering emülsiyonlarının oksidasyonunu yavaşlattığını göstermektedir. Bu oksidasyonun yavaşlamasıyla meydana gelen IP değerindeki artışlar, Pickering emülsiyonlarının su içinde yağ ara yüzeyinde OPE fenolik bileşiklerinin lokalizasyonu ile açıklanabilir. OPE fenolik bileşiklerinin diğer antioksidan bileşiklerle meydana gelen interaksiyonu, antioksidan aktiviteyi geliştirerek arttırmış ve daha yüksek IP değerlerine sebebiyet vermiş olabilir [235, 236]. Karbonhidrat matrisine nutrasötiklerin dahil edilmesi, orijinal antioksidan özelliklerini koruyabilmektedir [237]. Oksidatif stabilite sonuçları, NP'lerin antioksidan aktivitesi ile uyumludur. Tablo 3.6'da OPE'nin, NP'lerden daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, enkapsüle edilmemiş OPE, 90 °C gibi yüksek sıcaklık derecelerinde OPE fenolik bileşiklerinin hızlı bozunması nedeniyle NP'ler kullanılarak hazırlanan emülsiyonların IP değerinden daha düşük IP değerine sahiptir. Ayrıca, OPE yüklü RSG ve CSGNP'lerin daha yüksek IP değerlerine sahip olması, nanokapsüllenmiş OPE'nin, nanoenkapsülasyon için duvar malzemeleri olarak doğal gıdalar kullanarak OPE fenolik bileşiklerinin bozulmasının önlenmesi nedeniyle Pickering emülsiyonlarının oksidatif stabilitesini arttırabileceğini göstermektedir.

3.3 Gam Nanopartikülleri ilavesiyle Mayonez Üretimi ve Özellikleri

3.3.1 Mayonezlerin Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Mayonez örneklerine ait renk değerleri Tablo 3.7'de verilmiştir. Ürünün görünümünde hafiflik indeksi önemli rol oynamıştır. Tüm mayonezler arasında en yüksek hafiflik indeksi değeri RSGNP % 0,5 mayonez örneğinde bulunmuştur, bunu RSGNP %1 ve OPE-RSGNP %0,5 izlemiştir. NP konsantrasyonlarındaki artış

üzerine L değerlerindeki azalma, OPE ve gamların doğal pigment renk değerleri ile ilgili olabilir. CM, EYFVM'den farklı renk özellikleri göstermiştir. Yapılan alışmalar, yeni EY içermeyen veya az yağlı mayonez örneklerinin kontrol mayonezinden farklı renk gösterdiğini belirtmiştir [151, 238]. RSGNP %0,5 ve %1 içeren EYFVM haricindeki NP içeren tüm EYFVM'ler CM'den daha düşük L* değerine, daha koyu bir görünüm, düşük bir renk yoğunluğuna sahiptir ve farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Benzer sonuçlar He vd. (2021) [141], Savaghebi vd. (2021) [239] ve Fernandes ve Mellado (2018) [240] tarafından rapor verilmiştir. Enkapsülasyon işlemi OPE'nin renk özelliklerini direkt olarak kullanıma nazaran daha da hafifletmektedir. Benzer sonuçlar Flammini vd. (2020) [174] tarafından rapor edilmiştir.

Başlangıçtaki negatif a* değerleri mayonezin yeşil renge eğilim gösterdiğini göstermiştir. NP eklendikten sonra yüksek kırmızı renk yoğunluğu, kısmen OPE, RSG ve CSG'de bulunan pigmentlerden kaynaklanmaktadır. Benzer sonuçlar Savaghebi vd. (2021) [239] tarafından rapor edilmiştir. CM, yumurta sarısındaki daha yüksek pigment içeriğı nedeniyle en yüksek b* değerine sahiptir. Ayrıca, NP konsantrasyonunun artmasıyla b* değerlerinde OPE, RSG ve CSG renk pigmentlerinden dolayı artış gözlenmiştir. OPE'nin NP'lerde kapsüllenmesinin onları olumsuz oksidasyon reaksiyonlarına karşı koruduğı ve ürün rengi ve görünümü üzerindeki etkilerini iyileştirdiğini belirtmektedir [239]. Genel olarak, EYFVM'lerin NP konsantrasyonu arttıkça parlaklık azalmakta, kırmızılığı ve sarılığı ise artış göstermiştir. Benzer sonuçlar Unnikrishnan vd. (2020) [241], Mirsadeghi vd. (2022) [242] ve De Bruno vd. (2021) tarafından elde edilmiştir. Yeni ve az yağlı mayonez veya salata sosu örnekleri tolere edilmiştir ve farklı renklerde bile tüketiciler tarafından tercih edildiğı belirtilmiştir [151, 238]. L değerleri 85,42-53,92 aralığındaydı ve NP konsantrasyonundaki artış bu değerlerin düşmesine neden oldu. Tersine, a* değerleri ve b* değerleri sırasıyla -0,60 3,19 ve 8,51-15,94 aralığındaydı ve NP konsantrasyonunun artması bu değerlerin olumlu yönde (+ değerler) artmasına neden oldu. OPE-CSGNP %0,5 kırmızıya (a* değerlerinden) ve maviliğe (b* değerlerinden) daha yatkındı.

Beyazlık indeksi, tüketici tercihini ve ürün kabul edilebilirliğini etkileyen çok önemli bir faktördür [75, 243]. Tüm mayonez numunelerinin beyazlık indeksi, NP konsantrasyonundaki artışla RSG, CSG, OPE'nin renk pigmentlerinden dolayı önemli ölçüde azalmıştır.

3.3.2 Damlacık Boyut Dağılımının Belirlenmesi

Damlacık boyutu mayonez stabilitesi için oldukça önemli bir role sahiptir. Tablo 3.8'de görüldüğü gibi, tüm mayonez numunelerinde NP konsantrasyonunun artmasıyla damlacık boyutu azalmıştır. Bu sonuç, daha yüksek partiküllerin daha büyük yüzey alanını stabilize ettiği ve daha yüksek ara yüzey alanının stabilizasyonunu sağladığı ve birleşmeyi engellediği ifade edilebilir [170, 244]. Benzer sonuç [149, 245, 246] tarafından da rapor edilmiştir. Damlacık boyutu daha düşük olan mayonez veya salata sosu, iyi lezzetli tat ve daha iyi ağız hissi sergilemektedir [151, 247]. RSGNP ve OPERSGNP %1,5 içeren EYFVM'ler ile CM arasında damlacık büyüklüğü açısından önemli farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca boş ve OPE yüklü NP içeren EYFVM arasında OPE CSGNP % 1,5 dışında önemli bir fark yoktur. OPECSG ve CSGNP'leri ve EY'nin farklı emülsifiye edici bileşenleri EYFVM'lerin daha yüksek damlacık boyutu gösterdiklerini açıklayabilir. Polisakaritler, hidrofiliklikleri ve yüksek moleküler ağırlıklarından kaynaklanan önemli düzeyde su tutma kapasitesi ve koyulaştırıcı özellikleri nedeniyle sulu fazın yüksek viskozitesini sağlayabilir ve böylece vegan mayonez analoglarında eşit olarak dağılmış damlacıkların oluşumunu engelleyebilmektedir. Ayrıca, çözünmeyen polisakkaritlerin yüksek konsantrasyonu ve yüksek moleküler ağırlığı nedeniyle, boyutlarını daha da arttırmak amacıyla yağ damlacıklarının etrafında kalın bir jel tabakası oluşturabilirler [247]. Yumurtadaki emülgatör moleküllerinin (esas olarak lesitin, lipoprotein, livetin ve fosvitin) boyutu alternatif bitkisel bazlı emülgatörlere karşı nispeten, çok daha küçüktür [248, 249]. Genel olarak, küçük moleküler boyutlu emülgatörler, küçük yağ damlacıkları oluşturabilir ve bir emülsiyon sisteminde yüksek stabiliteye sahip emülsiyon üretimini teşvik edebilir [141]. OPE-RSGNP ve RSGNP, OPE-CSGNP ve CSGNP içeren EYFVM numunelerinden daha düşük damlacık boyutuna sahipti. Bu sonuç, RSG'nin daha düşük moleküler ağırlığa ve yüksek protein içeriğine sahip olması ile açıklanabilir.

3.3.3 Mikroyapısal Özelliklerin Belirlenmesi

Mayonezin mikroyapısal özellikleri, emülsiyonu oluşturmak amacıyla kullanılan emülgatörlerin çeşidi ve konsantrasyonu, sulu fazın viskozitesi, yağ içeriği ve damlacık boyutu gibi farklı parametrelerden etkilenecek belirlenmektedir [147, 248]. CM ve NP içeren EYFVM numunelerinin mikroyapısal özellikleri Şekil 3.5'de sunulmuştur. Mikroyapısal olarak örneklerde küresel damlacıklar görülmüştür. Benzer sonuçlar [147, 151] tarafından rapor edilmiştir. Şekil 3.5'de görülebileceği gibi, NP konsantrasyonundaki bir artış, damlacık boyutu sonuçlarıyla tutarlı olan damlacık boyutunda bir azalmaya yol açmıştır. Genel olarak, damlacık boyutu sonuçlarıyla uyumlu olarak tüm sistemlerde iyi dağılmış bir yağ fazı gözlemlenmektedir. Mayonez örnekleri, yüksek oranda paketlenmiş yağ damlacıklarının mevcudiyeti ile karakterize edilen ve homojen bir şekilde dağılmıştır [250]. Benzer sonuçlar Flammini vd. (2020)[174] tarafından rapor edilmiştir. Ayrıca, NP konsantrasyonu arttıkça daha ince dağılmış bir yapı ve yakından paketlenmiş bir yağ damlacıkları dağılımı gözlenmiştir ve sıkıca paketlenmiş damlacıklar mayonez yapısının stabilitesine de katkıda bulunmuş olabilir [251]. OPERSGNP %1 ve %1,5 NP konsantrasyonuna sahip EYFVM numuneleri ile CM benzer yapıyı ve damlacık boyutunda en yüksek homojeniteyi göstermiştir. Liu vd. (2018) [149] %1 buğday glütene içeren HIPE emülsiyonun ağ yapısını kontrol mayoneze benzer bulmuştur.

Tablo 3. 7 Mayonez örneklerinin renk değerleri

Örnek	Konsantrasyon (%)	L*	a*	b*	Beyazlık İndeksi
RSGNP	0,5	85,42±0,06a	-0,60±0,11b	8,51±0,15a	83,10±0,03a
RSGNP	1	80,19±0,08b	0,21±0,04c	12,22±0,05d	76,72±0,05b
RSGNP	1,5	76,33±0,43e	1,03±0,17ef	14,83±0,22h	72,04±0,34e
OPE-RSGNP	0,5	77,44±0,20d	-0,92±0,13a	11,83±0,24c	74,50±0,08c
OPE-RSGNP	1	76,99±0,31de	0,83±0,15e	13,87±0,07f	73,11±0,31d
OPE-RSGNP	1,5	75,42±0,18f	1,07±0,02f	15,02±0,06h	71,17±0,17f
CSGNP	0,5	72,79±0,07g	0,43±0,01d	11,04±0,03b	70,63±0,07g
CSGNP	1	70,42±0,83h	1,00±0,10ef	13,84±0,20f	67,32±0,93h
CSGNP	1,5	69,44±0,45h	1,20±0,05g	14,14±0,30g	66,30±0,39h
OPE-CSGNP	0,5	67,90±1,03ı	0,45±0,12d	13,15±0,13e	65,30±1,27h
OPE-CSGNP	1	65,82±0,78i	1,66±0,12h	15,40±0,25ı	62,46±0,85ı
OPE-CSGNP	1,5	53,92±0,62j	3,19±0,08ı	15,94±0,15i	51,13±0,75i
KONTROL	0	78,90±0,09c	-0,48±0,08b	19,73±0,09j	71,10±0,005f

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP,

² Küçük harfler tüm mayonezler arasındaki ilişkiyi gösterir. Aynı harfi paylaşmayan değerler anlamlı farklılık göstermektedir (p< 0,05).

3.3.4 Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Akış Davranışı Özellikleri

CM ve NP içeren EYFVM numunelerinin akış davranış özellikleri Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, kayma hızının artmasıyla CM ve NP içeren EYFVM numunelerinin viskozitesi azalmıştır. Yani mayonez örnekleri psödoplastik akış karakteri göstermiştir. Emülsiyon damlacıkları kayma yönünde akış katmanına yerleşir ve yağ damlacıkları aglomerasyonu sonucu kayma hızının artmasıyla küçük damlacıklara ayrılmaktadır [149] . Uygulanan kayma gerilimi, Pickering emülsiyon sistemini deforme etmiştir ve hızlanmış kayma hızı ve emülsiyonun daha hızlı deformasyonu ile sonuçlandı, dolayısıyla viskozitenin azalmasına yol açmıştır [151].

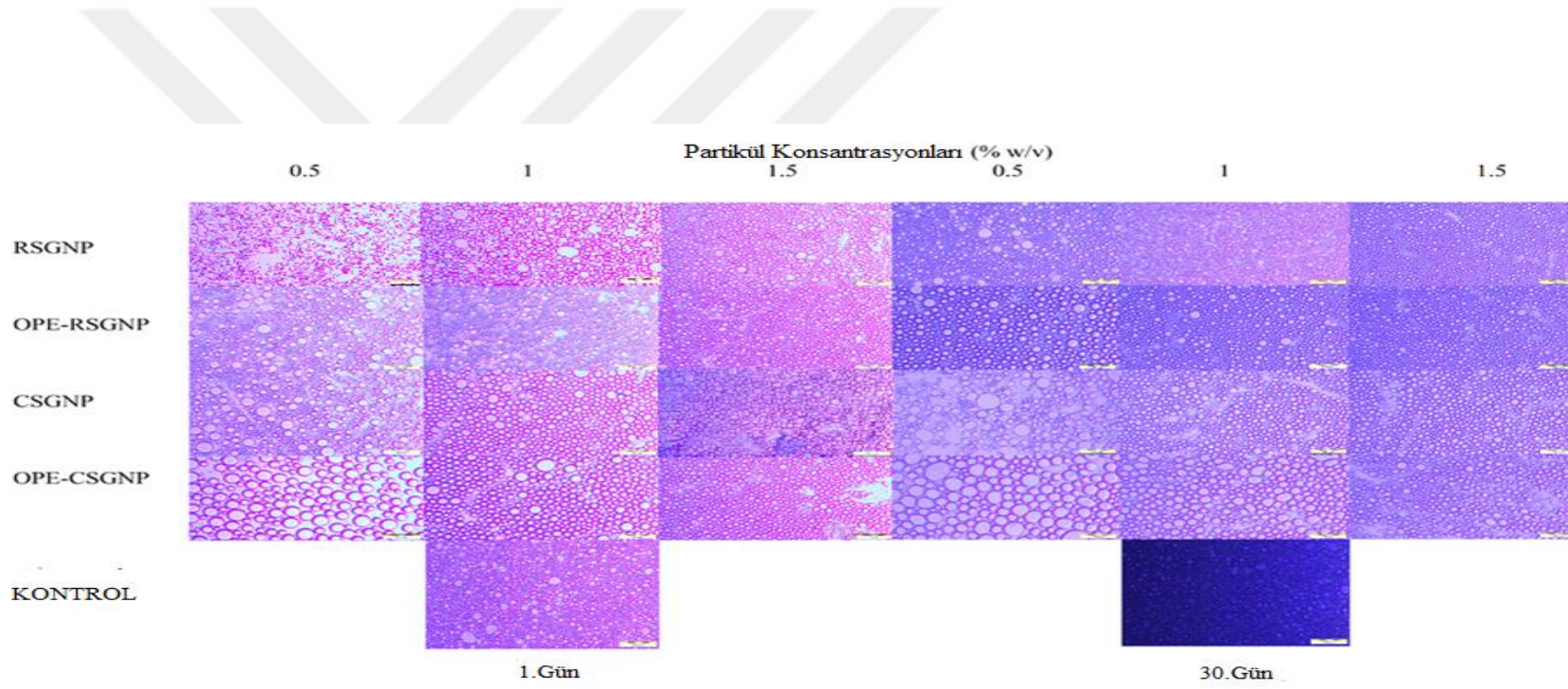
Kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksi (n) değerleri Power Law modeli kullanılarak belirlenmiş ve Tablo 3.9'da gösterilmiştir. CM ve NP içeren EYFVM numunelerinin, Newton olmayan kayma incelmesi davranışı sergilemiştir ve mayonez örneklerinin akış davranış indeksi $n < 1$ 'dir, Bu değer mayonezin psödoplastik karakterini yansıtmıştır [75, 149, 162, 252, 253]. K değeri akışkanın viskoz yapısını belirleyen faktördür ve yüksek K değeri emülsiyon yapısının güçlü olduğunu ifade etmektedir [254, 255]. Genel olarak düşük K değeri emülsiyonun düşük viskoziteye sahip olduğunu ifade etmektedir [151] [247]. n'nin daha düşük değeri, en güçlü kayma incelmesi davranışını göstermiştir [256].

Tablo 3. 8 Mayonez örneklerinin emülsiyon kapasitesi, emülsiyon kararlılığı ve damlacık büyüklüğü

Örnek	NP Konsantrasyon (%)	Emülsiyon Kapasitesi (%)	Emülsiyon Stabilitesi (%)	D ₁ (µm)	D ₃₀ (µm)
RSGNP	0,5	89,64±0,50f	92,03±0,04f	31,3±1,15c	33,53±1,87de
RSGNP	1	91,11±0,52e	94,67±1,13cde	32,43±1,07c	28,66±1,25f
RSGNP	1,5	98,16±0,23b	99,04±0,57ab	22,16±2,33de	25,23±0,98g
OPE-RSGNP	0,5	96,55±0,12d	97,31±0,34c	36,53±2,95bc	42,63±1,21c
OPE-RSGNP	1	98,37±0,20b	97,66±0,09c	26,53±2,89d	29,03±0,87f
OPE-RSGNP	1,5	98,55±0,18b	98,31±0,41b	22,7±0,92e	26,23±2,38fg
CSGNP	0,5	91,53±0,28e	95,26±0,52d	53,9±3,15a	58,6±4,59b
CSGNP	1	91,62±0,53e	95,87±0,02d	37,23±2,50b	36,43±3,21d
CSGNP	1,5	97,57±0,29c	99,34±0,14a	33,5±1,19c	38,93±4,18cd
OPE-CSGNP	0,5	96,74±0,22d	92,01±0,09f	55,3±1,35a	79,06±1,84a
OPE-CSGNP	1	97,36±0,19c	93,27±0,62e	37,96±1,90b	54,1±2,40b
OPE-CSGNP	1,5	98,77±0,19b	99,64±0,26a	26,96±1,45d	35,9±2,70d
KONTROL	0	99,55±0,07a	99,71±0,10a	20,63±2,80e	25,2±4,35fg

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP, Küçük harfler tüm mayonezler arasındaki ilişkiyi gösterir.

²Aynı harfi paylaşmayan değerler anlamlı farklılık göstermektedir (p< 0,05).

