T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ROKA TOHUM GAMI KULLANILARAK OLUŞTURULAN DÜŞÜK YAĞLI SALATA SOSU EMÜLSİYONUNUN REOLOJİK KARAKTERİZASYONU

Cansu AKGÜL

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Salih KARASU

Haziran, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ROKA TOHUM GAMI KULLANILARAK OLUŞTURULAN DÜŞÜK YAĞLI SALATA SOSU EMÜLSİYONUNUN REOLOJİK KARAKTERİZASYONU

Cansu AKGÜL tarafından hazırlanan tez çalışması 23.06.2023 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. Ayşe KARADAĞ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Mustafa YAMAN, Üye
Sebahattin Zaim Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Salih KARASU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Roka Tohum Gamı Kullanarak Üretilen Az Yağlı Salata Sosu Emülsiyonlarının Reolojik Karakterizasyonu, Stabilitesi ve Formülasyon Optimizasyonu 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.

Cansu AKGÜL

İmza

Aileme

ve

biricik İnci'me

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam boyunca akademik bilgi ve deneyimini benimle paylaşan ve her zaman desteğini hissettiğim danışman hocam Doç Dr. Salih KARASU'ya saygı ve sevgilerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca analizlerin yürütülmesinde katkı sağlayan, Öğr. Gör. Dr. Alican AKÇİÇEK'e, Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK'a, Laboratuvar asistanı Seda KİRAZ'a;

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

Tezimin değerlendirmesini sağlayacak saygıdeğer jüri üyelerim Prof. Dr. Ümit GEÇGEL'e, Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ'a, Doç. Dr. Mustafa YAMAN'a, Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK'a;

Her daim motivasyonum olan canım kızım İnci AKGÜL'e ve manevi desteği ile yanımda olan eşim Ahmet Can AKGÜL'e, annem Elmasiye PEHLİVAN'a, babam İbrahim PEHLİVAN'a ve kayınvalidem Nilnur ŞAMANER'e; sonsuz teşekkür ederim.

Cansu AKGÜL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ x
TABLO LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiv
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti ... 1
1.1.1 Emülsiyonların Genel Özellikleri ... 4
1.1.2 Salata Sosu Çeşitleri ... 5
1.2 Salata Sosu Bileşenleri ve Etkileşimleri ... 7
1.2.1 Su ... 7
1.2.2 Bitkisel Yağlar ... 8
1.2.3 Emülgatörler ... 9
1.2.4 Yağ İkame Ediciler ... 16
1.2.5 Asitlendiriciler ... 27
1.2.6 Tuzlar ve Şeker ... 28
1.2.7 Baharatlar ... 28
1.2.8 Koruyucular ... 29
1.2.9 Antioksidanlar ... 29
1.2.10 Renklendiriciler ... 30
1.3 Salata Soslarının Kalite Parametreleri ... 30
1.3.1 Salata Solarının Reolojik Özellikleri ... 30
1.3.2 Salata Soslarının Stabilite Özellikleri ... 34
1.3.3 Salata Soslarının Mikroyapısal Özellikleri ... 37
1.4 Tezin Amacı ... 39
1.5 Hipotez ... 40
2 MATERYAL VE YÖNTEMLER 41
2.1 Materyal ... 41
2.2 Yöntemler ... 41
2.2.1 RSG Üretimi ... 41
2.3 Salata Sosu Hazırlama ... 42
2.3.1 Deneysel Tasarım ... 43

2.3.2 Roka Tohum Gamının Fizikokimyasal Analizleri 44
2.3.3 RSG Biyoaktif Bileşenlerin Analizi 47
2.3.4 Roka Tohum Gamının Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi 49
2.3.5 Reolojik Analizler 50
2.3.6 Zeta potansiyeli (ζ) 51
2.3.7 Emülsiyon kararlılık testi 52
2.3.8 Termal döngü testi ile emülsiyon stabilitesi 52
2.3.9 Oksi test ile oksidatif kararlılık 52
2.3.10 Toplam Peroksit Tayini 53
2.3.11 Renk Ölçümü 53
2.3.12 Optik Mikroskop Görüntü Analizi 53
2.3.13 İstatiksel Analiz 54
3 ARAŞTIRMA BULGULARI 56
3.1 Roka Tohumu ve Roka Tohum Gamının Fizikokimyasal Özellikleri 56
3.2 RSG'nin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi 58
3.3 RSG'nin Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi 61
3.4 Salata Sosu Örneklerinin Akış Davranış Reolojik Özellikleri 63
3.5 Formülasyon bileşenlerinin K değeri üzerindeki etkisi 69
3.6 Salata Sosu Örneklerinin Viskoelastik Özellikleri 71
3.7 Formülasyon bileşenlerinin K′, K′′ üzerindeki etkisi 74
3.8 Salata Soslarının Üç Zaman Aralıklı Test (3-ITT) Reolojik Özellikleri 77
3.9 Az Yağlı Salata Sosları İçin RSG, EYP ve Yağ İçeriğinin Optimizasyonu 83
3.10 Optimum ve Kontrol Salata Sosu Örneklerinin Sabit Kesme, Viskoelastik ve 3-ITT Reolojik Özellikleri 83
3.11 PDI, Zeta Potansiyeli ve Emülsiyon Stabilite İndeksi 86
3.12 Salata Sosu Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri 88
3.13 Emülsiyon Stabilitesinin Termal Döngü Analizi ile Belirlenmesi 90
3.14 Oksidatif Stabilite Testi 93
3.15 Optik Mikroskop Görüntüsü 96
4 SONUÇ 98
KAYNAKÇA 101
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 118

SİMGE LİSTESİ

ω	Açısal Hız
N, N', N'', N*	Akış Davranış İndeksleri
α	Alfa
β	Beta
L*	Beyazlık-Siyahlık
G_0	Deformasyon Sonrası Depolama Modülü Değeri
G_e	Deformasyon Sonrası İlk 50. Saniye Depolama Modülü Değerleri
G'	Depolama Modülü
Hz	Hertz
G_i	İlk Depolama Modülü Değeri
G''	Kayıp Modülü
τ_0	Kesme Gerilimi
γ	Kesme Hızı
a*	Kırmızılık-Yeşillik
K, K', K'', K*	Kıvam Katsayıları
G* (Pa)	Kompleks Modül Katsayısı
<	Küçüktür
P	Olasılık (Ölçülebilir)
M_A	Ortalama Moleküler Ağırlık
C_1, C_2	Polimer Konsantrasyonu
R^2	Regresyon Katsayısı
k	Sabit
°C	Santigrat Derece
b*	Sarılık-Mavilik
≈	Yaklaşık
%	Yüzde
ζ	Zeta

KISALTMA LİSTESİ

3-ITT	3 Zaman Aralıklı Tiksotropik Test
C	Kontrol
CCD	Merkezi Kompozit Dizayn
Dk	Dakika
DPPH	2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil
EYP	Yumurta Sarısı Tozu
FDA	Gıda ve İlaç Dairesi
FFC	Tam Yağlı Kontrol Salata Sosu Örneği
g	Gram
l	Litre
LVR	Lineer Görünür Bölge
MCC	Mikro Kristalin Selüloz
mg	Miligram
ml	Mililitre
Mv	Milivolt
µ	Mikron
µm	Mikrometre
ml	Mikrolitre
nm	Nanometre
OS	Optimum Konsantrasyonda Az Yağlı RSG'li Örnek
Pa	Paskal
PDI	Poli Dispersite Indeksi
PGA	Propilen Glikol Aljinat
Rec	Geri Kazanım
RSG	Roka Tohum Gamı
S	Saniye
SO	Ayçiçek Yağı
S/Y	Yağ Içinde Su
V	Hacim
W/W	Ağırlık/Ağırlık
W/V	Ağırlık/ Hacim
W/W	Ağırlık/Ağırlık

XG	Ksantan Gam
Y/S	Su İçinde Yağ

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Emülsiyon çeşitleri **5**
Şekil 1.2 Lipoprotein yapısı (şilomikron) **12**
Şekil 1.3 Yağ damlacıkları yerine kullanılan polimerik ve partiküler maddeler **17**
Şekil 1.4 Gıdalarda kullanılan kıvam vericilerin kaynakları, uygulanan gıdalar ve geliştirdiği ürün özellikleri **18**
Şekil 1.5 Çözeltideki polimer halkaların şematik gösterimi (Brown hareketi). **19**
Şekil 1.6 Roka tohumu görüntüsü **26**
Şekil 1.7 Reoloji biliminin sınıflandırılması **30**
Şekil 1.8 Emülsiyon kararsızlığı **36**
Şekil 2.1 RSG üretim aşamaları **42**
Şekil 2.2 Salata sosu üretimi **43**
Şekil 3.1 Salata sosu örneklerinin sabit kesme akış davranış reolojik özellikleri **67**
Şekil 3.2 RSG, EYP ve SO'nun salata sosu örneklerinin K değeri üzerindeki etkisi (Counterplot ve 3D grafikleri) **71**
Şekil 3.3 Salata sosu örneklerinin viskoelastik özellikleri **73**
Şekil 3.4 RSG, yağ ve EYP'nin K′ değeri üzerindeki etkisi (Counter ve 3D grafikleri) **76**
Şekil 3.5 RSG, yağ ve EYP'nin K'' değeri üzerindeki etkisi (Counter plot ve 3D grafikleri) **76**
Şekil 3.6 Salata sosu örneklerinin üç zaman aralıklı test (3-ITT) reolojik özellikleri **81**
Şekil 3.7 RSG, yağ ve EYP'nin % Def üzerindeki etkisi **82**
Şekil 3.8 RSG, yağ ve EYP'nin % Rec üzerindeki etkisi **82**
Şekil 3.9 OS, FFC ve LFC 'nin sabit kesme reolojik özellikleri **85**
Şekil 3.10 OS, FFC ve LFC 'nin dinamik reolojik özellikleri **85**
Şekil 3.11 OS, FFC ve LFC 'nin tiksotropik özellikleri **85**
Şekil 3.12 Termal döngü uygulandıktan sonra G* değerindeki değişim **92**
Şekil 3.13 Salata sosu emülsiyonlarının yapısal mikrografikleri **97**

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Salata soslarında ticari olarak kullanılan gamlar ve fonksiyonları **21**

Tablo 1.2 Kullanım potonsiyeli olan tohum gamları ve fonksiyonları **24**

Tablo 1.3 Roka tohum gamının kimyasal bileşimi **27**

Tablo 1.4 Salata sosu tipi emülsiyonlarda reolojik parametrelerin ifade ettiği anlamlar **33**

Tablo 1.5 Emülsiyon stabilitesinde fiziksel ve kimyasal bozulmalar **35**

Tablo 2.1 Deneme örneklerinin ve kontrol örneğinin gam, yağ ve emülgatör deneme dizaynı konsantrasyonları **44**

Tablo 2.2 Deney tasarımında kullanılan gerçek ve kodlanmış değerlerdeki faktörlerin seviyeleri **55**

Tablo 3.1 RSG'nin fizikokimyasal özellikleri **58**

Tablo 3.2 RSG'nin biyoaktif özellikleri **61**

Tablo 3.3 RSG'nin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi **63**

Tablo 3.4 Sabit kesme reolojik verilerinden elde edilen Herchel Bulkley modeli parametreleri **68**

Tablo 3.5 K değeri için kuadratik model parametreleri **70**

Tablo 3.6 Emülsiyon örneklerinin dinamik reolojik güç yasası parametreleri **74**

Tablo 3.7 K′ ve K′′ değerleri için kuadratik model parametreleri **75**

Tablo 3.8 Emülsiyon örneklerinin deformasyon ve geri kazanım yüzdesi **79**

Tablo 3.9 Def (%) ve Rec (%) değerleri için kuadratik model parametreleri **80**

Tablo 3.10 Salata sosu örneklerinin zeta potansiyeli, partikül boyutu ve PDI değerleri **88**

Tablo 3.11 Salata sosu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri **90**

Tablo 3.12 Salata sosu örneklerinin ransimat değerleri, biyoaktif bileşen miktarları ve peroksit sayısı değerleri **95**

ÖZET

Roka Tohum Gamı Kullanılarak Oluşturulan Düşük Yağlı Salata Sosu Emülsiyonunun Reolojik Karakterizasyonu

Cansu AKGÜL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Bu çalışmada roka tohum gamının fizikokimyasal, fonksiyonel ve biyoaktif özelliklerini belirlenmiş ve az yağlı salata sosu formülasyonunda yeni bir yağ ikame maddesi olarak roka tohumu (*Eruca sativa Mill*) gamı (RSG) kullanım potansiyeli ve emülsiyon stabilitesi araştırılmıştır. Bu amaçla, salata sosu bileşimi, sabit kesme (K), dinamik reolojik analiz (K′, K′′) ve üç zaman aralıklı testi (% Deformasyon ve % Geri kazanım) ile ölçülen reolojik özelliklere dayanarak yanıt yüzey metodolojisi (RSM) kullanılarak optimize edilmiştir. Tüm örnekler kesme incelme özelliği ve viskoelastik katı karakter göstermiştir. Herschel Buckley model parametreleri, yani τ_0, K ve n değerleri sırasıyla 0.36 ve 12.58 Pa, 1.67 ve 29.35 Pa.s^n, 0.15 ve 0.30 aralığında değişmiştir. Tüm örneklerde G′ değeri tüm frekans aralıklarında G′′değerinden daha yüksek olduğu bulgulanmıştır. Örneklerin tiksotropik davranışını belirlemek için üç zaman aralıklı testi (3-ITT) kullanılmıştır. Yüksek RSG içeren örneklerde daha düşük yüzde deformasyon (% Def) ve daha yüksek geri kazanım (% Rec) değerleri görülmüştür. Optimizasyon, kontrol örneklerinin reolojik özelliklerine göre gerçekleştirilmiş ve optimum

formülasyon, % 3.73 RSG, % 10 yağ ve % 1 EYP olarak belirlenmiştir. Optimum noktalara göre hazırlanan salata sosu örneği, tam yağlı kontrol örneği ile benzer zeta potansiyel değeri göstermiştir ve her iki örnekte de depolama süresi boyunca faz ayrımı gözlenmemiştir. Tam yağlı kontrol örneğine göre RSG ilaveli az yağlı optimum salata sosu emülsiyonunun partikül boyutu, dağılımı daha düşük bulunmuştur. Optimum konsantrasyonda elde edilen az yağlı salata sosu için termal ve oksidatif emülsiyon stabilite (90-110 °C) test sonuçları tam yağlı ve az yağlı kontrol salata soslarına göre değerlendirilmiş ve optimum örneğin daha iyi emülsiyon stabilitesi sağladığı bulgulanmıştır. Ayrıca optimum salata sosu örneğinin sabit kesme, viskoelastik ve tiksotropik reolojik sonuçları değerlendirildiğinde az yağlı kontrol salata sosundan daha yüksek tam yağlı kontrol salata sosu ile benzer değerler elde edilmiştir.

Bu çalışma, RSG'nin az yağlı salata sosu tipi emülsiyonlarda doğal bir yağ ikamesi olarak kullanılabileceğini ve iyi bir emülsiyon stabilitesi sağlayabileceğini düşündürmektedir.

AnahtarKelimeler: Düşük yağlı emülsiyon, gam, reoloji, yağ ikamesi, emülsiyon stabilitesi.

ABSTRACT

Rheological Characterization of Low-Fat Salad Dressing Emulsion Using Rocket Seed Gum

Cansu AKGÜL

Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Doç. Dr. Salih KARASU

In this study, the physicochemical, functional and bioactive properties of rocket seed gum were determined and the potential of using rocket seed (Eruca sativa Mill) gum as a novel fat replacer and its emulsion stability were investigated in low-fat salad dressing formulation. For this purpose, the composition of the salad dressing, was optimized by using response surface methodology (RSM) based on the rheological properties measured by steady shear (K), dynamic rheological analysis (K′, K′′), and three interval time test (Deformation% and Recovery%). All samples showed shear thinning properties and viscoelastic solid character. Herschel Buckley model parameters, namely, τ_0, K, and n values, were changed between 0.36 and 12.58 Pa, 1.67 and 29.35 Pa.s^n, 0.15 and 0.30 respectively. In all samples, G′ value was higher than G′′ in all frequency range. Three interval-time test (3-ITT) was used to determine the thixotropic behavior of the samples. The samples containing high RSG showed lower percentage deformation (Def %) and higher recovery (Rec %) values. Optimization was performed based on the rheological properties of the control samples, and the optimum formulation was determined as 3.73 % RSG, 10 % oil, and 1 % EYP. The salad dressing sample prepared according to the optimum points showed similar zeta potential value

with the full-fat control sample and no phase separation was observed during the storage period in both samples. Compared to the full-fat control sample, the particle size and distribution of the low-fat optimal salad dressing emulsion containing RSG were found to be lower. Thermal emulsion stability and oxidative stability (90-110 °C) test results for low-fat salad dressing obtained at optimum concentration were evaluated compared to full-fat and low-fat control salad dressings, and it was found that it provided better emulsion stability. In addition, when the constant shear, viscoelastic and thixotropic rheological results of the optimum salad dressing sample were evaluated, higher values were obtained than the low-fat control salad dressing, and similar values were obtained with the full-fat control salad dressing.

This study suggested that RSG could be used as a natural fat replacer in low-fat salad dressing type emulsions and can provide good emulsion stability.

Keywords: Low fat emulsion, gum, rheology, fat replacer, emulsion stability.

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Mayonez ve salata sosları gibi su içinde yağ (Y/S) emülsiyonları, benzersiz lezzetleri, aromaları ve kullanım şekilleri nedeniyle son yıllarda tüketiciler tarafından çok tercih edilen gıda grupları arasındadır (Hedayati vd., 2020). Bu ürünler, istenen kalite ve ağız hissi algısını sağlamak için yüksek miktarlarda yağ içermektedir. Ancak son yıllarda, tüketicilerin sağlıklı beslenme farkındalığı ve yaşam kalitesindeki iyileşmeyle birlikte düşük yağlı ürünlerin tüketimindeki eğilim, yağın yüksek kalori değerine sahip olması, obezite ve kardiyovasküler hastalıklar gibi bazı hastalıklarla ilişkilendirilmesi nedeniyle artmıştır. (Chung vd., 2013). Bu ürünlerde yağ, reolojik özellikleri, emülsiyon stabilitesini ve organoleptik kaliteyi belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Drakos ve Kiosseoglou, 2008; Ma ve Boye, 2013). Yağ muhtevasının azaltılmasından kaynaklanan reolojik ve dokusal özelliklerin kaybını dengelemek için yağ ikame maddelerine ve stabilize edici maddelere ihtiyaç duyulmaktadır (Ma ve Boye, 2013). Az yağlı gıda emülsiyonlarında yağın ürüne sağladığı özellikleri koruyabilecek uygun yağ ikame maddesini seçmek en önemli noktalardan biridir.

Karbonhidrat bazlı yağ ikame maddelerinin, reolojik özellikleri geliştirerek ve böylece emülsiyon stabilitesi sağlayarak su fazındaki yağ damlacıklarının hareketini azaltma etkisine sahip olduğu bildirilmiştir (Ma ve Boye, 2013). Bitki bazlı karbonhidratlar Y/S gıda emülsiyonlarında kıvam verici, stabilizatör, jelleştirici ajan ve yağ ikame maddesi olarak geniş kullanım alanına sahiptir.

Nişasta türevleri genellikle kıvam verici olarak kullanılmasına rağmen, az yağlı gıda emülsiyonlarında yağ ikamesi olarak kullanımları çok sınırlıdır, çünkü nişasta granülleri soğuk suda çözünür değildir ve sadece aşırı ısındığında kıvam alabilir (Razavi ve Behrouzian, 2018). Bu kusurları ortadan kaldırmak için, emülsifiye edici ürünler içeren yeni yağ ikame maddeleri araştırılmalıdır. Potansiyel yağ ikame maddesi olarak suda çözünür tohum gamları araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Tohum gamları yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir, doğada bol miktarda bulunmaktadır, biyouyumlu, çevre dostu, nispeten düşük maliyetli ve toksik olmayan kaynaklardır. Ayrıca doğal bitki bazlı ürünler sentetik katkı maddelerinin yerini almaya başlamıştır (Ma vd., 2017). Tohum gamları, Y/S emülsiyonlarında sürekli fazın (su) zayıf bir jel benzeri polimer ağını oluşturur, bu da düşük stres aralığında çok yüksek viskoziteler oluşturmaktadır ve emülsiyona viskoelastik özellikler kazandırmaktadır (McClements, 1999). Salata sosu viskozitesinin, üretiminden itibaren en az bir yıl hatta daha uzun süre korunması istenmektedir bu nedenle burada seçilebilecek gamların asit ve sıcak uygulamalarına dayanıklı olması gerekmektedir. Gamların asit dayanıklılığının düşük olduğu durumda emülsiyon ayrılması ve hatta renk de bozulmalar görülebilir (Laaman, 2011; Ma ve Boye, 2013). Az yağlı Y/S emülsiyonlarında tohum gamları yağ ikame maddesi olarak kullanılarak ürüne spesifik fonksiyonlar ve yeni reolojik özellikler kazandırılabilir (Mirhosseini ve Amid, 2012; Ahmad vd., 2019). Son zamanlarda, *Alyssum homolocarpum* tohumu, çemen tohumu, fesleğen tohumu, tere tohumu, asafoetida tohumlarından yeni karakterize edilen gamların emülsifiye edici ve potansiyel yağ ikame özellikleri araştırılmıştır (Anvari vd., 2016; Gadkari vd., 2018; Naji-Tabasi ve Razavi, 2017; Razmkhah vd., 2016; Saeidy vd., 2018). Ekstraksiyon parametrelerinin *Eruca sativa* (roka) tohumu gamının bazı teknolojik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Koocheki vd., 2011). Yapılan araştırmalarda, bir Y/S emülsiyonunda potansiyel bir yağ ikame maddesi olarak roka tohumu gamının kullanımı ile ilgili kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Roka tohumu gamı (RSG), roka tohumundan ekstrakte edilen bir tozdur. RSG, özellikle düşük yağlı salata sosu ve mayonez gibi sudaki yağ emülsiyonlarında yüksek jelleşme kapasitesi, gelişmiş viskoelastik özellikler ve kesme inceltme

davranışı sağlama konusunda yeni bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle, düşük yağlı Y/S emülsiyonlarında oluşabilecek flokülasyon, sedimantasyon, krema veya Ostwald olgunlaşma gibi yaygın instabilite mekanizmalarının etkisi, RSG ilavesiyle azaltılabilir.

Bu tezin temel amacı, düşük yağlı salata sosunda doğal bitki bazlı bir yağ ikame maddesi olarak RSG'nin potansiyel kullanımını belirlemektir. Bu amaçla ilk olarak RSG'nin fizikokimyasal, biyoaktif ve fonksiyonel özellikleri belirlenecek ardından farklı konsantrasyonlarda RSG, yağ ve EYP içeren salata sosu örneklerinin reolojik özellikleri tam yağlı salata sosu kontrol örneğine göre değerlendirilerek formülasyon optimizasyonu sağlanacaktır. Optimum formülasyonun reolojik, mikroyapısal, oksidatif ve termal stabilite özellikleri tam yağlı ve az yağlı kontrol örneklerine göre değerlendirilecektir.

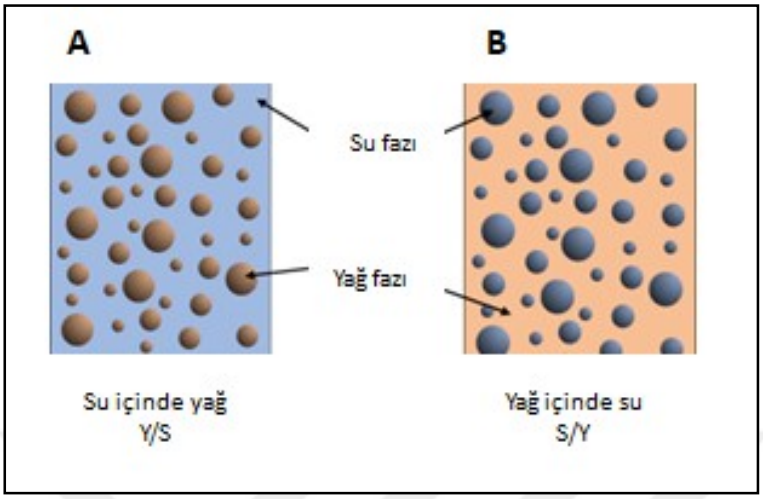
1.1.1 Emülsiyonların Genel Özellikleri

Emülsiyonlar, bir sıvının diğer sıvı içinde iyi bir şekilde dağıldığı, pratik olarak karışmayan en az iki sıvıdan (örneğin yağ ve su) oluşan heterojen sistemlerdir. Emülsiyon içerisinde dağılmış sıvı disperse faz, süreksiz faz ya da iç faz olarak diğer sıvı ise ana faz, sürekli faz ya da dış faz olarak isimlendirilir. Bir hidrofilik veya sulu fazın veya tam tersi bir lipofilik veya yağ fazının dispersiyonları iki temel emülsiyon tipini oluşturur (Schubert, 2009). Gıda emülsiyon çeşitleri en temel olarak yağ içinde su emülsiyonları (S/Y) ve su içinde yağ emülsiyonları (Y/S) olarak sınıflandırılır. Şekil 1.1'de emülsiyon çeşitlerinin sürekli ve disperse dağılımları görülmektedir. Mayonez, salata sosları, süt, krema gibi gıda ürünleri su içinde yağ emülsiyonlarına tereyağ, margarin gibi gıda ürünleri de yağ içinde su emülsiyonlarına örnek gösterilebilecek ürünlerdir. Emülsiyonlar dağılmış fazın partikül boyutuna göre de adlandırılır. Partikül boyutu 1000nm-1000 μm aralığında makroemülsiyon, 100-1000nm aralığında mikroemülsiyon, 10-100nm aralığında ise nanoemülsiyon olarak isimlendirilir. Disperse fazın partikül boyutu emülsiyonun stabilitesini ve görünümünü etkilemektedir (Mc Clements, 2004; Moustafa, 1995).

Emülsiyon içinde sürekli ve disperse fazın özellikleri emülsiyonun stabilitesini, fizikokimyasal ve organoleptik özelliklerini etkilemektedir. Disperse fazın damlacık boyutu, dağılımı, yükü, konsatrasyonu, diğer bileşenlerle etkileşimi emülsiyon stabilitesini etkilemektedir (Schubert, 2009; Mc Clements, 2009). Bunun yanı sıra sürekli fazda çözünen bileşenlerin (hidrokolloidler, nişasta türevleri, asitler, tuz ve aroma bileşikleri vb.) tür ve konsantrasyonu da emülsiyonun fizikokimyasal, reolojik, mikroyapısal ve stabilite özellikleri üzerinde etki sağlamaktadır. Örneğin Y/S emülsiyonlarında disperse fazdaki yağ konsantrasyonu emülsiyona viskoelastik katı karakter sağlarken sürekli fazda bulunan stabilizatörler sürekli fazın viskozitesini arttırarak emülsiyon stabilitesine katkı sağlar. İstenilen özelliklere sahip emülsifiye gıda ürünlerin üretimi hammadde çeşidi bu hammaddelerin optimum konsantrasyonları ve işleme koşulları ile yakından ilişkilidir.

Emülsiyonların disperse ve sürekli fazlarını birbirinden ayıran arayüz bölgesi bulunmaktadır. Bu arayüz tüm emülsiyon düşünüldüğünde küçük bir alanı oluştursa da emülsiyonun stabilite özelliklerini etkilemektedir. Arayüzde bulunan

emülgatörler, su ve yağ molekülleri, hidrokolloidler, tuzlar vb. bileşenler emülsiyonun reolojik, mikroyapısal ve stabilite özelliklerini etkilediğinden emülsiyon bileşenlerinin seçimi ve optimizasyonu önem arz etmektedir.



Şekil 1.1 Emülsiyon çeşitleri

[1](A)Yağ damlacıklarının sulu bir sürekli fazda dağıldığı su içinde yağ emülsiyonu, (B) Sürekli fazın yağ olduğu ve dağılmış su damlacıkları içeren yağda su emülsiyonu.

1.1.2 Salata Sosu Çeşitleri

Salataları lezzetlendirmek, ıslatmak ve çeşitlendirmek için kullanılan akışkan ya da kıvamlı olarak tercih edilebilen soslardır. Salata sosları çeşitli soğuk veya sıcak sandviçlerde sürülebilir ürünler olarak da tercih edilebilir. Salata sosları su içinde yağ (Y/S) emülsiyonlarıdır. Sürekli fazın içerisinde limon ve sirke gibi asidik bileşenler yer alırken bitkisel yağ damlacıkları disperse olarak emülsiyon içerisinde dağılmıştır. Bunun dışında lezzeti arttırmak için baharatlar, kıvam kazandırmak için nişasta ve gamlar gibi karbonhidratlar ve farklı bileşenler içerebilir. Normalde yağ ve su birbirine iyi karışmaz fazlara ayrılır ancak kabul edilebilir bir salata sosu için, iki faz birbiri içerisinde homojen olarak dağılmış olmalıdır (Yang ve Lai, 2003).

Salata sosları, formülasyonlarına ve stabilitelerine göre dört kategoriye ayrılabilir.

1.1.2.1 Yağ ve sirke sosları

Temel Fransız sosları ve hardalları, İtalyan, pikuant, şifonat ve avokado sosları geçici yağ ve sirke emülsiyonlarının örneklerindendir.Yağ, sirke ve baharatlar gibi kuru bileşenleri içermektedir. Bu ürünlerde sıvı faz, karıştırıldıktan sonra ayrılır, ancak hardal ve kırmızı biber gibi kuru bileşenler, emülsiyona sınırlı stabilite

kazandırmak için yağ-su ara yüzünde toplanır. Çalkalanarak kullanılması gereken soslardır, kuvvetli çalkalanırsa uzun süre stabil kalabilir. Çoğu geçici emülsiyonlardır (Bode ve Leto, 2012; Moustafa, 1995).