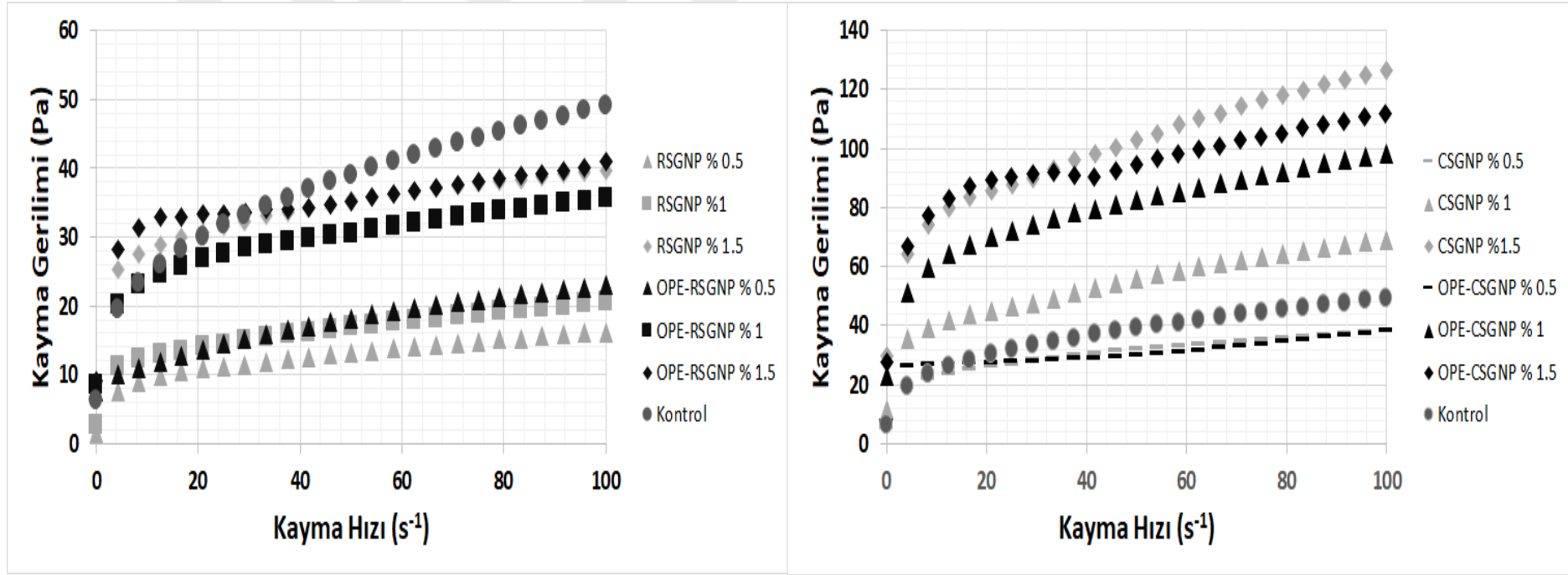


Şekil 3. 5 Mayonez örneklerinin mikroyapısal özellikleri⁵

⁵RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP

OPE-RSGNP ve OPE-CSGNP içeren EYFVM örneklerinin K değerleri sırasıyla RSGNP ve CSGNP içeren EYFVM örneklerinden daha yüksekti ve farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Benzer bir sonuç [151] tarafından da rapor edilmiştir. Doğada, bitki polifenollerini genellikle polisakkaritlerle yakından ilişkilidir, çünkü her ikisi de büyük miktarlarda hidrofilik gruplar ve hidrofobik gruplar içerir, bu nedenle polisakkaritlerle kompleks veya çapraz bağlanabilirler[257-259]. Kurutulmuş pirinanın polisakkarit bileşimi nedeniyle, pirina pektik materyali jelleştirmek için potansiyel bir kaynak olabilir[8]. RSGNP ve CSGNP, hidrojen bağı ve hidrofobik etkileşimler nedeniyle pirina polifenollerine bağlanabilir. Gamlar ve pirina polifenollerini, içerdikleri yüksek miktarda hidroksi grupları nedeniyle çok kolay hidrojen bağları oluştururlar. Ek olarak, RSG ve CSG şeker halkaları içerir [184] luteolin gibi pirinanın hidrofobik grupları ile etkileşime girer. Hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimler sonucunda aralarında güçlü bir ağ oluşur. Dolayısıyla OPE-RSGNP ve OPECSGNP konsantrasyonu arttıkça EYFVM numunelerinin K değeri de artmaktadır. Yüksek miktarda fenolik içerik viskozitede daha fazla artışa neden olmuştur. Benzer sonuçlar [259] (F. Yang vd., 2021) ve [260] (Huang vd., 2022) tarafından da elde edilmiştir.

CM ve NP içeren EYFVM numunelerinin K değerindeki farklılıklar, emülsiyon damlacıklarının etkileşimi, ağ matrisinin gücü ve emülsiyonların damlacık boyutu ile ilgilidir [151]. CM ve OPE-RSGNP %1 ve CSGNP %0,5 içeren EYFVM numunelerinin K değeri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Diğer EYFVM numuneleri ile CM numunesi arasında K değeri açısından önemli farklılıklar gözlenmiştir. Ancak K değerinin yüksek olması daha yüksek viskozite anlamına gelmediği gibi n değeri ve diğer parametreler de bu anlamda dikkate alınmaktadır. CM'nin K değeri ve daha yüksek n değeri, esas olarak bir emülgatör olarak koyulaştırıcı madde olarak görev yapan yumurta sarısı ile ilgilidir [261]. OPE-CSGNP %1,5 içeren EYFVM, tüm mayonez numuneleri arasında daha yüksek K değeri ile daha güçlü kayma incelmeleri davranışı ($n < 1$) göstermiştir. Ayrıca EYFVM numunelerinde EYFVM konsantrasyonunun artması, daha yüksek K değerine yol açmıştır. Yüksek miktardaki gam NP'leri, yüksek moleküler ağırlık ve uzun zincir dal yapısı ile en yüksek viskoziteyi sağlamak için daha geniş yüzey alanını stabilize etmiştir [151, 167, 254, 262].



Şekil 3. 6 Mayonezlerin akış davranış reolojik özellikleri⁶

⁶ RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP

Tablo 3. 9 Mayonez örneklerinin power law model parametreleri

Örnek	NP Konsantrasyon (%)	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²
RSGNP	0,5	4,85±0,62i	0,25±0,008	0,99
RSGNP	1	7,00±1,02h	0,22±0,0002	0,99
RSGNP	1,5	18,21±0,60e	0,17±0,004	0,99
OPE-RSGNP	0,5	9,09±1,10h	0,34±0,006	0,99
OPE-RSGNP	1	13,91±1,68g	0,20±0,02	0,99
OPE-RSGNP	1,5	20,8±0,19d	0,14±0,004	0,97
CSGNP	0,5	12,92±0,12g	0,23±0,002	0,99
CSGNP	1	21,70±0,67d	0,24±0,002	0,99
CSGNP	1,5	37,21±1,34b	0,22±0,01	0,98
OPE-CSGNP	0,5	16,80±0,30f	0,16±0,008	0,94
OPE-CSGNP	1	37,41±1,41b	0,20±0,0002	0,99
OPE-CSGNP	1,5	51,99±0,09a	0,16±0,009	0,98
KONTROL	0	12,01±1,14g	0,30±0,01	0,99

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP, Küçük harfler tüm mayonezler arasındaki ilişkiyi gösterir.

²Aynı harfi paylaşmayan değerler anlamlı farklılık göstermektedir (p< 0,05).

Ayrıca, daha fazla gam NP'leri damlacık hareketine karşı mükemmel direnç sağlar ve daha küçük yağ damlacıklarına yol açan birleşmeyi önler [254]. Sonuçlar, damlacık boyutu analizi ile tutarlıydı. Ayrıca, OPE-RSGNP ve OPE-CSGNP ile stabilize edilen EYFVM artan OPE içeriğiyle, daha kıvam katsayısı (K) elde edildi, bu da damlacıklar arasında daha güçlü bir ağ yapısının oluşumunu göstermektedir [263] ve daha sonra emülsiyonun yüksek viskozitesine katkıda bulunmuştur.

Ayrıca, için artan OPE içeriği ile OPERSGNP ve OPECSGNP ile stabilize edilen EYFVM numunelerinde daha yüksek tutarlılık indeksi (K) elde edildi, bu da damlacıklar arasında daha güçlü bir ağ yapısının oluşturulmasını sağlamakta [263] ve bu da emülsiyonların yüksek viskozitesine katkıda bulunmaktadır [259].

Viskoelastik Özellikler

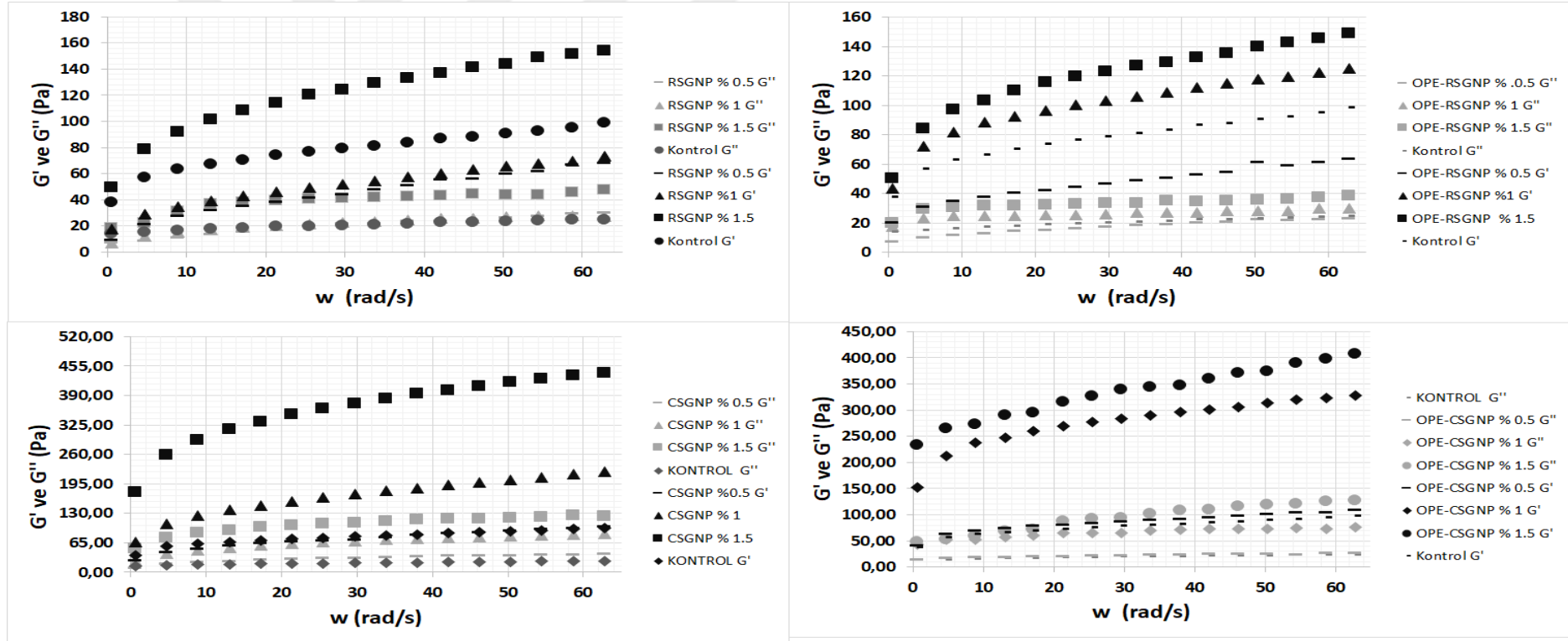
Tüm mayonez numunelerinin viskoelastik özellikleri Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Mayonez jel benzeri bir yapı olarak düşünülebilir [159]. CM ve NP içeren EYFVM numuneleri için, G' değerlerinin tüm frekans aralığında G'' 'a kıyasla daha yüksek G' değerleri, Pickering emülsiyonunun davranışının baskın bir katı elastik karakter olduğu anlamına gelir [149, 245, 252]. Ayrıca, sonuç, CM ve NP içeren EYFVM numunelerinin yüksek jel mukavemetine sahip olduğunu önermiştir. Sonuç, damlacıklar arasındaki etkileşimle oluşan üç boyutlu bir ağ yapısı ile ilişkilendirilebilir [151, 166, 167]. LVR'da, artan NP konsantrasyonları ile artan G' ve G'' değerleri, jel benzeri özelliklere sahip elastik baskın davranışın, gam NP'lerinin daha yüksek konsantrasyonlarında kademeli olarak arttığını göstermiştir. Ayrıca OPE içeren gam NP'leri, RSGNP ve CSGNP mayonez numunelerinden daha yüksek G' değerlerine sahiptir. Yağ damlacıkları arasında köprülenen gam NP'leri, yağ damlacıkları arasındaki en güçlü etkileşimi geliştirebilir [149]. Benzer bir jel benzeri yapı rapor edilmiştir [149, 151, 167, 170]. OPERSGNP, OPECSGNP, CSGNP %1, %1,5 ve RSGNP %1,5 CM'e göre daha yüksek G' ve G'' değerlerine sahiptir ve bu da yüksek partiküllerin katı karakterde artışa yol açtığını göstermektedir. OPERSGNP ve CSGNP'deki OPE içeriğinin artmasıyla birlikte hem G' hem de G'' kademeli olarak arttı, bu da ağ yapısının daha yüksek OPE içeriğine sahip OPERSGNP ve OPECSGNP ile stabilize edilen EYFVM için daha uyumlu, kompakt ve daha güçlü hale geldiğini göstermektedir [259].

OPECSGNP, %1, %1,5 ve RSGNP %1,5 ile OPECSGNP ve %1, %1,5 ile CSGNP örnekleri, daha yüksek parçacıkların bir soruna yol açtığını gösteren CM'den daha yüksek G' ve G'' değerlerine sahiptir.

Mayonez örneklerinin viskoelastik parametreleri Power-Law modeli kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 3.10). Elastik katı karakterin viskoz karaktere baskın olduğunu gösteren tüm mayonez numunelerinde K' değeri K'' değerlerinden yüksek bulunmuştur ($R^2=0.99$). NP konsantrasyonundaki artış, yağ damlacıkları üzerinde daha fazla partikül bulunması nedeniyle daha yüksek K' ve K'' değerlerinin artmasına ve yüksek jel mukavemetli üç boyutlu ağ yapılarının oluşmasına neden olmuştur. OPECSGNP, %1, %1,5 ve RSGNP %1,5 ile OPECSGNP ve %1, %1,5 ile CSGNP örnekleri, K' ve K'' değerlerine CM'den daha yüksek sahip olup, önemli farklılıklar gözlenmiştir. Sonuçlar mayonez numunelerinin G' ve G'' değerleri ile uyumlu bulunmuştur. n' ve n'' değerleri, G' ve G'' değerlerinin frekans bağımlılığını göstermektedir. Değerleri, endüstride ürün uygulamasında emülsiyon taşımacılığını etkilemektedir [149, 151, 167]. OPE-RSGNP %1 ve OPE-CSGNP %1,5'inki n' ve n'' değerleri CM ile anlamlı bir farklılık göstermedi. Bu sonuç, damlacıkların ve mayonezin iç matrisinin etkileşiminden kaynaklanmış olabilir [149, 151, 167].

Tiksotropik Özellikler

Üretim sürecinde oluşan mayonezin deformasyonunun yanı sıra taşıma, nakliye, depolama ve tüketim için 3-ITT testleri, gıda endüstrisinde üretim sürecinin koşullarını simüle etmek için kullanılmıştır. Bununla beraber, test, pompalama ve anında karıştırma işlemlerini simüle etmek ve gerçekleştirmek için gıda malzemelerinin deformasyonu ve geri kazanımı hakkında bilgi vermektedir [151, 167, 196]. Mayonez numunelerinin G' değerlerinin viskoelastik özellikleri, G'' değerlerinden daha yüksekti, bu da katı benzeri özelliğin mayonez özelliklerine hakim olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle mayonez örneklerinin tiksotropik özellikleri sadece G' değerleri açısından gözlenmiştir. Farklı kayma gerilmeleri ile deforme olan mayonezlerin 3-ITT parametreleri Tablo 3.11'de ve 3-ITT sonuçları Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3. 7 Mayonezlerin dinamik reolojik özellikleri⁷

⁷RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP

Tablo 3. 10 Mayonezlerin dinamik reolojik özellikleri için model parametreleri

Örnek	NP Konsantrasyon (%)	K'	n'	R ²	K''	n''	R ²
RSGNP	0,5	9,20±0,22k	0,475±0,02	0,99	4,83±0,72i	0,43±0,05	0,95
RSGNP	1	15,66±1,06j	0,36±0,01	0,99	7,60±1,08h	0,31±0,02	0,99
RSGNP	1,5	52,16±1,18f	0,24±0,007	0,99	19,40±0,41f	0,21±0,003	0,98
OPE-RSGNP	0,5	18,25±2,63j	0,29±0,01	0,97	5,98±1,31hi	0,32±0,001	0,98
OPE-RSGNP	1	49,66±0,19g	0,21±0,001	0,99	18,74±0,29f	0,10±0,003	0,96
OPE-RSGNP	1,5	57,93±0,94e	0,22±0,002	0,99	22,53±0,33e	0,11±0,007	0,96
CSGNP	0,5	27,68±3,43i	0,32±0,02	0,99	12,03±1,56g	0,29±0,02	0,99
CSGNP	1	67,06±1,70d	0,28±0,001	0,99	27,15±0,85d	0,27±0,01	0,99
CSGNP	1,5	181,54±0,08b	0,2±0,001	0,99	46,37±0,31b	0,18±0,004	0,99
OPE-CSGNP	0,5	41,78±0,04h	0,21±0,002	0,99	13,47±0,34g	0,16±0,01	0,96
OPE-CSGNP	1	162,73±1,71c	0,16±0,0007	0,99	41,07±1,99c	0,14±0,01	0,94
OPE-CSGNP	1,5	209,13±8,96a	0,14±0,025	0,99	61,76±0,97a	0,16±0,002	0,96
KONTROL	0	39,51±2,75h	0,21±0,003	0,99	12,32±0,57g	0,16±0,004	0,95

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP, Küçük harfler tüm mayonezler arasındaki ilişkiyi gösterir

²Aynı harfi paylaşmayan değerler anlamlı farklılık göstermektedir (p< 0.05).

CM'in geri kazanım yüzdesi, OPE-CSGNP %0,5 mayonez numunesi ile tüm NP konsantrasyonlarındaki RSGNP içeren EYFVM'den önemli ölçüde yüksektir. CM'nin geri kazanımının yüksek olması EY'nin yüzey aktif özellikleri ile ilgili olabilir [117]. Özellikle NP içeren tüm EYFVM'ler NP konsantrasyonunun artmasıyla beraber geri kazanım oranları artış göstermiştir. Benzer sonuçlar gam solüsyonlarının geri kazanım özellikleri için rapor edilmiştir[184].

CSGNP, OPECSGNP, OPERSGNP % 1 ve 1,5 içeren EYFVM'ler arasında belirtilen artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına rağmen mayonezin stabilitesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, boş ve OPE yüklü NP içeren EYFVM aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. OPE yüklü NP içeren EYFVM'ler boş NP içeren EYFVM'lere nazaran daha yüksek geri kazanıma sahiptir. Böylece OPE'nin dahil edilmesi, emülsiyon/mayonezde daha iyi bir yapısal ağa yol açmıştır. Bu durum, OPE'de bulunan ve emülsiyonda yağ küresi tutulmasını ve OPE'nin yüzey aktivitesini iyileştiren çözünür liflerin ve şekerlerin varlığına bağlanabilir [264].

Yüksek hızda karıştırma ve homojenizasyon sırasında ve paketlenmiş gıda çalkalandığında veya preslendiğinde olduğu gibi tüketim sırasında deformasyonlar nedeniyle, özellikle düşük yağ içeriğine sahip vegan mayonezde su içinde yağ emülsiyonları için tiksotropik davranış oldukça önemlidir [184]. Bu durum ani deformasyonla beraber çalkalama ve sıkma altında tüketimi bulunan gıda işleme boyunca viskoelastik karakterleri yansıtmaktadır. Benzer sonuçlar Hijazi vd. (2022) tarafından soğuk pres endüstri atıklarından elde edilen gamların düşük yağlı vegan mayonezde kullanımı sonucu elde edilmiştir [184].

Tüm mayonezler, kayma inceltici psödoplastik davranış olduğunu doğrulayabilen tiksotropik tepkiler sergilemiştir [265]. Mayonez numunelerinin tüm konsantrasyonları ve CM ile OPE-RSGNP, %1, % 1,5 ile OPE-CSGNP ve CSGNP içeren örnekler arasında önemli bir değişiklik gözlenmedi. Geri kazanım yüzdesi CM için % 70,60 $\pm$ 2,15 olarak bulunmuştur. Ayrıca geri kazanım yüzdesinin en az %70'inin iyi tiksotropik geri kazanıma sahip olduğu yapılan çalışmada belirtilmiştir [266] OPERSGNP, OPECSGNP ve CSGNP % 1 ve 1,5 konsantrasyonlardaki mayonez numuneleri iyi tiksotropik özelliklere sahiptir ve

yüksek viskoelastisite, kıvam katsayısı ve geri kazanım özellikleri olan benzer reolojik özellikler göstermektedir. Bu mayonez numuneleri, daha yüksek geri kazanım yüzdesi nedeniyle kontrol numuneleri yerine hamburger ve patates kızartması gibi yemeye hazır yiyecekler için kullanım potansiyeli bulunmaktadır. 3-ITT parametreleri ile plastik şişedeki mayonez numunesinin tüketimi taklit edilmiştir. OPE-CSGNP %1 ve 1,5 içeren EYFVM örnekleri hariç tüm mayonez numunelerinin deformasyonu CM'den önemli ölçüde daha yüksektir. Bu, mayonez numunelerinin CM'e göre sıkıldıktan sonra hızlı bir şekilde dışarı aktığı anlamına gelmektedir [151].

[151] Pickering yeni mayonez örneklerinin elma posası partikülleri ile yumurta sarısı ikame maddeleri olarak farklı emülsifikasyon teknikleri ile kullanarak stabilize ettiğini bildirmiştir. Tiksotropik davranış, G' değerleri ile 3-ITT ile ölçülmüştür. Sonuçları, mikro jet ve ultrasonik yeni mayonezlerin kontrol mayonezinden daha yüksek bir geri kazanım oranına sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, mikrojet yeni mayonez, ultrason ve yüksek hızlı kesme homojenleştirici yeni mayonezden daha hızlı iyileşme gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca Li vd. (2022) bezelye proteini izolatu mikrojelleri ile stabilize edilmiş yenilebilir mayonez benzeri Pickering emülsiyonu Liu vd. (2018) ise buğday gluteni ile stabilize edilen yüksek iç fazlı emülsiyonlar (Mayonez) oluşturmuşlar ve geri kazanım yüzdesini %100'e yakın değerler bulmuşlardır [149, 265].

3.3.5 Emülsiyon Kapasitesi ve Stabilitesi

Emülsiyonlaştırma kapasitesi ve emülsiyon stabilite değerleri Tablo 3.8'de verilmiştir. Tablo 3.8'de görüldüğü gibi, NP konsantrasyonunun artmasıyla emülsiyonlaştırma kabiliyeti artmıştır. Bu sonuç, konsantrasyondaki bir artışla yağ damlacıklarında daha fazla partikül bulunmasıyla ilgili olabilir [245]. Ayrıca EYFVM numunelerinin konsantrasyon artmasıyla daha yüksek K değeri, yüksek moleküler ağırlık ve uzun zincirli dal yapısı ile en yüksek viskoziteyi sağladığı için emülsiyon stabilitesinin artmasına neden olmuştur [254, 262]. Biyopolimerler, özellikle elektrostatik ve polimerik sterik etkileşimler, hidrojen bağı, hidrofobik birleşme ve katyon aracılı çapraz bağlama gibi fiziksel ve kimyasal interaksiyonların neticesinde damlacıkları stabilize etmektedir [131]. Gamlar,

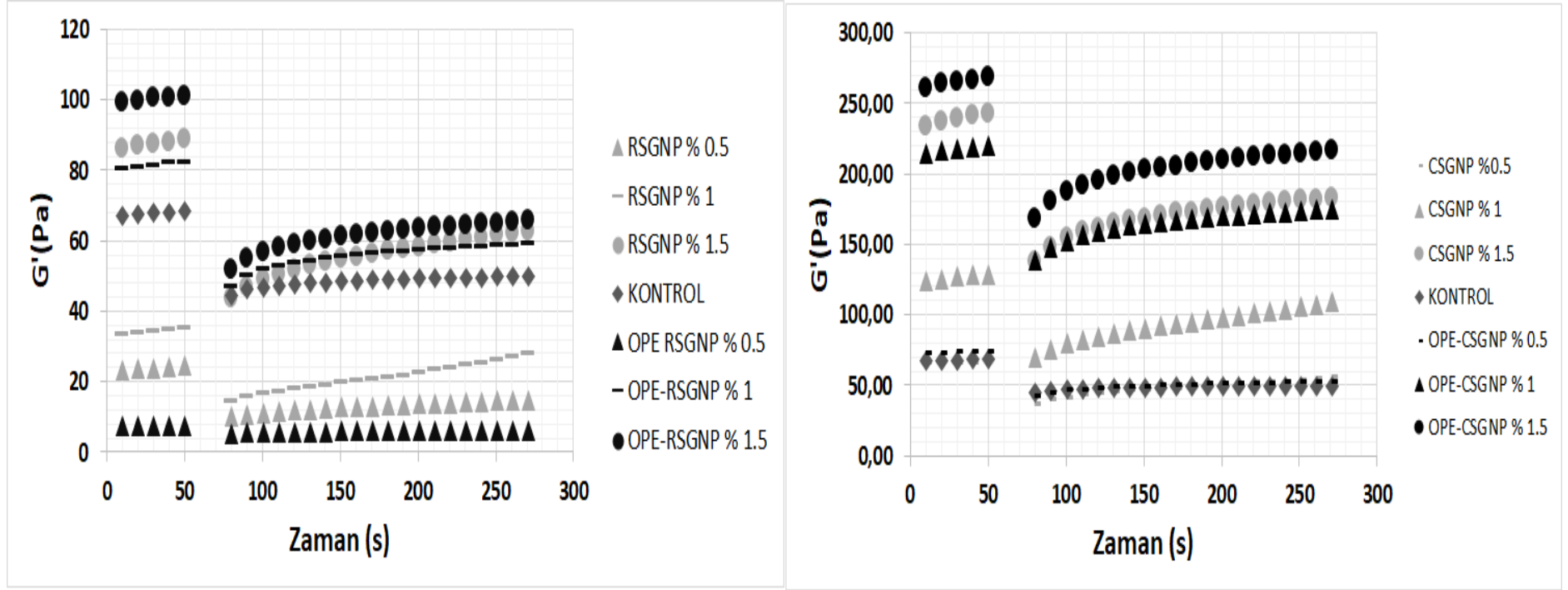
ayrıca emülsiyonların suda çözünürlük, koyulaştırma, jelleşme ve jel stabilize etme gibi teknik ve fonksiyonel özelliklerini ve önemli ölçüde duyuşsal kabiliyetini geliştirir [131, 267, 268].

Tablo 3. 11 Mayonez örneklerinin tiksotropik parametreleri

Örnek	NP Konsantrasyon (%)	D _r (%)	Rec ₃₀ (%)
RSGNP	0,5	57,29±1,34a	48,36±2,11e
RSGNP	1	56,52±1,87a	52,13±1,25d
RSGNP	1,5	49,46±1,82b	58,78±3,37c
OPE-RSGNP	0,5	54,21±2,37a	60,98±0,75c
OPE-RSGNP	1	41,16±2,03c	65,84±0,58b
OPE-RSGNP	1,5	43,92±0,94c	66,29±1,24b
CSGNP	0,5	41,10±2,25c	58,97±1,55c
CSGNP	1	43,38±3,42c	66,37±0,47b
CSGNP	1,5	40,91±2,13c	67,86±1,30b
OPE-CSGNP	0,5	41,48±1,18c	65,29±1,48b
OPE-CSGNP	1	35,08±1,81d	73,34±2,48a
OPE-CSGNP	1,5	35,25±1,25d	73,56±1,48a
KONTROL	0	33,81±1,93d	70,60±2,15ab

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP, Küçük harfler tüm mayonezler arasındaki ilişkiyi gösterir.

²Aynı harfi paylaşmayan değerler anlamlı farklılık göstermektedir (p< 0,05).



Şekil 3. 8 Mayonez numunelerinin depolama modülünün (G') 3-ITT özellikleri⁸

⁸RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP

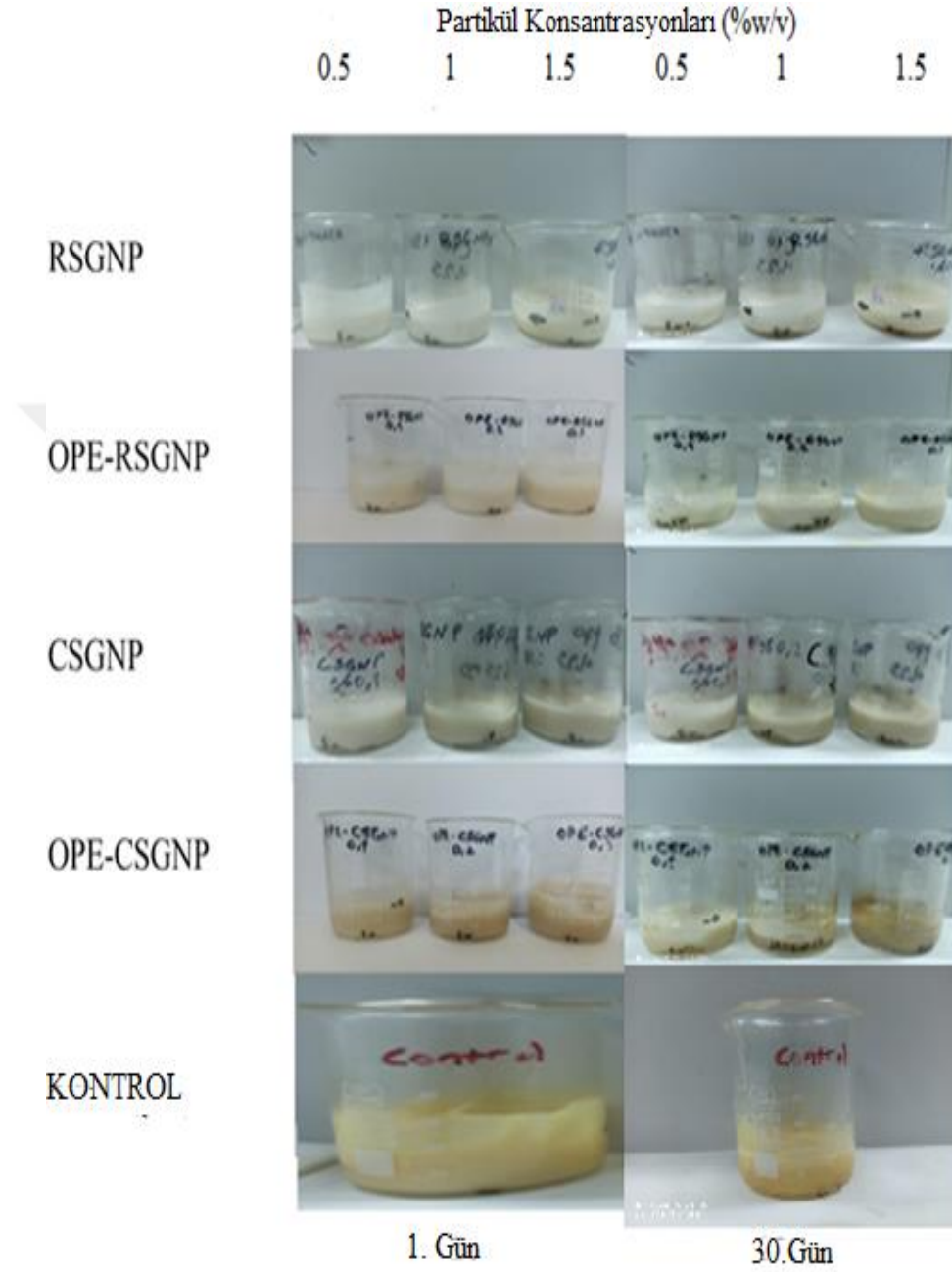
Nişasta [170], elma posası [252], buğday gliadin [149] gibi gıda sınıfı partiküller tarafından stabilize edilen pickering emülsiyonlar partikül boyutu ve konsantrasyonu hakkında aynı durumu rapor etmişlerdir.

Bir gösterge olarak kremleşme indeksi kullanılarak emülsiyonlaştırma kapasitesi gözlemlenmiş ve mayonezin emülsiyonlaştırma kapasitesi değerleri, daha küçük yağ damlacık boyutu ile NP konsantrasyonunun artmasının emülsiyonlaştırma kapasitesinde bir artışa yol açtığını göstermiştir. Kremleşme etkisi, daha büyük damlacıkları nedeniyle Pickering emülsiyonlarının benzersiz bir özelliğidir [170, 245]. Artan NP konsantrasyonu, yağ damlacıklarının yüzey kaplamasındaki artıştan dolayı kremleşme etkisinin azalmasına neden olmaktadır. Ek olarak, partiküllerin toplanmasıyla partiküllerin damlacıklar arasında birleşmesi kremleşme etkisini engelleyebilir [170, 244] . Benzer sonuçlar [170, 245] tarafından rapor edilmiştir.

3.3.6 Depolama Stabilesi

Emülsiyon görünümü, mikroyapısal özellikler ve ortalama damlacık boyutu, depolama stabilesi için önemli parametrelerdir [134]. EYFVM'lerin görsel görünümü (Şekil 3.9), RSGNP ve OPE-RSGNP konsantrasyonundaki artışın süt beyazı renginin açık kahverengiye, CSGNP ve OPE-CSGNP konsantrasyonundaki artışın ise açık kahverengi rengin koyu kahverengiye döndüğünü göstermiştir. Mayonez örneklerinin 30. gün mikroyapısal özellikleri ve görünümü, sırasıyla Şekil 3.5 ve Şekil 3.9'da verilmiştir. Depolama süresi 1. gün ve 30. gün olan EYFVM numunelerinin damlacık boyutu Tablo 3.8'de verilmiştir. Depolama süresi, OPE-CSGNP hariç tüm konsantrasyonlarda EYFVM numunelerinin damlacık boyutunu önemli düzeyde etkilememiştir. Bununla birlikte, emülsiyonun damlacık boyutu, konsantrasyonlardaki artışla birlikte bir azalmaya sahiptir. NP konsantrasyonundaki artış, damlacık boyutunun azalmasına yol açtı ve CM'in damlacık boyutuna yaklaştı. Ayrıca, önemli düzeyde olmamasına rağmen tüm örneklerde partikül boyutu bir artış göstermiştir. Bu durum depolama süresi boyunca yağ damlacıklarında damlacık koalesansı ve agregasyona atfedilmektedir. Bu durum, özellikle yağ damlacık boyutu yüksek olan emülsiyonların koalesansa küçük olan emülsiyonlara kıyasla daha yatkın olmasıyla açıklanabilir [260].

Emülsiyonun daha küçük damlacık boyutu, yüksek stabilite sunmuştur. Bu durum, yağ damlacıklarının hareketini sınırlayan jel benzeri ağ ile açıklanabilir [245].



Şekil 3. 9 Mayonez örneklerinin görünümü⁹

⁹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP

3.3.7 Oksidatif Stabilitenin Belirlenmesi

Tablo 3.12, pickering emülsiyonlarının IP (h) değerlerini göstermektedir. Tablo 3.12'de, görüldüğü gibi numunelerin IP değerleri arasında önemli bir farklılık gözlemlenmiştir. OPE yüklü NP'lerin IP değeri, yüklü fenolik bileşiklerin kontrollü salınımı ile serbest radikallerin daha etkili bir şekilde temizlenmesi ile açıklanabilir. CM'in IP değerleri, boş gam NP'lerinden önemli ölçüde yüksek bulundu. Bu sonuç, EY'nin antioksidan aktivitesi ile ilişkili olabilir. EY'ler, seyretilmiş yumurta sarısının hafif santrifüjlenmesinden elde edilir ve %70 yüksek yoğunluklu lipoproteinler (HDL'ler), %16 fosvitin ve %12 düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL'ler)'den oluşmaktadır [269]. CM örneğinin IP değeri, EY içerisindeki fosvitin, fosfolipidler ve karotenoidler "Ovalbümin, ovotransferrin, fosvitin gibi birçok yumurta proteininin, fosfolipidler gibi yumurta lipidlerinin yanı sıra E vitamini, A vitamini, selenyum ve karotenoidler gibi bazı mikro besinlerin antioksidan özelliklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır [270]. Fosfolipidlerin yan zincirlerindeki hidroksil aminler, radikal temizlemede rol oynar ve antioksidan özellikler gösterir [271]. Doymamış yapı ve aromatik karotenoid halkaları, singlet oksijeni ve serbest radikalleri nötralize etmeye ve oksidatif hasara karşı koruma sağlamaya yardımcı olur[272]. Fosvitin, demir şelatlama aktiviteleri yoluyla lipidlerin ve proteinlerin oksidasyon stabilitesini artırabilir [273].