1.1.2.2 Emülsifiye soslar

Emülsifiye sosların klasik örneği, kalıcı bir suda yağ emülsiyonu olan mayonezdir. Temelde bitkisel yağ, yumurta sarısı, sirke ya da limon kullanılarak hazırlanan bunun yanı sıra hardal, tuz ve diğer baharatları da içeren yüksek yağ içeriğine sahip kalıcı emülsiyonlardır. Yüksek yağ içeriği kıvamının elde edilmesinde önem arz etmektedir. Viskoz yapıya sahip olması yağ damlacıklarının birleşmesini de önlemektedir. Ülkelerin gıda mevzuatlarına göre geleneksel mayonez yumurta içermeli ve yağ içeriği %65'in altında olmamalıdır. Mayonez direkt salata sosu olarak ya da farklı sosların içerisinde kullanılabilir. Önemli emülsifiye soslardan bir diğeri de Fransız salata sosudur. Çoğu kalıcı emülsiyonlardır (Bode ve Leto, 2012; Moustafa, 1995).

1.1.2.3 Pişmiş salata sosları

Çoğu koyulaştırıcı olarak nişasta içeren emülsiyonlardır. Görünüş itibariyle mayoneze benzeyen, yapısında bitkisel yağ, yumurta, nişasta, sirke ya da limon, su ya da süt içeren emülsiyonlardır. Yumurta veya nişasta ile kalınlaştırılan bu emülsyonlar az miktarda yağ içermektedir. Azaltılmış yağ içeriği, bu ürünü mayonezden daha düşük kalorili bir ürüne dönüştürme avantajına sahiptir. Ancak pişmiş ticari bir salata sosu, FDA'nın salata sosu tanımı standardını karşılamalı ve ağırlık olarak en az % 30 bitkisel yağ ve en az % 4 sıvı yumurta sarısı veya eşdeğeri içermelidir (Bode ve Leto, 2012; Moustafa, 1995).

1.1.2.4 Az yağlı / diyet ürünler

Aşırı yağ tüketimi, obezite vb. gibi sağlık problemlerini beraberinde getirdiğinden Amerikan Kalp Derneği yağdan gelen kalori miktarının günlük kalori ihtiyacının %30 'u ile sınırlandırılmasını önermiştir (Kraus vd., 2001). Az yağlı besinlere ve salata tüketimine yönelim az yağlı salata soslarına olan ilgiyi de arttırmıştır.

Geleneksel tam yağlı salata sosuyla benzer tat, doku, görünüm ve stabilite gibi kalite özelliklerini sağlayabilmek için az yağlı salata sosunda yağ ikame maddeleri kullanılmaktadır. İstenilen viskozite ve doku özelliklerini sağlamak için yağ ikame maddesi olarak genellikle hidrokolloidler kullanılmaktadır. Kaşıkla

alınabilen az yağlı salata soslarında yağ ikame maddesi olarak genellikle nişasta ve maltodekstrinler kullanılırken dökülebilir az yağlı salata soslarında formülü stabilize etmek için gamlar, özellikle ksantan gam ve aljinatlar ilave edilir ve su formülasyondan çıkarılan yağın yerini alır. Az yağlı ürünlerde mikrokristalinselüloz da (MCC) yağ ikame maddesi olarak başarıyla kullanılmaktadır (Doğan ve Küçüköner, 1999). Gam ilaveli az yağlı soslarda viskozite deneysel olarak ölçülür ve yağlı sos örneği ile karşılaştırılarak gam konsantrasyonu belirlenir.

ABD'de salata sosu türleri için Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından oluşturulmuş bir tanımlama standardı bulunmaktadır (Gıda Sosları ve Tatlandırıcılar için Tanımlamalar ve Standartlar hakkındaki yönetmelik, 21CFR169, 1994 'te yayınlanmıştır). Yağı azaltılmış salata sosları, geleneksel ürünlere benzer şekilde işlenmelidir ve salata sosunun az yağlı olarak etiketlenebilmesi için yağ içeriğinin porsiyon başına (30 g) 3 g ve altında olması gerekmektedir (Laaman, 2011; Yang ve Lai, 2003, Moustafa, 1995).

1.2 Salata Sosu Bileşenleri ve Etkileşimleri

Gıda emülsiyonlarının içerisindeki bileşenler, birbirleriyle fiziksel ya da kimyasal yollarla etkileşime girmekte ve son ürün kalitesini etkilemektedir. Az yağlı gıda ürünlerine artan tüketici ilgisi ve yağın gıda emülsiyonlarının kalitesi ve tadı üzerinde önemli etkisi nedeniyle, bu ürünleri formüle etmek için uygun bileşenlerin seçilmesini gerekmektedir. Salata soslarında özellikle de az yağlı salata soslarında kullanılabilecek kıvam arttırıcı, stabilizatör, emülgatör ve yağ ikame ediciler araştırmacılar tarafından değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalardaki değerlendirmelere göre salata soslarında kullanılan farklı bileşenler ve etkileri aşağıda belirtilmiştir.

1.2.1 Su

Su, salata soslarının fizikokimyasal ve organoleptik özelliklerinin belirlenmesinde son derece önemli bir rol oynar. Eşsiz moleküler ve yapısal özellikleri, sulu çözeltilerde bulunan diğer bileşenlerin çözünürlüğünü, konformasyonunu ve etkileşimlerini büyük ölçüde etkilemektedir.

Su, çoğu gıdanın en önemli bileşenidir. Salata soslarındaki çeşitli bileşenler, proteinler, polisakkaritler, basit şekerler, tuzlar, vitaminler, renkler, antioksidanlar ve yüzey aktif maddeler dahil olmak üzere suda çözünürler. Su salata soslarında sürekli fazı oluşturmaktadır. Polisakkaritler ve diğer hidrokolloidler suda çözünür bileşenlerle karıştırılmadan önce sürekli fazda önceden jelleştirilir. Bunun nedeni sürekli fazın hareketliliğinin kontrolünü sağlamaktır. Jelleşme sonrasında sürekli fazın hareketliliği salata sosu emülsiyonları için özellikle de düşük yağlı salata sosları için önem arz eden viskozite, kıvam ve emülsiyon stabilitesini etkiler.

Gıdalarda su aktivitesi (a_w), gıdanın su buharı basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun su buharına basıncına oranının ölçümünü yani gıda örneğindeki serbest su miktarını ifade etmektedir. Serbest su, mikrobiyal üreme ve kontaminasyon için bir ortam oluşturmaktadır. Bu nedenle salata sosu emülsiyonlarının raf ömrünün, güvenliğinin ve kalitesinin değerlendirilmesinde a_w önem arz etmektedir. Salata sosu yağ içeriği konsantrasyonuna göre su aktivitesi değerleri değişiklik göstermekle birlikte 0,85-0,95 aralığında bulunmaktadır (Ma ve Boye, 2013). Salata soslarında mikroorganizma, metal iyonları (ransiditeyi arttıran) ve istenmeyen tatlar (sülfür gibi) içermeyen içme suyu kullanılmalıdır. Suyun kullanıma uygun olup olmadığını belirlemek için test yapılması gereklidir (Featherstone, 2016).

1.2.2 Bitkisel Yağlar

Bitkisel yağlar, kimyasal olarak yapılarında yağ asitlerini, gliserolü ve fosfolipidleri içermektedir. Salata soslarının fizikokimyasal, organoleptik ve besleyici özellliklerini etkilemektedir. Yağlar insan beslenmesinde temel besin maddesi olmasının yanı sıra önemli bir enerji kaynağıdır.

Yağ, salata soslarının viskozitesine, kıvamına ve viskoelastik yapısına katkıda bulunan ana bileşendir. Gıda emülsiyonlarında parlaklığa, lezzete, dokuya (ağzı hissi), kıvama önemli katkısı sağlamaktadır. Yağ damlacıklarının boyutu ve paketlenmesi emülsiyon kıvamını etkilemektedir. Emülsiyon içindeki yağ damlacık sayısı arttıkça emülsiyonun kıvamı artmaktadır. Yağda eriyen vitaminler, antioksidanlar ve bazı renklendirici maddeler gibi bileşenlerin emülsiyon içerisinde çözünmesini sağlamak da emülsiyon içinde yağların görevlerindendir.

Salata soslarında yağın azaltılması, paketleme özellikleri üzerinde bir etkiye sahiptir bu nedenle salata soslarının reolojik ve dokusal davranışları değişir ve depolama sırasında emülsiyon ve oksidatif stabiliteleri önemli ölçüde etkilenir. Bu nedenle özellikle %60'ın altında yağ içeren soslarda yağların sağladığı stabiliteyi korumak için bitkisel polisakkaritler gibi hidrokolloidler eklenmektedir. Yağı azaltılmış salata soslarında lezzet algısı da önemli ölçüde değişmektedir. (Ma ve Boye, 2013; Mc Clements, 2009; Yang ve Lai, 2003; Dickinson, 2003).

Salata soslarında yağ tercihi, ürün kalitesine ve geleneksel damak lezzetine göre yapılmaktadır. Güçlü aromalı yağlarla mükemmel soslar yapabilir, ancak her yiyecek için uygun değildir. Ticari olarak daha çok ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır yağı, pamuk ve soya yağları kullanılmaktadır. Soğutularak depo edilecek salata soslarında deodorize edilmiş ve vinterize edilmiş yağlar birlikte kullanılmalıdır (Yang ve Lai, 2003).

1.2.3 Emülgatörler

Emülgatörler, yüzeylere hızlıca adsorbe olan yüzey aktif maddelerdir. Emülsiyon oluşturma işlemi sırasında homojenizatör içinde oluşan damlacıkların birbirine yaklaşmasını ve toplanmasını önleyen koruyucu bir kaplama oluştururlar. Emülgatörler, yağ ve su (ve bazen gaz) karışımlarının oluşturulmasına ve stabilize edilmesine yardımcı olur. Salata sosları, su içinde yağ emülsiyonu oluşturur, bu sayede, yağ damlacıkları sürekli su fazında iyi bir şekilde dağılır. Yağ damlacıklarının stabilizasyonunu sağlamak için emülgatörler yağ ve su fazı arasına bir ara yüz oluşturur. Stabil bir emülsiyon oluşturmak için emülgatör homojenizasyon esnasında ara yüzeye adsorbe olup ara yüzey gerilimini düşürmeli ve damlacıkların birleşmesine engel olmalıdır. Gıdalarda kullanılan emülgatörler biyopolimerler (polisakkaritler ve proteinler) ve lipit türevi (fosfolipidler, mono di gliseridler) gibi amfilik bileşiklerdir. Ek olarak, bazı küçük katı parçacık türleri de yüzey aktiftir ve gıdalarda emülgatör olarak işlev görebilir, örneğin yumurta veya hardal granüler doku değiştiriciler, normalde bir emülsiyonun sürekli fazına viskozitesini artırmak (kalınlaşma ajanları) veya bir jel oluşturmak (jelleştirici maddeler) için eklenen bileşenlerdir, bu şekilde damlacıkların hareketini azaltırlar (Mc Clements, 2009).

Gıda işleme ve gıda depolamada emülgatör maddelerin üç ana görevi şunlardır:

(1) Yağ damlacıklarının veya yağ globüllerinin dağılma ve aglomerasyon durumunu kontrol ederek emülsiyon/köpük oluşum stabilitesini geliştirmek;

(2) Karbonhidrat ve protein bileşenleri ile etkileşim yoluyla raf ömrünü, dokusunu ve reolojik özelliklerini değiştirmek;

(3) Yağ damlacığı boyutu dağılımını veya katı yağ kristallerinin yapısını etkileyerek yağ bazlı ürünlerin yapısını ve morfolojisini kontrol etmek (Chen, 2015).

Salata soslarında, karbonhidrat bazlı nişasta türevleri, hidrokolloidler (gamlar) vb., yağ türevi fosfolipidler, mono ve digliserid esterleri, protein bazlı soya proteinleri, süt proteinleri yaygın olarak kullanılan emülgatörler arasındadır (Mc Clements, 2004; Sheldrake, 2003; Moustafa, 1995; Dowining, 1996). Bazı emülgatör örnekleri ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

1.2.3.1 Proteinler

Proteinler tarafından oluşturulan ara yüzey kaplamaları nispeten incedir ve elektrik yüklüdür; bu nedenle, proteinle stabilize edilmiş emülsiyonlarda damlacık flokülasyonunu önleyen ana mekanizma elektrostatik itmedir (Mc Clements, 2004)

Yağ-su arayüzünde protein adsorpsiyonunun kinetiği iki ana adımı içerir: birincisi, doğal protein molekülleri difüze olur ve ara yüze nüfuz eder; ikinci olarak, bu adsorbe edilmiş moleküller, minimum serbest enerji durumuna ulaşmak için yeniden düzenlenir (Dickinson, 2010).

Proteinle stabilize edilmiş emülsiyonlar özellikle pH ve iyonik kuvvet etkilerine duyarlıdır ve adsorbe edilen proteinlerin izoelektrik noktasına (IEP) yakın pH değerlerinde ve iyonik kuvvet belirli bir seviyeyi aştığında topaklanma eğilimi bulunması proteinlerin emülsiyonlarda emülgatör olarak kullanılmasının dezavantajlarındandır. Ancak protein bileşenlerinin emülsifiye edici özelliklerini iyileştirmek için sınırlı hidroliz ile peptidleri oluşturma, protein yapısının kimyasal, fiziksel, enzimatik veya genetik yollarla modifikasyonu ve proteinlerin harmanlanması dahil olmak üzere bir dizi yöntem geliştirilmektedir (Chen, 2015; Dickinson, 2010; Galazka vd., 1999).

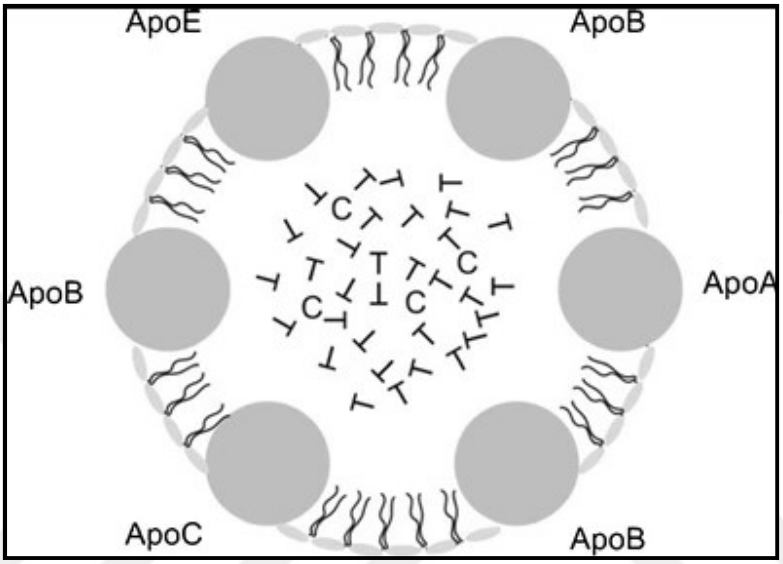
- **Yumurta Proteinleri**

Yumurta malzemeleri; taze yumurta sarısı, dondurulmuş yumurta sarısı, kurutulmuş yumurta sarısı, taze bütün yumurta, dondurulmuş bütün yumurta ve kurutulmuş bütün yumurta dahil olmak üzere salata emülsiyonlarında farklı şekillerde kullanılmaktadır. Farklı yumurta içerikleri genellikle farklı işleme teknikleri kullanılarak hazırlanır ve bu farklı işleme tekniklerinin emülsiyonları stabilize etme etkinliği farklılık göstermektedir. Gıda endüstrisinde, yumurta akı daha çok köpükleri stabilize etmek için kullanılırken, yumurta sarısı daha çok emülsiyonları stabilize etmek için kullanılır. Yumurta akı proteinleri, suda yağ emülsiyonlarını stabilize etmek için kullanılırken yumurta sarısı, mayonez, salata sosları, soslar ve kek hamurlarının üretiminde emülgatör olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Emülsiyonlarda bütün yumurta kullanımının sadece yumurta sarısı kullanımına göre daha sert bir doku kazandırdığı bildirilmiştir (Ma ve Boye, 2013; van Nieuwenhuyzen & Szuhaj, 1998; Chang ve Chen, 2000).

Yumurta sarısı, berrak sarı bir sıvı (plazma) içinde yaklaşık 0,3–2 mm boyutunda (granül) çözünmeyen asılı partiküller içeren karmaşık bir sistemdir. Yumurta sarısı kuru maddesi % 65 lipitlerden, % 31 proteinlerden, % 4 minerallerden ve az miktarda karbonhidrat ve vitaminlerden oluşan bir Y/S emülsiyonudur. Yumurta sarısının plazması, fraksiyonunun% 80'ini oluşturur ve % 85 düşük yoğunluklu lipoproteinlerden (LDL'ler) ve % 15 küresel glikoproteinlerden, ağırlıklı olarak α,β,γ-livetinlerden oluşur. Yumurta sarısı granülleri, yüksek yoğunluklu lipoproteinlerden (HDL'ler) (% 70), fosvitin (% 16) ve LDL'lerden (% 12) oluşur (Larsen, 2019; Hester, 2016; Freschi,2011). Yumurta sarısının ana bileşenlerini fosfolipidler, kolesterol ve lipoproteinler oluşturmaktadır. Yumurta sarısı, en çok mayonez ve salata soslarında olmak üzere pek çok üründe emülgatör olarak kullanılır. ABD Gıda ve İlaç Dairesi salata soslarının en az % 4 sıvı yumurta sarısı ve %30 bitkisel yağ içermesi gerektiğini bildirmiştir (USFDA 2012).

LDL ve protein oranlarının yüksek olması nedeniyle gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanılan hem yumurta sarısı hem de bütün yumurtanın iyi emülsifiye edici özellikleri vardır. Salata sosu ve mayonez emülsiyonlarındaki kompleks lipoprotein molekülünün konfigürasyonu Şekil 1.2'de gösterilmektedir. pH, iyonik kuvvet, çözücü bileşimi ve gıda emülsiyonunun sıcaklığı gibi faktörler ayarlanarak lipoprotein yapısı değiştirilebilir. Bu faktörlerin etkisi, yumurta

sarısının düşük yoğunluklu lipoprotein misellerinin bozulmasına neden olur. Bozulma derecesi ne kadar yüksekse, misellerin iç kısmında bulunan reaktif gruplar, sonraki çapraz bağlanma ve yağ damlacıkları arasında ağ oluşumu için o kadar iyi kullanılabilir (Ma&Boye., 2013). Guilmineau ve Kulozik, (2007) yaptığı çalışmada yumurta sarısına belirli sıcaklıkta (68 °C) ve sürede (11 dk) uygulanan ısıl işlemin mayonez emülsiyonunda yağ damlacık boyutunu % 40'a kadar azalttığını bildirmiştir.



Şekil 1.2 Lipoprotein yapısı (şilomikron) (Ma ve Boye,2013)

[1]ApoA, ApoB, ApoC ve ApoE — apolipoproteinler; T — triaçilgliserol; C — kolesterol; apolipoproteinler arasındaki ovaller fosfolipitleri temsil eder

Endüstriyel uygulamalar için, yumurta sarısı bütünüyle emülsifiye edici bir ajan olarak kullanılabilir veya seyreltme ve santrifüjlemenin bir fraksiyonlama yöntemi yoluyla granüller (çökelti) ve plazma (süpernatan) halinde hazırlanabilir. Plazma kısmı granüllere göre daha iyi bir emülsifikasyon özelliği gösterirken granüllerin ısı stabilitesi plazmadan daha iyidir. Isıl işlem gören emülsiyonlarda granüller emülgatör olarak daha iyi bir tercih olacaktır (Li vd., 2018;Larsen, 2019).

- **Diğer Proteinler**

Peynir altı suyu ve kazein gibi süt proteinlerinin izolatları et ve balıktan elde edilen jelatin gibi protein izolatları, sebze proteinleri olarak soya fasulyesi, acı bakla, bezelye ve buğday proteinlerinin salata sosları uygulamalarında emülgatör olarak kullanımı üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur. Süt proteini olan kazein ile stabilize edilmiş emülsiyonların, kazeinin izoelektrik noktasına yakın pH

değerlerinde (3.5-5.3) ve nispeten yüksek iyonik kuvvetlerde damlacık flokülasyonuna karşı kararsız olduğu gösterilmiştir. Peynir altı suyu proteini ile stabilize edilmiş emülsiyonlar, izoelektrik noktalarına yakın pH değerlerinde (4–5.5), yüksek tuz konsantrasyonlarında adsorbe proteinlerin termal denatürasyon sıcaklığının üzerinde ısıtıldığında topaklanma eğilimindedir. Emülgatör olarak kazeinat kullanılmış emülsiyonların peynir altı suyu proteini ile stabilize edilmiş emülsiyonlara göre termal stabilitesi daha yüksektir. (Chen, L., 2015; Demetriades vd., 2006; Kulmyrazev vd., 2000;)

Et ve balıktan elde edilen bazı proteinler yüzey aktif özellik gösterir. Örneğin jelatinin, Y/S emülsiyonlarında bir emülgatör olarak hareket edebildiği bildirilmiştir (Surh vd., 2006). Ancak tek başına kullanıldığında, jelatin, emülsiyon içerisinde disperse fazın daha büyük damlacık boyutuna sahip olmasına neden olur. Bu nedenle ya aniyonik yüzey aktif maddelerle birlikte kullanılmalı ya da polar olmayan yan gruplarla modifiye edilmelidir (Surh vd., 2006; Chen, L., 2015)

Emülgatörler, baklagiller ve tahıllar dahil olmak üzere çeşitli bitki kaynaklarından da elde edilebilir. Bu proteinlerin emülsiyonları stabilize etme ve gıdalarda emülgatör olarak kullanılma kabiliyetini belirlemek üzere yapılan araştırmalar vardır. Örneğin soya proteini bileşenleri, farklı moleküler ve fonksiyonel özelliklere sahip birçok ayrı protein fraksiyonunun, (örneğin 2S, 7S, 11S ve 15S fraksiyonları) kompleks bir karışımıdır. (Chen, L., 2015) Bazı çalışmalar soya proteinin emülsiyonlarda ara yüzey gerilimini düşürdüğünü göstermektedir. (Molina vd, 2001). Ancak Y/S emülsiyonlarında soya proteini konsantreleri veya izolatları kullanılarak hazırlanan emülsiyonlar, yağ damlacıkları arasında nispeten büyük soya proteini kümelerinin oluşmasından dolayı yüksek oranda topaklanma eğilimindedir. (Chen, L., 2015) Soya proteinleri, yüksek vizkoziteye ya da yüksek damlacık konsantrasyonlarına sahip gıda ürünlerinde damlacık birleşmesinin sorun olmadığı emülsiyonlarda kullanılabilir ancak kremleşmenin damlacık topaklaşması ile hızlanacağı az yağlı emülsiyonların stabilizasyonu için uygun olmayabilir (Nishinari vd., 2014).

Ekonomik olması nedeniyle proteinler, salata sosu ve mayonez emülsiyonlarının hazırlanmasında emülgatör olarak kullanılmaktadır. Proteinlere ısıl işlem uygulayarak salata sosu gibi emülsiyonların reolojik özelliklerini değiştirmek

mümkündür. Örneğin Dickinson ve Casanova'nın (1999), kontrollü miktarda iyonik kalsiyum ve sodyum kazeinat ile stabilize edilmiş Y/S emülsiyonunun ısıtılması (35-45°C) üzerine yaptığı çalışmada viskoelastisitede büyük bir artış gözlemlenmiştir. Reolojik parametre sonuçlarındaki artışın, sıcaklıkla birlikte topaklanmış ağda artan hidrofobik etkileşimlerden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Peynir altı suyu ve yumurta sarısı ile stabilizasyonu sağlanmış bir başka emülsiyon çalışmasında sıcaklık uygulaması sonucu protein denatürasyonuna bağlı olarak reolojik parametre sonuçlarında artış gözlenmiştir (Chen ve Dickinson, 1998; Moros vd., 2003). Emülgatör olarak acıbakla protein izolatı kullanılan Y/S emülsiyonunda, artan sıcaklık (50-90 °C) ve ısıtma süresiyle (10-40 dk) protein hidrofobikliğinin, reolojik ve dokusal parametre sonuçlarının arttığı ve Sauter yağ damlacıklarının çapının azaldığı bildirilmiştir (Raymundo vd., 1998).

1.2.3.2 Emülgatör Özellikteki Hidrokolloidler

Hidrokolloidler genellikle su içinde yağ emülsiyonlarında stabilizatör ve jelleşme sağlama özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır ancak bazıları emülgatör özellikleri dolayısıyla da kullanılmaktadır. Gam arabik, modifiye nişasta, modifiye selüloz emülgatör özellik gösteren biyopolimerlerdendir. Arabik gam diğer gamlara kıyasla suda yüksek bir çözünürlüğe ve nispeten düşük bir çözelti viskozitesine sahiptir, bu da bir emülgatör olarak uygulanmasını kolaylaştırır. Nişastanın doğal formu zayıf yüzey aktivitesine sahip hidrofilik moleküllerden oluşması ve selülozun doğal formu ise moleküller arası hidrojen bağları oluşturduğu için suda çözünmez olduğundan emülgatör özellik göstermezler. Ancak emülgatör olarak kullanılabilecek bileşenler elde edebilmek için farklı yollarla izole edilip modifiye edilebilir.

Bu hidrokolloidler proteinlerle ve yüzey aktif maddelerle kıyaslandığında daha düşük bir ara yüzey aktivitesine sahiptir. Bu nedenle yüksek konsantrasyonlarda kullanılmaları gerekir. Proteinlerden üstün olan özellikleri ise olumsuz koşullarda (sıcaklık, pH vb) emülgatör olarak kullanılabilmeleridir.

Pektin, galaktomannan, kitosan hidrokolloidlerinin yağ-su ara yüzey gerilimini düşürdüğü ve stabil emülsiyonlar sağladığı çalışmalar yapılmıştır ancak bu yüzey aktivitesinin moleküler kökeni hakkında bazı tartışmalar vardır. Bu

polisakkaritlerin yüzey aktivitelerinin diğer molekülleri (polisakkarit yapısına kovalent olarak bağlanan proteinler vb gibi) adsorplamalarından veya sulu fazı kalınlaştırma yeteneklerinden dolayı mı olduğu hakkında tartışmalar bulunmaktadır (McClements, 2015).

1.2.3.3 Emülgatör özellikteki protein-polisakkarit kompleksleri

Gıda işleme koşullarında (sıcaklık, asitlendirme, tuz vb.,) polisakkaritler proteinlere göre daha stabil emülsiyonlar elde edilmesini sağlarken proteinler daha düşük konsantrasyonlarda daha düşük damlacık boyutuna sahip emülsiyonlar sağlayabilmektedir. Gıda işleme koşullarına dayanıklı ve aynı zamanda küçük damlacık boyutuna sahip emülsiyonların üretilebilmesi için bu iki biyopolimer yapının birlikte kullanılması tercih edilebilir. Yapılan bazı çalışmalarda protein-polisakkarit komplekslerinin iyi bir emülsifikasyon sağladığı bildirilmiştir (Chevalier vd., 2001; Akhtar ve Dickinson, 2007). Örneğin arabik gamın yapı itibariyle doğal bir protein-polisakkarit kompleksi olduğu ve emülgatör olarak gıda endüstrisinde kullanıldığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Dickinson, 1992).

1.2.3.4 Küçük moleküllü sürfektanlar

Monogliseritler, nişasta türevleri, polisorbatlar, sorbitan esterler küçük moleküllü sürfektanlar grubunda yer almaktadır. Nispeten yüksek hidrofil-lipofil denge sayılarına (10-18) sahip (sorbitan esterler vb) suda çözünür yüzey aktif maddeler normalde içecekler, salata sosları, tatlılar ve kahve beyazlatıcılar gibi suda yağ emülsiyonlarını stabilize etmek için kullanılır. Nispeten düşük hidrofil-lipofil denge sayılarına (3-6) sahip (mono-di gliserid vb) yağda çözünür yüzey aktif maddeler, genellikle margarinler ve sürülebilir ürünler gibi yağda su emülsiyonlarını stabilize etmek için kullanılır. Ayrıca salata sosu gibi emülsiyonlarının soğutma esnasında stabilitesini korumak ve yağ kristalleşimesini önlemek için de kullanılır. Küçük moleküllü sürfektanlar proteinler ile etkileşime girerek kısa süreli stabilite geliştirmeye katkı sağlamaktadır. Büyük moleküllü yüzey aktif maddelerin absorpsiyonunu inhibe ettikleri için uzun vadeli stabilite sağlama üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptirler (Ma ve Boye, 2013; McClements, 2015; Kalnin vd, 2004)).

1.2.4 Yağ İkame Ediciler

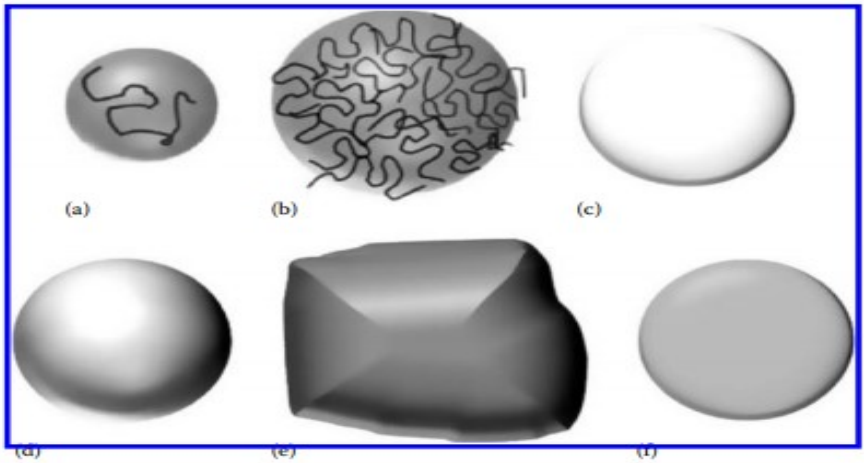
Yağlı yiyeceklerin aşırı tüketimi, kalp hastalığı, diyabet ve kanser gibi önemli insan sağlığı sorunlarıyla bağlantılı olan obezitenin başlıca nedenidir. Bu nedenle gıda endüstrisinde, geleneksel ürünlerin azaltılmış yağlı, az yağlı veya yağsız versiyonlarının geliştirilmesine yönelik önemli bir eğilim olmuştur. Yağların gıda emülsiyonlarının dokusu, stabilitesi parlaklığı, lezzeti ve karakteri üzerinde önemi büyüktür. Yağ, emülsiyonun içerisinden çıkarıldığında bu kalite özelliklerini korumak için yağ ikame maddeleri kullanılması gerekir (Patel vd., 2020).

Polisakkaritler ve proteinler gibi biyopolimerler az yağlı emülsiyonun yapısal özelliklerini iyileştirmek üzere yağ ikame maddesi olarak eklenebilir. Böylece yağın eksikliğinden kaynaklanan kalite kusurları önlenebilir. Gıdalarda yağ ikame maddesi olarak nişasta ve türevleri, gamlar, polidekstrozlar, β glukan, MCC, mikropartiküle proteinler (süt, yumurta ve peynir altı suyu protein içeren Simplesse vb.), sentetik yağ ikameleri (olesta, salatrin vb.) ve emülsiyonlaştırıcı maddeler (sodium stearol laktilat, sorbitan mono stearat, diasetil tartarik asit ve esterleri vb.) kullanılmaktadır (Smith vd., 2011; Doğan ve Küçüköner, 1999). Yağ ikamesi olarak kullanılabilecek bazı farklı olası moleküler ve partiküler maddeler Şekil 1.3'de gösterilmektedir.

Polisakkaritler (nişasta, karragenan, ksantan gam, pektinler, arabik gam vb.), yağ damlacıklarını stabilize etmenin ve krema oluşumunu önlemenin yanı sıra azaltılmış yağ içeriklerinden kaynaklanan koyulaşma özelliklerinin kaybını telafi etmek için genellikle ticari salata sosu ürünlerine, özellikle düşük yağ içerikli ürünlere dahil edilmektedir (Patel vd., 2020).

Emülsiyonların yağ içeriğini azaltmanın alternatif bir yöntemi, geleneksel yağın bir kısmını veya tamamını sindirilemeyen yağ benzeri moleküller (Olestra ™, bir sükroz yağ asidi esteri gibi) veya düşük kalori seviyelerine sahip özel olarak tasarlanmış triaçilgliserollerle (örn. Salatrim ™ ve Caprenin ™) ikame etmektir.

İdeal bir yağ ikamesi, geleneksel yağ tarafından sağlanan tüm kalite özelliklerini sağlamalı ve tüketilmesi güvenli olmalı ve genel yağ ve kalori içeriğini önemli ölçüde azaltmalıdır.

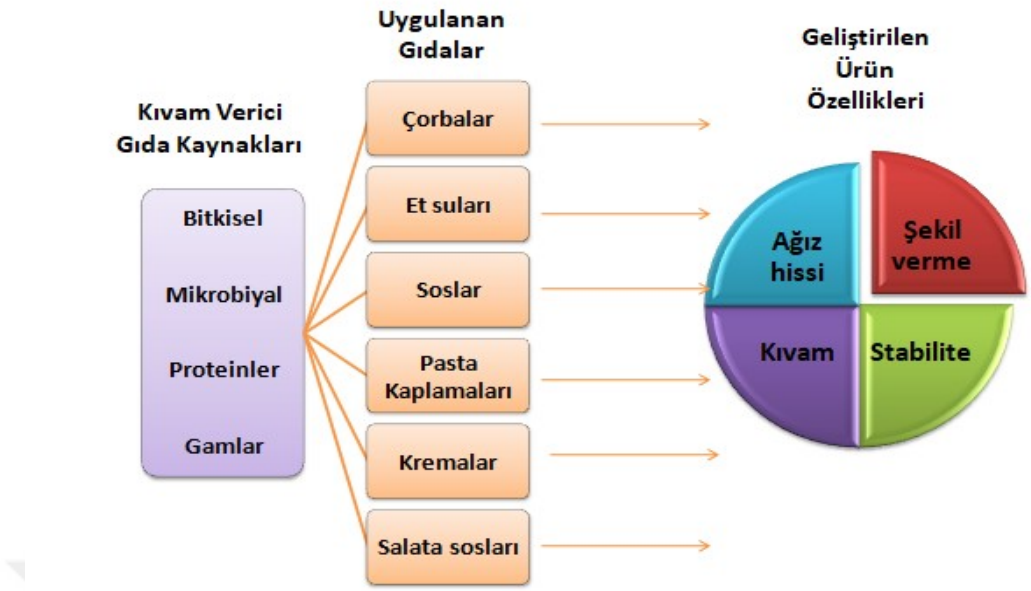


Şekil 1.3 Yağ damlacıkları yerine kullanılan polimerik ve partiküler maddeler

[1]Yağ damlacıkları (opaklık, doku ve ağız hissi) tarafından sağlanan istenen gıda özelliklerinden bazıları, polimerik veya partikül maddeler tarafından sağlanabilir, örneğin (a) kıvam verici maddeler, (b) hidrojel parçacıkları, (c) protein parçacıkları, (d) sindirilemeyen yağ damlacıkları, (e) nişasta granülleri ve (f) titanyum dioksit (McClements, 2015).

1.2.4.1 Kıvam Vericiler ve Stabilizatörler

Kıvam verici ve stabilizatör maddeler, kalite niteliklerini geliştirmenin yanı sıra reolojik ve dokusal özellikleri değiştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapısal düzenleme, akış davranış özelliklerinin değiştirilmesi ve nem bağlama kapasitesinin iyileştirilmesi gıdalara eklenen kıvam vericilerin en önemli görevleridir. Modifiye edilmiş nişastaların, proteinlerin, ağaç eksüdalarının ve tohum gamlarının tek ya da kombine olarak kullanılması, deniz yosunu özlerinin ve mikrobiyal polisakaritlerin ürünün ağız hissini, ürünün kullanım özelliklerini ve stabilite özelliklerini iyileştirme yeteneğine sahip oldukları bulunmuştur. Şekil 1.4'de kıvam verici gıda kaynakları hangi ürünlerde ne amaçla kullanıldığı detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4 Gıdalarda kullanılan kıvam vericilerin kaynakları, uygulanan gıdalar ve geliştirdiği ürün özellikleri

Suda yağ emülsiyonlarının sulu fazına eklenen bu biyopolimerler, yoğurtlar, peynirler, tatlılar, yumurta, et ürünleri ve salata sosları gibi sulu fazın jelleşmesine neden olma yeteneklerinden dolayı birçok gıda emülsiyonunda fonksiyonel bileşenler olarak kullanılır. Jel oluşumu istenen dokusal ve organoleptik özellikleri sağlamakla birlikte yağ damlacıklarının birleşmesini, kremleşmesi ve aglomera olmasını da engellemektedir. Biyopolimer jel emülsiyonda yüksek miktarda su absorbe eden bir ağ oluşturarak yapıya katı benzeri bir özellik kazandırmaktadır.

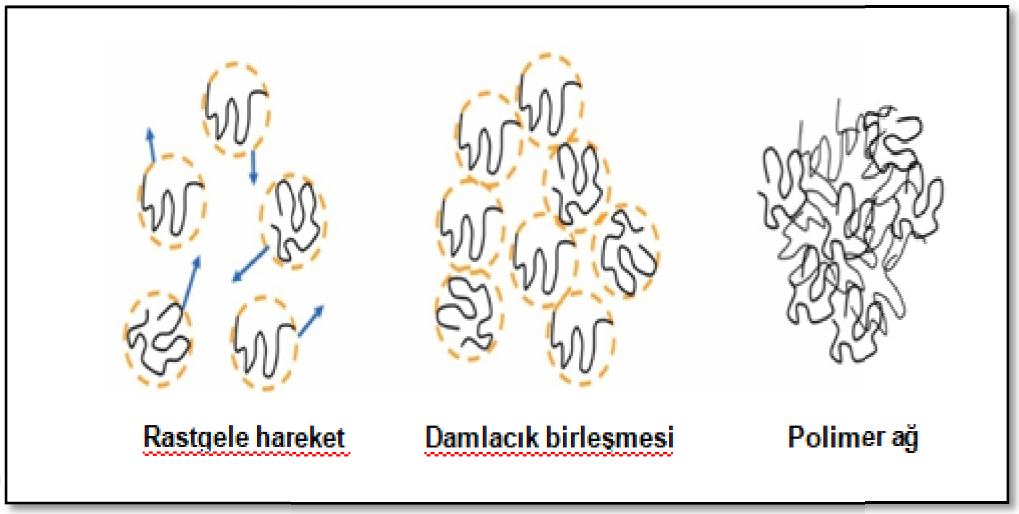
Kıvam verme mekanizması şu şekildedir; Uzun zincirli polisakkarit molekülleri, Brown hareketi altında çözeltide konformasyonel olarak düzensiz "rastgele halkalar" olarak bulunur (Şekil 1.5). Brownian hareketi, sıvı içerisindeki moleküllerin kontrolsüz bir şekilde diğer moleküllere çarpması hareketidir. Polisakkaritin oluşturduğu halkanın sıkı ya da geniş olması polisakkarit zinciri arasındaki bağlantı çeşitlerine ve polisakkaritin monosakkarit bileşimine bağlıdır (Torrens ve Castellano, 2018). Polisakkaritler, emülsiyonlardaki fonksiyonel etkilerini dört farklı şekilde gerçekleştirir;

(1) yüksek hacimli bir iç faz yüzdesine sahip bir emülsiyonu stabilize ederek,

(2) dış fazın viskozitesini artırarak,

(3) elastik bir ağ oluşturarak,

(4) harici fazın bir kısmını çıkararak.



Şekil 1.5 Çözeltideki polimer halkaların şematik gösterimi (Brown hareketi).

Sıcaklık, kesme, pH, iyonik kuvvet vb. gibi faktörlerin bu koyulaştırıcı maddelerin işlevselliği üzerinde etkileri vardır ürün formülasyonu gıda üreticileri tarafından dikkatli bir şekilde optimize edilmelidir.

Salata sosları ve mayonez gibi yağ içeriği yüksek ürünlerde flokülasyona karşı dayanıklıdır ancak yağ oranı %60' ın aşağısına düşmeye başladığında stabilite azalır. Bu durumda mobil fazın hareketliliğini sınırlandırmak, su ve yağ ayrılmasını engellemek için biyopolimerler ilave edilir (Dickinson 2003).

- **Gamlar**

Bitkilerden elde edilen biyopolimerler depo polisakkaritleri, hücre duvarının yapısal molekülleri ya da bitki gövdesinden ve tohumlardan salınan gamlardan oluşabilir. Gamların ucuz kaynaklardan elde edilmesi gıda sanayiinde geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır. Gamlar, yüksek molekül ağırlıklı suda çözünen biyopolimerlerdir. Gamların jelleşme, su bağlama ve viskozite kazandırma özellikleri az yağlı emülsiyonlarda reolojik ve fonksiyonel özellikleri iyileştirmesine katkı sağlar. Bunun yanı sıra buzun kristalleşmesini engelleyici etkisi nedeniyle de bazı gıdalarda kullanılmaktadır.

Piyasada bitki, deniz yosunu, mikrobiyal veya hayvansal orijinli gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen pek çok gam çeşidi bulunmaktadır. Selüloz (ağaç

kökenli), arabik gam, karaya gamı, ghatti gamı, kitre gamı (eksüda gamı), nişasta, pektin, selüloz (bitki kaynağı), guar gam, keçiboynuzu gamı, tara gamı, (tohum endosperm unu), konjak gamı (yumrulardan elde edilen), fesleğen tohumu gamı, çiya tohumu gamı ve keten tohumu gamı genel olarak botanik kaynaklar altında gruplandırılmıştır. Agar, karagenan (kırmızı deniz yosunları) ve aljinat (kahverengi deniz yosunları) deniz yosunu kökenli olarak sınıflandırılır (Eghbaljoo vd., 2022; Razawi, 2019).

Bitki ve ağaç gövdelerindeki çevresel faktörlerden kaynaklanan hasar sonucu bitki ve ağaç eksüdaları elde edilir. Genellikle 2 ila 7 cm çapında, havanın etkisiyle kurumuş damlacıklar halinde toplanırlar. Bitki eksüdaları genellikle *Mimosaceae, Burseraceae* ve *Sterculiaceae* familyalarına ait ağaç türlerinden salgılanır. Arabik gam, karaya, kitre ve kaju gamları bu grubun içinde yer almaktadır. Ağaç eksüda gamlarından asit stabilitesini sağlamak amacıyla dökülebilir salata soslarında karaya ve kitre gamı, kuru salata soslarında ise arabik gam kullanılmaktadır (BeMiller, 2018).

Tohumlardan elde edilen gamlar (müsilaj), doğal gamların ana kaynağıdır. Genel olarak tohum gamları, tohumların müsilajlı hücreler olarak adlandırılan tohum kabuğunu oluşturan dış hücrelerinde bulunmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda bile oldukça viskozdurlar. Su ilebirlikte dışarı çıkması sağlanır. Gam tohum kabuğunun dış katmanında bulunmaktadır. Çiya tohumu, keten tohumu, demirhindi tohumu, çemen tohumu, hardal tohumu en çok bilinen tohum gamlarındandır. Bu tohumlar hidratlandığında, gam salgısı dışarı çıkar ve spiral filamentler (gam lifleri) görünür hale gelir. Tohum kabuğunun dışında yapışık şeffaf bir katman oluşur ve çoözelti viskoz yapı kazanır.

Tohum gamları, stabilize etme, koyulaştırma, su absorbe etme, emülsifiye etme, köpürme ve soğuk ve sıcak suda yüksek çözünürlük gibi çekici fonksiyonel özelliklere sahiptir. Tohum gamları farklı gıda formülasyonlarında kullanılma potansiyeline sahiptirler (Funami, 2011).

Tohum gam çözeltileri psödoplastik (artan kesme hızına karşı görünür viskozitenin azaldığı) akış davranış özelliği göstermektedir. Yapılan çalışmalarda gam içeren gıdaların reolojik değerlendirmeleri genellikle güç yasası modeline (Power Law Model) göre belirlenmektedir. Tek bir gıdayı formüle etmek için iki

veya daha fazla gam kullanılabilir; bu, kombine kullanım gıda endüstrisinde sinerjik etki sağladığı için son yıllarda tecih edilmeye başlanmıştır. Gamların birbiri ile sinerjisi arttırılarak ekonomik katma değer sağlanabilir. Farklı gamların bir arada kullanılması, ürüne daha iyi reolojik özellikler kazandırabilir ve bu da üretim maliyetini düşürebilir (Kayacier ve Dogan, 2006).

Gıda formülasyonunda suyun yerine yüksek kıvam sağlayan gamların sulu çözeltileri kullanıldığında gıdanın viskozitesinde artış gözlenecektir. Örneğin salata sosu formülasyonunun sulu fazında viskozite arttırılırsa çalkalama sırasında oluşan yağ damlacıklarının flotasyon hızı yavaşlar ve emülsiyon stabilize olur.

Gamlar, emülsiyonları stabilize ederek salata soslarının hem reolojisini hem de dokusunu kontrol etme kabiliyetine sahiptir. Bunun yanı sıra nişasta türevlerine göre daha az miktarda kullanılarak, daha yüksek su tutma kapasitesi sağlayarak ve depolamada retrogradasyonu yavaşlatarak son ürün kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Salata soslarının reolojisini etkileyen sulu halde yüksek viskoziteli çözeltiler oluşturan hali hazırda gıda sanayiinde kullanılan gam örneklerinden bazıları üründeki fonksiyonları ile birlikte Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Salata soslarında ticari olarak kullanılan gamlar ve fonksiyonları

Gam çeşidi	**Fonksiyonu**
Keçiboynuzu gamı	Stabilizatör, emülgatör, kıvam verici, jelleştirici (Haines ve Patel , 1997)
Guar gam	Emülsiyon stabilizatörü, kıvam verici, süspansiyon ajanı, hacim arttırıcı madde (Haines ve Patel , 1997; Nayebzadeh ve Mohammadifar, 2015)
Arabik gam	Şeker kristalleşmesini geciktirici, kıvam verici, emülgatör, stabilizatör (Haines ve Patel , 1997).

Tablo 1.1 Salata soslarında ticari olarak kullanılan gamlar ve fonksiyonları (devamı)

Ksantan gam	Stabilizatör, kıvam verici, emülgatör (Haines ve Patel , 1997; Nayebzadeh ve Mohammadifar, 2015)
Karragenan	Jelleştirici ajan, kıvam verici, emülgatör (Tijssen, vd., 2007).
Tara gam	kıvam verici, stabilizatör (Koocheki vd.,2009).
Kitre gamı	jelleştirici , kıvam verici (Amiri vd., 2015)
Karaya gam	kıvam verici (Koocheki vd., 2009).
Ghatti gam	kıvam verici (Koocheki vd., 2009).

Ksantan gam, *Xanthomonas campestris* tarafından ticari olarak üretilen bir eksopolisakkarittir. Ksantan gam gıdada doku, viskozite, görünüm, su tutma, lezzet salma benzeri özellikleri iyileştirir ve iyi bir psödoplastik davranış sergileyen Newtonyen olmayan bir özellik gösterir, böylece nihai ürünlerin reolojisini geliştirir. Ksantan gam, su bağlama özelliklerini artırmak için fırıncılık ürünlerinde (%0,05-0,03), salata soslarında (%0,1-0,5) ve hazır gıdalarda (%0,1-0,3) jelleştirici olarak kullanılır (Bhat vd., 2022). Reolojik ve stabilite özellikleri nedeniyle dökülebilir salata soslarında en çok kullanılan gam çeşididir. Olumsuz tarafı, özellikle düşük yağlı ya da yağsız salata soslarında XG, yüksek konsantrasyonlarda (genellikle >%0,5) kullanılırsa "yumuşak" veya "tıknaz" akış özellikleri gibi istenmeyen reolojik davranışlar oluşturur (Laaman, 2011).

Arabik gam, *Acacia senegal* ağaçlarından ticari olarak üretilen önemli bir eksüda gamdır. Bu gamın biyouyumluluğu, gıda ve tıbbi uygulamalar için güvenli olmasını sağlamaktadır. Suda kolayca çözünür, düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskoziteli bir çözelti oluşturur ve su içinde yağ emülsiyonu için stabilizatör olarak çalışır (Cho ve Dreher, 2001). Gıda ürünlerinde stabilizatör, emülgatör, kıvam arttırıcı, taşıyıcı, hacim arttırıcı, parlatıcı, nemlendirici,

sıkılaştırıcı ajan ve antioksidan olarak kullanılır (Barak vd., 2020). Arabik gam salata soslarında emülgatör, koyulaştırıcı ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır (Prasad vd., 2022).

Guar gam, gıda endüstrisinde en çok kullanılan gamlardan bir tanesidir. *Leguminosae* familyasından bir bitki olan *Cyamopsis tetragonolobus*'un endosperminden elde edilen beyaz-sarımsı bir tozdur. Genellikle viskoziteyi iyileştirme, nem tutma, emülgatör, stabilizatör suda çözünür lif içeriğini arttırmak için kullanılmaktadır. Dallı yapısı nedeniyle kolayca hidratlanabilir ve hem soğuk hem de sıcak suda çözülebilir, aşırı düşük konsantrasyonlarda bile viskoz çözeltiler oluşturabilmektedir. Düz zincir yapısı β(1-4)-d-mannopiranosil birimlerinden oluşurken dallanma noktalarından α(1 -6)d-galaktopiranozil bağları ile bağlanır (Theocharidou vd., 2022; Hamdani ve Wani, 2017. Guar gam ve keçi boynuzu gamının salata soslarında kullanımının dezavantajı asit stabilizasyonunun düşük olması nedeniyle emülsiyon ayrışması ve hatta renk bozulmaları görülebilme durumudur (Laaman, 2011).

Gamların moleküler yapılarının birbirinden farklı olması onlara farklı reolojik ve fizikokimyasal özellikler sağlamaktadır. Araştırmacıların bu noktada yeni gam çeşitlerinden tohum gamlarına olan ilgisi artmış ve farklı tohum gamlarının fizikokimyasal özelliklerini, emülsiyonlar içerisindeki reolojik karakterini ve emülsiyon stabilitesini incelemeye odaklanmışlardır. Tohum gamlarının çevre dostu, biyo uyumlu, doğada bol bulunan , düşük maliyetli ve toksik olmayan sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmesi de onlara olan ilgiyi arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda kullanım potansiyeli olan tohum gamı örneklerinden bazıları ürüne sağladığı fonksiyonları ile birlikte Tablo 3.2 de verilmiştir. Örneğin adaçayı tohum gamının stabilizatör etkisi olduğu Mohommedzadeh vd., 2013'de yaptığı çalışmada belirtilmiştir. Değişen konsantrasyonlarda peynir altı suyu proteini konsantresi (%5-15 w/v) ve yabani adaçayı tohumu gamının (%0-0.3 w/v) arayüzey gerilimi, zeta potansiyeli, fiziksel stabilite, damlacık boyutu, akış üzerindeki etkisi pH 7'de d-limonen-su emülsiyonlarının özellikleri ve viskozitesi araştırılmış ve sonuç olarak artan adaçayı tohumu gamı konsantrasyonu ile ara yüzey geriliminin azaldığı yani adaçay gamının stabilizatör etkisinin olduğu bildirilmiştir.

Keçiboynuzu gamı *Ceratonia siliqua L'* den elde edilen mannoz/galaktoz oranı 4:1 olan tohumdan elde edilen bir endosperm yapısıdır (Hamdani ve Wani, 2017). Yağı azaltılmış gıda emülsiyonları üzerine yapılan bir çalışmada keçiboynuzu gamı ve yağ damlacık etkileşimleri incelenmiş ve Y/S emülsiyonunda % 0,8 (w/w) üzerinde keçiboynuzu gamı içeren emülsiyonların kuvvetli viskozite artışı gösterdiği, faz ayrımına ve kremleşmeye karşı stabilite ve hidrojel oluşumu sağladığı bulgulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre keçiboynuzu gamı, salata sosları ve tatlılar gibi yağı azaltılmış gıda emülsiyonlarının rasyonel tasarımı ve üretiminde önemli etkileri olabileceği bildirilmiştir. Ayrıca ara konsantrasyonda (0.2-0.8 w/w) keçiboynuzu gamı içeren Y/S emülsiyonları, kremalaşma eğilimi ve faz ayrımı oluşumu göstermiştir. Bu durum yağı azaltılmış ürünlerin formülasyonunda yer alan gam miktarının optimize edilmesi gerektiğinin önemini ortaya koymaktadır. Genel olarak, bir hidrokolloidin emülsiyonların stabilitesi ve fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi, moleküler özelliklerine (mol kütlesi, konformasyon, yük ve hidrofobiklik gibi) bağlıdır. Sonuç olarak, bu çalışmada emülsiyonda kullanılan hidrokolloidlerin emülsiyona farklı özellikler kazandırdığı bildirilmiştir (Chung vd., 2013). Hamdani ve Wani (2017) yaptığı çalışmada gamların moleküler yapılarındaki farklılığın emülsiyonun fizikokimyasal ve reolojik özelliklerini değiştirdiğini vurgulamıştır.

Tablo 1.2 Kullanım potonsiyeli olan tohum gamları ve fonksiyonları

Adaçayı (*Salvia macrosiphon*) tohum gamı	Stabilizatör, kıvam verici, bağlayıcı ve yağ ikame edici ve jelleştirici madde (Razawi, 2019; Mohommedzadeh vd., 2013).
Prosopis ruscifolia tohum gamı (Vinal gamı)	Kıvam verici ajan (guar gama benzer yapısal ve reolojik özellikler) (Salarbashi ve Tafaghodi, 2018)

Tablo 1.2 Kullanım potonsiyeli olan tohum gamları ve fonksiyonları (devamı)

Fesleğen (*Ocimum bacilicum L*) tohum gamı	Stabilizatör, kıvam verici, emülgatör, köpürtücü ajan, jelleştirici ajan, yağ ikame maddesi, parçalayıcı, bağlayıcı ve kristal büyüme inhibitörü (Razavi, 2019; Tabasi ve Razavi, 2017).
Alyssum homolocarpum tohum gamı	Stabilize edici (Y/S emülsiyonlarında), topaklanmayı önleyici, kıvam verici, (Koocheki vd., 2009)
Çiya tohum gamı *Chia salvia hispanica L*	Stabilize edici, kıvam verici ve emülgatör (Akçiçek ve Karasu, 2018).
Roka tohum gamı *(Eruca sativa)*	kıvam verici, yağ ikame edici ve stabilizatör (Akgül vd., 2022)

Gamların salata soslarının üretiminden sonra bir yıla kadar hatta daha uzun süre sabit bir viskoziteyi koruması gerekir. Bu kadar uzun raf ömrü ancak yeterli asit ve gerektiğinde sıcaklığa karşı stabilite gösteren gamlar kullanılarak sağlanabilir. Gamların aside en dayanıklı olanları ksantan gam (XG), kitre gamı, propilen glikol aljinattır (PGA). Guar ve keçiboynuzu gamı nötr gamlar olduğundan başlangıçta iyi bir viskozite sağlar ancak süre uzadığında daha zayıf asit stabilitesi göstermektedir. Asit bozunması nedeniyle viskozite düştüğünde, salata sosu askıda kalma özelliğini kaybeder, emülsiyon ayrılması ve renk değişimi görülebilir.

- ***Roka Tohum Gamı***

Roka, latince ismi *Eruca sativa*, Hindistan ve Güney Avrupa'da yetişen *Brassicaceae* familyasına ait yaygın bir bitkidir. Roka bitkisi uzun yıllardır salatalarda kullanılmaktadır. Roka, polifenoller, lifler ve glukozinolatlar gibi çok çeşitli sağlığı geliştirici fitokimyasal bileşikler içerir (Koubaa vd, 2016; Miyazawa

vd., 2002; Perry ve Metzger, 1980). Roka bitkisinin tohumları, en çok aranan yağ asitlerinden biri olan petrol üretiminde kullanılan yüksek erusik asit içerikleri ve bakterisidal etkinliği de olan yüksek yağ içeriği (%20.0) nedeniyle endüstride yağ üretimi için kullanılmaktadır (Tekin vd., 2023; Morshedy vd., 2021; Koubaa vd., 2016) Ayrıca roka tohumu önemli miktarda ham protein (%31,0), karbonhidrat (%23,1) ve ham lif (%20,4) içermektedir. (Nail vd., 2017). Şekil 1.6'da görüldüğü üzere roka tohumları yeşil, kahverengi, sarı ve kırmızımsı renkli taneler içermektedir. Roka tohumunun epidermal hücreleri, fonksiyonel özelliklere sahip kabul edilebilir miktarda gam içermektedir. RSG, roka tohumunun suda bekletilerek ekstraksiyonu ile elde edilen bitkisel kaynaklı bir gamdır. Roka tohum gamının (RSG) ekstraksiyon parametrelerinin ekstraksiyon verimi üzerine etkileri ve bazı teknolojik özellikleri araştırılmıştır (Koocheki vd., 2011). Kutlu vd., 2021'de roka tohum gamının fizikokimyasal özelliklerini belirlemek üzere çalışma yapmıştır. Fizikokimyasal özellikleri Tablo 1.3'de verilmiştir.



Şekil 1.6 Roka tohumu görüntüsü

Tablo 1.3 Roka tohum gamının kimyasal bileşimi (Kutlu vd., 2021)

Tohum bileşimi (w/w) (%)		Şeker bileşimi	
Karbonhidrat	80,38±1,13	Galaktoz	24,49±0,74
Protein	5,81±0,26	Mannoz	37,29±0,32
Nem	10,26±0,19	Glukoz	9,89±0,05
Kül	3,55±0,04	Fruktoz	11,59±0,11
		Arabinoz	13,28±0,23

*± üçlü ortalamanın standart sapması anlamına gelir.

1.2.5 Asitlendiriciler

Salata sosu ve mayonez gibi emülsiyonlarda en yaygın kullanılan asitlendiriciler sitrik asit (limon asidi), asetik asit (sirke) ve malik asittir. Bu asitlendiric ajanlar tek başına ya da birlikte kullanılabilmektedir (Moustafa, 1995; Yang ve Lal, 2003).

Sirkenin işlevleri koruyucu ve tatlandırıcıdır. Salata soslarında mikrobiyal bozulmaya karşı ana koruyucu asittir. Endüstride esas olarak iki tür sirke kullanılır, bunlar elma sirkesi ve damıtılmış sirkedir. Mayonez ve salata soslarında tadı ve kokusu hafif sirkeler tercih edilmektedir. Sirke gücü, 100 g, %10 asetik aside eşit olan "tane" ile ölçülür. Çoğu salata sosunda sirke oranı %3 ile %5 arasında değişir (Yang ve Lal, 2003; Moustafa, 1995). Salata soslarında en yaygın olarak kullanılan sirkeler: elma sirkesi, şarap sirkesi, malt sirkesi, balzamik sirke, pirinç sirkesi ve beyaz sirkedir (Önder, 2019).

Mayonez ve salata sosu üreticileri tarafından yaygın olarak kullanılan sirke listesi: Beyaz Distile Sirke, Elma Sirkesi, Kırmızı ve Beyaz Şarap Sirkesi, Malt Sirkesi, Arpa Sirkesi, Pirinç Sirkesi, Balzemik Sirke (İtalya'dan ithal)

Bir trikarboksilik asit olan sitrik asit, Amerika Birleşik Devletleri'nde 100 yıldan fazla bir süredir gıdalarda kullanılmaktadır. Sitrik asit ve sitrik asidin sodyum ve potasyum tuzları, malik asit ve asetik asit gıdalarda kullanımı FDA tarafından GRAS olarak bildirilmiş asitlendiricilerdir (Yang ve Lal, 2003; Moustafa, 1995).

Malik asit suda iyonlaşma durumu sitrik aside benzemesine rağmen daha yoğun bir ekşi tat oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca yağ oksidasyonunun önlenmesinde antioksidanlarla sinerjitik bir etki oluşturmaktadır. Bu nedenle salata soslarına belirli ölçüde ilavesi raf ömrüne katkı sağlayacaktır (Moustafa, 1995).

1.2.6 Tuzlar ve Şeker

Salata soslarında şeker ve tuzların asıl amacı üründe istenen tat değerini sağlamaktır. Tuz salata soslarında lezzete katkı sağlamanın yanı sıra asitlendiricilerle birlikte koruyucu rol oynamaktadır (Önder, 2019).