Ayrıca, OPE yüklü RSGNP ve CSGNPs ile stabilize edilen EYFVM örneklerinin IP değerleri, artan gam NP konsantrasyonu ile artmıştır. Ek olarak, EYFVM örneklerinde artan OPE miktarı nedeniyle bu mayonez örneklerinin IP değerleri CM örneğine göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Sonuçlar, OPE yüklü NP'lerin EYFVM'lerin oksidasyonunu yavaşlattığını göstermektedir. Bu durum, Pickering emülsiyonlarının Y/S ara yüzeyinde EY yerine OPE fenolik bileşiklerinin lokalizasyonu ile açıklanabilir. OPE fenolik bileşiklerin diğer antioksidan bileşiklerle etkileşimi, antioksidan aktiviteyi arttırarak geliştirmiş ve daha yüksek IP değerlerine yol açmış olabilir [235, 236]. Sonuçlar, nanokapsüllenmiş OPE'nin, nanoenkapsülasyon için duvar malzemeleri olarak doğal gamların kullanarak OPE fenolik bileşiklerinin nanoenkapsülasyonunun bozulmasının önlenmesi nedeniyle

EY yerine Pickering emülsiyonlarının oksidatif stabilitesini sağlamak amacıyla alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, emülsiyon bazlı kapsülleme teknolojisi ve antioksidan zenginleştirmenin kombinasyonu, birçok ürüne oksidatif stabilitenin sinerjistik etkilerini sağlayabilir.

Tablo 3. 12 Mayonez örneklerinin IP değerleri

Örnek	NP Konsantrasyon (%)	IP (h)
RSGNP	0,5	4,05±0,05h
RSGNP	1	4,35±0,11g
RSGNP	1,5	4,55±0,41f
OPE-RSGNP	0,5	5,58±0,32c
OPE-RSGNP	1	6,18±0,10b
OPE-RSGNP	1,5	6,74±0,25a
CSGNP	0,5	4,12±0,51g
CSGNP	1	4,52±0,07f
CSGNP	1,5	4,85±0,09e
OPE-CSGNP	0,5	5,75±0,10c
OPE-CSGNP	1	6,05±0,12b
OPE-CSGNP	1,5	6,53±0,37a
KONTROL	0	5,05±0,11d

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP, Küçük harfler tüm mayonezler arasındaki ilişkiyi gösterir.

²Aynı harfi paylaşmayan değerler anlamlı farklılık göstermektedir (p< 0,05).

3.3.8 Duyusal Analiz

Doğal fenolik ekstraktın gıda formülasyonuna koruyucu ajan olarak dahil edilmesinin organoleptik özellikler üzerinde önemli bir etkisi olduğundan, tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği göz önünde bulundurulmalıdır [239]. Mayonezin tüm duyusal özellikleri NP konsantrasyonunundan önemli ölçüde etkilenmiştir (p <0,05). 1-5 arası bir skalada üçten daha düşük ortalama puanlar sergileyen mayonezler kabul edilemez olarak belirlenmiştir.

CM ve NP içeren EYFVM, örneklerine görünüm, tat, renk, sürülebilirlik, tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından duyuşal analiz gerçekleştirilerek değeriendirildi. Görünüm, tat, renk, sürülebilirlik, tekstür ve genel kabul edilebilirlik için tüm mayonez uygulamalarının istatistiksel analizinin sonuçları Tablo 3.13'de verilmiştir. Duyusal analizden elde edilen sonuçlar, RSGNP'lerin tüm konsantrasyonlarda kullanımından etkilenmediğini ve kontrolün görünümü ile karşılaştırılabilir olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar Armaforte vd. (2021) [274] tarafından alternatif emülgatör olarak farklı baklagil türlerinin protein izolatu ve konsantresi kullanılarak oluşturulan yumurtasız mayonezin duyuşal özelliklerinde elde edilmiştir. Ayrıca, OPERSGNP %1,5 ve OPECSGNP %1 ve %1,5 içeren EYFVM'ler dışındaki mayonez örnekleride genel kabul edilebilirlik açısından kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu örnekler CM'e kıyasla daha düşük sürülebilirlik göstermiştir. Benzer sonuçlar Flammini vd. (2020) [174] tarafından rapor edilmiştir. Özellikle renk ve reolojik analiz sonuçları kontrol mayonez örneği ile % 1 ve %1,5 OPECSGNP ve %1,5 OPERSGNP içeren EYFVM'ler arasındaki istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmiş ve aynı şekilde sonuçlara paralel olarak duyuşal analiz sonuçlarında da genel kabul edilebilirlik ile kontrol örneği arasında farklılık tespit edilmiştir. OPE içeren bu örnekler yüksek konsantrasyonlarda genel kabul edilebilirliği olumsuz etkilemiştir. Benzer sonuçlar elma kabuğunun ve zeytin yaprağı ekstraktının mayonezde kullanımında elde edilmiştir [174, 275]. Düşük duyuşal kabul, mayonezin lezzetini ve rengini bozan yüksek konsantrasyondaki RSG ve CSG'den kaynaklanıyor olabilir [275, 276]. OPE-RSGNP %1 mayonezinin duyuşal özellikleri genel kabul edilebilirlik ve benzer mikroyapısal ve reolojik özellikleri ile kontrol örneğine en yakın örnek olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar, EYFVM'lerin tüketiciler tarafından kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

Tablo 3. 13 Mayonez örneklerinin duysal özelliklerinin belirlenmesi

Örnek	NP Konsantrasyon (%)	Görünüm	Tat	Renk	Sürülebilirlik	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
RSGNP	0,5	4,36±0,25a	4,30±0,33a	4,23±0,26a	4,26±0,13a	4,33±0,30a	4,30±0,20a
RSGNP	1	4,03±0,28ab	4,06±0,13a	4,13±0,17a	4,03±0,15a	4,40±0,16a	4,23±0,18a
RSGNP	1,5	4,36±0,31a	4,16±0,24a	3,96±0,15ab	4,13±0,23a	4,00±0,12ab	4,33±0,31a
OPE-RSGNP	0,5	3,90±0,16b	4,06±0,29a	3,83±0,19b	4,40±0,16a	4,26±0,28a	4,06±0,23ab
OPE-RSGNP	1	4,23±0,12a	4,10±0,18a	4,26±0,18a	4,30±0,25a	3,96±0,21ab	3,94±0,16ab
OPE-RSGNP	1,5	3,49±0,23c	3,76±0,14b	4,17±0,23a	3,53±0,17b	3,70±0,27b	3,73±0,12b
CSGNP	0,5	4,33±0,20a	4,16±0,39a	4,33±0,20a	4,36±0,26a	4,20±0,25a	4,03±0,21ab
CSGNP	1	3,76±0,22bc	3,73±0,18b	3,66±0,14b	4,02±0,16ab	4,03±0,19ab	3,90±0,20ab
CSGNP	1,5	3,46±0,17c	3,46±0,17c	4,16±0,16a	3,96±0,19ab	3,80±0,13b	4,13±0,25a
OPE-CSGNP	0,5	3,63±0,15c	4,16±0,30a	3,30±0,18c	3,93±0,18ab	3,80±0,15b	4,06±0,28ab
OPE-CSGNP	1	3,66±0,24bc	3,86±0,26b	3,63±0,15b	3,76±0,24b	3,73±0,21b	3,80±0,16b
OPE-CSGNP	1,5	3,73±0,14bc	3,71±0,20b	3,86±0,13b	3,23±0,17c	3,46±0,14c	3,73±0,14b
KONTROL	0	4,20±0,15a	4,10±0,24a	4,30±0,26a	4,33±0,29a	4,26±0,22a	4,35±0,18a

¹RSGNP: Roka tohumu gam nanopartikülü, CSGNP: Chia tohumu gam nanopartikülü OPE-RSGNP: Pirina ekstraktı yüklü RSGNP, OPE-CSGNP: Pirina ekstraktı yüklü CSGNP, Küçük harfler tüm mayonezler arasındaki ilişkiyi gösterir.

²Aynı harfi paylaşmayan değerler anlamlı farklılık göstermektedir (p< 0.05).

Bu çalışmada ilk olarak roka tohumu ve chia tohumlarından gam üretimi, pirinadan ekstrakt üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ekstrakt ve gamların fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise OPE ise RSG ve CSG kullanılarak nano boyutta enkapsülasyon gerçekleştirilmiş ve boş ve OPE yüklü gam NP'lerinin karakterizasyonu yapılmıştır. Son olarak karakterizasyonu gerçekleştirilmiş boş ve OPE yüklü gam NP'leri yumurta sarısı içermeyen mayonez üretiminde emülsifiye ajan olarak kullanım özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla mayonez örnekleri control örneği ile mikroyapısal özellikler, damlacık boyutu, emülsiyon stabilitesi, kapasitesi, reolojik analizler, oksidatif stabilite ve duyu analizi açısından karşılaştırılmıştır.

RSG, CSG ve OPE birbirinden farklı yapıda fizikokimyasal özellikler göstermiştir. Özellikle RSG, CSG'den daha yüksek protein ve daha düşük karbonhidrat içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber CSG moleküler ağırlık ve içsel viskozite açısından RSG'den daha yüksek bulunmuştur. OPE'nin majör fenolik bileşenleri hidroksitirozol, tirozol ve luteolin olarak tespit edilmiştir. CSG'nin yüksek moleküler ağırlığı, RSG'nin yüksek protein içeriği hidrokolloid olarak kullanım noktasında önemlidir. Bununla beraber literatürde yer alan RSG ve CSG ile ilgili çalışmalar, gıda endüstrisinde kullanılan kıvam arttırıcılara alternatif olarak kullanım potansiyeli olduğunu belirtmiştir.

İkinci aşamada, RSG ve CSG kullanılarak desolvasyon tekniği ile OPE'nin nanoenkapsülasyonu gerçekleştirilmiştir. OPE için duvar malzemeleri olarak RSG ve CSG'nin etkileşimini ve koruyucu kapasitelerini belirlemek için RSG ve CSGNP'ler üretildi. İlk olarak 3² faktöriyel dizayn kullanılarak farklı gum konsantrasyonları ve desolvasyon ajan miktarlarının partikül boyutu ve zeta potansiyeli üzerine etkisi değerlendirilmiş ve ardından optimum NP üretim parametreleri tespit edilmiştir. Ön deneme işlemleri sonucunda optimum koşullarda üretimi gerçekleştirilen boş ve OPE yüklü gam NP'leri FTIR karakteristik bantları ve SEM görüntüleri ile yüksek enkapsülasyon etkinliğine

sahip olduğu belirtilmiştir. OPE'nin RSG ve CSGNP'lerde kapsüllenmesinin fizyolojik pH'da OPE salınımının 24 saate kadar gecikmesine yol açtığı söylenebilir. OPE yüklemesi ile her iki NP'ün TPC ve antioksidan değerlerinde önemli bir artış gözlenmiştir. Nanokapsüllenmiş OPE, nanoenkapsülasyon için duvar malzemesi olarak doğal gamlar kullanarak OPE fenolik bileşiklerinin bozulmasını önlediği için Pickering emülsiyonlarının oksidatif stabilitesini arttırmıştır. Sonuçlar, RSG ve CSGNP'lerin gıda endüstrileri için OPE fenolik nanokapsülasyonu gibi biyoaktif bileşiklerin dağıtımı için duvar malzemeleri olarak kullanılabileceğini ve RSG ve CSG'nin sentetik polimerlerin yerine alternatif olabileceğini göstermiştir.

Son olarak, pirinadan geri kazanılan fenolik bileşen içeren ve boş gam NP'leri gıda alanında kullanım potansiyelini belirlemek amacıyla EFYVM (vegan mayonez) üretiminde kullanılmıştır. %0,5, 1, 1,5 konsantrasyonlarda boş ve OPE yüklü gam NP'leri ile EY bazlı CM örneği hazırlanmıştır. Tüm mayonez numunelerinde NP konsantrasyonunun artmasıyla damlacık boyutu azalmıştır. Mikroyapısal olarak örneklerde küresel damlacıklar görülmüştür. OPERSGNP %1 ve %1,5 NP konsantrasyonuna sahip EYFVM numuneleri ile CM benzer yapıyı ve damlacık boyutunda en yüksek homojeniteyi göstermiştir. Genel olarak, EYFVM'lerin NP konsantrasyonu arttıkça parlaklık azalmakta, kırmızılığı ve sarılığı ise artış göstermiştir. Sabit kayma analizi sonuçlarına göre, tüm mayonez örnekleri katı benzeri özelliklere sahip psödoplastik davranış gösterdi. G' değerlerine ait tüm mayonez numuneleri, G'' değerlerinden daha yüksek bulunmuştur, bu da katı benzeri özelliklerin mayonez numunelerinin viskoz özelliklerine baskın olduğu anlamına gelmektedir. Geri kazanım yüzdesinin en az %70'inin iyi tiksotropik geri kazanıma sahip olduğu OPERSGNP, OPECSGNP ve CSGNP %1 ve 1,5 konsantrasyonlardaki mayonez numuneleri iyi tiksotropik özelliklere sahiptir ve yüksek viskoelastisite, kıvam katsayısı ve geri kazanım özellikleri olan benzer reolojik özellikler göstermektedir. EYFVM'lerinin emülsiyon stabilitesi ve kapasitesi kontrol numunelerine benzer bulunmuştur ve NP konsantrasyonunun artmasıyla emülsiyonlaştırma kabiliyeti artmıştır. Depolama süresi, OPE-CSGNP hariç tüm konsantrasyonlarda EYFVM numunelerinin damlacık boyutunu önemli düzeyde etkilememiştir. Bununla birlikte, emülsiyonun damlacık boyutu, konsantrasyonlardaki artışla birlikte bir azalmaya sahiptir. NP

konsantrasyonundaki artış, damlacık boyutunun azalmasına yol açmış ve CM'in damlacık boyutuna yaklaşmıştır. OPE yüklü RSGNP ve CSGNPs ile stabilize edilen EYFVM örneklerinin IP değerleri, artan gam NP konsantrasyonu ile artmıştır. Duyusal analiz sonuçlarına göre, genel kabul edilebilirlik açısından OPERSGNP %1,5 ve OPECSGNP %1 ve %1,5 içeren EYFVM'ler dışındaki mayonez örnekleride kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Çalışma kapsamında verilebilecek öneriler aşağıda sunulmuştur:

1. Boş ve OPE yüklü gam NP'lerinin antimikrobiyal özelliklerinin tespit edilmesi
2. Mayonez örneklerinin İn Vitro Biyoerişilebilirlik analizinin gerçekleştirilmesi
3. Farklı çevresel koşullar altında (pH, sıcaklık, NaCl) gam NP'lerinin stabilitesini belirlenmesi
4. Farklı proses koşulları altında nanopartiküllerin salınım davranışını ve stabilitesini iyileştirme
5. Mayonez haricinde farklı gıda model sisteminde boş ve OPE yüklü gam NP'lerinin kullanım potansiyelinin araştırılması
6. Mayonez örneklerinin tekstürel ve tribolojik özelliklerinin belirlenmesi
7. Çalışma kapsamında atık değerlendirme potansiyelinin bulunması nedeniyle SANTEZ projesi olarak değerlendirme imkanı bulunmaktadır.

-
- [1] M. N. A. F , R. Yüksel ve M. Kaya , "Zeytinyağı ve Sağlık: Biyoaktif Bileşenleri, Antioksidan Özellikleri ve Klinik Etkileri", Konuralp Medical Journal, c. 5, sayı. 1, ss. 60-68, Nis. 2013.
- [2] R. Aparicio ve J. Harwood, *Handbook of olive oil*. Springer, 2013.
- [3] N. V. Ç. S. S. Z. Ö. B. Ö. H. Türkoğlu ve Z. Kanık , Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, c. 16, sayı. 3, ss. 1-8, Şub. 2014.
- [4] R. Aparicio ve D. L. García-González, "Olive oil characterization and traceability," *Handbook of olive oil*, pp. 431-478, 2013.
- [5] M. Pérez vd., "Impact of Emerging Technologies on Virgin Olive Oil Processing, Consumer Acceptance, and the Valorization of Olive Mill Wastes," *Antioxidants*, vol. 10, no. 3, 2021.
- [6] R. Ghayth, M. Bouaziz, N. Baccar, S. Abidi, S. Sayadi, ve R. Salem, "Recovery of Hydroxytyrosol Rich Extract from Two-Phase Chemlali Olive Pomace by Chemical Treatment," *Journal of food science*, vol. 77, pp. C1077-83, 08/31 2012.
- [7] P. Moral ve M. V. Ruiz-Méndez, "Production of pomace olive oil," *Grasas y Aceites*, vol. 57, pp. 47-55, 03/01 2006.
- [8] A.-L. Skaltsounis, A. Argyropoulou, N. Aligiannis, ve N. Xynos, "11 - Recovery of High Added Value Compounds from Olive Tree Products and Olive Processing Byproducts," in *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents*, D. Boskou, Ed.: AOCS Press, 2015, pp. 333-356.
- [9] J. M. Romero-García, L. Niño, C. Martínez-Patiño, C. Álvarez, E. Castro, ve M. J. Negro, "Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends," *Bioresource Technology*, vol. 159, pp. 421-432, 2014/05/01/ 2014.
- [10] B. Aliakbarian, D. Palmieri, A. A. Casazza, D. Palombo, ve P. Perego, "Antioxidant activity and biological evaluation of olive pomace extract," *Natural Product Research*, vol. 26, no. 24, pp. 2280-2290, 2012/12/01 2012.
- [11] C. S. Speroni vd., "Micronization increases the bioaccessibility of polyphenols from granulometrically separated olive pomace fractions," *Food Chemistry*, vol. 344, p. 128689, 2021.
- [12] J. Fernández-Bolaños, G. Rodríguez, R. Rodríguez, A. Heredia, R. Guillén, ve A. Jiménez, "Production in Large Quantities of Highly Purified Hydroxytyrosol from Liquid–Solid Waste of Two-Phase Olive Oil Processing or “Alperujo”,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, no. 23, pp. 6804-6811, 2002/11/01 2002.
- [13] L. Lesage-Meessen vd., "Simple phenolic content in olive oil residues as a function of extraction systems," *Food Chemistry*, vol. 75, pp. 501-507, 12/01 2001.