Marti'nez vd., 2007'de yaptığı çalışmada tuzun farklı konsantrasyonlarının salata sosu tipi emülsiyonların reolojik özellikleri üzerinde uyguladığı etkiler incelendiğinde reolojik parametrelerin çoğunun değerinin ve partikül boyutunun arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca sürekli faz içerisinde bulunan tuz bileşeni ortamın iyonik yük dengesini değiştirdiğinden emülsiyon kararlılığı üzerinde de rol oynamaktadır. Sriprablom vd., ksantan gam içeren peynir altı suyu proteini ile stabilize edilmiş Y/S emülsiyonlarının fiziksel ve reolojik özellikleri ve stabilitesi üzerine iyonik gücün ve pH'ın etkisini incelemiş emülsiyon damlacıklarının, düşük iyonik kuvvette ve asidik pH'ta daha fazla toplandığını belirtmiştir. (Önder, 2019; Martı´nez vd., 2007).

Bazı salata sosu ürünlerinde şeker (sakaroz), glikoz ve fruktoz şurupları düşük konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Süt aroması verilmek ilstenen bazı salata soslarında süt tozu düşük miktarlarda eklenmektedir. Süt tozu ile emülsiyona eklenmiş olan az miktardaki protein, yağ fazının emülsifikasyonuna küçük bir katkı sağlayabilir (Morley, 2016).

1.2.7 Baharatlar

Salata soslarında baharatlar ürünün duyusal özelliklerini geliştirmek için kullanılmaktadır. Değişik tatlar, doğru baharat, çeşni ve aroma kombinasyonu ile elde edilir. Hardal unu, lezzet katmasının yanı sıra koyulaştırıcı, emülsifiye edici ve antibakteriyel nitelikler sağlaması bakımından benzersizdir. Biber, kırmızı

biber, soğan ve sarımsak, daha çok tercih edilirken zencefil, karanfil, tarhun ve kereviz daha sınırlı derecede kullanılmaktadır. Baharatlar, uçucu yağlar, oleoresinler ve çözünür özütleyiciler şeklinde kullanılır. Uygun aroma karışımları baharat ve aroma şirketlerinden tedarik edilmektedir. Baharatların çoğu yağda çözünebilmektedir. İstenen lezzet ve aromanın oluşabilmesi için yağda ve suda çözünen aroma bileşenlerinin dengesi sağlanmalıdır (Ma ve Boye, 2013).

1.2.8 Koruyucular

Mikrobiyolojik stabiliteyi sağlamak için genellikle salata sosu ürünlerinde yasal olarak izin verilen miktarlarda koruyucu kullanılır. Gıda emülsiyonlarında en çok kullanılan koruyucular sorbik asit ve benzoik asit ve onların kalsiyum potasyum ve sodyum tuzlarıdır. Gıda emülsiyonlarında kullanılan koruyucular, gıda mevzuatlarının izin verdiği ölçülerde kullanılmaktadırlar. Örneğin Kanada Gıda ve İlaç Yönetmeliği emülsiyonlarda kullanılacak sorbik ve benzoik asit miktarını 3500 ppm ve sodyum benzoat miktarı ise 1000 ppm olarak belirlemiştir. Avrupa Birliği'nin ise benzoik asit ve türevleri için belirlediği limit 1000 ppm, sorbik asit ve türevler için belirlediği limit 2000 ppm'dir (Sağlık, 2011; Casas vd., 2000).

EDTA ve benzoatlar gibi bağlayıcılar (şelatlama ajanları olarak da bilinir) koruma etkisine sahiptir. Şelatlayıcı ajanlar demir bakır gibi reaksiyona girme isteği yüksek metalleri bağlayarak yağların oksidasyona uğrayıp bozulmasını ve ransit tat oluşumunu engelleyebilir.En çok kullanılan koruyucular şunlardır:

Hidrolize edilmiş maya özleri (laktik asit bakterilerinin inhibisyonunu sağlar)

Hardal unu (bakteri üremesine engel olur)

Sodyum benzoat (maya ve bakterilere karşı etkinliği daha fazla küflere karşı etkinliği daha düşük)

Potasyum sorbat (küflere karşı etkinliği yüksek bakterilere karşı etkinliği düşük)

1.2.9 Antioksidanlar

Antioksidanlar salata soslarında, yağ oksidasyonunu ve kötü tat ve koku oluşumunu engellemek için kullanılır. Tipik antioksidanlar, tersiyer bütil hidroksi kinon (TBHQ), etilen diamin tetraasetat (EDTA), gallik asit ve tokoferollerdir (Sainsbury, 2016; Downing, 1996).

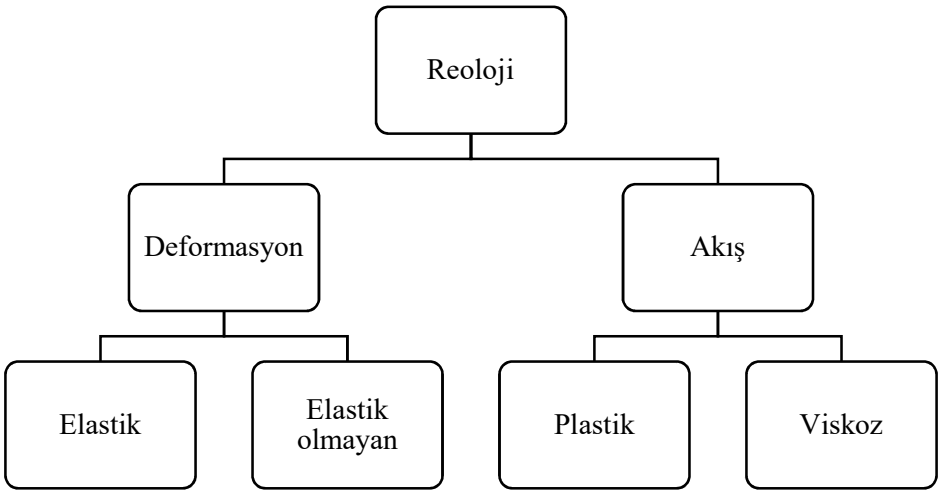
1.2.10 Renklendiriciler

Salata soslarında uygun rengi sağlamak için renk katkı maddeleri kullanılır. Beta karoten, kırmızı biber özü ve optik görüntüyü iyileştirmek için titanyum dioksit bu emülsiyonlarda en çok kullanılan renk maddeleri arasındadır. Salata sosları genellikle grimsi-beyaz veya uçuk sarı renktedir. Salata sosu bileşenlerinden, damlacık boyutundaki farklılıklardan ve daha düşük yağ içeriğinden ya da emilsifikasyon yetersizliğinden kaynaklanan renk farklılıklarını telafi etmek için renklendirici maddeler kullanılmaktadır. Örneğin düşük yağlı ya da büyük damlacık boyutuna sahip bir emülsiyon mat beyaz bir görünüme neden olacaktır. Titanyum dioksit kullanılarak bu tip emülsiyonlarda renk iyileştirmesi yapılabilir (Morley, 2016). Kullanılan diğer renk katkı maddeleri ise şunlardır: Tumeric, Sarı (tartrazin), Koşineal, Betalaines, Karamel, Safran, Annatto,

1.3 Salata Soslarının Kalite Parametreleri

1.3.1 Salata Solarının Reolojik Özellikleri

Reoloji, gaz, sıvı ve katı dahil her türlü malzemenin akış özelliklerinin ve deformasyonunun çalışıldığı bilimdir. Malzemeye uygulanan etki sonucunda deformasyona ve akmaya neden olan mekanik özelliklere reolojik özellikler denir. Reoloji biliminin sınıflandırılması Şekil 1.7'de gösterilmiştir.



Şekil 1.7 Reoloji biliminin sınıflandırılması

Gıdaların reolojik özellikleri, gıda bilimcileri tarafından yeni ürünler tasarlamak, işleme operasyonlarını iyileştirmek, bir borudan akış özelliklerini göz önünde bulundurarak karıştırıldığında veya kaplara koyulduktan sonra raf ömrünü uzatmak için kullanılır. Gıda reolojisinde, yukarıda bahsedilen endüstriyel işleme uygulamaları sırasında gıda maddelerindeki deformasyonu ölçmek için bazı teknikler kullanılmaktadır.

Emülsiyon yapısını ve emülsiyonu oluşturan bileşenler arasındaki etkileşimi belirlemek amacıyla salata sosu gibi emülsiyonlarda akış davranış, ossilasyon, sürünme, geri kazanım gibi (creep recovery) testler ve zamana bağlı reolojik değişimi belirleyen testler kullanılır (Toker vd., 2015). Emülsiyon içindeki partiküller arasındaki kolloidal etkileşim kuvveti hakkında akış davranış reolojik analizleri, lineer viskoelastik bölgede ossilasyon testleri, lineer ve lineer olmayan viskoelastik bölgede emülsiyonun 3-ITT testleri geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz yapısal deformasyonun belirlenmesi hakkında fikir vermektedir (Karasu, 2015). Tablo 1.4'de reolojik parametrelerin salata sosu tipi emülsiyonlarda ifade ettiği anlamlara yer verilmiştir.

Salata soslarının reolojik özellikleri, algılanan kalitelerini etkileyen ana faktörlerden biridir. Salata soslarının dökülebilirliği, akışkanlığı ve yayılması ve çiğneme sırasında hissedilen kalınlığı veya kremsiliği, büyük ölçüde reolojik özelliklerine bağlıdır (McClements, 2005). Salata soslarının reolojisi ürünün mikro yapısı, duyusal kalitesi, raf ömrü ve ağızdaki hissi gibi algılanan kaliteleri ile de yakından bağlantılıdır (Önder, 2019; Tatar vd., 2017; Karasu, 2015;) Çeşitli faktörler, salata soslarının reolojisini kolaylıkla etkileyebilir; emülsiyon bileşenleri arasındaki moleküler ve koloidal etkileşimler, ara yüzey özellikleri, emülsiyon elde etmek için gerçekleştirilen işlemler ve bulunduğu saklama koşulları gibi emülsiyon reolojisi üzerinde etkisi olduğu bilinen çok sayıda faktör vardır (Tatar vd., 2017; Güngör vd., 2013). Örneğin emülsiyon bileşenlerinin reoloji özellikler üzerindeki etkisini incelersek su içinde yağ emülsiyonları tipik olarak sıvılardır (örneğin süt, krema), ancak salata sosu ve mayonez gibi ürünler oldukça viskoelastik katı karakter göstermektedir (Krog, 2007).

Yağı azaltılmış salata soslarında, genellikle, tam yağlı benzer örneği ile aynı akış davranış özelliklerine sahip olabilmesi için, (örneğin dökülebilirlik, yayılabilirlik ve ağızda bıraktığı his gibi) tam yağlı salata sosuna benzeyen kesme gerilimine

karşı bir viskozite grafiği oluşturmalıdır. Bu benzerlik salata sosu gibi emülsiyonlarda sulu faza dahil edilen bir veya daha fazla biyopolimerin tipini, konsantrasyonunu ve etkileşimlerini kontrol ederek elde edilir. Ayrıca düşük yağlı salata soslarının istenen reolojik özelliklere sahip olmasında yağ oranı ve emülgatör miktarı da kıvam katsayı ve depolama modülü üzerinde etkilidir ancak emülgör etkisi yağ ve stabilizatör etkisinden daha düşüktür (Sikora vd., 2008).

Nikzade vd., 2012'de düşük kolesterol ve düşük yağlı mayonez formülasyonunun optimizasyonu: soya sütü ve bazı stabilizatörlerin bir karışım tasarımı yaklaşımıyla kullanılmasının etkisi üzerine yaptığı çalışmada istenen stabiliteyi, dokusal ve reolojik özellikleri ve duyusal özellikleri elde etmek için tek yönlü-merkezi karışım tasarım yöntemi uygulayarak farklı oranlarda ksantan gam (XG), guar gam(GG) ve mono-digliserit emülgatörü kullanarak bileşen optimizasyonu gerçekleştirmiştir. Mayonez örneklerinin tüm özellikleri üzerinde en yüksek etkiyi ksantan gam göstermiştir. Ek olarak, ksantan gam ve ardından guar gam artışının, emülsiyon stabilitesi, ısı stabilitesi, kıvam katsayısı, viskozite, sıkılık, yapışkanlık, yapışma kuvveti ve genel kabul için daha yüksek değerlere ve akış davranış indeksi için daha düşük değerlere sahip olduğu bulgulanmıştır. Akış davranış indeksinin düşük olması mayonez ve salata sosu gibi emülsiyonlarda istenen bir reolojik özelliktir, ksantan gam ve guar gam gibi hidrokolloidler düşük yağlı ürünlerde bu etkiyi sağlamaktadır. Optimize edilen ksantan gam, guar gam ve mono-digliserit miktarları ile ticari salata soslarına benzer reolojik özelliklere sahip düşük kolesterollü-düşük yağlı mayonez oluşturulması mümkün olduğu belirtilmiştir (Nikzade vd., 2012). Bu nedenle yağ ve stabilizatör miktarlarının optimize edilmesi istenen reolojik özelliklerin sağlanabilmesi için önem arz etmektedir.

Tablo 1.4 Salata sosu tipi emülsiyonlarda reolojik parametrelerin ifade ettiği anlamlar

Reolojik parametreler	Birimi	Tanımı	Salata sosu emülsiyonunda reolojik ifadesi
Kıvam katsayısı (K)	$Pa.s^n$	Viskoz yapı	Salata sosu tipi emülsiyonda yüksek K değeri, örneğin güçlü ağ yapısına ve yüksek viskoziteye sahip olduğunu ifade eder.
Akış davranış indeksi (n)	Birimsiz	(1) n=1 (Newton tipi akışkan); (2) n<1 (Newton tipi olmayan psödoplastik); (3)n>1 (Newton tip olmayan dilatants)	Bir salata sosu emülsiyonunun ağızda iyi bir his bırakan kabul edilebilir bir ürün olması için düşük bir n değerine sahip olması gerekmektedir.
Depolama modülü (G´)	Pa	Elastik özellikler	G´ ın G´´dan yüksek olması iç içe geçmiş bir ağın jel benzeri yapısını ifade eder.
Kayıp modülü (G´´)	Pa	Viskoz özellikler	G´´ ın G´ dan yüksek olması daha sıvı partiküllerin daha serbest olduğu bir yapıyı ifade eder.
Görünür viskozite(η)	Pa.s	Akış testi sırasında belirli bir kesme hızında emülsiyonun viskozitesi	46.16s^{-1} kesme hızında görünür viskozite, algılanan ağız hissi kalınlığını temsil eder, artan η değeri emülsiyonun sıkı bir yapıya sahip olduğunu gösterir.
Akma gerilimi (τ_0)	Pa	Akışı başlatmak için gereken minimum kesme gerilimi	Azalan akma gerilimi, ağ yapısının zayıfladığını fazlar arası etkileşimin zayıfladığını gösterir.
Geri kazanılabilir deformasyon	%	Proses sırasında belirli bir zamanda uygulanan deformansyon sonrası geri kazanım yüzdesi	Yüksek geri kazanılabilir deformasyon emülsiyonun esnekliğinin yüksek olduğunu gösterir.

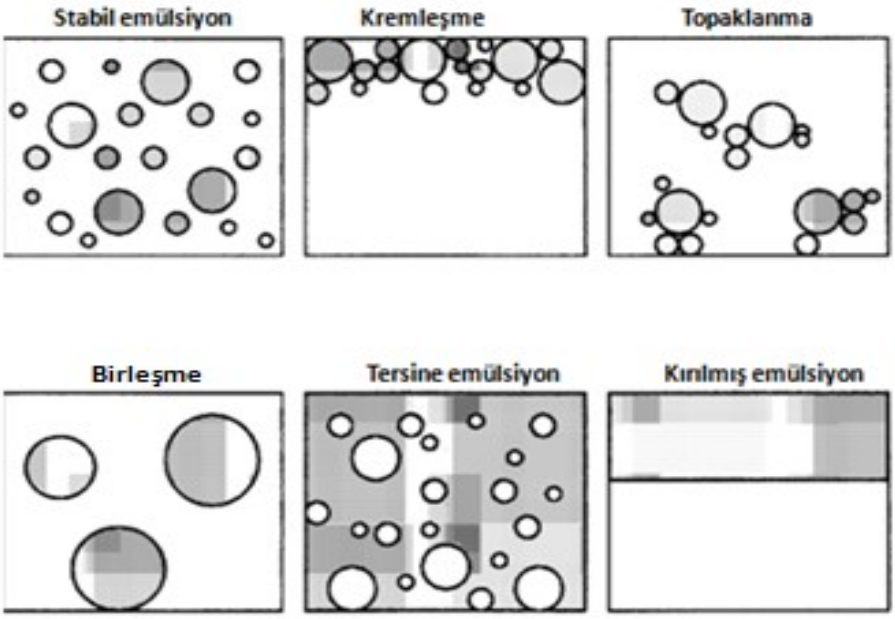
1.3.2 Salata Soslarının Stabilite Özellikleri

Emülsiyon stabilitesi terimi emülsiyonun zaman içinde özelliklerindeki değişime karşı gösterdiği direnç olarak ifade edilebilir (Sikora vd., 2008; McClements, 1999). Emülsiyonların stabilite özellikleri kimyasal ve/veya fiziksel olarak ikiye ayrılmaktadır. Salata soslarında kimyasal stabilizasyonu, disperse fazdaki yağ damlacıkları ile çözünmüş oksijen molekülü arasında gerçekleşen reaksiyon dizisi sonucu oksidasyon ürünlerinin oluşmasının engellenmesi durumudur. Oksidasyon sonucu oluşan ürünler istenmeyen tat ve kokulu bileşiklerdir. Salata soslarının fiziksel stabilizasyonu ise sulu fazın reolojik özelliklerine bağlı olarak, yağ damlacıklarının ve diğer askıda kalan bileşenlerin yerçekimi ile ayrılmasının ve damlacık agregasyonunun önlenmesi ile ilgilidir. Fiziksel ve kimyasal stabilizasyonun bozulması hem ürünün kalitesini etkiler hem de raf ömrünü kısaltmaktadır.

Salata soslarında fiziksel stabilizasyonunun bozulması sonucu birleşme, kırılma, ters çevirme, topaklanma (flokülasyon) veya kremalaşma gibi emülsiyon kararsızlıkları ortaya çıkabilir. Y/S emülsiyonlarında disperse faz olarak yağ partikülleri su fazın içinde hareket eder. Yeterli stabilizasyon sağlanamamış emülsiyonlarda yağ damlacıkları çarpışarak birleşir (koalesans) ve daha büyük damlacıklar oluşmaya başlar Oluşan damlacıklar daha düşük yüzey alanına ve ara yüz enerjisine sahip olacağından küçük damlacıklara göre daha kolay birleşebilir hale dönüşecektir. Birleşmenin devam etmesi, faz ayrılmasına ya da faz dönüşümüne neden olacaktır. Faz ayrılmasından önce topaklanma (flokülasyon) ve kremleşme de meydana gelebilir. Şekil 1.8 ‘de kararsız emülsiyonların şematik gösterimi ve Tablo 1.5’de de emülsiyon stabilitesinde bozulmaya neden olan fiziksel ve kimyasal mekanizmalar gösterilmiştir (Pourkomailian, 2000; Sikora vd., 2008).

Tablo 1.5 Emülsiyon stabilitesinde fiziksel ve kimyasal bozulmalar

Emülsiyon stabilizasyonu bozulma mekanizması	Stabilizasyonun bozulma şekli	Açıklama
Fiziksel	**Yer çekimine bağlı ayrılma**	
	Kremleşme	Damlacıkların sürekli fazdan düşük yoğunluğa sahip olmaları nedeniyle yukarı doğru hareketi
	Sedimentasyon	Damlacıkların sürekli fazdan yüksek yoğunluğa sahip olmaları nedeniyle aşağı doğru hareketi
	Damlacık agregasyonu	
	Flokülasyon	İki ya da daha fazla damlacığın kendi yapılarını koruyarak topaklanması
	Birleşme (Koalesans)	İki ya da daha fazla damlacığın birleşmesi
	Kısmen birleşme	İki veya daha fazla kristalize yağ damlacığının düzensiz şekilli kısmi birleşmesi
	Yağ ayrılması	Yoğun yağ birleşmesi sonucu yağ fazın ayrı bir tabaka olarak ayrılması
	Faz dönüşümü	Y/S S/Y emülsiyonuna dönüşür, tersi de geçerlidir.
	Ostwald ayrışması	Dağınık fazdaki küçük damlacıkların genişleyerek büyük damlacıkları oluşturması
Kimyasal	Lipid oksidasyonu	Yağlarda ransit tat ve potansiyel toksik bileşenlerin oluşumu



Şekil 1.8 Emülsiyon kararsızlığı

Birleşmeyi önlemek için, disperse faz damlacıklarının yakın temasını önleyen emülgatörler kullanılır. Emülgatörler bu görevi yağ damlacık yüzeyleri arasında bir enerji bariyeri oluşturarak gerçekleştirir. Emülgatör ne kadar güçlü olursa, dağılmış parçacıkların çarpışma olasılığı o kadar az olur ve dolayısıyla emülsiyonun stabilitesi o kadar yüksek olur. Emülgatörlerin etki mekanizması partikül absorpsiyonu, elektrostatik ve sterik etki olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Farklı etki mekanizmaları ile çalışan emülgatörler ile istenen enerji bariyeri elde edilebilir.

Salata soslarının stabilitesi sadece yağ, su ve emülgatöre bağlı değildir. Emülsiyon formülasyonunda yer alan diğer bileşenlerin de stabilite üzerinde etkisi vardır. Bu tür bileşenler, pH ve iyonik gücü etkileyecek kimyasalların yanı sıra yüzey aktif polimerleri içerebilmektedir. Emülsiyon stabilitesinin belirlenmesi için emülgatör, stabilizatör ve yağ etkileşim mekanizmalarının net bir şekilde anlaşılması gereklidir. Örneğin Bouyer vd., 2013' de su içinde yağ emülsiyonlarının stabilizasyonu üzerine yaptığı çalışmada β-laktoglobulin, arabik gam ve ksantan gam biyopolimerlerinin etkisini belirlemek üzere stabilizasyon mekanizmaları, arayüzey gerilimi, reolojik ölçümler ve mikroskopi özellikleri incelemiştir. Stabilizasyonunda bu biyopolimerler kullanılan emülsiyonlar yüzey özellikleri

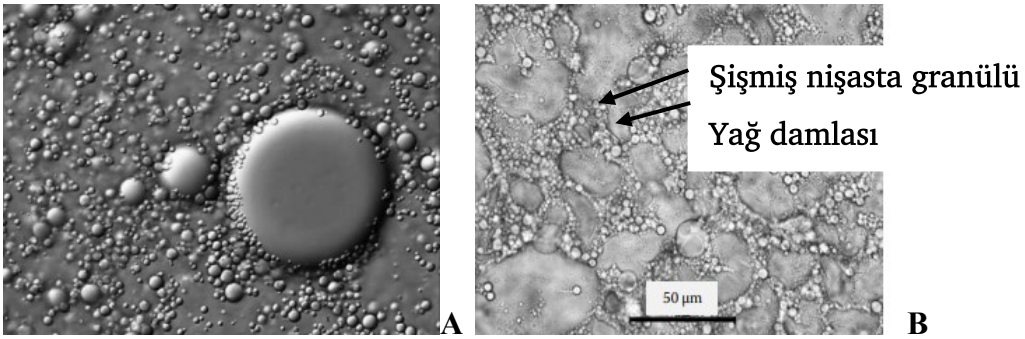
göstermiş ancak ksantan gam ile karşılaştırıldığında düşük stabilite özelliğine sahip oldukları bulgulanmıştır. Ksantan gamın suda bir polimer ağı oluşturması ve emülsiyon damlacıklarını tutma kapasitesi, daha uzun stabilite sağlamasını açıklamaktadır. Salata soslarında sürekli ve dağılmış fazların, emülgatörlerin yüzey aktif polimerlerlerin, pH ve iyonik gücü etkileyen bileşenlerin özellikleri ve miktarı fiziksel stabilizasyon sağlanmasında rol oynamaktadır.

Bu çalışma, RSG' nin az yağlı salata sosu emülsiyon stabilitesini iyileştirmede etkili olduğunu gösterecektir. RSG'nin su tutma kabiliyeti ve sürekli fazın hareketini sınırlandırma özelliği emülsiyonda yağ miktarı azaldığında oluşabilecek flokülasyonları ve fiziksel ayrışmaları önleyebilmektedir.

1.3.3 Salata Soslarının Mikroyapısal Özellikleri

Emülsiyon bazlı salata sosları sulu bir ortamda dağılmış yağ damlacıklarından oluşur (Ma ve Boye, 2013). Salata soslarındaki farklı bileşenlerin etkisi ürünün çok çeşitli mikroyapısal özellikler taşımasına neden olmaktadır. Salata sosu emülsiyonlarındaki yağ damlacıklarının ortalama yarıçapı yaklaşık 1 ila 2 μm arasında değişmekle birlikte yağ oranı da %30 ile %60 aralığında değişmektedir. Dökülebilir salata soslarının (İtalyan, Rus, Fransız, Thousand Island vb.,) ortalama damlacık boyutu daha büyük ve %30-45 aralığında yağ içeriğine sahiptir. Salata sosları yüksek yağ konsantrasyonuna sahip olduğunda disperse fazı oluşturan yağ damlacıkları emülsiyon içersinde sıkı bir paketlenme eğilimindedir. Salata soslarının sürekli fazı, kıvam vericilerin, emülgatörlerin, lezzet vericilerin çeşidine bağlı olarak kolloidal partiküller ve çözünmemiş askıda partüküller içerebilir. Salata sosu damlacıklarının şekilleri küreseldir elektron mikroskobu ile veya optik mikroskop ile görüntülendiğinde yağ-su ara yüzünde çözünmemiş baharatlar, otlar, ve peynir gibi bileşenleri ya da sulu fazda dağılmış nişasta veya yumurta sarısı granüllerini gözlemlemek mümkündür. Bazı salata soslarında damlacıklarda flokülasyon gözlenebilir. Yeterli miktarda stabilizatör kullanımı homojen bir yapının oluşmasına emülgatörler de flokülasyon oluşmasının engellenmesine katkı sağlamaktadır. Ticari olarak üretilen düşük kalorili salata sosunda yağ damlacıkları çıkarıldığında kaybedilen viskoziteyi koruyabilmek için genellikle şişmiş nişasta granülleri kullanılmaktadır. Şekil 1.9 da nişasta ile ikame edilmiş az yağlı salata sosunun ve yağlı salata sosunun optik mikroskop görüntüsü verilmiştir (Mc Clements, 2009). Salata sosu optik

mikroskop görüntüleri incelendiğinde az yağlı salata sosunun küçük yağ damlacıkları ve şişmiş büyük nişasta granüllerini içerdiği tam yağlı salata sosunun ise suyun içinde asılı kalan oldukça polidispers yağ damlacıklarına sahip oduğu görülmektedir.



Şekil 1.9 Salata sosu emülsiyonu optik mikroskop görüntüleri (McClements, 2009)

(A: tam yağlı salata sosu emülsiyon optik görüntüsü B: Nişasta ile yağı ikame edilmiş az yağlı salata sosu emülsiyonu optik görüntüsü)

Uygulanan homojenleştirme tekniği ve homojenizasyon parametreleri emülsiyonların mikro yapısı üzerinde kritik bir etkiye sahiptir. Emülsiyon içerisindeki yağ damlacıklarının şekil ve boyutlarının birbirine benzemesi için genellikle yüksek basınç kuvvetine sahip homojenizatörler kullanılmaktadır. Emülsiyon oluşumu iki basamakta gerçekleşmekte ilk aşamada yağ ve su karışması sağlanırken ikinci aşamada yağ damlacıklarının su içinde dağılımı sağlanmaktadır. Yağ partikül boyutu emülsiyon kararlılığı ile yakından ilişkilidir, yağ partikül boyutu küçüldükçe emülsiyon kararlılığı artmaktadır. Homojenizasyon sıcaklığı, süresinin optimizasyonu ve doğru homojenizasyon tekniği istenen partikül boyutunun sağlanması ve homojen bir partikül dağılımı için önemlidir. Salata soslarının üretilmesinde blendır, yüksek basınçlı homojenizatörler, ultraturraks, kolloid değirmenler gibi homojenizasyon teknikleri kullanılmaktadır.

Stabil ve karalı küçük partikül çapına ve homojen bir partikül dağılımına sahip emülsiyonlar oluşturabilmek için formülasyon optimizasyonunun, homojenizasyon parametrelerinin (sıcaklık, süre vb.) ve tekniğinin doğru seçilmesi gerekmektedir.

1.4 Tezin Amacı

Son yıllarda insanlar, kilo kontrolü sağlamak ve lif tüketimini arttırmak üzere salata tarzındaki ürünlere beslenmelerinde daha fazla yer vermeye başlamışlardır. Bununla birlikte salatayı lezzetlendirmek üzere birlikte tüketilen salata sosu ürünlerine olan talep de artmıştır. Ancak salata soslarının yüksek yağ içeriğine sahip olması ve yüksek yağ içeriğinin obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve yüksek kolestol vb. hastalıklar ile ilişkilendirilmesi nedeniyle sağlık odaklı tüketiciler, salata soslarındaki yüksek yağ içeriğinin azaltılmasını talep etmektedir. Bu tipteki emülsiyon ürünlerde yağ içeriğini düşürmek tüketici tercihini bu açıdan karşılasa da yüksek yağlı ürünlerin yapısal özellikleri ile benzer özellikler sağlamak oldukça güçtür. Yağ emülsiyon içinde viskoelastik katı karakter sağlamakta ve yapıyı güçlendirmektedir. Yağın azaltılması ile termodinamik stabite bozulmakta viskoelastik katı karakter azalmaktadır. Bu durum emülsifiye ürünlerde reolojik, mikroyapısal ve organoleptik kalitenin bozulmasına neden olmaktadır. Bitkisel polisakkaritler kıvam artışı sağlayarak ve viskoelastik özelliklerin iyileşmesini sağlayarak bu kalite kusurunu ortadan kaldırmak üzere kullanılmaktadır. Ancak kullanılan yağ ikame maddesinin yüksek asit dayanıklılığın olması gerekmekte ve düşük sıcaklıklarda kıvam alabilir olması gerektiğinden farklı özellikler sağlayabilen yeni doğal bileşenler araştırılmaktadır.

Sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen, biyouyumlu, nispeten düşük maliyetli, toksik olmayan saf, doğal tohum gamları Y/S emülsiyonlarında su fazın içerisinde zayıf jel benzeri ağ oluşturarak emülsiyona viskoelastik katı karakter kazandırma özelliğine sahiptir.

Ayrıca da saf, doğal ve bitki bazlı ürünler yavaş yavaş sentetik katkı maddelerinin yerini almaktadır (Ma vd., 2017). Tohum gamları, Y/S emülsiyonlarında sürekli fazın (su) zayıf bir jel benzeri polimer ağını oluşturur, bu da düşük stres aralığında çok yüksek viskoziteler oluşturmakta ve emülsiyona viskoelastik özellikler kazandırmaktadır. Roka tohum gamı yüksek karbonhidrat ve protein içeriği nedeniyle yapı iyileştirici potansiyele sahiptir. Bu çalışmada roka tohum gamı içeren az yağlı salata soslarının üretilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, roka tohumu gamının fizikokimyasal, fonksiyonel ve biyoaktif özelliklerini karakterize etmek ve yeni bir yağ ikame maddesi ve

stabilizatör olarak (RSG) az yağlı salata sosu formülasyonunda kullanım potansiyelini araştırmaktır. Bu amaçla, az yağlı salata sosu formülasyon optimizasyonu, reolojik özellikler (sabit kesme, viskoelastik ve 3 Zaman Aralıklı Tiksotropi Testi (3-ITT)) dikkate alınarak ticari tam yağlı kontrol örneğine göre belirlenecektir. Optimum konsantrasyonda elde edilen RSG'li az yağlı salata sosu örneği için partikül boyutu dağılımı, polidispersite indeksi, zeta potansiyeli değerleri tam yağlı kontrol salata sosu örneğine göre, emülsiyon stabilitesi (faz ayırımı ve termal döngü testi) ve oksidatif stabilite değerleri tam yağlı ve az yağlı kontrol salata soslarına göre değerlendirilecektir.

1.5 Hipotez

Bu çalışmanın hipotezi yenilenebilir ve sürdürülebilir bir kaynak olan roka tohumundan elde edilen gamın az yağlı salata soslarında yağ ikame edici olarak kullanım potansiyelinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Bir diğer önemli hipotez ise farklı oranlarda gam kullanarak reolojik özelliklerin ve az yağlı salata sosunda ürün optimizasyonunun belirlenmesi ve optimum formülasyonda emülsiyonun reolojik, mikroyapısal özelliklerinin, termal ve oksidatif stabilizasyonunun iyileştirilmesi oluşturmaktır.

2
MATERYAL VE YÖNTEMLER

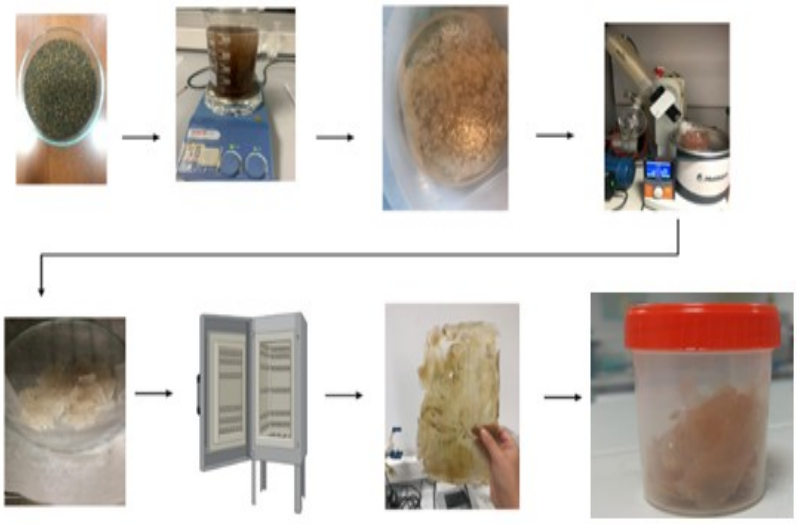
2.1 Materyal

Roka (*Eruca sativa*) tohumları İstanbul'daki yerel bir üreticiden temin edildi. Tohumların hasat yılı 2019 ve menşei Konya'dır. Roka tohumları, kullanılana kadar 25 °C sıcaklıkta plastik bir torbada saklandı. Ayçiçek yağı, sirke ve yumurta sarısı tozu (EYP) yerel pazardan satın alındı ve örnek analizine kadar 25 ° C'da saklandı. Tüm kimyasallar Merck'ten (Darmstadt, Almanya) temin edilmiş ve analitik derecelidir.

2.2 Yöntemler

2.2.1 RSG Üretimi

RSG, Razavi vd. tarafından uygulanan modifiye edilmiş bir yönteme göre Roka tohumundan elde edildi (2009). 50 g öğütülmüş Roka tohumuna bir litre damıtılmış saf su eklendi ve manyetik bir ısıtma karıştırıcısı üzerinde 80 °C' de 2 saat süre ile tohumların gamı dışarı çıkarması sağlandı. Daha sonra çözelti, tohumları çıkarmak için müslin örtüden süzüldü; Su-gam karışımına, 4 saat boyunca rotary evaporatörde 80°C ve 40 rpm'de vakum uygulaması ile birlikte buharlaştırma işlemi uygulandı. Konsantre karışıma 1:2 (h:h) oranında etanol (% 96) ilave edilmiştir. Karışımın yüzeyinde gamın toplanması için karışım 4 ° C' de 24 saat bekletildi. Daha sonra, yüzeydeki gam alındı ve sabit tartıma gelinceye kadar etüvde (50 °C) kurutularak RSG elde edildi. RSG üretim aşamaları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

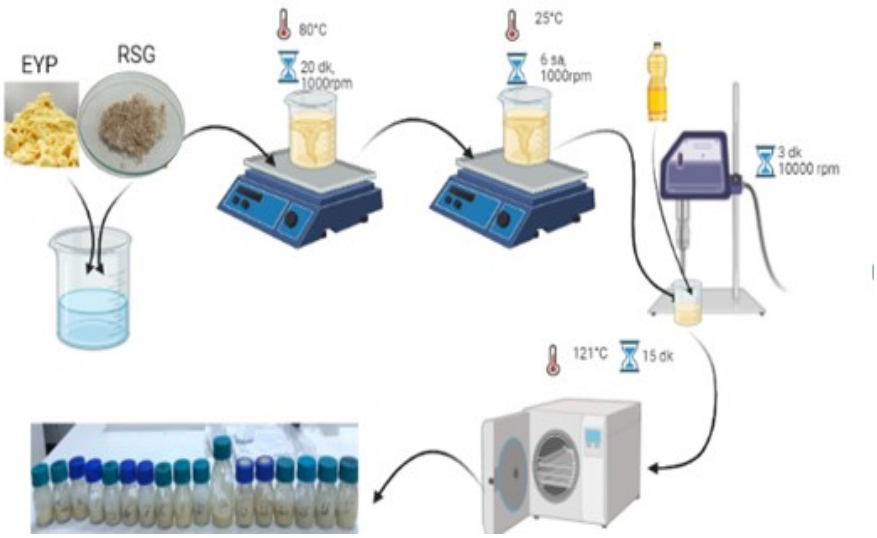


Şekil 2.1 RSG üretim aşamaları

2.3 Salata Sosu Hazırlama

Tüm örnekler deneysel tasarıma göre hazırlanmıştır (Tablo 2.1). İlk olarak, RSG ve EYP 25 °C sıcaklıkta saf su içinde sirke ile birlikte çözündürüldü. Sonra karışım 80 °C' ye ısıtıldı ve 20 dakika manyetik bir karıştırıcıda 1.000 rpm'de karıştırıldı. Ardından karışım oda sıcaklığına (25 °C' ye) soğutularak RSG'nin su alıp şişmesi sağlanmak üzere manyetik karıştırıcıda 1000 rpm'de 6 saat süre ile karıştırıldı. Daha sonra karışıma ayçiçek yağı eklenerek, Ultra Turrax (Daihan, HG 15D) kullanılarak 3 dakika süreyle 10,000 rpm'de homojenize edildi. Son olarak, elde edilen salata sosu 65°C' de 10 dakika boyunca pastörize edildi. Daha sonra salata sosu örnekleri numune şişelerine aktarıldı ve oda sıcaklığına (25 °C' ye) soğutuldu. Bu deneydeki bütün materyaller (kahverengi şişeler, ultraturax probu, beherler vb.,) 121 ° C'de 15 dakika otoklavda sterilize edildi (Mantzouridou, vd., 2013). Kullanılan araç ve gereçlerden ve çevreden bulaşın önlenmesi için üretim sırasında iyi hijyen uygulamaları izlendi. Özellikle ultraturax her işlemden sonra sıcak su ile temizlendi.

Kontrol tam yağlı ve az yağlı salata sosu örnekleri de aynı metotla hazırlandı. Az yağlı kontrol salata sosu örneği (LFC) 0.35 XG, %10 ayçiçek yağı ve %3 EYP ve tam yağlı kontrol salata sosu örneği (FFC) % 0.35 XG,% 30 ayçiçek yağı ve % 3 EYP ile formüle edildi.



Şekil 2.2 Salata sosu üretimi

2.3.1 Deneysel Tasarım

Düşük yağlı salata soslarının hazırlanmasında RSG (%), yağ (%) ve EYP (%) 'nin farklı formülasyonların etkisini belirlemek için yanıt yüzey metodolojisi (RSM) ve tam faktöriyel merkezi kompozit tasarım (CCD) kullanıldı. Salata sosunun optimum formülasyonu belirlenmek üzere RSG, yağ ve EYP miktarları Design Expert Software (Sürüm 7; Stat-Easy Co., Minneapolis, MN) kullanılarak belirlendi ve 17 farklı deneme noktası elde edildi. Hatanın tahmini için tasarım üç faktöriyel nokta içermektedir.

RSG, EYP ve yağ oranının seçiminde ticari olarak üretilen salata sosunun reolojik özellikleri dikkate alınmıştır. Akçicek ve Karasu, 2018'de yaptığı çalışmada, ticari olarak üretilen salata soslarının K değerleri analiz edildi. Belirlenen K değeri, reolojik parametrelerine karşılık gelen RSG, yağ ve EYP'nin konsantrasyonlarının belirlenmesinde dikkate alındı. Sabit kesme (K), dinamik (K′, K′′) ve 3-ITT reolojik parametreleri (yüzde deformasyon (Def (%)) yüzde geri kazanım (Rec (%))) yanıt değişkenleridir ve RSG, EYP ve yağ işlem faktörleridir. Her bir yanıt için deneysel verilere kuadratik model uygulandı. Model uygulanabilirliği ANOVA'dan elde edilen R^2, R^2-adj, lack of fit, F ve p- değerlerine göre değerlendirildi. Optimizasyon, en yüksek arzu edilebilirlik değerine göre gerçekleştirilmiş olan en düşük yağ muhtevasını içermesi istenen 1 değerine sahip formülasyon, optimum formülasyon olarak seçildi. Üç merkezi nokta kullanıldı.

Tüm noktaların analizi üç kez tekrarlandı ve sonuçlar ortalama değer ve standart sapmalar olarak bildirildi.

Tablo 2.1 Deneme örneklerinin ve kontrol örneğinin gam, yağ ve emülgatör deneme dizaynı konsantrasyonları

Deneme	RSG (%)	EYP (%)	Yağ(%)
1	3.00	3.00	20.00
2	4.00	5.00	10.00
3	3.00	3.00	10.00
4	3.00	3.00	20.00
5	2.00	1.00	30.00
6	4.00	1.00	10.00
7	2.00	3.00	20.00
8	4.00	1.00	30.00
9	2.00	5.00	30.00
10	2.00	1.00	10.00
11	3.00	3.00	30.00
12	4.00	5.00	30.00
13	4.00	3.00	20.00
14	2.00	5.00	10.00
15	3.00	1.00	20.00
16	3.00	3.00	20.00
17	3.00	5.00	20.00

2.3.2 Roka Tohum Gamının Fizikokimyasal Analizleri

2.3.2.1 Nem miktarının belirlenmesi

Roka tohumu ve RSG'nin nem miktarı, AOAC 'nin uluslararası onaylı analiz yöntemi kullanılarak kantitatif olarak belirlendi (Kiokias vd., 2017). Roka tohumu ve RSG sabit tartım elde edilinceye kadar etüvde (Memmert UF 110, Almanya) 105 °C'de, 5 saat tutuldu. Kurutma işleminden sonra, ağırlıklar bir analitik terazi (And GR-200, Japonya d=0.1 mg) ile ölçüldü. Tablo 3.1'de üçlü ölçüm sonuçları ortalama değer ve standart sapma olarak verildi.

2.3.2.2 Kuru madde miktarının belirlenmesi

Salata soslarının kuru madde miktarı AOAC (2000)'ye göre gravimetrik yöntem ile belirlendi. 5 g salata sosu örneği darası alındı, petri kaplarına tartıldı. Sabit tartıma gelene kadar etüvde (Memmert UF 110, Almanya)kurutuldu. Tablo 3.12'de üçlü ölçüm sonuçları ortalama değer ve standart sapma olarak verildi.

2.3.2.3 Kül miktarının belirlenmesi

Roka tohumu RSG ve salata soslarının kül içeriği AOAC'nin uluslararası resmi analiz yöntemlerine göre bir kül fırınında (WiseTherm-Daihan FH-03, Korea) gam örneğinin organik maddesi 550 °C'de 12 saat yakılarak belirlendi (AOAC, 2000). Kül analizi öncesi sıçramaları önlemek için etil alkol ile ön yakma uygulandı. Roka tohumu ve RSG için Tablo 3.1'de salata sosları için Tablo 3.12'de üçlü ölçüm sonuçları ortalama değer ve standart sapma olarak verildi.

2.3.2.4 Yağ miktarının belirlenmesi

Roka tohumu ve RSG'nin yağ miktarı belirlenmek üzere soxhelet ekstraksiyon metodu kullanıldı (AOAC, 2005). Bu analiz için cam balonlar 105 ± 2 ºC'deki etüvde sabit tartıma gelene kadar bekletildi ve tartım alındı. Çözücünün nüfuz edebilmesi için roka tohumu ve RSG öğütüldü. Öğütülmüş roka tohumu ve RSG'den 5'er g tartılarak önce kaba süzgeç kağıdına ardından kartuşa yerleştirildi. Kartuş çözgenin örnekten taşmasını önlemek için pamuk ile kapatıldı. Ekstraksiyon ünitesine alınan örneklere çözgen olarak petrol eter kullanılarak 8 saat boyunca 60ºC' de yağ özütlenmesi sağlandı. Çözgen döner evaporatörde (Heidolph Hei VAP ML, Almanya) uzaklaştırıldı. Ardından balonlar etüve (Memmert UF 110, Almanya) alınarak 105 ºC'de çözücü tamamen uzaklaştırıldı ve sabit tartıma getirildi. Balonlar etüvden alınarak oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve hassas terazide tartım alındı. Roka tohumu ve RSG'nin toplam yağ içeriği (2.1) kullanılarak hesaplandı. Tablo 3.1'de üçlü ölçüm sonuçları ortalama değer ve standart sapma olarak verildi.

$$\%Yağ = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100 \qquad (2.1)$$

m_1= yağ + cam balon ağırlığı (sabit tartım), m_2= cam balonun ağırlığı (sabit tartım), m= örneğin ağırlığını ifade etmektedir.

2.3.2.5 Protein içeriğinin belirlenmesi

Roka tohumu, RSG ve salata soslarının protein içeriği Kjeldahl yöntemi ile belirlendi (Jung vd., 2003). 3'er g örnek tartıldı ve Kjeldahl yakma tüplerine yerleştirildi. Daha sonra 25 mL konsantre H_2SO_4 ve 1 adet Kjejdahl tablet (sodyum sülfat (Na_2SO_4), potasyum sülfat (K_2SO_4)), bakır sülfat ($CuSO_4$) karışımları ve titanyum oksit (TiO_2) eklendi. Önce 200-250 °C 2 saat daha sonra 350-400 °C'de 8 saat yanacak şekilde yakma ünitesinde (Gerhardt VAP 30s, Almanya) bekletildi. Örneklerin rengi siyah, koyu kahverengiden yakma işlemi boyunca açıldı. Örnekler soğuduktan sonra üzerine 5 ml %40 NaOH ile distile edildi. 3 ml %3 borik asit ilave edilerek titre edildi (Gerhardt Vapodest 30s Distilasyon Ünitesi, Almanya) Distilasyondan sonra 0,1 N HCl ile titrasyon yapıldı ve harcanan HCl ml olarak kaydedildi. Roka tohumu, RSG ve salata soslarının toplam protein içeriği (2.2) kullanılarak elde edilen nitrojen değeri 6.25 ile çarpılarak hesaplandı (2.3). Roka tohumu ve RSG için Tablo 3.1'de salata sosları için Tablo 3.12'de üçlü ölçüm sonuçları ortalama değer ve standart sapma olarak verildi.

$$(\%\ Azot\ miktarı) = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times M}{m} \times 100 \qquad (2.2)$$

$$(\%\ protein) = (\%azot \times 6.25) \qquad (2.3)$$

Burada V_1= örnek için kullanılan HCl sarfiyatı (mL), V_0= kör deneme için kullanılan HCl sarfiyatı (mL), N= titrasyonlar için kullanılmış HCl çözeltisinin normalitesi(0,1 N), M= azotun mili ekivalen ağırlığı ve m= örnek kütlesi (g) ifade etmektedir.

2.3.2.6 Karbonhidrat miktarının belirlenmesi

Roka tohumunun ve RSG'nin karbonhidrat miktarı protein, yağ, kül ve nem miktarı 100'den çıkarılarak hesaplandı. Sonuçlar % w/w olarak Tablo 3.1'de verildi.

2.3.2.7 pH'ın belirlenmesi

RSG'nin pH değeri, 25 °C'de RSG 'nin damıtılmış su içerisindeki %10'luk süspansiyonuna pH metre (Mettler Toledo-S230 Seven Compact, İsviçre) probu daldırılarak ölçüldü. Tablo 3.1'de üçlü ölçüm sonuçları ortalama değer ve standart sapma olarak verildi.

2.3.2.8 Ekstraksiyon verimi

Ekstrakte edilen RSG verimi, ekstrakte edilip kurutulmuş gamların hassas terazide (AND GR-200, Japonya) tartılması ve tohumların ağırlığına dayalı yüzdenin hesaplanması ile belirlendi. Tablo 3.1'de üçlü ölçüm sonuçları ortalama değer ve standart sapma olarak verildi.

2.3.3 RSG Biyoaktif Bileşenlerin Analizi

2.3.3.1 RSG Biyoaktif Bileşenlerinin Ekstraksiyonu

RSG biyoaktif bileşenlerinin ekstraksiyonu için 1 g RSG üzerine 25 °C'de 10 mL etanol-su (70:30 etanol:su) eklendi ve vortekslendi ve 2 saat çalkalıyıcıda çalkalandı. Solüsyon bir santrifüj (NF 400R Bench Top Centrifuge, Belçika) ile 4500 rpm'de 5 dakika santrifüjlendi ve supernatant 0.45 μm filtreden (Filter-Lab, İspanya) geçirildi. Toplam fenol, flavanoid ve antioksidan kapasitenin belirlenmesi analizleri için kullanıldı.

2.3.3.2 Salata Sosu Biyoaktif Bileşenlerinin Ekstraksiyonu

5 g salata sosu örneği emülsiyonun kırılması için 24 saat -18°C'de bekletildi. 5000 × g 10 dk santrifüj (NF 400R Bench Top Centrifuge, Belçika) edilerek yağ fazı ayrıldı. 2ml petrol eter eklenerek emülsiyonda kalan yağın çözünmesi sağlandı. 2 ml metanol:su karışımı (80:20)eklenerek 2 saat çalkalıyıcıda oda sıcaklığında karıştırıldı. Ardından 5000 × g 5 dk santrifüj (NF 400R Bench Top Centrifuge, Belçika) edilmiştir. Yağ fazı ayrılmış ve kalan metanollü faz metanol ile üç kez yıkanarak santrifüj edildi. Ekstrakt 0,45 μm filtrelerden (Filter-Lab, İspanya) geçirilerek biyoaktif özellikleri belirlenmek üzere kullanıldı (Gouvinhas vd., 2014).

2.3.3.3 Toplam Fenol İçeriğinin Belirlenmesi

RSG'nin ve salata soslarının toplam fenolik madde miktarı Folin Ciocalteu metodu ile spektrofotometrik olarak analiz edildi. 0,1 mL örnek üzerine sırasıyla 4,5 mL distile su, 0,1 mL Folin Ciocalteu ajanı (Merck, Almanya) ve 0,3 mL %2'lik sodyum karbonat (Na_2CO_3) eklendi. Karışım karanlık bir yerde 25°C'de 2 saat bekletildi. Karışımın absorbansı 760 nm'de spektrofotometre (Optizen POP UV-Vis Spectrophotometer, Kore) ile ölçüldü. Kalibrasyon eğrisi gallik asit standardı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltiler ile belirlendi. RSG'nin toplam fenol miktarı gallik asit standart eğrisinden hesaplandı

ve sonuç örnek gramı (mg GAE/g) başına miligram gallik asit eşdeğeri olarak ifade edildi. (Hamdani vd., 2018; Murakami vd., 2011; Singleton ve Rossi, 1965. Deneyler üç tekrar olarak gerçekleştirildi, RSG'nin ortalama ve standart sapma sonucu Tablo 3.2'de salata soslarının ise 3.12'de verildi.

2.3.3.4 Toplam Flavanoid İçeriğinin Belirlenmesi

RSG'nin ve salata soslarının toplam flavonoid içeriği Zhishen vd.,'nin (1999) belirlediği yönteme göre spektrofotometrik olarak analiz edildi. RSG'nin etanoldeki ekstraktından 0,25 mL alındı üstüne sırasıyla 1,25 mL distile su ve 75 µL %5'lik sodium nitrit ($NaNO_2$) ilave edilip karanlıkta 6 dakika bekletildi. Süre sonunda karışımın üzerine 150µL %10'luk alüminyum klorür ($AlCl_3$) eklenip karanlıkta 5 dakika bekletildikten sonra 0,5 mL 1M sodyum hidroksit (NaOH), 275 µL distile su ilave edildi. Karışımın absorbansı 510 nm'de spektrofotometre (Optizen POP UV-Vis Spectrophotometer, Kore) ile ölçüldü. Kalibrasyon eğrisi kateşin standardı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltiler ile belirlendi. Deney üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi. RSG'nin ortalama değer ve standart sapma değeri Tablo 3.2'de salata soslarının sonuçalrı ise Tablo 3.12'de verildi. Sonuçlar mg kateşin (CE)/100 g olarak raporlanmıştır.

2.3.3.5 Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi (DPPH Metodu)

Antioksidan aktivite tayininde Brand William vd., (1995) tarafından açıklanan yönteme göre 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali inhibisyon aktivite testi kullanıldı. RSG'nin metanoldeki ekstraktından 100 µL alınarak üzerine 3,9 ml DPPH metanol çözeltisi (0,0023 g/100 ml metanol) ilave edildikten sonra karışım vortekslendi 25°C'de 30 dakika karanlıkta inhibisyona bırakıldı. Süre sonunda karışımın solüsyonun absorbansı spektrofotometrede 517 nm'de ölçüldü ve RSG'nin DPPH inhibisyon yüzdesi (2.4)'e göre belirlenmiştir. Deney üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi, RSG'nin ortalama değer ve standart sapma değeri Tablo 3.2'de salata soslarının ise Tablo 3.12de verildi.

$$\text{İnhibisyon oranı (\%)} = \frac{\text{Başlangıç absorbans değeri} - \text{Son absorbans değeri}}{\text{Başlangıç absorans değeri}} \text{x} 100 \qquad (2.4)$$

2.3.4 Roka Tohum Gamının Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi

2.3.4.1 Çözünürlük Analizi

RSG'nin % çözünürlüğü belirlenmek üzere mekanik karıştırıcıda 500 rpm'de Heidolph MR Hei-Standard, Almanya) 30 dakika boyunca karıştırılarak oda sıcaklığında (25 ± 1 °C) kuru ağırlık bazında (yani katı içeriği sabittir) %0.1 (w/w) konsantrasyonda gam süspansiyonu hazırlandı. Süspansiyon içerisindeki çözünmeyen materyali ayırmak için 6000*g, 25 °C'de 30 dakika santrifüjlendi (Bench Top Santrifüj NF400R, Belçika). Süpernatan geri kazanıldı ve nihai polimer konsantrasyonları, 105 °C'de 24 saat etüvde (Memmert UF 110, Almanya) kurutulan toplam katı miktarı hesaplandıktan sonra belirlendi (Dakia vd., 2008). Çözünürlük yüzdesi (2.5) kullanılarak hesaplandı.

$$\%\ Çözünürlük = (\frac{C_1}{C_2}) \times 100 \qquad (2.5)$$

burada C_1 süpernatan konsantrasyonunu C_2 ilk konsantrasyonu ifade etmektedir.. RSG'nin % çözünürlük değeri Amid ve Mirhosseini'nin 2012'de uyguladığı analiz metoduna göre değerlendirildi. Tablo 3.3'de üçlü ölçümler için ortalama değerler ve standart sapmalar verildi.

2.3.4.2 Su Absorpsiyon Kapasitesinin Belirlenmesi

Su absorpsiyon kapasitesi (WAC), Sciarini vd., (2009) tarafından açıklanan yönteme göre belirlendi. 0.25 g RSG bir deney tüpü içinde distile su ile tamamen ıslatıldı. Tüp daha sonra 10 dakika boyunca 1.600*g santrifüjlenerek (Bench Top Santrifüj NF400R, Belçika) süpernatant atıldı ve şişmiş gam örneği hassas terazide (AND GR-200, Japonya) tartıldı. Su absorpsiyon kapasitesi (g/g) (2.6) kullanılarak hesaplandı.

$$Su\ absorpsiyon\ kapasitesi = \frac{(sf-\ )}{sf} \qquad (2.6)$$

burada sf şişmiş örnek ağırlığını ve si örnek ağırlığını ifade eder. Tablo 3.3'de üçlü ölçümler için ortalama değerler ve standart sapmalar verildi.

2.3.4.3 Köpük Stabilitesinin Belirlenmesi

RSG'nin köpük stabilitesi (FS) belirlenmek üzere gam dispersiyonları, %1 (a/h) konsantrasyonlarında hazırlanmıştır ve gece boyunca 4 °C'de tutuldu.Tam müsilaj hidrasyonundan sonra örneklere %2 Ovalbumin (Sigma Aldrich, Almanya)

eklendi ve Ultra Turrax (WiseTis Homogenizer HG-15A, Kore) ile 4 dakika kuvvetlice 10000 rpm'de çırpıldı. 30 dk sonra köpük hacmi ölçüldü ve köpük stabilitesi, (2.7) kullanılarak belirlendi.

$$FS = \frac{f_{fv}}{t_{sv}} x100 \quad (2.7)$$

Burada f_{fv} 30 dakika sonra köpük hacmi ve t_{sv} toplam süspansiyon hacmini ifade eder.

Tablo 3.3'de üçlü ölçümler için ortalama değerler ve standart sapmalar verildi.

2.3.5 Reolojik Analizler

Stres ve sıcaklık kontrollü reometre (MCR 302; Anton Paar, Avusturya) salata soslarının akış davranışını, dinamik reolojik ve 3-ITT reolojik özelliklerini belirlemek için kullanıldı. Tüm reolojik analizler 25 ° C sıcaklıkta üç kez gerçekleştiridi.

2.3.5.1 Sabit kesme reolojik özellikleri

Akış davranışı analizi, 0–100 kesme hızı (1/s) aralığında bir paralel plaka konfigürasyonu kullanılarak gerçekleştirildi. Örnek plakası ve reometre probu arasındaki boşluk 0,5 mm olarak ayarlandı. Analiz, sıcaklık 25 ° C sıcaklığa ulaştıktan sonra gerilme gerçekleştirildi. Kesme hızına karşılık gelen kesme gerilimi değerleri kaydedildi. sabit kesme reolojik özelliklerinin parametreleri olan K, $\boldsymbol{\tau}_0$ ve n değeri, doğrusal olmayan regresyon ile 'Herschel Buckley' modeli kullanılarak (2.8)'e göre hesaplandı;

$$\tau = \tau_0 + K\gamma^n \quad (2.8)$$

burada $\boldsymbol{\tau}$ kesme gerilimi (Pa), $\boldsymbol{\tau}_0$ akma gerilimi (Pa), K kıvam katsayısı ($Pa.s^n$), γ kesme hızı (1/s) ve n akış davranışı indeksidir.

2.3.5.2 Dinamik reolojik özellikler

Paralel plaka konfigürasyonu ile dinamik reolojik analizi belirlemek için frekans tarama testi yapılmıştır. İlk olarak, genlik tarama testi % 0.1 gerilme değerinde doğrusal viskoelastik bölgeyi (LVR) belirlemek için yapıldı.

LVR' de frekans tarama testi 0.1-64 (ω) açısal hız aralığında uygulandı. Açısal hıza karşı depolama (G') (2.9) ve kayıp modülü (G'') (2.10) değerleri ölçüldü.

Dinamik reolojik parametreler, Güç Kanunu modeli ve doğrusal olmayan regresyon kullanılarak belirlendi (Yoo ve Rao, 1996);

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

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

burada G' (Pa) depolama modülü, G'' (Pa) kayıp modülü, ω açısal hız değeri (1 /s) ve K' (Pa.s^n), K'' (Pa.s^n) kıvam katsayısı değerlerini belirtir ve n', n''akış davranışı endeksi değerlerini temsil eder.

2.3.5.3 Üç zaman aralıklı test (3-ITT)

3-ITT reolojik analizi, 0.5 s^{-1} sabit kesme hızında ve 150 s^{-1} değişken kesme hızında gerçekleştirildi. Doğrusal viskoelastik bölge ikinci zaman aralığında uygulanan kesme hızı değerinin saptanması için değerlendirildi. Örneklerin doğrusal viskoelastik bölgesi 55 s^{-1} 'de bitirildi. Birinci zaman aralığında örneklere çok düşük bir kesme hızı (0.5 s^{-1}) 100 s boyunca uygulandı. İkinci zaman aralığında 40 s boyunca yüksek kesme kuvveti (150 s^{-1}) uygulandı. Üçüncü zaman aralığında örneklere yeniden birinci zaman aralığında uygulanan düşük kesme hızı (0.5 s^{-1}) uygulanarak ikinci zaman aralığında uygulanan yüksek kesme hızının dinamik reolojik davranış üzerindeki etkisi belirlendi.

G_i (ürünün ilk durumunda uygulanan G′ değeri) G_0 (deformasyondan hemen sonraki G′ değeri) ve G_e (örnek geri kazanıldıktan sonraki G' değeri) değerleri, (2.11)'deki deformasyon ve geri kazanım denklemleri ile karakterize edilir (Toker vd., 2015).

$$\%\, Deformasyon = \left(\frac{(G_i - G_0)}{G_i}\right) \times 100 \quad (2.11)$$

RSG'nin geri kazanım derecesi (2.12)'ye göre belirlendi (Toker vd., 2015).

$$\%Recovery = \frac{G_e}{G_i} \times 100 \quad (2.12)$$

2.3.6 Zeta potansiyeli (ζ)

Örneklerin zeta potansiyel değeri bir zeta boyutlandırıcı kullanılarak (Zetasizer; Malvern Instruments, Worcestershire, İngiltere) dinamik ışık saçılımı (DLS)

tekniği ile ölçüldü. Salata sosu örnekleri analiz öncesinde 500 kez ultra saf su ile seyreltildi. Analizden önce homojenizasyonu sağlamak için bir ultrasonik banyoda 5 dakika bekletildi. Zeta potansiyeli, partikül boyutu ve partikül dağılım indeksinin belirlenmesi için analizler 3 paralel yapıldı, ortalama ve standart sapması belirlendi (Akçiçek ve Karasu, 2018).

2.3.7 Emülsiyon kararlılık testi

Salata sosu emülsiyonları, 15 ml ölçülü tüpler içerisine yerleştirilerek 28 gün boyunca oda sıcaklığında depo edildi. 28 gün sonra faz ayrılması görsel analiz ile değerlendirildi ve ayrılan yağ fazın yüksekliği ölçüldü. Emülsiyon stabilite indeksi (ESI) aşağıdaki (2.13)'e göre hesaplandı:

$$ESI = \frac{O_h}{E_h} \times 100 \quad (2.13)$$

burada O_h, E_h, sırasıyla yağ fazının yüksekliğini ve toplam emülsiyon yüksekliğini cm cinsinden temsil etmektedir (Mantzouridou vd., 2012).

2.3.8 Termal döngü testi ile emülsiyon stabilitesi

Termal döngü testi üretim prosesleri, depolama ve taşıma esnasında oluşabilecek sıcaklık dalgalanmalarının emülsiyon stabilitesi üzerindeki etkisini kısa sürede belirlemek üzere kullanılan bir yöntemdir. Emülsiyon örneklerine farklı termal döngüler uygulanır. Termal stresin emülsiyon yapısında ya da morfolojisinde neden olduğu değişimler modüllerin (G′ ve G′′) değişimi ile ifade edilmektedir (Tekin vd., 2021).

Salata sosu örneklerinin (az yağlı (LFC) ve tam yağlı kontrol (FFC) salata sosu örnekleri ve optimum konsantrasyondaki az yağlı salata sosu örneği (OS) emülsiyon stabilitesi Tekin vd., (2020) tarafından tanımlanan termal döngü testi ile belirlendi. Örneklere 23 ila 45 °C arasında 10 farklı termal döngü uygulanarak yüksek sıcaklık stabilite testine tabi tutuldu. Isıtma ve soğutma hızları dakikada 11°C olacak şekilde ayarlandı. Gerinim değerleri %0,5 ve açısal frekans (ω) 10 Hz olarak uygulandı (Karasu vd., 2015).

2.3.9 Oksi test ile oksidatif kararlılık

Salata sosu örneklerinin (FFC, LFC ve optimum konsantrasyondaki az yağlı salata sosu örneği) depolama süresi boyunca oksidatif stabilitesini test etmek için Oxitest Cihazı (Velp Scientifica, Usmate, MB, İtalya) kullanıldı (Aksoy vd.,

2021). Toplamda 10 gr salata sosu örneği, homojen dağılımı sağlamak için örnek hücrelerine konuldu. Cihazın oksijen basıncı 6 bar ve sıcaklığı 90 °C, 100 °C ve 110 °C olarak ayarlandı. OXITEST cihazı tarafından elde edilen indüksiyon periyodu (IP) sonuçları, salata sosu örneklerinin oksidatif stabilitelerini değerlendirmek üzere kullanıldı. Ayrıca periyoda bağlı olarak OXITEST'ten basınç değişimi ile ilgili veriler alındı.

2.3.10 Toplam Peroksit Tayini

Salata sosu örneklerinin toplam peroksit tayini AOAC (2007) tarafından bildirilen yönteme göre yapıldı. Bu amaçla 2 g örnek 250 ml'lik erlene tartıldı, üzerine yağın çözülmesi için 10 ml kloroform eklenip çalkalandı. Ardından sırasıyla 15 ml asetik asit ve 1 ml doymuş KI ilave edildi, karanlıkta 5 dk bekletildi. Daha sonra erlendeki karışıma 75 ml distile su ve 1 ml %1'lik nişasta çözeltisi eklendikten sonra 0,01N $Na_2S_2O_3$ ile titre edildi ve sarfiyat kaydedildi. Salata soslarının peroksit değerleri depolama süresince (+4°C' de) (2.14) kullanılarak hesaplandı. Analiz üç tekrar olarak gerçekleştirildi, Tablo 3.12'de üçlü ölçümler için ortalama değerler ve standart sapmalar verildi.

$$Peroksit\ sayısı = \frac{(a-b)*N*1000}{m} \quad (2.14)$$

Burada a: örnek için kullanılan sodyum tiyosülfat sarfiyatını (ml), b: şahit örnek için kullanılan sodyum tiyosülfat sarfiyatını (ml), N: sodyum tiyosülfatın normalitesini, m: örnek miktarını (g) ifade eder.

2.3.11 Renk Ölçümü

Salata sosu emülsiyonlarının (OS, FFC ve LFC) renk değerlerinin ölçümleri kolorimetre cihazı (Konica Minolta, CR-400, Mississauga, ON, Kanada) ile gerçekleştirildi. Tüm ölçümler oda sıcaklığında (25°C'de) üç tekrar olarak yapıldı ve CIELAB sisteminde (L*, a* ve b*) değerlendirildi. Salata sosu emülsiyonlarının renk değerleri L* (parlaklık (100)/matlık (0)), a* (yeşillik/kırmızılık) ve b* (sarılık/mavilik) olarak belirtildi. Tablo 3.9'da üçlü ölçümler için ortalama değerler ve standart sapmalar verildi.

2.3.12 Optik Mikroskop Görüntü Analizi

OS, FFC ve LFC emülsiyon görüntüleri belirlenmek üzere lam üzerine bir damla olacak şekilde damlatılmıştır. Lamın üzerine 0.01 ml damlatılan emülsiyon

damlacığı hava kabarcığı olmadan lamel ile örtülerek damlacığın homojen dağılması sağlanmıştır. Hazırlanan örneklerin mikro yapıları optik mikroskop (Olympus BX53, Japonya) kullanılarak 100x odak ile gözlemlenmiş ve kamera yardımıyla fotoğraflanmıştır.

2.3.13 İstatiksel Analiz

Yağ konsantrasyonu (g 100 g^{-1}) (X_1), RSG konsantrasyonu (g 100 g^{-1}) (X_2) ve EYP konsantrasyonu (X_3) (g 100 g^{-1}) olmak üzere üç faktörün incelenmesi için bloklanmamış tam faktöriyel merkezi birleşik dizayn(CCD) kullanılarak yanıt yüzey medolojisi (RSM) uygulandı. Faktörlerin çeşitli düzeylerde kodlanmış ve gerçek değerleri Tablo 2.2'de sunuldu. X_i faktörünün düzeyleri - 1, 0 ve +1 olarak kodlandı ve bu değerler X_i'nin düşük, orta ve yüksek düzeyine karşılık gelmektedir. RSG, yağ ve EYP'nin optimum miktarını belirlemek üzere Design Expert Yazılımı (Sürüm 7; Stat-Easy Co., Minneapolis, MN) kullanılarak 17 farklı deneme noktası oluşturuldu. Yanıt yüzeyi metodolojisi (RSM), hatanın tahmini için üç faktöriyel noktadan oluşan tasarım yapıldı. Her yanıt için deneysel verilere ikinci dereceden bir model olan kuadratik model uygulandı. Model uygulanabilirliği, ANOVA'dan elde edilen pratik model belirleme katsayısı (R^2), düzeltilmiş R^2 (R^2-adj), uyum eksikliği testi (lack of fit), F ve p- değerlerine ($p < 0.05$) göre değerlendirildi. En yüksek istenirlik değerine göre optimizasyon yapıldı. En düşük yağ içeriğine sahip ve istenirlik değeri 1 olan formülasyon optimum formülasyon olarak belirlendi. Üç merkezi nokta kullanıldı. Sabit kesme ve frekans taraması reolojik analiz parametreleri, Power Law Modeli ve Statistica yazılım programı (StatSoft, Inc., Tulsa, OK) ile doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak hesaplandı.

RSG ve salata sosu emülsiyon örneklerinin analizleri üç tekrar şeklinde gerçekleştirildi. Sonuçlar ortalama değer ve standart sapmalar olarak bildirildi. İstatistiksel analizler, SPSS 25 (IBM) programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey's Test ile değerlendirildi. İstatiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak belirlendi.

Tablo 2.2 Deney tasarımında kullanılan gerçek ve kodlanmış değerlerdeki faktörlerin seviyeleri

Faktör	Adı	Seviyeler		
		-1	0	1
		Gerçek değerler		
X_1	Yağ	10	20	30
X_2	RSG	2	3	4
X_3	EYP	1	3	5

3
ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Roka Tohumu ve Roka Tohum Gamının Fizikokimyasal Özellikleri

Roka tohumu ve RSG'nin fizikokimyasal özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir. RSG %65.22 karbonhidrat, %17.24 protein, % 0.58 yağ, %9.72 nem, %7.24 kül içermektedir. Koocheki vd.,'nin 2012'de yaptığı çalışmada roka tohum gamı için belirledikleri optimum ekstraksiyon koşullarında RSG'nin %12.28 nem, %9.75 protein, %67.97 karbonhidrat, %10 kül, iz miktarda yağ içerdiği belirtilmiştir. Koocheki vd.'nin yaptığı çalışma ile kıyaslandığında karbonhidrat, nem ve kül daha düşük protein miktarı daha yüksek bulunmuştur. Kutlu vd., 2021'de yaptığı çalışmada ise %80.38 karbonhidrat, %5.81 protein, %10.26 nem, %3.55 kül olarak belirlenmiştir. Kutlu vd.'nin (2021) yaptığı çalışmaya göre protein ve kül miktarı daha yüksek karbonhidrat ve nem miktarı daha düşük bulunmuştur.

RSG'nin ham protein miktarı adaçayı tohum gamı ile (%16.62±0.19) yakın demirhindi tohum gamından (%14.78) yüksek bulunmuştur (Seo vd., 2018; Crispín-Isidro vd., 2019). Gamın yüksek protein içeriği, emülsiyon içerisinde emülgatör ve yapı güçlendirici etki sağlamaktadır (Akçiçek ve Karasu, 2018). Ayrıca emülsiyonun film oluşturma ve köpürme kapasitesinin belirlenmesinde çok önemli bir parametredir. Ticari gamlarla karşılaştırıldığında, RSG'nin protein içeriği ksantan gamdan, (%2.125) guar gamdan (%8.19) ve keçiboynuzu gamından (%5.2-7.4) daha yüksek olduğu bulunmuştur. (Bhushette ve Annapure, 2018; Sherahi vd., 2017).

Başka bir çalışmada keten tohumu gamına göre karşılaştırıldığında protein, nem ve kül miktarının RSG'den daha düşük ve sırasıyla %10.9 ± 0.04, %6.4 ± 0.10 ve %8.3 ± 0.09 olduğu, karbonhidrat miktarının ise daha yüksek %80.2 olduğu belirlenmiştir (Guo vd., 2021).

Yapılan çalışmalarda kimyasal bileşen yüzdelerin birbirinden farklı bulunmasının nedeni RSG'nin ekstraksiyon koşullarının (pH, tohum:su oranı, sıcaklık vb.,) saflaştırma ve kurutma işlemlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tohumun botanik çeşitlilik, yetişme koşulları ve coğrafi

kökendeki farklılıklar da fizikokimyasal özelliklerin değişmesinde etken olmaktadır (Alpizar-Reyes vd., 2017).

RSG'nın roka tohumundan ekstraksiyon verimi %3.11 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.1). Ekstraksiyon koşulları (pH, sıcaklık ve ekstraksiyon şekli) gam verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin Ning vd., (2021) çin ayvasından (*Chaenomeles sinensis*) elde edilen tohum gamında ekstraksiyon koşullarının gamı verimi (%) üzerindeki etkisini araştırmak için yaptığı çalışmada su (pH 7.0), alkali (pH 9.0) ve asidik (pH) için üç sıcaklıkta (25, 50 ve 80 °C) ekstraksiyon koşullarında gerçekleştirilmiştir. Tüm pH değerleri için ekstraksiyon sıcaklığı arttıkça çin ayvası tohum gamı veriminin önemli ölçüde arttığı görülmüştür.Deiyonize su ile ekstrakte edilen örnekler için, 80 °C'deki (%3.9 w/w) verimin 25 °C'deki verimden (%2.1 w/w) neredeyse iki kat fazla olduğu belirtilmiştir. Sıcaklık 25 °C'den 50 °C'ye arttığında çin ayvası tohumunun alkali ve asitle muamelesi ile ekstrakte edilen tohum gamının verimi önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, alkali ve asidik koşullar altında ekstraksiyon verim değerleri, su ekstraksiyonu verim değerinden daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni asidik ve alkali şartlarda gam yapısının bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. (Yang vd., 2019; Zhang vd., 2019). Sıcaklık 80 °C'ye yükseltildiğinde pH koşulunun çin ayvası tohum gamı verimi üzerinde önemli bir etkisi yoktur, bu da sıcaklığın en yüksek verimi elde etmek için önemli bir faktör olduğunu gösterir. Kooechki vd.,'nin (2012) optimum nokta olarak belirlediği 65.5 °C ekstraksiyon sıcaklığı, pH:4 ve su/tohum oranı 60:1 olduğu şartlarda RSG verimi bizim elde etttiğimiz verimden 3 kat daha yüksek (%10.3) olarak belirlenmiştir.

Adaçayı tohum gamı verimi (*Salvia macrosiphon)* %9.97-%12 aralığında, Balangu tohum gamı verimi (Lallemantia royleana) en yüksek %22.6, demirhindi tohumu gamı verimi %28.93 olarak bulgulanmıştır (Amini, 2019; Alpizar-Reyes vd., 2017; Frahnaky vd., 2013;) Yapılan araştırmalara göre *Leguminosae, Plantaginaceae, Cruciferae ve Convolvulaceae* familyasına ait dört bitki familyasında, tohumların %18'den fazla gam içeriğine sahip türleri bulunduğu bildirilmiştir (Eghbaljoo vd., 2022; Tookey ve Jones, 1965).

Tablo 3.1 RSG'nin fizikokimyasal özellikleri

Fizikokimyasal Özellikler	Roka Tohumu	RSG
pH	-	5.1±0.11
Karbonhidrat (toplam) (% w/w)	30.28±0.95	65.22±1.11
Protein (% w/w)	30.40±1.14	17.24±0.46
Yağ (% w/w)	28.17±1.46	0.58±0.07
Nem (% w/w)	6.69±0.07	9.72±0.4
Kül (% w/w)	4.46±0.25	7.24±0.25
% Verim	-	3.11±0.01

3.2 RSG'nin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi

Fenolik bileşikler, bitkilerde bulunan sarı, kırmızı, turuncu, yeşil ve mor pigmentlerin bileşenleridir ve polisakkaritler, amino asitler, nükleik asitler, proteinler gibi farklı bileşenlerle konjuge olarak bulunabilirler. Fenolik bileşikler bitkisel polisakkaritlerle etkileşime girerek lipit emilimini ve oksidasyonunu azaltır ve ardından çeşitli reaktif oksijenin etkilerini önleyen bir antioksidan ortam oluştururlar (Kim vd., 2020). Fenolik bileşikler doğal antioksidanlardır ve antiinflamatuar, antikanser ve antimikrobiyal özelliklere sahiptirler (Hasheminya ve Dehghannya, 2022; Keshani Dokht vd., 2018). Toplam fenolik ve flavonoid içeriklerinin belirlenmesi, doğal ürünlerde biyoaktif fitokimyasalların varlığını değerlendirmek için yaygın olarak yapılan analizlerdendir (Vasile vd., 2019). RSG'nin toplam fenolik madde içeriği 134.03±7.70 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir. Etanol ile gamların ekstraksiyonu esnasında fenolik bileşiklerin protein, organik asitler, bazı tuzlar, vb maddeler ile birlikte özütlenebileceği bildirilmiştir (Crispín-Isidro vd., 2019; Luengthanaphol, vd., 2004). Bu antioksidan özellikli bileşiklerin RSG'nin tohum kabuğundan özütlendiği düşünülmektedir. Örneğin demirhindi (*Tamarindus indica L.*) tohum gamının biyoaktif bileşen miktarı üzerine yapılan çalışmada düşük saflaştırma yapılan demirhindi gamının toplam fenolik madde içeriği 122.2 mg GAE/100 g, yüksek

saflaştırma yapılan gamlarda ise daha düşük (neredeyse sıfır) fenolik madde içeriği belirlenmiştir (Isidro vd., 2019).

RSG tohum gamının toplam fenolik bileşen miktarı belirlenmek üzere yapılan çalışma bulunmadığı için sonuçlar farklı gam çeşitleri ile kıyaslanmıştır. Hamdani ve Wani (2017) keçiboynuzu ve guar gamın toplam fenol içeriğini sırasıyla 39 mg GAE/100 g ve 15mg GAE/100g olarak bildirmiştir. Hasheminya ve Dehghannya (2020) *Astragalus sarcocolla* (enzerut gam) gamının biyoaktif özellikleri üzerine yaptığı çalışmada eksüda gamın toplam fenol içeriğini 103 mg GAE/100g olarak bulgulamışlardır. Hamdani vd.,'nin (2018) eksüda gamların toplam fenol içeriği üzerine yaptığı çalışmada kayısı gamının fenolik bileşen içeriği 125 mg GAE/100g ve akasya gamının fenolik bileşen içeriği 87 mg GAE/100g ve karaya 70 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde RSG'nin fenolik bileşen içeriği bazı gam çeşitlerinden daha yüksek bulgulanmıştır. Bitkilerdeki polifenollerin içeriği türün çeşidine, bitkinin bölümüne, fizyolojik evresine bağlı olarak değişebilir (Hasheminya ve Dehghannya, 2021).

Polifenoller arasında flavonoidler, bitkisel ürünlerde yaygın olarak bulunmakta ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra insan sağlığı üzerindeki yararlı etkileri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Pérez-Jiménez ve Saura-Calixto, 2015). RSG'nin flavanoid miktarı 307.85±18.58 mg kateşin/100g olarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda Prosopis alba eksüda gamı flavonoid içeriği 230 mg/100 g, arabik gamın flavanoid içeriği ise 108 mg/100 g (Vaseli vd., 2019) olarak bildirilmiştir.

Antioksidanların, reaktif oksijen bileşenlerinin neden olduğu oksidatif hasarı önleyici etkisi bulunmaktadır. Bitki polisakkaritlerinin serbest radikallerin temizlenmesinde ve oksidatif strese bağlı olarak ortaya çıkan çeşitli kanser türleri dahil olmak üzere nörodejeneratif, kardiyovasküler ve yaşlanmayla ilişkilendirilen rahatsızlıkları önleyici etkisine dair yapılmış çalışmalar vardır (Li vd., 2016; Fan vd., Krishnaiah vd., 2007). DPPH serbest radikallerini süpürme testi, doğal bileşiklerin antioksidan potansiyelini belirlemek için kullanılmaktadır. RSG'nin DPPH radikali antioksidan kapasitesi %74.04±0.54 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.2). Yapılan çalışmalarda ayva çekirdeği müsilajının DPPH radikali antioksidan

aktivitesi %21.86, fesleğen tohum (*Ocimum basilicum L.*) gamı DPPH radikali antioksidan kapasitesi % 27.01–32.12 aralığında, keçi boynuzu (*Ceratonia siliqua L.*) gamı DPPH radikal yakalama aktivitesi %55.89 ile %64.43 aralığında bildirilmiştir. (Kozlu, 2020; Nazir ve Wani, 2022; Mekhoukhe vd., 2018) Yapılan çalışmalardaki bitkisel polisakkaritlerin antioksidan kapasiteleri ile kıyaslandığında roka tohum gamı antioksidan kapasitesi daha yüksek bulunmuştur.

Fenolik madde ve flavanoid içeriğinin yüksek olmasının yanı sıra RSG'nin kurutulması esnasında oluşabilecek maillard reaksiyonu ürünlerinin de DPPH radikali süpürme aktivitesine katkı sağladığı düşünülmektedir. Maillard reaksion ürünlerinden melanoidin ve hidroksimetil furfuralın radikal süpürücü etkisinin olduğuna dair çalışmalar mevcuttur (Yıldız vd., 2010) Ayrıca çalışmalarda bazı bitkisel polisakkaritlerin (musilajlar gibi) içeriğindeki proteinlerin ve lipidlerin aktif bileşiklerinin antioksidan özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir. Örneğin bitkisel polisakkarit içindeki protein içeriği, hidroksil ve süperoksit radikalleri üzerinde doğrudan bir süpürme aktivitesi geliştirmektedir. Ayrıca hidroksilik ve karboksilik gruplar, karbonil grupları, glikozidik bağlar, konformasyonel özellikler, gamların monosakkarit bileşimleri antioksidan özelliklerini etkileyen faktörlerdir. Ayrıca antioksidan aktivite üzerinde polisakkaritin molekül ağırlığının da etkisi vardır. 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 (Wang vd., 2016)

Tablo 3.12'de bildirilen OS'nin indiksiyon periyodunun LFC ve FFC'den daha yüksek olması ve peroksit değerinin daha düşük olması RSG'nin iyi bir yağ paketleyicisi olmasının yanısıra antioksidan aktivitesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 RSG'nin biyoaktif özellikleri

Biyoaktif Özellikler	Sonuçlar
Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/100g)	134.03±7.70
Toplam flavanoid madde miktarı (mg KATEŞİN/100g)	307.85±18.58
DPPH radikal inhibisyonu (%)	74.04±0.54

3.3 RSG'nin Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi

Hidrokolloidlerin maksimum işlevselliği, suda tamamen çözünerek sağlanır. Tam çözünürlük, görünüm ve doku açısından da uygundur. Hidrokolloidlerin su molekülleri ile etkileşimi, difüzyonu azaltır ve sudaki hidrokolloid varlığını stabilize eder. Etkileşim oranı, hidrojen bağına ve sıcaklığa ve ayrıca su kümesinin oluşumuna bağlıdır. İstenilen fonksiyonel özelliklerin muhafaza edilmesi için maksimum çözündürmeye ulaşmak gereklidir (Amid ve Mirhosseini, 2012).

RSG'nin 25°C' de % çözünürlük değeri %30.50±1.25 olarak bulunmuştur (3.3). Kooecheki vd., 2012'de yaptığı çalışmada farklı ekstraksyion koşullarında (sıcaklık, pH, tohum:su oranı) elde edilen RSG'nin çözünürlüğü % 13.71-88.5 aralığında optimum ekstraksiyon koşullarında ise %28.5 olarak belirlenmiştir. Ayrıca ekstraksiyon sıcaklığı ve pH'ındaki artışın gam çözünürlüğünü arttırdığı bildirilmiştir.

Gamlar görüldüğü üzere geniş bir aralıkta çözünürlük gösterebilmektedir. Gamların içerdikleri şekerin cinsi ve miktarı, gamın ekstraksiyon şartları, sıcaklık çözünürlüğü etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda galaktoz/mannoz oranının düşüklüğü daha fazla oksijen geçirgenliğine ve daha düşük suda çözünürlüğe sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Galaktoz/Mannoz oranının artmasıyla polimerlerin suda çözünürlüğünün arttığı çünkü galaktoz içermeyen saf mannanın polimerlerin suda çözünürlüğünü azalttığı belirtilmiştir (Santos vd., 2015; Cerqueira vd., 2011; Sciarini vd., 2009). Kutku vd., (2022) yaptığı çalışmada RSG'nin mannoz/galaktoz oranı 1.52 olarak bildirilmiştir. *Örneğin Lepidium perfoliatum* tohumu gamının 30°C'de %18-25, durian tohumu gamının %7-19.21

aralığında % suda çözünürlük gösterdiği bulgulanmıştır (Mirhosseini ve Amid, 2012). Diğer gamlar ile kıyaslandığında RSG'nin % suda çözünürlüğünün yüksek olduğunu ifade etmek mümkündür. Gamın sudaki çözünürlüğünün ve su absorpsiyon kapasitesinin yüksek olması özellikle az yağlı emülsiyonlarda jelleştirici ve kıvam verici etki sağlayacağından reolojik özellikleri iyileştirecektir.

Su absorpsiyon kapasitesi ve hareketliliği, gıda teknolojisinde verim, duyusal değerlendirme, stabilite (fiziksel olarak) ve doku ile ilgili konulardır (Hinrichs vd., 2003). Tablo 3.3'e göre RSG'nin su absorpsiyon kapasitesi ve köpük stabilitesi Kooecheki vd., optimum ekstraksiyon şartlarında belirlediği su absorpsiyon kapasitesinden (9.3 g/g) daha yüksek ve köpük stabilitesine ise (%87.5) yakın bulunmuştur. Gamın şeker bileşimi su absorpsiyon kapasitesini ve çözünürlüğünü etkilemektedir. Ayrıca gamın ekstrasiyon yöntemi, kurutma şekli (dondurarak kurutma, vakumla kurutma, etüvde kurutma vb.) ve sıcaklığı da dokusal özelliklerini, yoğunluğunu ve gözenekliliğini ve sorpsiyon özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Salarbashi ve Tafaghodi, 2018). Örneğin üç farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilen *Gleditsia triacanthos* (yabani keçiboynuzu) gamının su absorpsiyon kapasitesi sırasıyla 15.2 (g/g), 15.9 (g/g) ve (8.19 g/g) olarak bulunmuştur. Sert koşullarda uygulanan ilk iki yöntem ile ekstrakte edilen gamların üçüncü yönteme göre daha yüksek su absorbe edebilmesi sert koşulların gamın polisakkarit zincirleri arasındaki etkileşimi azaltması ve bu nedenle suyun polisakkarit zincirleriyle etkileşime girmesinin kolaylaşması ile açıklanabiliceği bulgulanmıştır (Sciarini vd., 2009). RSG ekstraksiyonu üzerine yapılan çalışmada köpük stabilitesi üstünde, ekstraksiyon sıcaklığının ve pH'ın hem doğrusal etkisinin hem de sıcaklık pH interaksiyonunun önemli olduğu bildirilmiştir.

RSG'nin köpük stabilize edici etkisinin yüksek sıcaklık ve pH artışı ile azaldığı ancak, düşük sıcaklıklarda (25-40ºC) pH değişikliği ile herhangi bir değişiklik gözlenmediği ifade edilmiştir. (Kooechki vd., 2012). Gamlar hava-su arayüzünde adsorbe olma eğiliminde olmasa bile yüksek su absorpsiyon kapasiteleri ve koyulaştırıcı veya jelleştirici özellikleri nedeniyle protein köpüklerininin stabilitelerini güçlü bir şekilde sağlayabilirler (Naji ve Razavi, 2014; Kooechki vd.,2012; Glicksman, 1979) *Eruca sativa* tohum gamının (RSG) koyulaştırıcı etkisiyle, emülsiyonları ve köpükleri stabilize edebiliceği düşünülmektedir.

Tablo 3.3 RSG'nin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi

Fonksiyonel Özellikler	Sonuçlar
Su Absorpsiyon Kapasitesi (g/g)	12.8±0.65
% Çözünürlük (25 °C)	30.50±1.25
% Köpük stabilitesi	86.1±1.71

3.4 Salata Sosu Örneklerinin Akış Davranış Reolojik Özellikleri

Salata soslarının kalitesinin belirlenmesinde akış davranış özellikleri önemli bir parametredir. Belirli bir aralıkta kıvam katsayısına ve akma gerilimine (yield stress) sahip olması newtonyen olmayan akış davranış özelliği göstermesi ve akış davranış indeksi değerinin (n) düşük olması salata soslarında istenen akış davranış özelliklerindendir (Ma ve Boye, 2013).

Salata sosu örneklerinin sabit kesme akış davranış reolojik özellikleri Şekil 3.1' de gösterilmiştir. Tüm örnekler için kesme hızına karşı kesme gerilmesi grafiğinde eğim azalmıştır, Bu da örneklerin viskozitesinin artan kesme hızı ile azaldığını göstermektedir. Tüm örnekler, kesme incelmesi ya da farklı bir ifade ile pseudoplastik akış davranışı göstermiştir. Pseudoplastik akış davranışı gösteren gamlar, pompalama ve doldurma gibi yüksek kesme kuvveti uygulanan işleme koşulları sırasında gıda dokusunu iyileştirmek ve değiştirmek için kullanılmaktadır, bu nedenle kesme incelmesi akış davranışı salata soslarında istenilen bir özelliktir (Vardhanabhuti ve Ikeda, 2006; Diftis vd., 2005).