- [14] S. Dermeche, M. Nadour, C. Larroche, F. Moulti-Mati, ve P. Michaud, "Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies," *Process Biochemistry*, vol. 48, no. 10, pp. 1532-1552, 2013/10/01/ 2013.
- [15] A. Malapert, V. Tomao, O. Dangles, ve E. Reboul, "Effect of Foods and β -Cyclodextrin on the Bioaccessibility and the Uptake by Caco-2 Cells of Hydroxytyrosol from Either a Pure Standard or Alperujo," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 66, no. 18, pp. 4614-4620, 2018/05/09 2018.
- [16] S. Chanioti ve C. Tzia, "Extraction of phenolic compounds from olive pomace by using natural deep eutectic solvents and innovative extraction techniques," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 48, pp. 228-239, 2018.
- [17] S. Chanioti, P. Siamandoura, ve C. Tzia, "Evaluation of Extracts Prepared from Olive Oil By-Products Using Microwave-Assisted Enzymatic Extraction: Effect of Encapsulation on the Stability of Final Products," *Waste and Biomass Valorization*, vol. 7, no. 4, pp. 831-842, 2016/08/01 2016.
- [18] B. Aliakbarian, M. Paini, A. Casazza, ve P. Perego, "Effect of Encapsulating Agent on Physical-Chemical Characteristics of Olive Pomace Polyphenols-Rich Extracts," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 43, pp. 97-102, 01/01 2015.
- [19] S. Chanioti ve C. Tzia, "Optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from olive pomace using response surface technology: Oil recovery, unsaponifiable matter, total phenol content and antioxidant activity," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 79, pp. 178-189, 2017/06/01/ 2017.
- [20] A. García, E. Rodríguez-Juan, G. Rodríguez-Gutiérrez, J. J. Rios, ve J. Fernández-Bolaños, "Extraction of phenolic compounds from virgin olive oil by deep eutectic solvents (DESs)," *Food Chemistry*, vol. 197, pp. 554-561, 2016/04/15/ 2016.
- [21] S. Karaman vd., "Recovery potential of cold press byproducts obtained from the edible oil industry: physicochemical, bioactive, and antimicrobial properties," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 63, no. 8, pp. 2305-2313, 2015.
- [22] G. Difonzo, M. Troilo, G. Squeo, A. Pasqualone, ve F. Caponio, "Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – a review," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.10478> vol. 101, no. 1, pp. 15-26, 2021/01/15 2021.
- [23] M. A. Nunes, F. B. Pimentel, A. S. G. Costa, R. C. Alves, ve M. B. P. P. Oliveira, "Olive by-products for functional and food applications: Challenging opportunities to face environmental constraints," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 35, pp. 139-148, 2016/06/01/ 2016.
- [24] M. Araújo, F. B. Pimentel, R. C. Alves, ve M. B. P. P. Oliveira, "Phenolic compounds from olive mill wastes: Health effects, analytical approach and

- application as food antioxidants," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 45, no. 2, pp. 200-211, 2015/10/01/ 2015.
- [25] F. Alagna *vd.*, "Olive phenolic compounds: metabolic and transcriptional profiling during fruit development," *BMC Plant Biology*, vol. 12, no. 1, p. 162, 2012/09/10 2012.
- [26] C. Chellaram *vd.*, "Significance of Nanotechnology in Food Industry," *APCBEE Procedia*, vol. 8, pp. 109-113, 2014/01/01/ 2014.
- [27] A. Taheri ve S. M. A. Razavi, "Fabrication of Cress Seed Gum Nanoparticles, an Anionic Polysaccharide, Using Desolvation Technique: an Optimization Study," *BioNanoScience*, vol. 5, no. 2, pp. 104-116, 2015/05/06 2015.
- [28] A. Rezaei, M. Fathi, ve S. M. Jafari, "Nanoencapsulation of hydrophobic and low-soluble food bioactive compounds within different nanocarriers," *Food Hydrocolloids*, vol. 88, pp. 146-162, 2019/03/01/ 2019.
- [29] S. Talegaonkar, S. Pandey, N. Rai, P. Rawat, H. Sharma, ve N. Kumari, "2 - Exploring nanoencapsulation of aroma and flavors as new frontier in food technology," in *Encapsulations*, A. M. Grumezescu, Ed.: Academic Press, 2016, pp. 47-88.
- [30] D. J. McClements, "1 - Requirements for food ingredient and nutraceutical delivery systems," in *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals*, N. Garti and D. J. McClements, Eds.: Woodhead Publishing, 2012, pp. 3-18.
- [31] M. R. I. Shishir, L. Xie, C. Sun, X. Zheng, ve W. Chen, "Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 78, pp. 34-60, 2018/08/01/ 2018.
- [32] I. R. Ariyaratna ve D. Nedra Karunaratne, "Use of chickpea protein for encapsulation of folate to enhance nutritional potency and stability," *Food and Bioproducts Processing*, vol. 95, pp. 76-82, 2015/07/01/ 2015.
- [33] D. Hu, Y. Xu, J. Xie, C. Sun, X. Zheng, ve W. Chen, "Systematic evaluation of phenolic compounds and protective capacity of a new mulberry cultivar J33 against palmitic acid-induced lipotoxicity using a simulated digestion method," *Food Chemistry*, vol. 258, pp. 43-50, 2018/08/30/ 2018.
- [34] D. J. McClements, *Nanoparticle-and microparticle-based delivery systems: Encapsulation, protection and release of active compounds*. CRC press, 2019.
- [35] N. Devi, M. Sarmah, B. Khatun, ve T. K. Maji, "Encapsulation of active ingredients in polysaccharide-protein complex coacervates," *Advances in colloid and interface science*, vol. 239, pp. 136-145, 2017.
- [36] C. Anandharamakrishnan, "Nanoencapsulation of Food Bioactive Compounds," in *Techniques for Nanoencapsulation of Food Ingredients*, C. Anandharamakrishnan, Ed. New York, NY: Springer New York, 2014, pp. 1-6.

- [37] M. Martínez-Ballesta, Á. Gil-Izquierdo, C. García-Viguera, ve R. Domínguez-Perles, "Nanoparticles and controlled delivery for bioactive compounds: Outlining challenges for new "smart-foods" for health," *Foods*, vol. 7, no. 5, p. 72, 2018.
- [38] J. Aguiar, B. N. Estevinho, ve L. Santos, "Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 58, pp. 21-39, 2016/12/01/ 2016.
- [39] Z. Jia, M.-J. Dumont, ve V. Orsat, "Encapsulation of phenolic compounds present in plants using protein matrices," *Food Bioscience*, vol. 15, pp. 87-104, 2016/09/01/ 2016.
- [40] F. Nazzaro, P. Orlando, F. Fratianni, ve R. Coppola, "Microencapsulation in food science and biotechnology," *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 23, no. 2, pp. 182-186, 2012/04/01/ 2012.
- [41] A. Trojanowska, A. Nogalska, R. G. Valls, M. Giamberini, ve B. Tylkowski, "Technological solutions for encapsulation," *Physical Sciences Reviews*, vol. 2, no. 9, 2017.
- [42] N. V. N. Jyothi, P. M. Prasanna, S. N. Sakarkar, K. S. Prabha, P. S. Ramaiah, ve G. Y. Srawan, "Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency," *Journal of Microencapsulation*, vol. 27, no. 3, pp. 187-197, 2010/05/01 2010.
- [43] A. M. Pisoschi, A. Pop, C. Cimpeanu, V. Turcuş, G. Predoi, ve F. Iordache, "Nanoencapsulation techniques for compounds and products with antioxidant and antimicrobial activity - A critical view," *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 157, pp. 1326-1345, 2018/09/05/ 2018.
- [44] C. P. Reis, R. J. Neufeld, A. J. Ribeiro, ve F. Veiga, "Nanoencapsulation I. Methods for preparation of drug-loaded polymeric nanoparticles," *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, vol. 2, no. 1, pp. 8-21, 2006.
- [45] M. R. Mozafari vd., "Recent trends in the lipid-based nanoencapsulation of antioxidants and their role in foods," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2576> vol. 86, no. 13, pp. 2038-2045, 2006/10/01 2006.
- [46] M. Yang, Z. Liang, L. Wang, M. Qi, Z. Luo, ve L. Li, "Microencapsulation Delivery System in Food Industry—Challenge and the Way Forward," *Advances in Polymer Technology*, vol. 2020, p. 7531810, 2020/07/13 2020.
- [47] P. Ezhilarasi, P. Karthik, N. Chhanwal, ve A. Chinnaswamy, "Nanoencapsulation Techniques for Food Bioactive Components: A Review," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 6, pp. 628–647, 03/01 2013.
- [48] M. A. Augustin ve P. Sanguansri, "Chapter 5 Nanostructured Materials in the Food Industry," in *Advances in Food and Nutrition Research*, vol. 58: Academic Press, 2009, pp. 183-213.

- [49] P. Sanguansri ve M. A. Augustin, "Nanoscale materials development—A food industry perspective," *Trends in Food Science & Technology*, pp. 547-556, 12/19 2012.
- [50] B. Mishra, B. B. Patel, ve S. Tiwari, "Colloidal nanocarriers: a review on formulation technology, types and applications toward targeted drug delivery," *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, vol. 6, no. 1, pp. 9-24, 2010/02/01/ 2010.
- [51] S. Jafari, "An Introduction to Nanoencapsulation Techniques for the Food Bioactive Ingredients," 2017, pp. 1-62.
- [52] S. M. Jafari, "1 - An overview of nanoencapsulation techniques and their classification," in *Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries*, S. M. Jafari, Ed.: Academic Press, 2017, pp. 1-34.
- [53] D. Nishimoto-Sauceda, L. E. Romero-Robles, ve M. Antunes-Ricardo, "Biopolymer nanoparticles: a strategy to enhance stability, bioavailability, and biological effects of phenolic compounds as functional ingredients," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.11512> vol. 102, no. 1, pp. 41-52, 2022/01/15 2022.
- [54] A. Marques, P. Costa, S. Velho, ve M. Amaral, "Functionalizing nanoparticles with cancer-targeting antibodies: A comparison of strategies," *Journal of Controlled Release*, vol. 320, pp. 180-200, 2020.
- [55] A. F. Esfanjani ve S. M. Jafari, "Biopolymer nano-particles and natural nano-carriers for nano-encapsulation of phenolic compounds," *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 146, pp. 532-543, 2016.
- [56] S. F. Hosseini, M. Zandi, M. Rezaei, ve F. Farahmandghavi, "Two-step method for encapsulation of oregano essential oil in chitosan nanoparticles: preparation, characterization and in vitro release study," *Carbohydrate polymers*, vol. 95, no. 1, pp. 50-56, 2013.
- [57] C. de Campo vd., "Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) as wall material: Characterization and stability evaluation," *Food chemistry*, vol. 234, pp. 1-9, 2017.
- [58] S. Naji-Tabasi, S. M. A. Razavi, ve H. Mehditabar, "Fabrication of basil seed gum nanoparticles as a novel oral delivery system of glutathione," *Carbohydrate Polymers*, vol. 157, pp. 1703-1713, 2017/02/10/ 2017.
- [59] A. Sedaghat Doost vd., "Self-assembly, functionality, and in-vitro properties of quercetin loaded nanoparticles based on shellac-almond gum biological macromolecules," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 129, pp. 1024-1033, 2019/05/15/ 2019.
- [60] G. Orive, E. Anitua, J. L. Pedraz, ve D. F. Emerich, "Biomaterials for promoting brain protection, repair and regeneration," *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 10, no. 9, pp. 682-692, 2009/09/01 2009.

- [61] A. Matalanis, O. G. Jones, ve D. J. McClements, "Structured biopolymer-based delivery systems for encapsulation, protection, and release of lipophilic compounds," *Food Hydrocolloids*, vol. 25, no. 8, pp. 1865-1880, 2011/12/01/ 2011.
- [62] I. J. Joye ve D. J. McClements, "Biopolymer-based nanoparticles and microparticles: Fabrication, characterization, and application," *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, vol. 19, no. 5, pp. 417-427, 2014/10/01/ 2014.
- [63] I. J. Arroyo-Maya ve D. J. McClements, "Biopolymer nanoparticles as potential delivery systems for anthocyanins: Fabrication and properties," *Food Research International*, vol. 69, pp. 1-8, 2015/03/01/ 2015.
- [64] A. Martnez, A. Fernndez, E. Prez, M. Benito, J. M. Teijn, ve M. D. Blanco, "Polysaccharide-Based Nanoparticles for Controlled Release Formulations," 2012.
- [65] D. Wu vd., "Chitosan-based Colloidal Polyelectrolyte Complexes for Drug Delivery: A Review," *Carbohydrate Polymers*, vol. 238, p. 116126, 2020/06/15/ 2020.
- [66] D. Mishra, J. R. Hubenak, ve A. B. Mathur, "Nanoparticle systems as tools to improve drug delivery and therapeutic efficacy," *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, vol. 101, no. 12, pp. 3646-3660, 2013.
- [67] A. Plucinski, Z. Lyu, ve B. Schmidt, "Polysaccharide nanoparticles: From fabrication to applications," *Journal of Materials Chemistry B*, vol. 9, 04/30 2021.
- [68] O. Jones, U. Lesmes, P. Dubin, ve D. McClements, "Effect of polysaccharide charge on formation and properties of polymer nanoparticles created by heat treatment," *Food Hydrocolloids - FOOD HYDROCOLLOID*, vol. 24, pp. 374-383, 06/01 2010.
- [69] A. Taheri ve S. M. Jafari, "18 - Nanostructures of gums for encapsulation of food ingredients," in *Biopolymer Nanostructures for Food Encapsulation Purposes*, S. M. Jafari, Ed.: Academic Press, 2019, pp. 521-578.
- [70] V. D. Prajapati, G. K. Jani, N. G. Moradiya, ve N. P. Randeria, "Pharmaceutical applications of various natural gums, mucilages and their modified forms," *Carbohydrate Polymers*, vol. 92, no. 2, pp. 1685-1699, 2013/02/15/ 2013.
- [71] D. Saha ve S. Bhattacharya, "Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review," *Journal of food science and technology*, vol. 47, pp. 587-97, 12/01 2010.
- [72] A. Nussinovitch ve M. Hirashima, "Cooking Innovations: Using Hydrocolloids for Thickening, Gelling, and Emulsification," 2013.

- [73] H. Kiani, M. Mousavi, H. Razavi, ve E. Morris, "Effect of gellan, alone and in combination with high-methoxy pectin, on the structure and stability of doogh, a yogurt-based Iranian drink," *Food Hydrocolloids - FOOD HYDROCOLLOID*, vol. 24, pp. 744-754, 11/01 2010.
- [74] M. Krystyjan, M. Sikora, G. Adamczyk, ve P. Tomasik, "Caramel sauces thickened with combinations of potato starch and xanthan gum," *Journal of Food Engineering*, vol. 112, no. 1, pp. 22-28, 2012/09/01/ 2012.
- [75] Y. Kumar, S. Roy, A. Devra, A. Dhiman, ve P. K. Prabhakar, "Ultrasonication of mayonnaise formulated with xanthan and guar gums: Rheological modeling, effects on optical properties and emulsion stability," *LWT*, vol. 149, p. 111632, 2021/09/01/ 2021.
- [76] S. Barak, D. Mudgil, ve S. Taneja, "Exudate gums: chemistry, properties and food applications – a review," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.10302> vol. 100, no. 7, pp. 2828-2835, 2020/05/01 2020.
- [77] G. Jani, D. Shah, V. Prajapati, ve V. Jain, "Gums and mucilages: Versatile excipients for pharmaceutical formulations," *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 4, 10/20 2009.
- [78] A. M. Pegg, "8 - The application of natural hydrocolloids to foods and beverages," in *Natural Food Additives, Ingredients and Flavours*, D. Baines and R. Seal, Eds.: Woodhead Publishing, 2012, pp. 175-196.
- [79] E. Nazarzadeh Zare, P. Makvandi, ve F. Tay, "Recent progress in the industrial and biomedical applications of tragacanth gum," *Carbohydrate Polymers*, vol. 212, 02/01 2019.
- [80] H. Hannlie, S. Jan, ve H. Josias, "Use of Natural Gums and Mucilages as Pharmaceutical Excipients," *Current Pharmaceutical Design*, vol. 21, no. 33, pp. 4775-4797, 2015.
- [81] J. N. BeMiller, "Gums and Related Polysaccharides," in *Glycoscience: Chemistry and Chemical Biology*, B. O. Fraser-Reid, K. Tatsuta, and J. Thiem, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 1513-1533.
- [82] P. A. Williams ve G. O. Phillips, "11 - Gum arabic," in *Handbook of Hydrocolloids (Second Edition)*, G. O. Phillips and P. A. Williams, Eds.: Woodhead Publishing, 2009, pp. 252-273.
- [83] A. S. Deshmukh, C. M. Setty, A. M. Badiger, ve K. S. Muralikrishna, "Gum ghatti: A promising polysaccharide for pharmaceutical applications," *Carbohydrate Polymers*, vol. 87, no. 2, pp. 980-986, 2012/01/15/ 2012.
- [84] V. L. Campo, D. F. Kawano, D. B. d. Silva, ve I. Carvalho, "Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review," *Carbohydrate Polymers*, vol. 77, no. 2, pp. 167-180, 2009/06/10/ 2009.

- [85] H. Mirhosseini ve B. T. Amid, "A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums," *Food Research International*, vol. 46, no. 1, pp. 387-398, 2012/04/01/ 2012.
- [86] H. Karazhiyan, S. M. A. Razavi, ve G. O. Phillips, "Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology," *Food Hydrocolloids*, vol. 25, no. 5, pp. 915-920, 2011/07/01/ 2011.
- [87] S. M. Jafari, P. Beheshti, ve E. Assadpoor, "Rheological behavior and stability of d-limonene emulsions made by a novel hydrocolloid (Angum gum) compared with Arabic gum," *Journal of Food Engineering*, vol. 109, no. 1, pp. 1-8, 2012/03/01/ 2012.
- [88] A. Mohammad Amini ve S. M. A. Razavi, "Dilute solution properties of Balangu (*Lallemantia royleana*) seed gum: Effect of temperature, salt, and sugar," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 51, no. 3, pp. 235-243, 2012/10/01/ 2012.
- [89] S. H. Hosseini-Parvar, L. Matia-Merino, K. K. T. Goh, S. M. A. Razavi, ve S. A. Mortazavi, "Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature," *Journal of Food Engineering*, vol. 101, no. 3, pp. 236-243, 2010/12/01/ 2010.
- [90] A. Koocheki, S. A. Mortazavi, F. Shahidi, S. M. A. Razavi, ve A. R. Taherian, "Rheological properties of mucilage extracted from *Alyssum homolocarpum* seed as a new source of thickening agent," *Journal of Food Engineering*, vol. 91, no. 3, pp. 490-496, 2009/04/01/ 2009.
- [91] S. M. A. Razavi, S. W. Cui, Q. Guo, ve H. Ding, "Some physicochemical properties of sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum," *Food Hydrocolloids*, vol. 35, pp. 453-462, 2014/03/01/ 2014.
- [92] M. R. Segura-Campos, N. Ciau-Solís, G. Rosado-Rubio, L. Chel-Guerrero, ve D. Betancur-Ancona, "Chemical and Functional Properties of Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Gum," *International Journal of Food Science*, vol. 2014, p. 241053, 2014/03/23 2014.
- [93] Z. Zamani ve S. M. A. Razavi, "Physicochemical, rheological and functional properties of Nettle seed (*Urtica pilulifera*) gum," *Food Hydrocolloids*, vol. 112, p. 106304, 2021/03/01/ 2021.
- [94] L. Wang, H.-M. Liu, C.-Y. Zhu, A.-J. Xie, B.-J. Ma, ve P.-Z. Zhang, "Chinese quince seed gum: Flow behaviour, thixotropy and viscoelasticity," *Carbohydrate Polymers*, vol. 209, pp. 230-238, 2019/04/01/ 2019.
- [95] M. BahramParvar ve H. D. Goff, "Basil seed gum as a novel stabilizer for structure formation and reduction of ice recrystallization in ice cream," *Dairy Science & Technology*, vol. 93, no. 3, pp. 273-285, 2013/05/01 2013.
- [96] L. Gali, F. Bedjou, G. Ferrari, ve F. Donsì, "Formulation and characterization of zein/gum arabic nanoparticles for the encapsulation of a rutin-rich extract from *Ruta chalepensis* L," *Food Chemistry*, vol. 367, p. 129982, 2022.