Akçiçek ve Karasu (2018); Ma ve Boye (2013); Lai ve Lin (2004), salata sosu emülsiyon modellerinin reolojik özellikleri üzerine yaptığı çalışmada az yağlı salata soslarının kesmeyle incelen akış davranışı gösterdiğini belirtmiştir. Pero vd., (2014) salebin stabilizatör olarak kullanıldığı az yağlı salata sosu örneklerinin kesme incelmesi reolojik davranışı gösterdiğini bildirmiştir. Salata sosu emülsiyonlarında viskozitedeki azalma dallanmış polisakkaritler, proteinler ve su arasındaki moleküller arası etkileşimin bozulması, zayıf bağların kopması ve kesme kuvvetindeki artışın moleküller arası etkileşimin azaltması ile açıklanabilir. (Bortnowska vd., 2013; Fernandez vd., 2012; Chatsisvili vd., 2012; J. Franco, vd.,

1995; Franco vd., 2000; Martı´nez vd., 2007; Quemada ve Berli, 2007) Viskozite değerlerindeki azalma, hem geri dönüşümsüz (birleşme) hem de geri dönüşümlü (deflokülasyon) bir süreçle ilişkili olabilen önemli bir yapısal bozulma ile açıklanabilir (Mozafari vd., 2017). Bu durum kesme hızının artmasına bağlı olarak salata sosunun viskozite değerlerinde düşüş olduğunu göstermektedir.

Farklı formülasyon ile hazırlanan salata sosu örneklerinin τ_0, K, n ve R^2 değeri Tablo 3.4'de sunulmuştur. R^2 değeri, tüm salata sosu örnekleri incelendiğinde 0.93 ile 0.99 aralığında olduğu belirlenmiştir, bu da Güç yasasının Herschel Buckley modeli ile modellenen sabit kesme reolojik davranış verileri ve karşılık gelen model parametrelerinin, yani salata sosu örneklerinin sabit kesme reolojik özelliklerinin kullanılan model ile başarıyla tanımladığını göstermektedir.

K değeri püreler, macunlar, soslar ve salata sosları gibi emülsiyon tipi gıdalar için önemli bir kalite özelliği olan kıvam katsayısı değerini ifade eder (Dogan ve Kokini, 2006). Örnek yapısında moleküller arasındaki güçlü etkileşimi, kararlılığı gösterir ve emülsiyonların kalınlığını gösterir. Salata sosu emülsiyonlarının K değeri 1.67-27.12 $Pa.s^n$ aralığında bulunmuştur (Tablo 3.4).

Akış davranışı indeksi (n), gıda emülsiyonları için ortalama yağ partikül boyutu, yağ partikül boyutu dağılımı ve sürekli fazın kolloidal karakteri ile ilgilidir (Lai&Lin, 2004). 1'e yaklaşan bir n değeri, Newton akış davranışına doğru bir yaklaşım gösterir. 1'den küçük n değeri, tüm örneklerin kesme incelme akış davranışı sergilediğini göstermektedir (Ma&Boye 2013). Salata sosu emülsiyonları, orta derecede akış davranış indeksi (n) ile düşük derece akış davranış indeksi (n) aralığına sahip olmalıdır (Ma & Boye, 2013). Salata sosu emülsiyonlarının n değeri 0.15-0.27 aralığında bulunmuştur. Tablo 3.4'e bakıldığında beklendiği üzere kıvam katsayısı arttıkça n değerinde azalma gözlenmiştir. Kıvam katsayısı düşük olan örneklerin genellikle n değeri daha büyük bulunmuştur. K ve n değerleri arasındaki ters orantı, psödoplastik akış davranışının güçlenmesi ve sıkı bir yapı oluşumunun sağlaması ile açıklanabilir.

Bir emülsiyonun bozularak akış formuna geçmesi için uygulanan kuvvet akma gerilimi olarak ifade edilmektedir. Mayonez gibi ürünlerde çok yüksek akma gerilimi değeri akış özelliğini azaltırken limon sosu gibi ürünlerde düşük akma gerilimi değeri akış özelliğini arttırmaktadır. Belirli bir dereceye kadar akma

geriliminde artış olması salata soslarında istenen bir özelliktir (Ma vd., 2013). Salata sosu emilsiyonlarının τ_0 değerleri 0.36-12.58 Pa aralığında bulunmuştur.

Yüksek RSG konsatrasyonları içeren salata soslarında görülen yüksek K değerleri ve düşük n değerleri, RSG'nin güçlü moleküller arası ağların oluşumuna katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Sun vd., (2019)tohum gamı ilavesiyle emülsiyonların viskozitesinin arttığını bildirmiştir. n değerinin 0'a yaklaşması salata sosu tipi emülsiyonlarda istenen akış davranışını göstermektedir. Tablo 3.4'e göre, RSG ve yağ içeriğindeki artışın n değerini düşürürken τ_0 ve K değerini arttırması, RSG ve yağın pseudo-plastik karakteri güçlendirdiğini göstermektedir. Görüldüğü gibi, % 3-4 RSG içeren örnekler için n değeri 0.2' nin altındadır. Yüksek yağ muhtevasına sahip salata sosu örneklerinin K değerleri de yüksek bulunmuştur. K değeri, bir akışkanın viskoz doğasını ifade etmesi nedeniyle daha fazla yağ konsantrasyonuna sahip emülsiyonların daha güçlü bir yapı sağladığı düşünülmektedir (Saeidy vd., 2019; Chatsisvili vd., 2012)

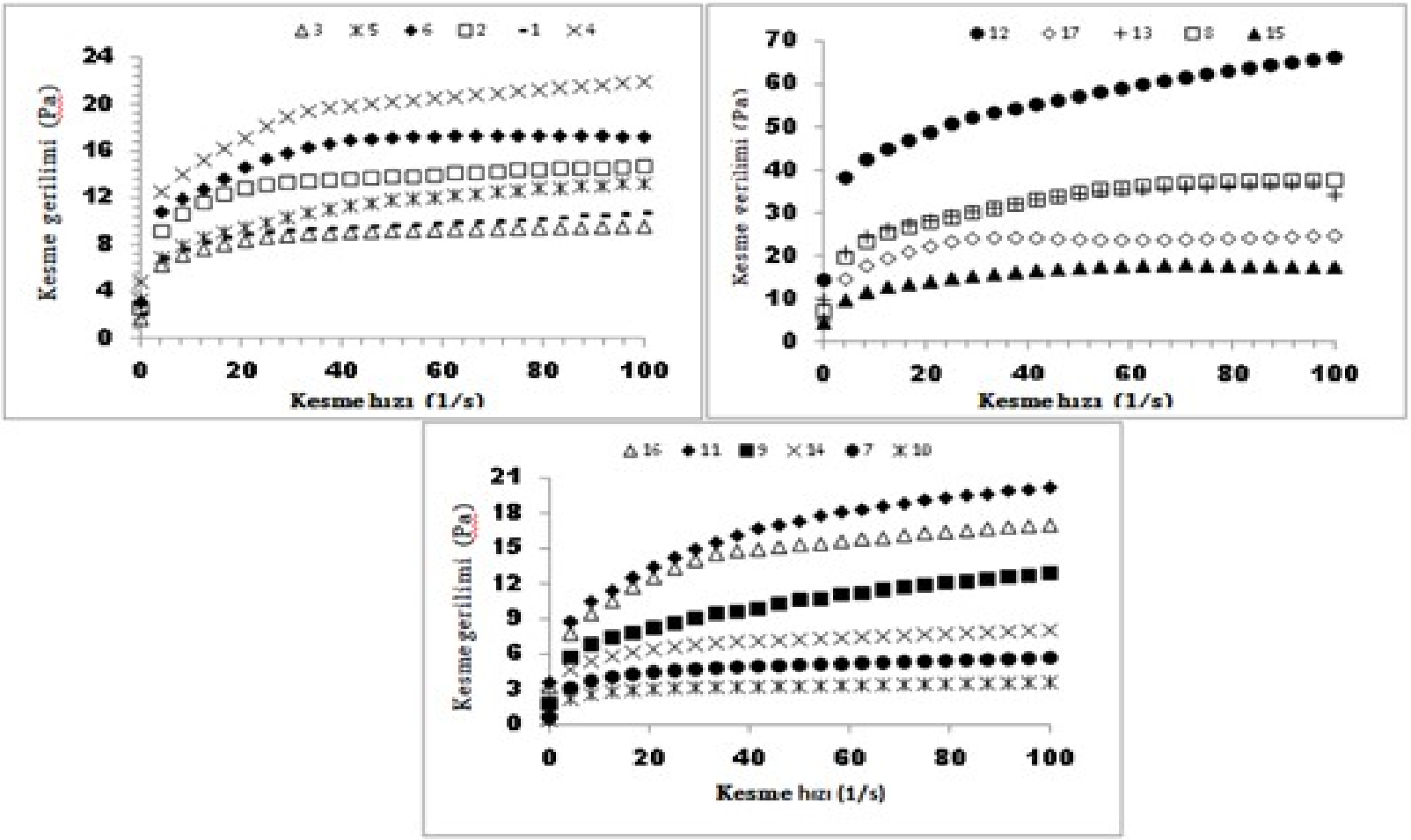
Bu çalışmada RSG'nin yağ azalmasından kaynaklanan daha az kompakt bir yapıyı telafi edip etmediği araştırılmaktadır. Yüksek yağ muhtevasına sahip ve ksantan gam (salata sosları için ticari olarak kullanılan gam) ile bir kontrol salata sosu örneği aynı koşullarda üretilmiş ve ölçülen reolojik özelliklerin her biri belirlenmiş ve emülsiyon örneklerinden elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Kontrol salata sosu K değeri (6,12 $Pa.s^n$) ile % 3-4 RSG içeren ve % 10-20 yağ içeren salata sosu örneklerinin K değeri benzer bulunmuştur.

Örnek 1 ve Örnek 2' nin K değerleri karşılaştırıldığında, RSG'nin düşük yağ emülsiyonlarında istenen kıvam değerini gösterebileceği anlaşılabilir. Örnek 2, Örnek 1' den% 10 daha az yağ içermesine rağmen, Örnek 2'deki RSG' deki% 1'lik artış, Örnek 1 Örnek 2' nin K değeri,% 30 yağ içeriği ile formüle edilen kontrol örneğinden daha yüksek K değeri göstermiştir. Aynı sonuç Örnek 5 ile Örnek 6 arasında da elde edilmiştir. Bununla birlikte, % 2 RSG kullanıldığında, az yağlı örneklerde çok düşük K değeri göstermiştir. % 30 yağ ve % 4 RSG içeren örnekler çok yüksek bir K değeri göstermiştir (27.12 $Pa.s^n$). Bu sonuçlar RSG'nin düşük bir yüzdesinin yağı azaltılmış salata sosu örneklerinde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Farklı konsantrasyonlarda (%0.5-4) Asafoetida gamı içeren Y/S emülsiyonlarının reolojik özellikleri incelendiğinde taze emülsiyonlar için K, n, τ_0 değerleri sırasıyla 0,24-35 Pa.s^n, 0.18-0.45, 0.08-28.20 Pa olarak belirtilmiş ve gam konsantrasyonu arttıkça K ve τ_0 değerinin arttığı, n değerinin 0'a yaklaştığı bulgulanmıştır.

Akçiçek ve Karasu (2017), düşük yağlı salata sosunda doğal yağ ikame maddesi olarak soğuk preslenmiş çiya tohumu yağı atıklarının kullanılması üzerine yaptığı çalışmada hazırlanan emülsiyonların reolojik özellikleri incelenmiş tamamının Newtonian olmayan akış davranış özelliği gösterdiği bildirilmiştir. ^{2} değer aralığının 0,95-0,99 arasında olması, salata soslarının akış davranışının belirlenmesinde Güç Kanunu modelinin uygunluğunu göstermektedir. K ve n değerleri sırasıyla 0.552–15.87 Pas^n ve 0,127-0,382 aralığında bulunmuştur. Formülasyon bileşenlerinin K değerini önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir.

Guo vd.,'nin (2021) yaptığı çalışmada farklı keten tohumu gamı konsatrasyonlarında hazırlanan Y/S emülsiyonlarının tümü psödoplastik özellik göstermiştir. Saeidy vd., (2018) yaptığı araştırmada da Asafoetida gam çözeltilerinin çeşitli yağ/gam oranlarıyla hazırlanan Y/S emülsiyonlarının her birinin Herschel-Bulkely modeline göre, kesme incelme akış davranışı gösterdiği bildirilmiştir.



Şekil 3.1 Salata sosu örneklerinin sabit kesme akış davranış reolojik özellikleri

Tablo 3.4 Sabit kesme reolojik verilerinden elde edilen Herchel Bulkley modeli parametreleri

Deneme	RSG (%)	EYP (%)	Yağ(%)	τ_0 (Pa)	K (Pa.s^n)	n	R^2
						$\tau=\tau_0+K\times\gamma^n$	
1	3.00	3.00	20.00	1.75	5.21	0.16	0.97
2	4.00	5.00	10.00	1.97	7.33	0.16	0.96
3	3.00	3.00	10.00	1.39	4.91	0.15	0.96
4	3.00	3.00	20.00	4.21	9.69	0.18	0.99
5	2.00	1.00	30.00	2.90	5.08	0.21	0.99
6	4.00	1.00	10.00	2.61	8.34	0.17	0.96
7	2.00	3.00	20.00	0.59	2.33	0.20	0.98
8	4.00	1.00	30.00	6.69	14.47	0.22	0.99
9	2.00	5.00	30.00	1.70	3.65	0.27	0.99
10	2.00	1.00	10.00	0.36	1.67	0.17	0.96
11	3.00	3.00	30.00	3.30	6.08	0.26	0.99
12	4.00	5.00	30.00	12.58	27.12	0.19	0.98
13	4.00	3.00	20.00	8.94	16.46	0.18	0.99
14	2.00	5.00	10.00	1.26	3.54	0.18	0.98
15	3.00	1.00	20.00	3.94	8.00	0.18	0.98
16	3.00	3.00	20.00	2.95	6.18	0.23	0.99
17	3.00	5.00	20.00	7.55	12.82	0.15	0.93
FFC	0.35 XG	3.00	30.00	4.05	6.12	0.21	0.99

[1]RSG: Roka tohumu gamı, EYP: Yumurta sarısı tozu, FFC: %30 yağ içeriği içeren kontrol salata sosu örneği, XG: Ksantan gam, τ_0: akmaya karşı gösterilen direnç, n: akış davranış indeksi, K: kıvam katsayısı

3.5 Formülasyon bileşenlerinin K değeri üzerindeki etkisi

Salata sosu örneklerinin akış davranış reolojik özellikleri üzerine formülasyonda bulunan RSG, yağ ve EYP miktarının etkisi yanıt yüzey metodolojisi (RSM) kullanılarak belirlenmiştir. RSM kullanılarak belirlenen 17 deneme noktası ile hazırlanan farklı salata sosu formulasyonlarındaki RSG, EYP ve yağın lineer ve etkileşimlerinin akış davranış üzerindeki etkisini istatistiksel olarak açıklamak için ikinci dereceden bir model olan kuadratik model kullanılmıştır. Sırasıyla 0,89 ve 0,75'ten yüksek R^2 ve Düzeltilmiş-R^2 değerleri, ikinci dereceden modelin başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. 0.05'ten düşük p değeri, kullanılan model terimlerinin anlamlı olduğunu gösterir. RSG, emülgatör ve yağın etkisinin K değeri üzerine etkisini ayrı ayrı incelediğimizde herbirinin aynı derecede etkili olmadığı görülmektedir (Şekil 3.2). Model parametreleri, yağ ve RSG içeriğinin doğrusal etkilerinin anlamlı olduğunu ve EYP konsantrasyonunun doğrusal etkisinin önemsiz olduğunu göstermiştir ($p > 0.05$) (Tablo 3.5)

RSG konsantrasyonundaki değişimin K değeri üzerine etkisi diğer bileşenlere göre çok belirgindir. Orta ve yüksek RSG düzeylerinde çok yüksek K değeri elde edilirken düşük RSG içeren örneklerin K değerlerinde önemli bir artış gözlenmemiştir.

Salata sosu emülsiyon örneklerinde RSG ve yağ oranı özellikle yüksek konsantrasyonlardayken emülgatör oranının artması kıvam kat sayısında bir artışa neden olmaktadır (Tablo 3.5) Bu durum emülgatörün yağ damlacıklarının sürekli faz içerisindeki dispersiyonunu arttırmasından kaynaklanmaktadır (Martı’nez vd., 2007; Mantzouridou vd., 2013; Ma vd., 2013) Ancak bu artış RSG ve yağ oranının artışından kaynaklanan değişime göre oldukça düşüktür.

Etkileşim sadece RSG ve yağ içeriği arasında anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu sonuç, su fazındaki yağ içeriğini ve RSG fraksiyonunu arttırarak su / yağ oranını azaltarak açıklanabilir (Ye, Hemar ve Singh, 2004). Daha yüksek bir RSG oranı ve yapıdaki artan yağ damlacıkları, kompakt bir ağa ve daha yüksek K değerine neden olacaktır. % RSG'nin doğrusal etkisi, K değerini etkileyen en önemli parametre olduğunu belirten en düşük p değerine sahiptir. Bu nedenle, bu sonuçlar RSG'nin yağ azaltılmış salata sosu örneklerinde stabilize edici bir ajan olarak kullanılabileceğini göstermektedir

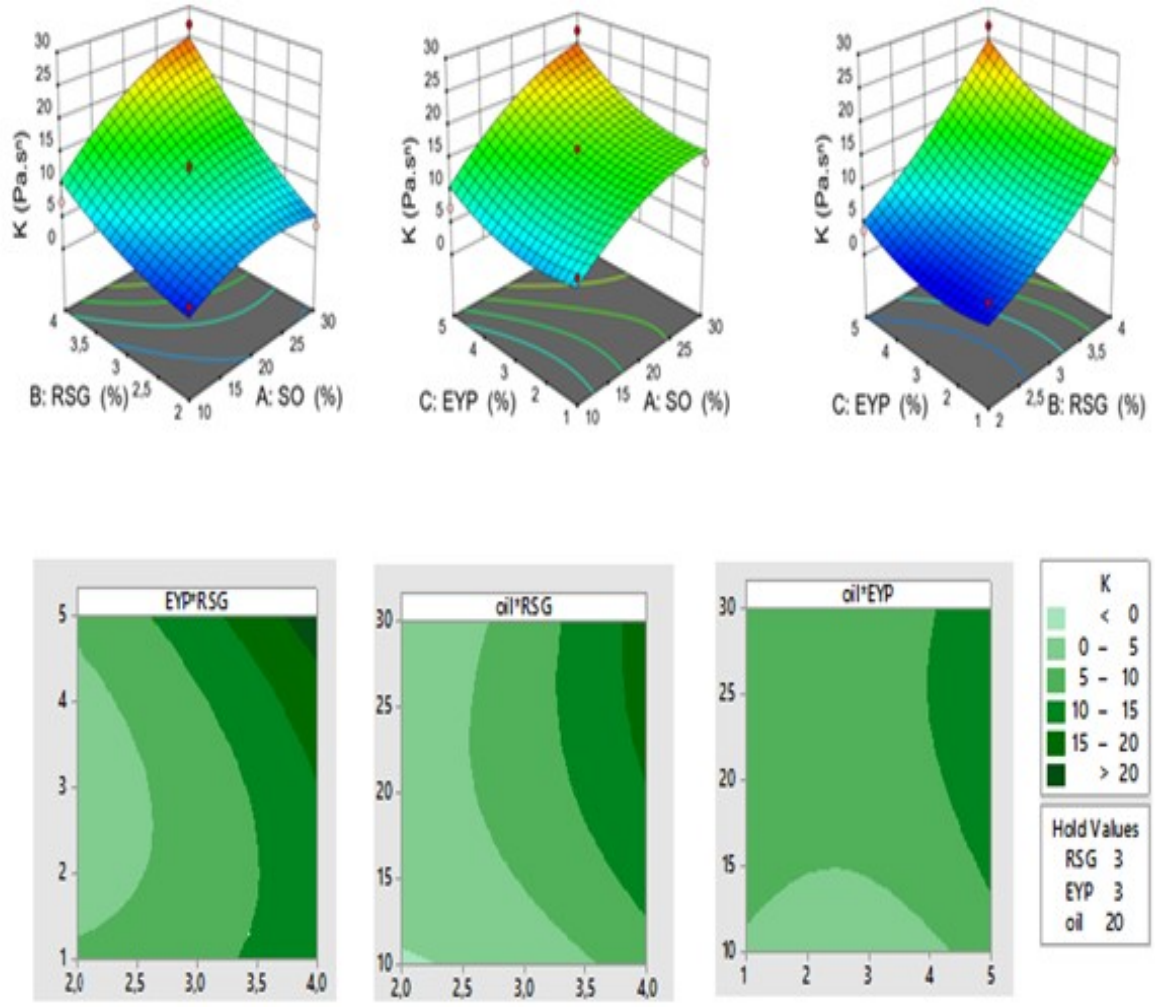
Şekil 3.2'de verilen 3D grafik karşılıklarından, RSG ve yağ içeriği arasındaki etkileşim gözlenebilir. Yağ içeriği düşük olduğunda RSG içeriği arttıkça K değerinde hızlı bir artış gözlenmiştir. EYP'nin içeriğindeki artış da K değerini arttırmaktadır. Ancak, bu artış anlamlı düzeyde değildir.

Mantzouridou vd., (2013) yaptığı çalışmada bitkisel polisakkarit, yağ ve yulaf unu konsantrasyonlarının salata sosu reolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiş ve bizim çalışmamız ile benzer şekilde polisakkarit ve yağ miktarının K değeri üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur.

Tablo 3.5 K değeri için kuadratik model parametreleri

Regressioncoefficients	**df**	**K**		
		Meansquare	**F-Value**	**p-Value**
Model	9	64.10	6.42	0.0114
Linear			**Significant**	
A	1	330.05	33.05	0.0007
B	1	28.56	2.86	0.1347
C	1	93.70	9.38	0.0182
Cross product				
AB	1	15.68	1.57	0.2504
AC	1	62.72	6.28	0.0406
BC	1	13.42	1.34	0.2844
Quadratic				
A^2	1	5.58	0.56	0.4792
B^2	1	16.19	1.62	0.2436
C^2	1	16.18	1.62	0.2438
Lack of fit	5	11.76	2.12	0.3513
			Not significant	
R^2		0.8919		
Adj-R^2		0.7529		

[1]A: RSG: Roka Tohum Gamı, B: EYP (Yumurta Sarısı Tozu), C: Yağ, K: kıvam katsayısı
[2]0.05'den küçük "p" değerleri model terimlerinin önemli olduğunu gösterir.



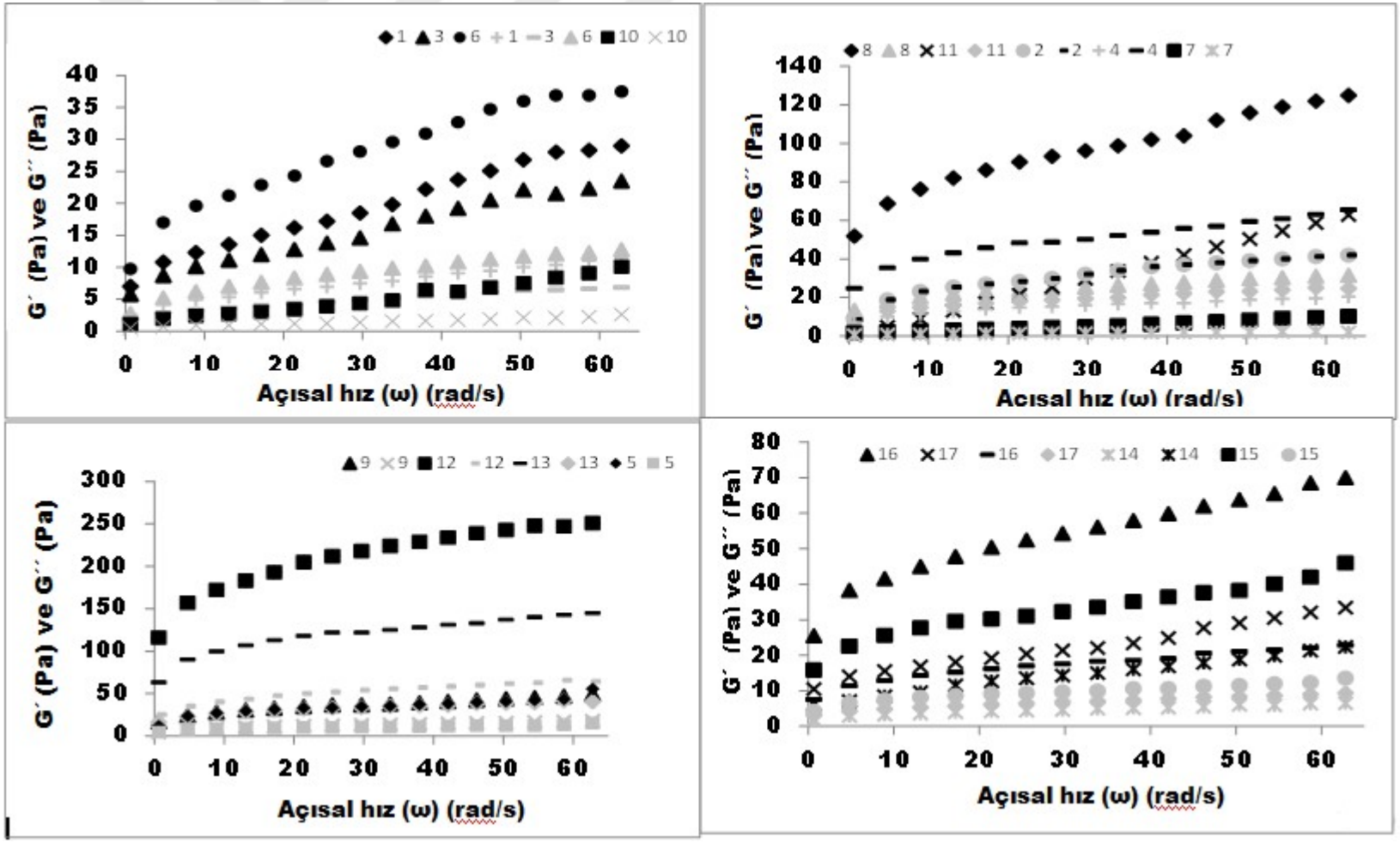
Şekil 3.2 RSG, EYP ve SO'nun salata sosu örneklerinin K değeri üzerindeki etkisi (Counterplot ve 3D grafikleri)

3.6 Salata Sosu Örneklerinin Viskoelastik Özellikleri

Şekil 3.3, salata sosu örneklerinin dinamik mekanik spektrumlarını göstermektedir. Görüldüğü gibi, tüm örnekler için artan frekans değeri ile G′ ve G′′ değerleri artmıştır. Ayrıca, % 2 RSG ve % 10 yağ ile formüle edilen 7 ve 10 örnekleri hariç tüm örneklerde G′ değeri, tüm frekans aralığı boyunca G′′ değerinden daha yüksektir. Örnek 7' de, G′ ve G′′ değerleri başlangıç frekans değerlerinde birbirine yakındır. G′ değerinin tüm frekans aralığı boyunca G′′ değerinden daha yüksek olması, salata sosu örneklerinin katı benzeri bir viskoelastik yapı sergilediğini göstermiştir. Bu yapı, salata sosu ve mayonez gibi yağ/su emülsiyonları için istenen reolojik karakterdir. Y/S emülsiyonu için katı benzeri yapı, yağ içeriği ile çok yakın bir ilişkiye sahiptir. Y/S emülsiyonundaki

yağ içeriğinin azalmasıyla, sürekli fazdaki yağ damlacıklarının kompakt paketlenmesi bozulur ve katı yapı, arzu edilen viskoelastik davranış olmayan sıvı bir yapıya dönüşür (Ma & Boye, 2013). Sonuç olarak, emülsiyonların fiziksel stabilitesi azalır ve faz ayrımı gözlenir. % 2 den daha fazla RSG içeren örnekler için G′, G′′'dan daha yüksektir ve arzu edilen jel benzeri yapı elde edilmiştir. Bu sonuçlar RSG'nin su ile etkileşimi ve sürekli fazın hareketliliğinin azaltılması ile açıklanabilir. Bu etkileşim, su fazında paketlenmiş yağ damlacık formunu sağlayabilir. Yağ azaltılmış emülsiyonlarda farklı polisakkaritler ve gamların kullanılmasıyla benzer sonuçlar elde edilmiştir (Diftis vd., 2005; Hedayati vd., 2020; Ma vd, 2016; Mantzouridou vd., 2013).

RSG, EYP ve yağın viskoelastik davranış üzerindeki etkisini sayısal olarak ifade etmek için Güç kanunu modeli kullanılmış ve K′, K′′ n′ ve n′′ değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.6). Görüldüğü üzere, tüm örneklerde K′ değeri K′′ değerinden daha yüksektir. K' katı benzeri davranışın büyüklüğünü temsil eder ve 0.38 ila 98.13 Pas^n arasında değişmektedir.% 30 yağ ve % 4 RSG içeren örnekler, kontrol örneğine (21.25 $Pa.s^n$) kıyasla çok yüksek bir K′değeri (98.13 Pas^n) göstermiştir. Ayrıca,% 10 yağ ve % 3-4 RSG içeren örneklerin K′ve K′′değerleri FFC salata sosu örneğinin K′ ve K′′ yakın bulunmuştur, bu konsantrasyonlar RSG'nin az yağlı salata sosu içinde istenen katı benzeri bir yapıyı sağladığını göstermektedir. % 10-20 yağ içeren% 2 RSG içeren örneklerin K′değeri, diğer örneklere kıyasla daha düşüktür. Bunun nedeni yağ içeriğinin düşmesi ile emülsiyonda sürekli faz oranının artması, sürekli fazın hareketliliğinin kontrol edilememesinden ve hareketliliğin kontrolü için gam konsantrasyonunun yeterli gelmemesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.3 Salata sosu örneklerinin viskoelastik özellikleri

[1]G´ : Depolama modülü G´´: Kayıp modülü

Tablo 3.6 Emülsiyon örneklerinin dinamik reolojik güç yasası parametreleri

Deneme	K´ (Pa.s^n)	n´	R^2	K´´ (Pa.s^n)	n´´	R^2
				$G'=K'\times(\omega)^{n'}$	$G''=K''\times(\omega)^{n''}$	
1	4.37	0.45	0.98	1.87	0.43	0.98
2	11.15	0.30	0.99	3.67	0.34	0.99
3	3.65	0.44	0.98	1.55	0.35	0.99
4	24.36	0.23	0.99	6.66	0.26	0.99
5	13.48	0.29	0.95	4.68	0.25	0.97
6	9.53	0.32	0.99	2.80	0.36	1.00
7	0.38	0.79	0.98	0.34	0.45	0.97
8	47.46	0.22	0.98	13.15	0.20	0.99
9	16.00	0.26	0.99	4.70	0.31	1.00
10	0.24	0.88	0.98	0.23	0.55	0.96
11	25.98	0.27	0.98	8.72	0.25	0.99
12	98.13	0.25	0.95	24.67	0.23	1.00
13	67.56	0.18	0.99	16.30	0.22	1.00
14	4.65	0.36	0.97	1.64	0.32	0.98
15	13.63	0.27	0.92	4.17	0.26	0.98
16	23.91	0.25	0.97	7.30	0.27	0.99
17	6.91	0.36	0.95	2.58	0.30	0.98
FFC	21.25	0.25	0.99	7.55	0.32	0.99

[1]G´(Pa): depolama modülü; G´´(Pa): kayıp modülü; K´, K´´: kıvam indeks değerleri, n´, n´´: akış davranış indeks değerleri, ω(s^{-1}): açısal hız değeri FFC: tam yağlı kontrol salata sosu örneği.