- [97] M. Khoshmanzar, B. Ghanbarzadeh, H. Hamishekar, M. Sowti, ve R. Rezayi Mokarram, "Investigation of effective parameters on particle size, zeta potential and steady rheological properties of colloidal system based on carrageenan-caseinate nanoparticles," *Research and Innovation in Food Science and Technology*, vol. 1, no. 4, pp. 255-272, 2013.
- [98] D. R. A. Muhammad vd., "Stability and functionality of xanthan gum-shellac nanoparticles for the encapsulation of cinnamon bark extract," *Food Hydrocolloids*, vol. 100, p. 105377, 2020.
- [99] P. Kolahi, H. Shekarchizadeh, ve A. Nasirpour, "Effect of combination of ultrasonic treatment and anti-solvent methods as a high-efficiency method of nanoparticle production on the tragacanth gum properties," *Journal of Food Science and Technology*, 2021/05/07 2021.
- [100] J. Tavakoli, H. Abbasi, A. Zarei Jelyani, ve A. Mousavi Khaneghah, "The Use of *Salvia macrosiphon* and *Lepidium sativum* Linn. Seed Gums in Nanoencapsulation Processes: Improving Antioxidant Activity of Potato Skin Extract," *Journal of Food Quality*, vol. 2021, p. 5519857, 2021/05/12 2021.
- [101] M. Soleimanifar, S. Jafari, ve E. Assadpour, "Encapsulation of olive leaf phenolics within electrosprayed whey protein nanoparticles; production and characterization," *Food Hydrocolloids*, vol. 101, p. 105572, 12/01 2019.
- [102] S. Ghasemi, S. M. Jafari, E. Assadpour, ve M. Khomeiri, "Production of pectin-whey protein nano-complexes as carriers of orange peel oil," *Carbohydrate Polymers*, vol. 177, pp. 369-377, 2017/12/01/ 2017.
- [103] R. Sadeghi, L. Mehryar, M. Karimi, ve J. Kokini, "11 - Nanocapsule formation by individual biopolymer nanoparticles," in *Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries*, S. M. Jafari, Ed.: Academic Press, 2017, pp. 404-446.
- [104] K. S. Soppimath, T. M. Aminabhavi, A. R. Kulkarni, ve W. E. Rudzinski, "Biodegradable polymeric nanoparticles as drug delivery devices," *Journal of controlled release*, vol. 70, no. 1-2, pp. 1-20, 2001.
- [105] I. J. Joye ve D. J. McClements, "Production of nanoparticles by anti-solvent precipitation for use in food systems," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 34, no. 2, pp. 109-123, 2013/12/01/ 2013.
- [106] İ. Gülseren, Y. Fang, ve M. Corredig, "Complexation of high methoxyl pectin with ethanol desolvated whey protein nanoparticles: physico-chemical properties and encapsulation behaviour," *Food & Function*, 10.1039/C2FO10235H vol. 3, no. 8, pp. 859-866, 2012.
- [107] U. Hatkar ve P. Gogate, "Process intensification of anti-solvent crystallization of salicylic acid using ultrasonic irradiations," *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, vol. s 57-58, pp. 16-24, 07/01 2012.
- [108] T. Jiang, N. Han, B. Zhao, Y. Xie, ve S. Wang, "Enhanced dissolution rate and oral bioavailability of simvastatin nanocrystal prepared by

- sonoprecipitation," *Drug Development and Industrial Pharmacy*, vol. 38, no. 10, pp. 1230-1239, 2012/10/01 2012.
- [109] L.-M. Zhao *vd.*, "Preparation and application of chitosan nanoparticles and nanofibers," *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, vol. 28, pp. 353-362, 09/01 2011.
- [110] M.-H. Wu, L. Zhu, Z.-Z. Zhou, ve Y.-Q. Zhang, "Coimmobilization of Naringinases on Silk Fibroin Nanoparticles and Its Application in Food Packaging," *Journal of Nanoparticles*, vol. 2013, p. 901401, 2013/01/14 2013.
- [111] P. Wu *vd.*, "Facile Preparation of Paclitaxel Loaded Silk Fibroin Nanoparticles for Enhanced Antitumor Efficacy by Locoregional Drug Delivery," *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 5, no. 23, pp. 12638-12645, 2013/12/11 2013.
- [112] S. Rahaiee, M. Zare, ve S. Jafari, "Nanostructures of silk fibroin for encapsulation of food ingredients," 2019, pp. 305-331.
- [113] M. Koubaa, H. Mhemdi, Q. Sanlaville, ve E. Vorobiev, "Recovery of Oil, Erucic Acid, and Phenolic Compounds from Rapeseed and Rocket Seeds," *Chemical Engineering & Technology*, <https://doi.org/10.1002/ceat.201500444> vol. 39, no. 8, pp. 1431-1437, 2016/08/01 2016.
- [114] G. Kutlu, A. Akcicek, F. Bozkurt, S. Karasu, ve Z. H. Tekin-Cakmak, "Rocket seed (*Eruca sativa* Mill) gum: physicochemical and comprehensive rheological characterization," *Food Science and Technology*, vol. 42, 06/23 2022.
- [115] T. N. A. Nail, M. M. Ali, ve E. R. A. Salim, "Phytochemical Studies on Sudanese Rocket(*Eruca sativa*) Seeds and Oil constituents," *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, vol. 5, 2017.
- [116] A. Koocheki, S. Razavi, ve M. A. Hesarinejad, "Effect of Extraction Procedures on Functional Properties of *Eruca sativa* Seed Mucilage," *Food Biophysics*, vol. 7, 03/01 2011.
- [117] C. Akgül, A. Akcicek, A. Karadağ, ve S. Karasu, "Formulation optimization of low-fat emulsion stabilized by rocket seed (*Eruca Sativa* Mill) gum as novel natural fat replacer: effect on steady, dynamic and thixotropic behavior," *Acta Scientiarum. Technology*, vol. 44, pp. e56006-e56006, 2022.
- [118] G. Garg ve V. Sharma, "*Eruca sativa* (L.): Botanical Description, Crop Improvement, and Medicinal Properties," *Journal of Herbs*, vol. 20, 02/14 2014.
- [119] Y. Ragab, "Spirulina platensis Alleviating Effect To Rocket Plant (*Eruca Vesicaria*) Grown On A Pb-Polluted Soil," *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, vol. 59, pp. 151-160, 03/01 2021.
- [120] R. Ayerza, "The Seed's Protein and Oil Content, Fatty Acid Composition, and Growing Cycle Length of a Single Genotype of Chia (*Salvia hispanica* L.) as

Affected by Environmental Factors," *Journal of oleo science*, vol. 58, pp. 347-54, 06/02 2009.

- [121] R. d. S. Marineli, É. A. Moraes, S. A. Lenquiste, A. T. Godoy, M. N. Eberlin, ve M. R. Maróstica Jr, "Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.)," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 59, no. 2, Part 2, pp. 1304-1310, 2014/12/01/ 2014.
- [122] L. A. Muñoz, A. Cobos, O. Diaz, ve J. M. Aguilera, "Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food," *Food Reviews International*, vol. 29, no. 4, pp. 394-408, 2013/10/02 2013.
- [123] P. Porras, T. Jiménez, M. Sosa-Morales, E. Palou, ve A. López-Malo, "Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 49, 02/01 2014.
- [124] H. Olaleye, T. Oresanya, ve B. Bello, "Physicochemical, Textural, Rheological and Sensory Properties of Chia Seed-Cashew Nut Spread," *Journal of Culinary Science & Technology*, pp. 1-11, 05/26 2021.
- [125] M. I. Capitani, V. Spotorno, S. M. Nolasco, ve M. C. Tomás, "Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 45, no. 1, pp. 94-102, 2012/01/01/ 2012.
- [126] S. S. Fernandes, C. Prentice, ve M. d. I. M. Salas-Mellado, "Chia Seed (*Salvia hispanica*)," in *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*, B. Tanwar and A. Goyal, Eds. Singapore: Springer Singapore, 2021, pp. 285-303.
- [127] Y. P. Timilsena, R. Adhikari, S. Kasapis, ve B. Adhikari, "Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds," *Carbohydrate polymers*, vol. 136, pp. 128-136, 2016.
- [128] Y. P. Timilsena, B. Wang, R. Adhikari, ve B. Adhikari, "Preparation and characterization of chia seed protein isolate–chia seed gum complex coacervates," *Food Hydrocolloids*, vol. 52, pp. 554-563, 2016/01/01/ 2016.
- [129] L. A. Muñoz, A. Cobos, O. Diaz, ve J. M. Aguilera, "Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration," *Journal of Food Engineering*, vol. 108, no. 1, pp. 216-224, 2012/01/01/ 2012.
- [130] D. McClements, "Critical Review of Techniques and Methodologies for Characterization of Emulsion Stability," *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 47, pp. 611-49, 02/01 2007.
- [131] Z. Ma ve J. I. Boye, "Advances in the Design and Production of Reduced-Fat and Reduced-Cholesterol Salad Dressing and Mayonnaise: A Review," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 648-670, 2013/03/01 2013.
- [132] M. Taslikh, N. Mollakhalili-Meybodi, A. M. Alizadeh, M.-M. Mousavi, K. Nayebzadeh, ve A. M. Mortazavian, "Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion," *Journal of Food Science and Technology*, 2021/05/28 2021.

- [133] M. Ariizumi, M. Kubo, A. Handa, T. Hayakawa, K. Matsumiya, ve Y. Matsumura, "Influence of processing factors on the stability of model mayonnaise with whole egg during long-term storage," *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, vol. 81, pp. 1-9, 01/25 2017.
- [134] L. E. Low, S. P. Siva, Y. K. Ho, E. S. Chan, ve B. T. Tey, "Recent advances of characterization techniques for the formation, physical properties and stability of Pickering emulsion," *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 277, p. 102117, 2020/03/01/ 2020.
- [135] D. J. F. E. P. McClements, Practice, and Techniques. CRC Press Inc., Boca Raton.
- [136] I. M. Al-aubadi, "Preparation of Healthy Mayonnaise by Using Plant and Animal Gums as Oil Replacer," *Systematic Reviews in Pharmacy*, vol. 12, pp. 1142-1150, 2021.
- [137] H. Kwon, J. Ko, ve H. Shin, "Evaluation of antioxidant activity and oxidative stability of spice-added mayonnaise," *Food Science and Biotechnology*, vol. 24, pp. 1285-1292, 08/01 2015.
- [138] S. Shaygannia, M. R. Eshaghi, M. Fazel, ve M. Hashemiravan, "The Effect of Microencapsulation of Phenolic Compounds from Lemon Waste by Persian and Basil Seed Gums on the Chemical and Microbiological Properties of Mayonnaise," (in eng), *Preventive nutrition and food science*, vol. 26, no. 1, pp. 82-91, 2021.
- [139] B. Halliwell, "Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and in vivo studies?," *Archives of Biochemistry and Biophysics*, vol. 476, no. 2, pp. 107-112, 2008/08/15/ 2008.
- [140] R. Romeo, A. De Bruno, A. Piscopo, M. Brenes, ve M. Poiana, "Effects of Phenolic Enrichment on Antioxidant Activity of Mayonnaise," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 87, pp. 127-132, 2021.
- [141] Y. He vd., "Standardization of Aquafaba Production and Application in Vegan Mayonnaise Analogs," *Foods*, vol. 10, no. 9, p. 1978, 2021.
- [142] M. Bautista Villarreal vd., "Comparative reduction of egg yolk cholesterol using anionic chelating agents," *Molecules*, vol. 23, no. 12, p. 3204, 2018.
- [143] F. Boukid ve M. Gagaoua, "Vegan Egg: A Future-Proof Food Ingredient?," *Foods*, vol. 11, no. 2, p. 161, 2022.
- [144] S. Ghazaei, M. Mizani, Z. Piravi-Vanak, ve M. Alimi, "Particle size and cholesterol content of a mayonnaise formulated by OSA-modified potato starch," *Food science and technology*, vol. 35, pp. 150-156, 2015.
- [145] M. Mirzanajafi-Zanjani, M. Yousefi, ve A. Ehsani, "Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce," *Food science & nutrition*, vol. 7, no. 8, pp. 2471-2484, 2019.
- [146] V. Nikzade, M. M. Tehrani, ve M. Saadatmand-Tarzjan, "Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and

- some stabilizer by a mixture design approach," *Food Hydrocolloids*, vol. 28, no. 2, pp. 344-352, 2012.
- [147] V. Raikos, H. Hayes, ve H. Ni, "Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: recipe optimisation and storage stability," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 55, no. 5, pp. 1935-1942, 2020.
 - [148] J.-C. Caubet ve J. Wang, "Current understanding of egg allergy," *Pediatric Clinics*, vol. 58, no. 2, pp. 427-443, 2011.
 - [149] X. Liu, J. Guo, Z.-L. Wan, Y.-Y. Liu, Q.-J. Ruan, ve X.-Q. Yang, "Wheat gluten-stabilized high internal phase emulsions as mayonnaise replacers," *Food Hydrocolloids*, vol. 77, pp. 168-175, 2018.
 - [150] R. Xiong, G. Xie, ve A. Edmondson, "The fate of Salmonella enteritidis PT4 in home-made mayonnaise prepared with citric acid," *Letters in applied microbiology*, vol. 28, no. 1, pp. 36-40, 1999.
 - [151] Z. Lu vd., "A novel cholesterol-free mayonnaise made from Pickering emulsion stabilized by apple pomace particles," *Food Chemistry*, vol. 353, p. 129418, 2021/08/15/ 2021.
 - [152] T. Lafarga, S. Villaró, G. Bobo, ve I. Aguiló-Aguayo, "Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology," *International Journal of Gastronomy and Food Science*, vol. 18, p. 100177, 2019.
 - [153] M. R. Ali ve R. M. EL Said, "Assessment of the potential of Arabic gum as an antimicrobial and antioxidant agent in developing vegan "egg-free" mayonnaise," *Journal of Food Safety*, vol. 40, no. 2, p. e12771, 2020.
 - [154] R. Smittle, "Microbiological safety of mayonnaise, salad dressings, and sauces produced in the United States: a review," *Journal of food protection*, vol. 63, no. 8, pp. 1144-1153, 2000.
 - [155] F. Boukid, C. M. Rosell, S. Rosene, S. Bover-Cid, ve M. Castellari, "Non-animal proteins as cutting-edge ingredients to reformulate animal-free foodstuffs: Present status and future perspectives," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp. 1-31, 2021.
 - [156] S. Sridharan, M. B. Meinders, J. H. Bitter, ve C. V. Nikiforidis, "Pea flour as stabilizer of oil-in-water emulsions: Protein purification unnecessary," *Food Hydrocolloids*, vol. 101, p. 105533, 2020.
 - [157] M. Yerramilli, N. Longmore, ve S. Ghosh, "Improved stabilization of nanoemulsions by partial replacement of sodium caseinate with pea protein isolate," *Food Hydrocolloids*, vol. 64, pp. 99-111, 2017.
 - [158] M. M. Hashemi vd., "Production and application of lysozyme-gum Arabic conjugate in mayonnaise as a natural preservative and emulsifier," *Polish journal of food and nutrition sciences*, vol. 68, no. 1, 2018.

- [159] L. Ma ve G. V. Barbosa-Cánovas, "Rheological characterization of mayonnaise. Part I: Slippage at different oil and xanthan gum concentrations," *Journal of Food Engineering*, vol. 25, no. 3, pp. 397-408, 1995/01/01/ 1995.
- [160] R. S. Hosseini ve A. Rajaei, "Potential Pickering emulsion stabilized with chitosan-stearic acid nanogels incorporating clove essential oil to produce fish-oil-enriched mayonnaise," *Carbohydrate Polymers*, vol. 241, p. 116340, 2020/08/01/ 2020.
- [161] J. Tang, P. J. Quinlan, ve K. C. Tam, "Stimuli-responsive Pickering emulsions: recent advances and potential applications," *Soft Matter*, 10.1039/C5SM00247H vol. 11, no. 18, pp. 3512-3529, 2015.
- [162] C. Sun, C. Wang, Z. Xiong, ve Y. Fang, "Properties of binary complexes of whey protein fibril and gum arabic and their functions of stabilizing emulsions and simulating mayonnaise," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 68, p. 102609, 2021/03/01/ 2021.
- [163] P. Chivero, S. Gohtani, H. Yoshii, ve A. Nakamura, "Assessment of soy soluble polysaccharide, gum arabic and OSA-Starch as emulsifiers for mayonnaise-like emulsions," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 69, pp. 59-66, 2016/06/01/ 2016.
- [164] M. H. Alu'datt vd., "Preparation of mayonnaise from extracted plant protein isolates of chickpea, broad bean and lupin flour: chemical, physiochemical, nutritional and therapeutic properties," (in eng), *Journal of food science and technology*, vol. 54, no. 6, pp. 1395-1405, 2017.
- [165] Y. Chevalier ve M.-A. Bolzinger, "Emulsions stabilized with solid nanoparticles: Pickering emulsions," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 439, pp. 23-34, 2013/12/20/ 2013.
- [166] C. C. Berton-Carabin ve K. Schroën, "Pickering Emulsions for Food Applications: Background, Trends, and Challenges," *Annual Review of Food Science and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 263-297, 2015/04/10 2015.
- [167] O. S. Jolayemi, N. Stranges, F. Flamminii, E. Casiraghi, ve C. Alamprese, "Influence of free and encapsulated olive leaf phenolic extract on the storage stability of single and double emulsion salad dressings," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 93-105, 2021.
- [168] T. Yang, T.-X. Liu, X.-T. Li, ve C.-H. Tang, "Novel nanoparticles from insoluble soybean polysaccharides of Okara as unique Pickering stabilizers for oil-in-water emulsions," *Food Hydrocolloids*, vol. 94, pp. 255-267, 2019/09/01/ 2019.
- [169] X. Li, J. Li, J. Gong, Y. Kuang, L. Mo, ve T. Song, "Cellulose nanocrystals (CNCs) with different crystalline allomorph for oil in water Pickering emulsions," *Carbohydrate Polymers*, vol. 183, pp. 303-310, 2018/03/01/ 2018.

- [170] X. Lu, Y. Wang, Y. Li, ve Q. Huang, "Assembly of Pickering emulsions using milled starch particles with different amylose/amylopectin ratios," *Food Hydrocolloids*, vol. 84, pp. 47-57, 2018/11/01/ 2018.
- [171] A. L. R. Costa, A. Gomes, ve R. L. Cunha, "One-step ultrasound producing O/W emulsions stabilized by chitosan particles," *Food Research International*, vol. 107, pp. 717-725, 2018/05/01/ 2018.
- [172] P. Trucillo, R. Campardelli, B. Aliakbarian, P. Perego, ve E. Reverchon, "Supercritical assisted process for the encapsulation of olive pomace extract into liposomes," *Journal of Supercritical Fluids The*, vol. 135, pp. 152-159, 05/01 2018.
- [173] A. Mohammadi, S. Jafari, A. Esfanjani, ve S. Akhavan, "Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil," *Food Chemistry*, vol. 190, 06/10 2016.
- [174] F. Flammini, C. Di Mattia, G. Sacchetti, L. Neri, D. Mastrocola, ve P. Pittia, "Physical and Sensory Properties of Mayonnaise Enriched with Encapsulated Olive Leaf Phenolic Extracts," *Foods*, vol. 9, p. 997, 07/24 2020.
- [175] N. n. Sylla, A. Bouyahya, D. Taha, N. Dakka, ve H. Elhajji, "Study of the antioxidant and antidiabetic activity in vitro of free and encapsulated phenolic compounds of olive pomace," *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 36, p. 102126, 2021/09/01/ 2021.
- [176] B. Aliakbarian, M. Paini, R. Adami, P. Perego, ve E. Reverchon, "Use of Supercritical Assisted Atomization to produce nanoparticles from olive pomace extract," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 40, 09/01 2016.
- [177] K. Radić, I. Vinković Vrček, I. Pavicic, ve D. Vitali Čepo, "Cellular Antioxidant Activity of Olive Pomace Extracts: Impact of Gastrointestinal Digestion and Cyclodextrin Encapsulation," *Molecules*, vol. 25, p. 5027, 10/29 2020.
- [178] M. Kesente vd., "Encapsulation of Olive Leaves Extracts in Biodegradable PLA Nanoparticles for Use in Cosmetic Formulation," *Bioengineering*, vol. 4, p. 75, 09/12 2017.
- [179] I. Muzzalupo, G. Badolati, A. Chiappetta, N. Picci, ve R. Muzzalupo, "In vitro Antifungal Activity of Olive (*Olea europaea*) Leaf Extracts Loaded in Chitosan Nanoparticles," *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol. 8, 03/03 2020.
- [180] M. Paini, B. Aliakbarian, A. A. Casazza, A. Lagazzo, R. Botter, ve P. Perego, "Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: A study of operative parameters," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 62, no. 1, Part 1, pp. 177-186, 2015/06/01/ 2015.
- [181] R. González-Ortega, L. Šturm, M. Skrt, C. D. Di Mattia, P. Pittia, ve N. Poklar Ulrih, "Liposomal Encapsulation of Oleuropein and an Olive Leaf Extract: Molecular Interactions, Antioxidant Effects and Applications in Model Food Systems," *Food Biophysics*, vol. 16, no. 1, pp. 84-97, 2021/03/01 2021.

- [182] A. Farrag, H. Zahran, M. Al-Okaby, M. El-Sheikh, ve T. Soliman, "Physicochemical Properties of White Soft Cheese Supplemented With Encapsulated Olive Phenolic Compounds," *Egyptian Journal of Chemistry*, 03/09 2020.
- [183] M. Cornelia, T. Siratantri, ve R. Prawita, "The utilization of extract durian (*Durio zibethinus* L.) seed gum as an emulsifier in vegan mayonnaise," *Procedia Food Science*, vol. 3, pp. 1-18, 2015.
- [184] T. Hijazi, S. Karasu, Z. H. Tekin-Çakmak, ve F. Bozkurt, "Extraction of Natural Gum from Cold-Pressed Chia Seed, Flaxseed, and Rocket Seed Oil By-Product and Application in Low Fat Vegan Mayonnaise," *Foods*, vol. 11, no. 3, p. 363, 2022.
- [185] A. Faridi Esfanjani, E. Assadpour, ve S. M. Jafari, "Improving the bioavailability of phenolic compounds by loading them within lipid-based nanocarriers," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 76, pp. 56-66, 2018/06/01/ 2018.
- [186] S. Mokhtari, S. M. Jafari, ve E. Assadpour, "Development of a nutraceutical nano-delivery system through emulsification/internal gelation of alginate," *Food Chemistry*, vol. 229, pp. 286-295, 2017/08/15/ 2017.
- [187] M. Pateiro vd., "Nanoencapsulation of Promising Bioactive Compounds to Improve Their Absorption, Stability, Functionality and the Appearance of the Final Food Products," (in eng), *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol. 26, no. 6, p. 1547, 2021.
- [188] S. M. Razavi, S. A. Mortazavi, L. Matia-Merino, S. H. Hosseini-Parvar, A. Motamedzadegan, ve E. Khanipour, "Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.)," *International journal of food Science & Technology*, vol. 44, no. 9, pp. 1755-1762, 2009.
- [189] AOAC, "Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists; Washington, DC, USA,," 2000.
- [190] J. Bak ve B. Yoo, "Intrinsic viscosity of binary gum mixtures with xanthan gum and guar gum: Effect of NaCl, sucrose, and pH," *International journal of biological macromolecules*, vol. 111, pp. 77-81, 2018.
- [191] Y. P. Timilsena, R. Adhikari, S. Kasapis, ve B. Adhikari, "Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide," *International journal of biological macromolecules*, vol. 81, pp. 991-999, 2015.
- [192] G. Kutlu, F. Bozkurt, ve F. Tornuk, "Extraction of a novel water-soluble gum from nettle (*Urtica dioica*) seeds: Optimization and characterization," *International journal of biological macromolecules*, vol. 162, pp. 480-489, 2020.
- [193] V. L. Singleton ve J. A. Rossi, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents," *American journal of Enology and Viticulture*, vol. 16, no. 3, pp. 144-158, 1965.

- [194] R. Apak, K. Güçlü, M. Ozyürek, ve S. E. Karademir, "Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method," (in eng), *J Agric Food Chem*, vol. 52, no. 26, pp. 7970-81, Dec 29 2004.
- [195] B. Yoo ve M. A. Rao, "CREEP AND DYNAMIC RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF TOMATO CONCENTRATES: EFFECT OF CONCENTRATION AND FINISHER SCREEN SIZE," *Journal of Texture Studies*, <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00087.x> vol. 27, no. 4, pp. 451-459, 1996/09/01 1996.
- [196] O. S. Toker, S. Karasu, M. T. Yilmaz, ve S. Karaman, "Three interval thixotropy test (3ITT) in food applications: A novel technique to determine structural regeneration of mayonnaise under different shear conditions," *Food Research International*, vol. 70, pp. 125-133, 2015/04/01/ 2015.
- [197] M. Bustamante, B. D. Oomah, M. Rubilar, ve C. Shene, "Effective Lactobacillus plantarum and Bifidobacterium infantis encapsulation with chia seed (*Salvia hispanica* L.) and flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage and soluble protein by spray drying," *Food chemistry*, vol. 216, pp. 97-105, 2017.
- [198] M. A. Nunes vd., "Olive pomace as a valuable source of bioactive compounds: A study regarding its lipid-and water-soluble components," *Science of the total environment*, vol. 644, pp. 229-236, 2018.
- [199] A. Malapert, E. Reboul, M. Loonis, O. Dangles, ve V. Tomao, "Direct and rapid profiling of biophenols in olive pomace by UHPLC-DAD-MS," *Food analytical methods*, vol. 11, no. 4, pp. 1001-1010, 2018.
- [200] S. Chanioti, M. Katsouli, ve C. Tzia, "Novel Processes for the Extraction of Phenolic Compounds from Olive Pomace and Their Protection by Encapsulation," *Molecules*, vol. 26, no. 6, p. 1781, 2021.
- [201] A. Termentzi, M. Halabalaki, ve A. L. Skaltsounis, "6 - From Drupes to Olive Oil: An Exploration of Olive Key Metabolites," in *Olive and Olive Oil Bioactive Constituents*, D. Boskou, Ed.: AOCS Press, 2015, pp. 147-177.
- [202] A. Gomez-Rico, A. M. Inarejos-Garcia, M. D. Salvador, ve G. Fregapane, "Effect of malaxation conditions on phenol and volatile profiles in olive paste and the corresponding virgin olive oils (*Olea europaea* L. Cv. Cornicabra)," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57, no. 9, pp. 3587-3595, 2009.
- [203] T. J. Klen ve B. M. Vodopivec, "The fate of olive fruit phenols during commercial olive oil processing: Traditional press versus continuous two- and three-phase centrifuge," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 49, no. 2, pp. 267-274, 2012.
- [204] F. Behrouzian, S. M. Razavi, ve H. Karazhiyan, "Intrinsic viscosity of cress (*Lepidium sativum*) seed gum: Effect of salts and sugars," *Food Hydrocolloids*, vol. 35, pp. 100-105, 2014.
- [205] F.-Q. Hu, S.-P. Jiang, Y.-Z. Du, H. Yuan, Y.-Q. Ye, ve S. Zeng, "Preparation and characterization of stearic acid nanostructured lipid carriers by solvent

- diffusion method in an aqueous system," *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 45, no. 3, pp. 167-173, 2005/11/10/ 2005.
- [206] H. Karazhiyan vd., "Rheological properties of *Lepidium sativum* seed extract as a function of concentration, temperature and time," *Food Hydrocolloids*, vol. 23, no. 8, pp. 2062-2068, 2009/12/01/ 2009.
- [207] H. Karazhiyan, S. Razavi, G. Phillips, Y. Fang, S. Al-Assaf, ve K. Nishinari, "Physicochemical aspects of hydrocolloid extract from the seeds of *Lepidium Sativum*," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 46, pp. 1066-1072, 03/09 2011.
- [208] C. D. Doan ve S. Ghosh, "Formation and Stability of Pea Proteins Nanoparticles Using Ethanol-Induced Desolvation," (in eng), *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, vol. 9, no. 7, p. 949, 2019.
- [209] J. Jun, H. Nguyen, S.-Y.-R. Paik, H. Chun, B.-C. Kang, ve S. Ko, "Preparation of size-controlled bovine serum albumin (BSA) nanoparticles by a modified desolvation method," *Food Chemistry*, vol. 127, pp. 1892-1898, 08/01 2011.
- [210] C. Li vd., "Preparation and characterization of galactosylated bovine serum albumin nanoparticles for liver-targeted delivery of oridonin," *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 448, no. 1, pp. 79-86, 2013/05/01/ 2013.
- [211] R. Sadeghi vd., "The effect of different desolvating agents on BSA nanoparticle properties and encapsulation of curcumin," *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 16, no. 9, p. 2565, 2014/08/29 2014.
- [212] S. Gao, J. Sun, D. Fu, H. Zhao, M. Lan, ve F. Gao, "Preparation, characterization and pharmacokinetic studies of tacrolimus-dimethyl- β -cyclodextrin inclusion complex-loaded albumin nanoparticles," *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 427, no. 2, pp. 410-416, 2012/05/10/ 2012.
- [213] V. J. Mohanraj ve Y. Chen, "Nanoparticles - A Review," *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, vol. 5, 07/31 2007.
- [214] S. Ghayempour, M. Montazer, ve M. Mahmoudi Rad, "Tragacanth gum as a natural polymeric wall for producing antimicrobial nanocapsules loaded with plant extract," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 81, pp. 514-520, 2015/11/01/ 2015.
- [215] M. C. Pereira vd., "Effect of nanoencapsulation using PLGA on antioxidant and antimicrobial activities of guabiroba fruit phenolic extract," *Food Chemistry*, vol. 240, pp. 396-404, 2018/02/01/ 2018.
- [216] A. Mohammadi, M. Hashemi, ve S. Masoud Hosseini, "Effect of chitosan molecular weight as micro and nanoparticles on antibacterial activity against some soft rot pathogenic bacteria," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 71, pp. 347-355, 2016/09/01/ 2016.
- [217] M. J. Perduca, M. J. Spotti, L. G. Santiago, M. A. Judis, A. C. Rubiolo, ve C. R. Carrara, "Rheological characterization of the hydrocolloid from *Gleditsia amorphoides* seeds," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 51, no. 1, pp. 143-147, 2013.

- [218] R. Mainardes ve R. Evangelista, "Praziquantel-loaded PLGA nanoparticles: preparation and characterization," *Journal of microencapsulation*, vol. 22, no. 1, pp. 13-24, 2005.
- [219] A. González, M. L. Martínez, A. J. Paredes, A. E. León, ve P. D. Ribotta, "Study of the preparation process and variation of wall components in chia (*Salvia hispanica* L.) oil microencapsulation," *Powder Technology*, vol. 301, pp. 868-875, 2016.
- [220] I. J. Joye, G. Davidov-Pardo, ve D. J. McClements, "Encapsulation of resveratrol in biopolymer particles produced using liquid antisolvent precipitation. Part 2: Stability and functionality," *Food Hydrocolloids*, vol. 49, pp. 127-134, 2015.
- [221] A. S. Doost, D. R. A. Muhammad, C. V. Stevens, K. Dewettinck, ve P. Van der Meeren, "Fabrication and characterization of quercetin loaded almond gum-shellac nanoparticles prepared by antisolvent precipitation," *Food Hydrocolloids*, vol. 83, pp. 190-201, 2018.
- [222] I. Mourtzinou, F. Salta, K. Yannakopoulou, A. Chiou, ve V. T. Karathanos, "Encapsulation of olive leaf extract in β -cyclodextrin," *J. of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 55, no. 20, pp. 8088-8094, 2007.
- [223] P. Filipa ve S. Lúcia, "Encapsulation of the Antioxidant Tyrosol and Characterization of Loaded Microparticles: An Integrative Approach on the Study of the Polymer-Carriers and Loading Contents," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 13, no. 5, pp. 764-785, 2020.
- [224] H. Pool vd., "Antioxidant effects of quercetin and catechin encapsulated into PLGA nanoparticles," *Journal of nanomaterials*, vol. 2012, 2012.
- [225] K. K. T. Goh, L. Matia-Merino, J. H. Chiang, R. Quek, S. J. B. Soh, ve R. G. Lentle, "The physico-chemical properties of chia seed polysaccharide and its microgel dispersion rheology," *Carbohydrate Polymers*, vol. 149, pp. 297-307, 2016/09/20/ 2016.
- [226] E. Bahreini, K. Aghaiypour, R. Abbasalipourkabir, A. R. Mokarram, M. T. Goodarzi, ve M. Saidijam, "Preparation and nanoencapsulation of L-asparaginase II in chitosan-tripolyphosphate nanoparticles and in vitro release study," *Nanoscale research letters*, vol. 9, no. 1, pp. 1-13, 2014.
- [227] H. Rajabi, S. M. Jafari, G. Rajabzadeh, M. Sarfarazi, ve S. Sedaghati, "Chitosan-gum Arabic complex nanocarriers for encapsulation of saffron bioactive components," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 578, p. 123644, 2019.
- [228] W. Wu, X. Kong, C. Zhang, Y. Hua, Y. Chen, ve X. Li, "Fabrication and characterization of resveratrol-loaded gliadin nanoparticles stabilized by gum Arabic and chitosan hydrochloride," *LWT*, vol. 129, p. 109532, 2020.
- [229] H. Chen ve Q. Zhong, "Processes improving the dispersibility of spray-dried zein nanoparticles using sodium caseinate," *Food Hydrocolloids*, vol. 35, pp. 358-366, 2014.

- [230] S. Shaygannia, M. R. Eshaghi, M. Fazel, ve M. Hashemiravan, "Phenolic compounds and antioxidant activities of lemon wastes affected by microencapsulation using coatings of Arabic, Persian, and basil seed gums," *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 15, no. 2, pp. 1452-1462, 2021.
- [231] J. Wang, S. Hu, S. Nie, Q. Yu, ve M. Xie, "Reviews on mechanisms of in vitro antioxidant activity of polysaccharides," *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2016, 2016.
- [232] C. Malsawmtluangi vd., "Physicochemical characteristics and antioxidant activity of *Prunus cerasoides* D. Don gum exudates," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 69, pp. 192-199, 2014.
- [233] M. Ahmed, M. S. Akter, J.-C. Lee, ve J.-B. Eun, "Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 43, no. 9, pp. 1307-1312, 2010.
- [234] M. Soleimanifar, S. M. Jafari, E. Assadpour, ve A. Mirarab, "Electrosprayed whey protein nanocarriers containing natural phenolics; thermal and antioxidant properties, release behavior and stability," *Journal of Food Engineering*, vol. 307, p. 110644, 2021/10/01/ 2021.
- [235] F. S. AKSOY, Z. H. TEKIN-CAKMAK, S. KARASU, ve A. S. AKSOY, "Oxidative stability of the salad dressing enriched by microencapsulated phenolic extracts from cold-pressed grape and pomegranate seed oil by-products evaluated using OXITEST," *Food Science and Technology*, 2021.
- [236] T. Waraho, D. J. McClements, ve E. A. Decker, "Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions," *Trends in food science & technology*, vol. 22, no. 1, pp. 3-13, 2011.
- [237] I. Peres, S. Rocha, J. Gomes, S. Morais, M. C. Pereira, ve M. Coelho, "Preservation of catechin antioxidant properties loaded in carbohydrate nanoparticles," *Carbohydrate Polymers*, vol. 86, no. 1, pp. 147-153, 2011.
- [238] N. Klaochanpong, S. Pancha-arnon, D. Uttapap, C. Puttanlek, ve V. Rungsardthong, "Octenyl succinylation of granular and debranched waxy starches and their application in low-fat salad dressing," *Food Hydrocolloids*, vol. 66, pp. 296-306, 2017/05/01/ 2017.
- [239] D. Savaghebi, M. Ghaderi-Ghahfarokhi, ve M. Barzegar, "Encapsulation of *Sargassum boveanum* Algae Extract in Nano-liposomes: Application in Functional Mayonnaise Production," *Food and Bioprocess Technology*, vol. 14, no. 7, pp. 1311-1325, 2021/07/01 2021.
- [240] S. S. Fernandes ve M. d. I. M. S. Mellado, "Development of Mayonnaise with Substitution of Oil or Egg Yolk by the Addition of Chia (*Salvia Hispânica* L.) Mucilage," *Journal of Food Science*, vol. 83, no. 1, pp. 74-83, 2018.
- [241] P. Unnikrishnan vd., "Protein hydrolysate from yellowfin tuna red meat as fortifying and stabilizing agent in mayonnaise," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 57, no. 2, pp. 413-425, 2020.

- [242] D. Mirsadeghi Darabi, P. Ariaii, R. Safari, ve M. Ahmadi, "Effect of clover sprouts protein hydrolysates as an egg substitute on physicochemical and sensory properties of mayonnaise," *Food Science & Nutrition*, vol. 10, no. 1, pp. 253-263, 2022.
- [243] S. Sukkwai, P. Chonpracha, K. Kijroongrojana, ve W. Prinyawiwatkul, "Influences of a natural colourant on colour and salty taste perception, liking, emotion and purchase intent: a case of mayonnaise-based dipping sauces," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 52, no. 10, pp. 2256-2264, 2017.
- [244] M. Rayner, A. Timgren, M. Sjöö, ve P. Dejmek, "Quinoa starch granules: a candidate for stabilising food-grade Pickering emulsions," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.5610> vol. 92, no. 9, pp. 1841-1847, 2012/07/01 2012.
- [245] Z. Lu, F. Ye, G. Zhou, R. Gao, D. Qin, ve G. Zhao, "Micronized apple pomace as a novel emulsifier for food O/W Pickering emulsion," *Food Chemistry*, vol. 330, p. 127325, 2020/11/15/ 2020.
- [246] Z. Chen vd., "Fabrication and characterization of Pickering emulsions stabilized by desalted duck egg white nanogels and sodium alginate," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, <https://doi.org/10.1002/jsfa.11427> vol. n/a, no. n/a, 2021/07/24 2021.
- [247] M. Yildirim, G. Sumnu, ve S. Sahin, "Rheology, particle-size distribution, and stability of low-fat mayonnaise produced via double emulsions," *Food Science and Biotechnology*, vol. 25, no. 6, pp. 1613-1618, 2016.
- [248] A. Laca, M. Sáenz, B. Paredes, ve M. Díaz, "Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent," *Journal of Food Engineering*, vol. 97, no. 2, pp. 243-252, 2010.
- [249] J. Moros, J. Franco, ve C. Gallegos, "Rheological properties of cholesterol-reduced, yolk-stabilized mayonnaise," *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 79, no. 8, pp. 837-843, 2002.
- [250] V. Giacintucci, C. Di Mattia, G. Sacchetti, L. Neri, ve P. Pittia, "Role of olive oil phenolics in physical properties and stability of mayonnaise-like emulsions," *Food Chemistry*, vol. 213, pp. 369-377, 2016/12/15/ 2016.
- [251] J. Depree ve G. Savage, "Physical and flavour stability of mayonnaise," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 12, no. 5-6, pp. 157-163, 2001.
- [252] D. Felix da Silva, L. Bettera, R. Ipsen, ve A. B. Hougaard, "Cheese powders as emulsifier in mayonnaise," *LWT*, vol. 151, p. 112188, 2021/11/01/ 2021.
- [253] I. N. Hayati, Y. B. Che Man, C. P. Tan, ve I. N. Aini, "Stability and rheology of concentrated O/W emulsions based on soybean oil/palm kernel olein blends," *Food Research International*, vol. 40, no. 8, pp. 1051-1061, 2007/10/01/ 2007.

- [254] N. Ozdemir, A. Bayrak, T. Tat, Z. N. Yanık, F. Altay, ve A. K. Halkman, "Fabrication and characterization of basil essential oil microcapsule-enriched mayonnaise and its antimicrobial properties against *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium*," *Food Chemistry*, vol. 359, p. 129940, 2021/10/15/ 2021.
- [255] S. P. Ng, O. M. Lai, F. Abas, H. K. Lim, ve C. P. Tan, "Stability of a concentrated oil-in-water emulsion model prepared using palm olein-based diacylglycerol/virgin coconut oil blends: Effects of the rheological properties, droplet size distribution and microstructure," *Food Research International*, vol. 64, pp. 919-930, 2014/10/01/ 2014.
- [256] Y. Wang, F. Ye, J. Liu, Y. Zhou, L. Lei, ve G. Zhao, "Rheological nature and dropping performance of sweet potato starch dough as influenced by the binder pastes," *Food Hydrocolloids*, vol. 85, pp. 39-50, 2018/12/01/ 2018.
- [257] M. Pinelo, A. Arnous, ve A. S. Meyer, "Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 17, no. 11, pp. 579-590, 2006/11/01/ 2006.
- [258] P. Liu, W. Li, Z. Hu, X. Qin, ve G. Liu, "Isolation, purification, identification, and stability of anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr," *LWT*, vol. 126, p. 109334, 2020/05/01/ 2020.
- [259] F. Yang, J. Yang, S. Qiu, W. Xu, ve Y. Wang, "Tannic acid enhanced the physical and oxidative stability of chitin particles stabilized oil in water emulsion," *Food Chemistry*, vol. 346, p. 128762, 2021.
- [260] Z. Huang vd., "Utilizing protein-polyphenol molecular interactions to prepare moringa seed residue protein/tannic acid Pickering stabilizers," *LWT*, vol. 154, p. 112814, 2022/01/15/ 2022.
- [261] A. Dehghan Manshadi, S. H. Peighambaroust, S. Azadmard-Damirchi, ve M. Niakosari, "Oxidative and physical stability, rheological properties and sensory characteristics of 'salad dressing' samples formulated with flaxseed oil and n-OSA starch," *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 13, no. 1, pp. 26-33, 2019/03/01 2019.
- [262] H. C. F. Carneiro, R. V. Tonon, C. R. F. Grosso, ve M. D. Hubinger, "Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials," *Journal of Food Engineering*, vol. 115, no. 4, pp. 443-451, 2013/04/01/ 2013.
- [263] X. Zhang, J. Zhou, J. Chen, B. Li, Y. Li, ve S. Liu, "Edible foam based on pickering effect of bacterial cellulose nanofibrils and soy protein isolates featuring interfacial network stabilization," *Food Hydrocolloids*, vol. 100, p. 105440, 2020/03/01/ 2020.
- [264] S. G. Rudra, E. Hanan, V. R. Sagar, R. Bhardwaj, S. Basu, ve V. Sharma, "Manufacturing of mayonnaise with pea pod powder as a functional

- ingredient," *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 14, no. 5, pp. 2402-2413, 2020/10/01 2020.
- [265] S. Li *vd.*, "Edible mayonnaise-like Pickering emulsion stabilized by pea protein isolate microgels: Effect of food ingredients in commercial mayonnaise recipe," *Food Chemistry*, vol. 376, p. 131866, 2022/05/15/ 2022.
- [266] A. R. Patel ve K. Dewettinck, "Comparative evaluation of structured oil systems: Shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel," *European journal of lipid science and technology*, vol. 117, no. 11, pp. 1772-1781, 2015.
- [267] P. A. Williams ve G. O. Phillips, "1 - Introduction to food hydrocolloids," in *Handbook of Hydrocolloids (Second Edition)*, G. O. Phillips and P. A. Williams, Eds.: Woodhead Publishing, 2009, pp. 1-22.
- [268] M. Sikora, N. Badrie, A. Deisingh, ve S. Kowalski, "Sauces and Dressings: A Review of Properties and Applications," *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 48, pp. 50-77, 02/01 2008.
- [269] J. Li *vd.*, "Enhancing the oxidative stability of algal oil powders stabilized by egg yolk granules/lecithin composites," *Food Chemistry*, vol. 345, p. 128782, 2021/05/30/ 2021.
- [270] C. Nimalaratne ve J. Wu, "Hen Egg as an Antioxidant Food Commodity: A Review," *Nutrients*, vol. 7, no. 10, 2015.
- [271] H. Sugino *vd.*, "Antioxidative Activity of Egg Yolk Phospholipids," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 45, no. 3, pp. 551-554, 1997/03/01 1997.
- [272] W. Stahl ve H. Sies, "Antioxidant activity of carotenoids," *Molecular Aspects of Medicine*, vol. 24, no. 6, pp. 345-351, 2003/12/01/ 2003.
- [273] S. Jung, K. C. Nam, D. U. Ahn, H. J. Kim, ve C. Jo, "Effect of phosvitin on lipid and protein oxidation in ground beef treated with high hydrostatic pressure," *Meat Science*, vol. 95, no. 1, pp. 8-13, 2013/09/01/ 2013.
- [274] E. Armaforte, L. Hopper, ve G. Stevenson, "Preliminary investigation on the effect of proteins of different leguminous species (*Cicer arietinum*, *Vicia faba* and *Lens culinaris*) on the texture and sensory properties of egg-free mayonnaise," *LWT*, vol. 136, p. 110341, 2021/01/01/ 2021.
- [275] M. U. Khalid *vd.*, "Effect of Apple peel as an antioxidant on the quality characteristics and oxidative stability of mayonnaise," *Applied Food Research*, vol. 1, no. 2, p. 100023, 2021/12/01/ 2021.
- [276] L. Alizadeh, K. Abdolmaleki, K. Nayebzadeh, ve R. Shahin, "Effects of tocopherol, rosemary essential oil and *Ferulago angulata* extract on oxidative stability of mayonnaise during its shelf life: A comparative study," *Food Chemistry*, vol. 285, pp. 46-52, 2019/07/01/ 2019.

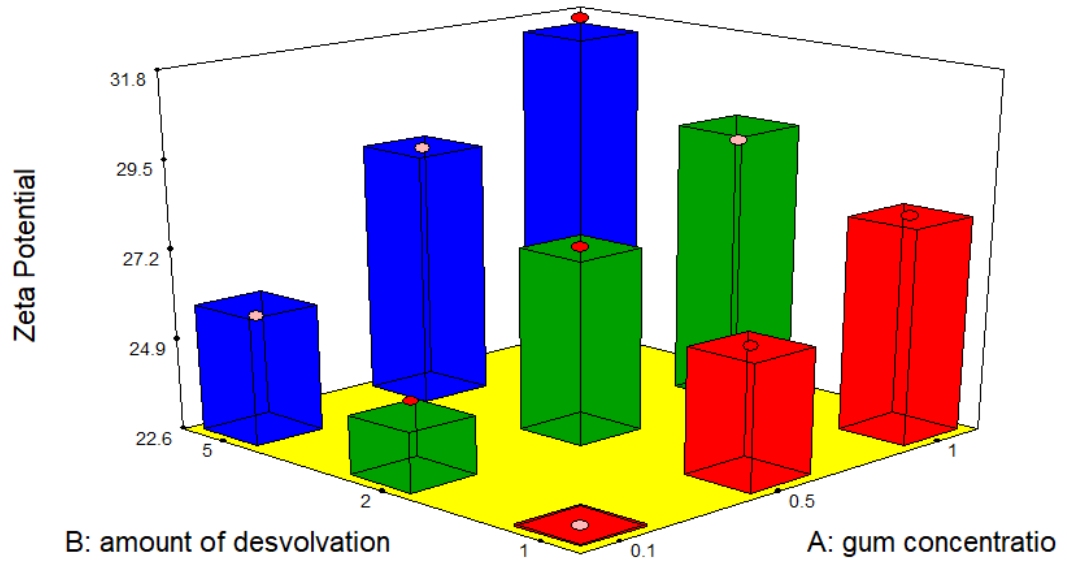
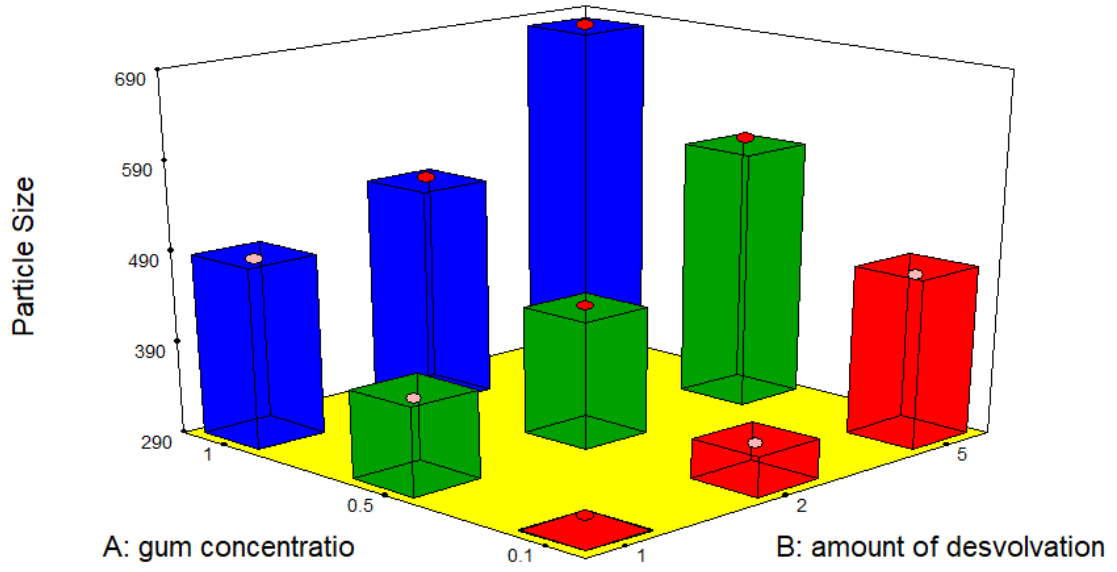
OPTİMUM NANOPARTİKÜL PARAMETRELERİ

Optimum Gam Nanopartikül Üretim Parametreleri

Faktörler		Seviye		
		-1	0	1
X ₁	Gam Konsantrasyon (%)	0,1	0,5	1
X ₂	Desolvasyon ajanı (ml)	1	2	5

Roka Tohumu Gam Nanopartikülleri için Optimum Üretim Parametreleri

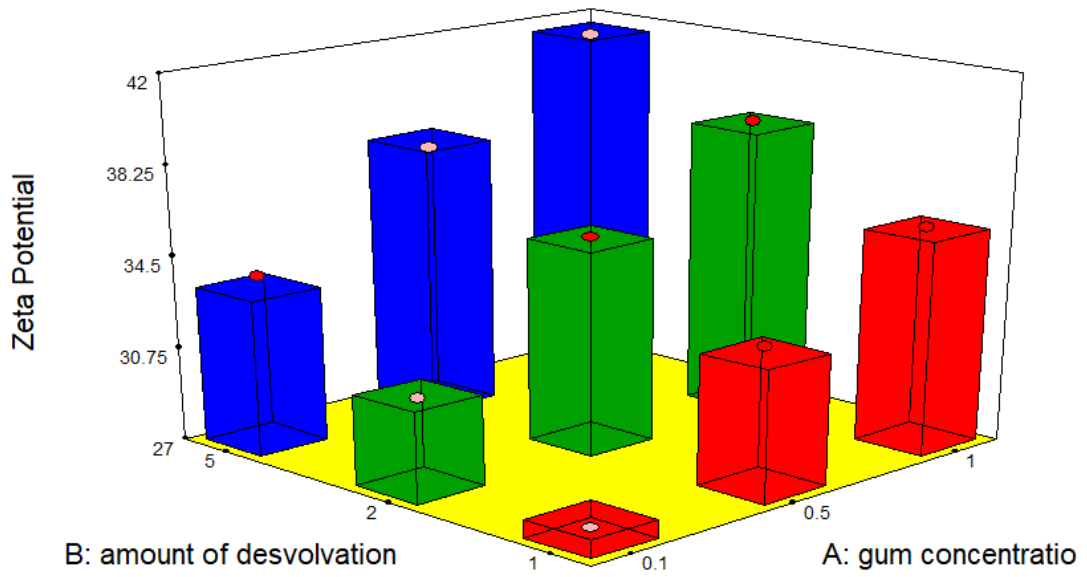
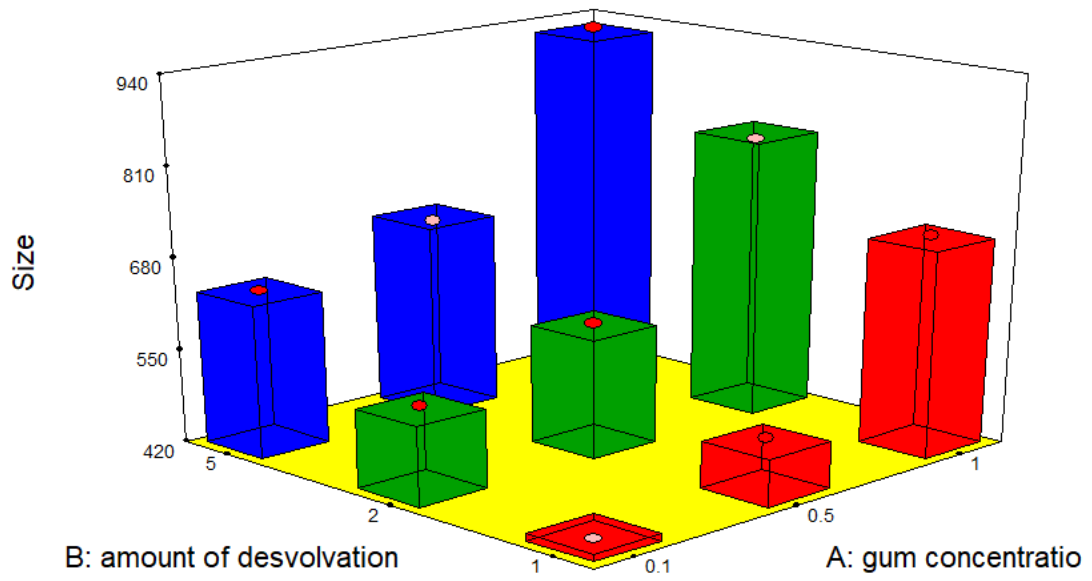
X ₁	X ₂	Partikül (nm)	Boyutu	Zeta (mV)	Potansiyeli
0,1	5	470,1		26,3	
0,1	1	305,5		22,6	
0,5	5	584,9		30,1	
0,5	1	379,6		25,9	
1	2	540,1		29,3	
0,1	2	329		24,2	
1	1	486,8		28,2	
0,5	2	435		27,6	
1	5	681,5		32,4	



Desirability değerine göre minimum partikül boyutu ve ortalama zeta potansiyeli baz alınarak nanopartikül konsantrasyonu %0,1 ve desolvasyon ajanı 1 ml olarak belirlenmiştir. Design expert programı boyut değerini 290,778 nm ve zeta potansiyeli 22,64 olarak vermiştir. (Desirability= 1).

Chia Tohumu Gam Nanopartikülleri için Optimum Üretim Parametreleri

X ₁	X ₂	Partikül (nm)	Boyutu	Zeta (mV)	Potansiyeli
0,1	5	641,2		33,9	
0,1	1	422,9		27,4	
0,5	5	689,35		37,8	
0,5	1	491,6		32,7	
1	2	809,4		38,9	
0,1	2	537,9		30,6	
1	1	719		35,9	
0,5	2	594,6		35,5	
1	5	930,45		41,4	



Desirability değerine göre minimum partikül boyutu ve ortalama zeta potansiyeli baz alınarak nanopartikül konsantrasyonu %0,1 ve desolvasyon ajanı 1 ml olarak belirlenmiştir. Design expert programı boyut değerini 430,011 nm ve zeta potansiyeli 27,73 olarak vermiştir. (Desirability= 0,986).

Konferans Bildirileri

1. **A. Akcicek**, S.Karasu, F.Bozkurt ve C.Akgül, "Nanoencapsulation of Recovery Antioxidants from Cold Pressed Olive Pomace By Using Rocket Seed and Chia Seed Gum, " CUKUROVA 6TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCHES CONFERENCE 5 - 6 March 2021 / ADANA, TURKEY (Sözlü Sunum)

Makaleler

1. **A. Akcicek**, F. Bozkurt, C. Akgül, ve S. Karasu, "Encapsulation of Olive Pomace Extract in Rocket Seed Gum and Chia Seed Gum Nanoparticles: Characterization, Antioxidant Activity and Oxidative Stability," Foods, vol. 10, no. 8, p. 1735, 2021.