3.7 Formülasyon bileşenlerinin K´, K´´ üzerindeki etkisi

Salata sosu örneklerinin K´ ve K´´ değeri üzerindeki RSG, yağ ve EYP oranı arasındaki doğrusal ve etkileşimin etkisini istatistiksel olarak açıklamak için ikinci dereceden bir model olan kuadratik model kullanılmıştır. R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri K´ için sırasıyla 0,88 ve 0,72, K´´ için 0,89 ve 0,75 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.7). Yüksek R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri ikinci dereceden modelin başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. RSG ve yağ

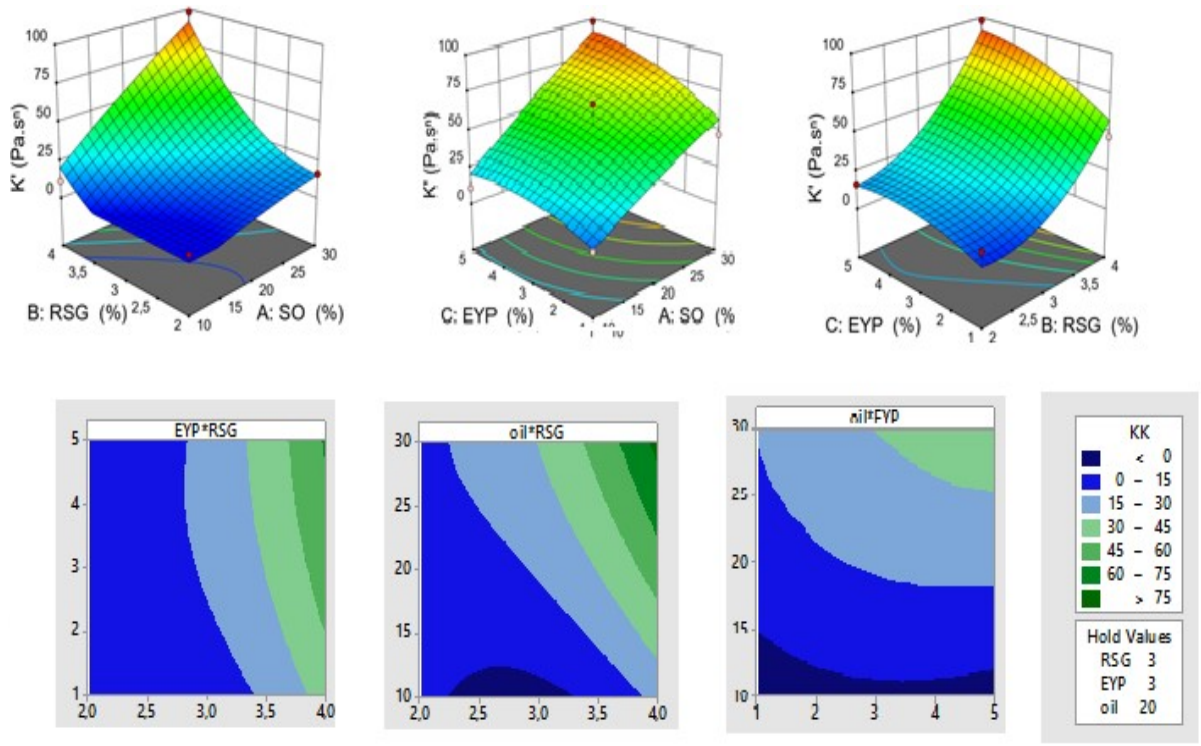
konsatrasyonlarının K′ ve K′′ üzerindeki lineer etkisi anlamlıdır (p <0.05). % RSG'nin doğrusal etkisi, K′ ve K′′ değerlerini etkileyen en önemli parametre olduğunu belirten en düşük p değerine sahiptir. Yağ ve RSG etkileşiminin K′ ve K′′ üzerindeki etkisi, sabit kesme davranışına benzer şekilde anlamlı bulunmuştur. Şekil 3.4'de görüldüğü gibi, %2'den yüksek RSG içeriği K 've K" değerlerinde önemli ölçüde artış sağlamıştır. Bu sonuçlar RSG'nin yağ yerine kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 3.7 K′ ve K′′ değerleri için kuadratik model parametreleri

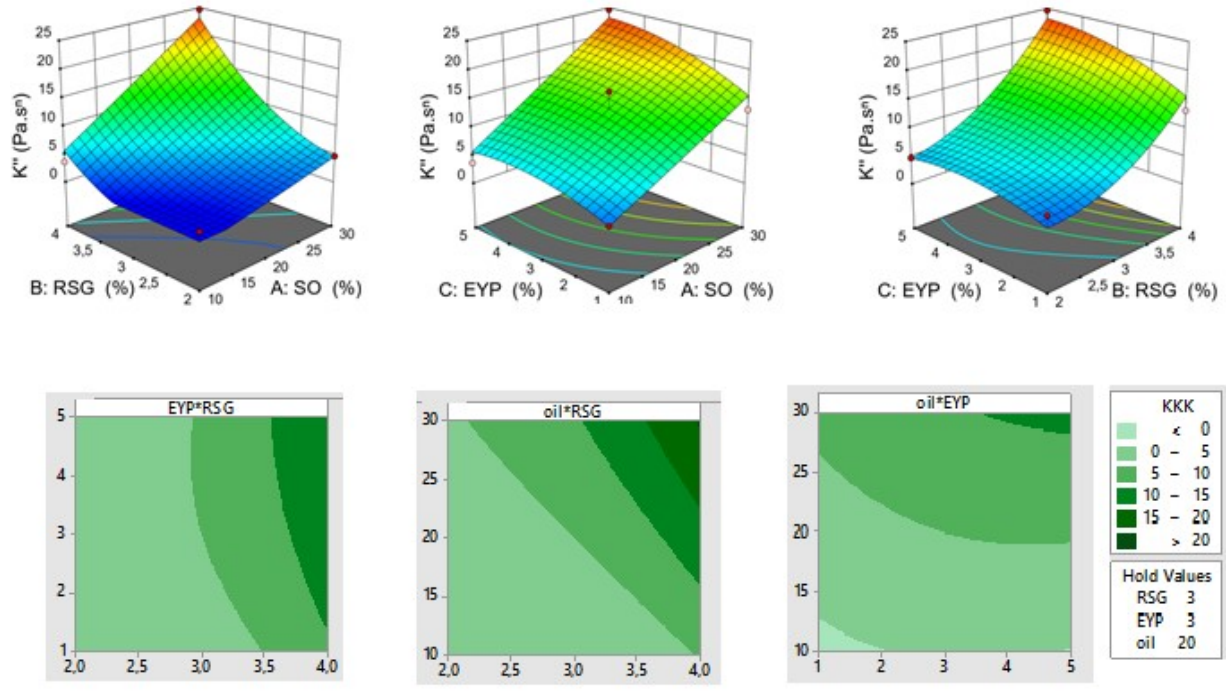
Regression coefficients	**df**	**K′**			**K′′**		
		Meansquare	**F-Value**	**p-Value**	**Meansquare**	**F-Value**	**p-Value**
Model	9	1087.14	5.73	0.0157	66.42	6.42	0.1114
Linear			**Significant**			**Significant**	
A	1	*3963.28*	20.87	0.0026	*240.10*	*23.22*	*0.0019*
B	1	*275.63*	1.45	0.2674	*14.96*	*1.45*	*0.2682*
C	1	*2952.55*	15.55	0.0056	*211.88*	*20.49*	*0.0027*
Cross product							
AB	1	*257.19*	1.35	0.2826	*15.02*	*1.45*	*0.2673*
AC	1	*1258.01*	6.63	0.0368	*71.04*	*6.87*	*0.0343*
BC	1	*278.01*	1.46	0.2655	*10.72*	*1.04*	*0.3425*
Quadratic							
A^2	1	*762.00*	4.01	0.0852	*29.28*	*2.83*	*0.1363*
B^2	1	*125.19*	0.66	0.4435	*7.20*	*0.70*	*0.4316*
C^2	1	*14.06*	0.074	0.7934	*0.039*	0.0379	*0.9526*
Lack of fit	5	213.73	1.64	0.4204	*10.95*	1.24	0.50
			Not significant			**Not significant**	
R^2		0.8804			0.8920		
Adj-R^2		0.7266			0.7531		

[1]A: RSG: Roket Tohum Gamı, B: EYP (Yumurta Sarısı Tozu), C: Yağ, G′(Pa): depolama modülü; G′′(Pa): kayıp modülü; K′, K′′: kıvam indeks değerleri

[2] p<0,05 model terimlerinin anlamlı olduğunu gösterir.



Şekil 3.4 RSG, yağ ve EYP'nin K′ değeri üzerindeki etkisi (Counter ve 3D grafikleri)



Şekil 3.5 RSG, yağ ve EYP'nin K′′ değeri üzerindeki etkisi (Counter plot ve 3D grafikleri)

3.8 Salata Soslarının Üç Zaman Aralıklı Test (3-ITT) Reolojik Özellikleri

Salata sosu emülsiyonları üretim prosesleri (çalkalama, homojenizasyon vb.,) ve tüketimi esnasında (çalkalama, sıkma vb.,) deformasyona maruz kalabilmektedir. Kalıcı deformasyonlar özellikle düşük yağlı salata sosların da karşılaşılan bir kalite kusurudur. Emülsiyonların deformasyon sonrası bekleme halinde viskoelastik özelliklerini geri kazanması beklenmektedir. 3-ITT, salata soslarının LVR'de ve LVR dışında deforme olmayan reolojik davranışını gösteren reolojik bir testtir. İstenen yapısal özelliklere sahip emülsiyonlar ani deformasyondan sonra tekrar yapısal geri kazanım sağlarken, zayıf yapıya sahip emülsiyonlar yapısal geri kazanım sağlamaz ve gıdadan ayrılmaz (Toker vd., 2015).

Örneklerin yapısal geri kazanımını test etmek için 3-ITT testi uygulanmıştır. Şekil 3.5, salata sosu örneklerinin tiksotropik reolojik davranışını göstermektedir. Görülebileceği gibi, tüm örnekler 2. zaman aralığında yüksek ve ani deformasyona maruz kalmaktadır ve G' değerleri azalmaktadır. Üçüncü zaman aralığında, tüm örneklerde yapısal bir geri kazanım olmuştur. Özellikle, yüksek yağ ve RSG içeriğine sahip örneklerin tiksotropik davranışları daha belirgin, yani daha hızlı geri kazanım göstermektedir. Bu görüntüyü sayısal olarak ifade etmek için, (%) Def ve (%) Rec değerleri hesaplanmıştır ve değerler sırasıyla 18.42 - 64.60 ve 45.61-102.50 arasında değişmektedir.% 3-4 RSG içeren örnekler düşük deformasyon ve FFC'ye benzer bir geri kazanım eğilimi göstermiştir. % 4 RSG ve % 30 yağ içeren örnekler % 100 yapısal geri kazanım göstermiştir (Tablo 3.8).

Tekin-Çakmak ve Karasu (2021) keten tohumu yan ürünlerinin ve Akçiçek ve Karasu (2013) çiya tohum yağı yan ürünlerinin güçlü deformasyon sonrasında salata soslarının tiksotropik davranışını iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Toker vd., (2015)yaptığı çalışmada ticari mayonez örneklerinin (Y/S emülsiyonu) tiksotropik davranış sergilediğini bildirmiştir.

RSG, yağ ve EYP'nin (%) Def ve (%) Rec üzerindeki etkisini istatistiksel olarak belirlemek için kuadratik model uygulanmış ve model parametreleri Tablo 3.9'da sunulmuştur. R^2 ve adj-R^2 değeri, kuadratik modelin model parametrelerinin Def (%) ve Rec (%) üzerindeki etkisini belirlemek için başarıyla kullanıldığını göstermiştir. Hem (%) Def hem de (%) Rec için modelin p değeri 0.05'ten

düşüktür, yani model anlamlıdır. Yağ veya RSG içeriğinin arttırılması emülsiyonların yüzde deformasyon değerlerini düşürmüştür ve gözlemlenen en düşük deformasyon değeri (% 18.42) % 30 yağ ve % 4 RSG içeriğine sahip olduğunda gözlenmiştir. Modelde, sadece yağ ve RSG içeriğinin doğrusal etkisinin anlamlı olduğu, etkileşimlerinin anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p = 0.059$). Diğer yanıtlardan farklı olarak (%) Rec için EYP ve yağ içeriğinin etkileşimi anlamlıdır ($p = 0.017$). Modeldeki diğer önemli terimler yağ (%), RSG (%) ve etkileşimleridir. Minimum deformasyonun gözlemlendiği formülasyon aynı zamanda elde edilen en yüksek geri kazanım değeri (% 102.5) olmuştur. % 70'den daha yüksek geri kazanım değerleri, yüksek bir yağ seviyesinde (% 30) ve en az % 3 RSG içeren örneklerde bulunmuştur. Gam içeriğini arttırılarak, daha düşük yağ içeriğinde benzer geri kazanım değerleri elde edilebilir.

EYP ve yağ etkileşimi değerlendirildiğinde, sadece dar bir bölgede EYP içeriği düşük (<% 2) ve yağ içeriği yüksek olduğunda daha yüksek geri kazanım değerleri elde edilmiştir. EYP içeriğinin arttırılmasının sonucunda daha yüksek seviyelerde geri kazanım sağlamasının nedeni EYP'nin lesitin içeriğinden kaynaklanan yüzey aktif özellikleri ile ilişkilidir.

Şekil 3.6 da Def (%)'nın ve Şekil 3.7'de Rec (%) 'nin 3D ve counterplot grafiğini göstermektedir. Yağ ve RSG arttığında (%) Def keskin bir şekilde azalmakta ve (%) Rec artmaktadır.

Tablo 3.8 Emülsiyon örneklerinin deformasyon ve geri kazanım yüzdesi

Deneme	**G'**	
	Def (%)	**Rec (%**
1	57.81	52.55
2	64.60	45.61
3	56.53	56.92
4	42.01	66.77
5	53.41	62.50
6	52.67	63.87
7	61.22	53.53
8	33.23	82.62
9	38.91	81.90
10	59.90	58.62
11	42.15	74.10
12	18.42	102.50
13	35.36	76.46
14	56.64	57.47
15	49.65	67.73
16	51.30	65.00
17	41.19	75.61
FFC	50.72	65.93

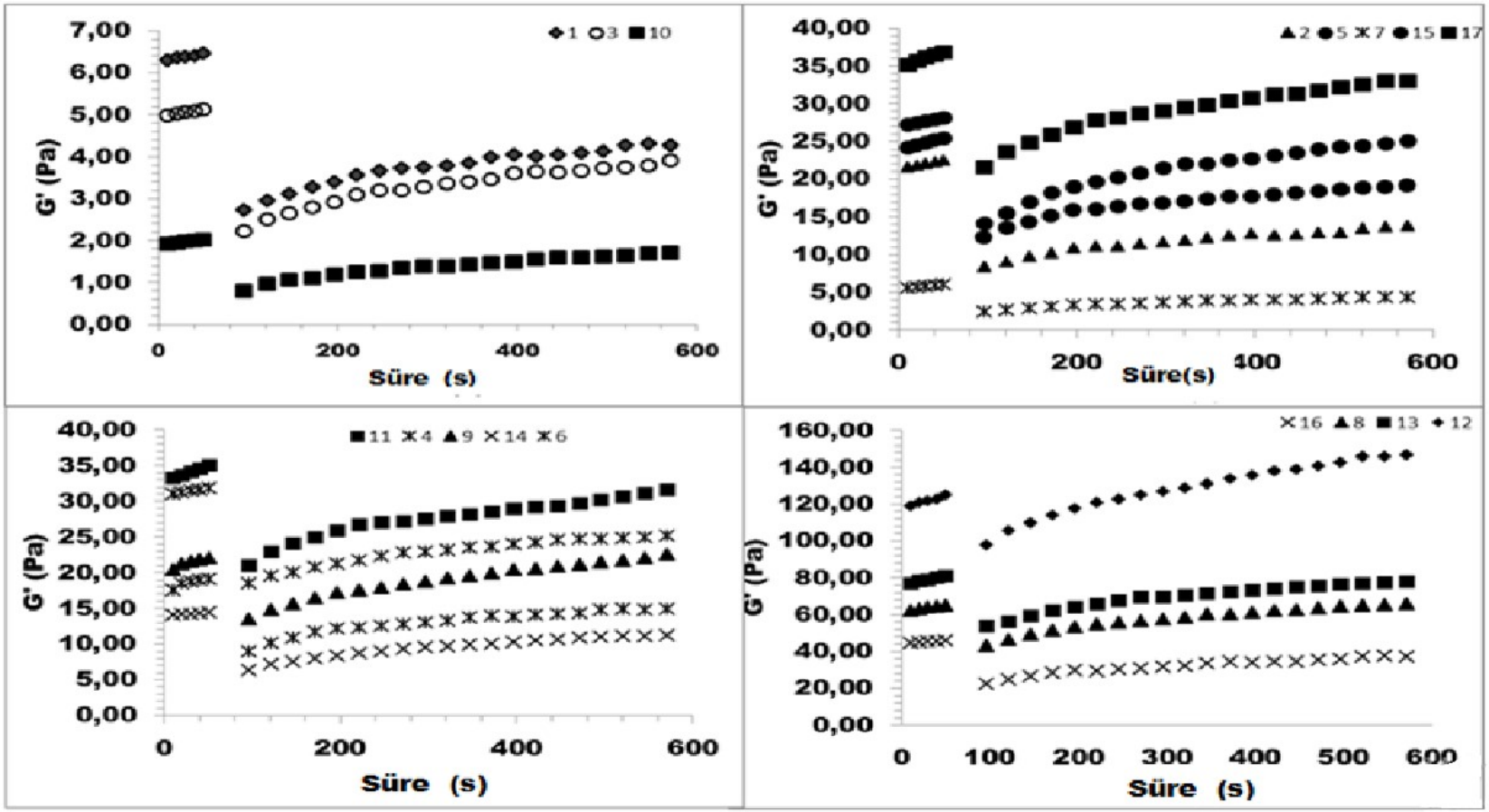
[1]Def (%): Deformasyon yüzdesi, Rec (%): Geri kazanım yüzdesi, FFC: Tam yağlı kontrol salata sosu

Tablo 3.9 Def (%) ve Rec (%) değerleri için kuadratik model parametreleri

Regression coefficients	df	Def (%)			Rec (%)		
		Meansquare	F-Value	p-Value	Meansquare	F-Value	p-Value
Model	9	228.51	5.41	0.0183	308.29	6.98	0.009
Linear							
A	1	432.96	432.96	0.0150	325.36	7.36	0.0301
B	1	84.68	84.68	0.1997	77.01	1.74	0.2284
C	1	1086.18	1086.18	0.0014	1467.25	33.20	0.0007
Cross product							
AB	1	27.68	27.68	0.4448	34.57	0.78	0.4058
AC	1	214.25	214.25	0.0590	280.02	6.34	0.0400
BC	1	180.31	180.31	0.0776	430.56	9.74	0.0168
Quadratic							
$\mathbf{A^2}$	1	0.055	0.055	0.9722	0.33	7.54×10^{-3}	0.9332
$\mathbf{B^2}$	1	24.33	24.33	0.4726	107.09	2.42	0.1635
$\mathbf{C^2}$	1	2.20	2.20	0.8259	0.071	1.59×10^{-3}	0.9692
Lack of fit		33.90	0.54	0.7511	37.85	0.63	0.7073
$\mathbf{R^2}$		0.8743			0.8997		
Adj-R^2		0.7128			0.7707		

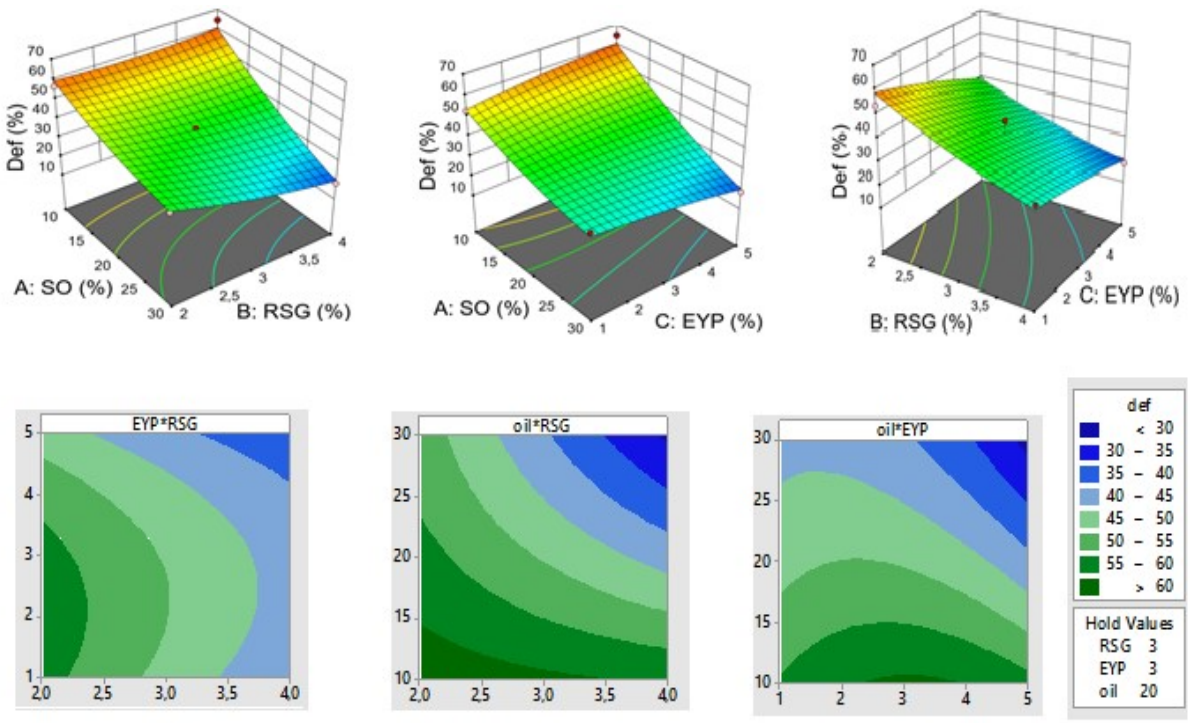
[1]A: Roka tohumu gamı, B: EYP (Yumurta sarısı tozu), C: Yağ, Def (%): Yüzde Deformasyon, Rec (%): Yüzde geri kazanım

[2]0.05'den küçük "p" değerleri model terimlerinin anlamlı olduğunu gösterir.

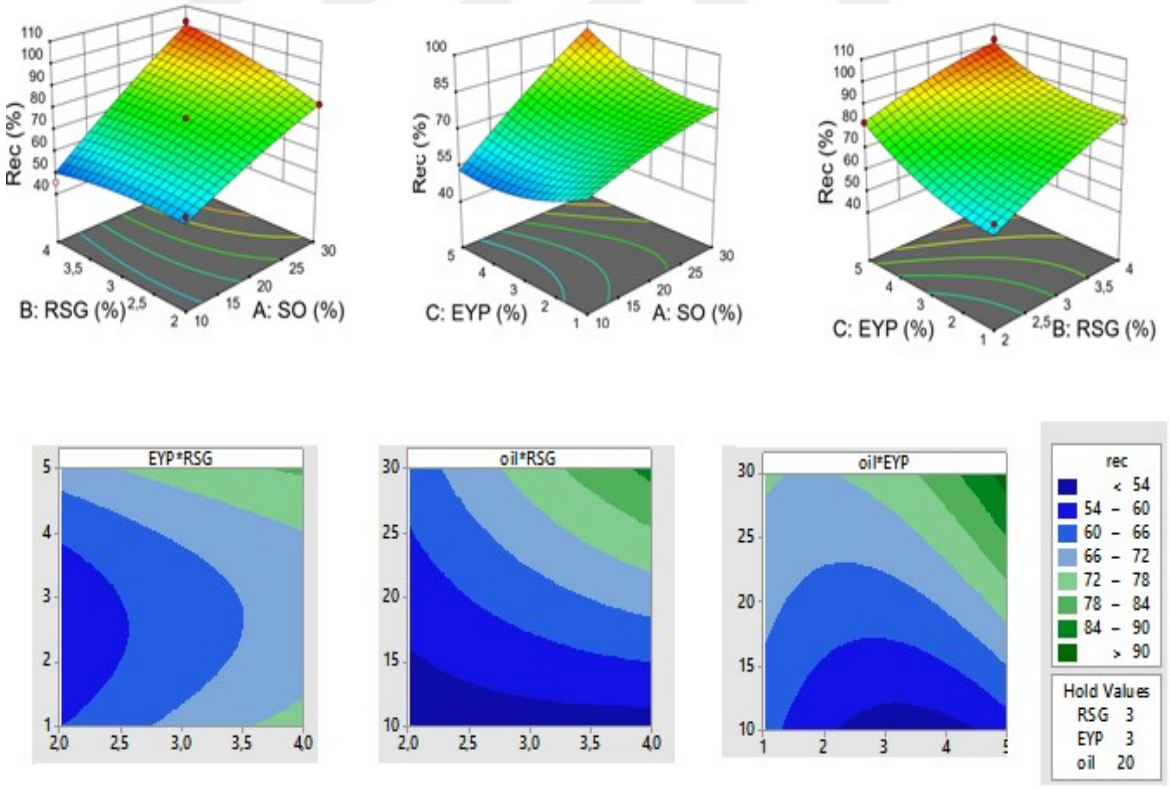


Şekil 3.6 Salata sosu örneklerinin üç zaman aralıklı test (3-ITT) reolojik özellikleri

(G′ depolama modülü)



Şekil 3.7 RSG, yağ ve EYP'nin % Def üzerindeki etkisi



Şekil 3.8 RSG, yağ ve EYP'nin % Rec üzerindeki etkisi

3.9 Az Yağlı Salata Sosları İçin RSG, EYP ve Yağ İçeriğinin Optimizasyonu

Optimizasyon, tam yağlı kontrol salata sosu örneğinin reolojik parametrelerine dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Arzu edilebilirlik değeri 1 olan ve minimum yağ içeren örnek, optimum formülasyon olarak seçilmiştir. Optimum formülasyonun öngörülen değeri % 3.73 RSG % 10 yağ ve % 1 EYP olmuştur. Bu formülasyona karşılık gelen K, K′, K′′, (%) Def ve (%) Rec değerleri sırasıyla 6.05 $Pa.s^n$, 6.55 $Pa.s^n$, 1.92 $Pa.s^n$, % 54.4 ve % 61.09 olmuştur. Bu noktalarda üretilen örneğin deneysel değerleri 6.25 $Pa.s^n$, 7.05 $Pa.s^n$, 1,85 $Pa.s^n$, % 52.55, % 64.05 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi, optimum örneğin öngörülen ve gerçek analiz sonuçları birbirine yakındır, bu da optimizasyon prosedürlerinin başarıyla doğrulanabileceğini göstermektedir.

FDA tarafından hazırlanmış Gıda Sosları ve Tatlandırıcılar İçin Tanımlamalar ve Standartlar Yönetmeliği'ne (21CFR169, 1994 'te yayınlanmıştır) göre salata soslarının az yağlı olarak etiketlenebilmesi için yağ miktarı porsiyon başına (30 g sos için) 3 gram ve altında yağ içermesi gerekmektedir (Moustafa, 1995). Bu yönetmeliğe göre, optimum konsantrasyonda hazırlanan salata sosu örneği 'az yağlı salata sosu' olarak tanımlanabilmektir.

3.10 Optimum ve Kontrol Salata Sosu Örneklerinin Sabit Kesme, Viskoelastik ve 3-ITT Reolojik Özellikleri

Optimum ve kontrol salata sosu örneklerinin sabit kesme reolojik özellikleri Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Kesmeyle incelen akış davranışı Y/S emülsiyonlarında istenen bir akış davranış özelliğidir (Diftis vd., 2005). Optimum ve kontrol salata sosu örnekleri kesme hızına karşı kesme geriliminde azalan bir artış göstermişlerdir. Şekil 3.9' da görüldüğü üzere üç salata sosu örneği de pseudoplastik karaktere sahiptir. Pseudoplastik karakter kompleks polisakkaritler, proteinler ve su arasındaki moleküller arası etkileşim parçalanarak kesme hızı arttıkça viskozitenin düşmesi olarak da ifade edilebilir (Quemada ve Berli, 2002). Üç örnek de pseudoplastik karakter gösterse de LFC'nin viskozitesi FFC'den ve OS'den daha düşük olduğu bulgulanmıştır. Emülsiyon örneklerin yağ içeriği, viskozite ve tutarlılık katsayısı ile ilgili akış özelliklerini etkilese de, OS'nin FFC

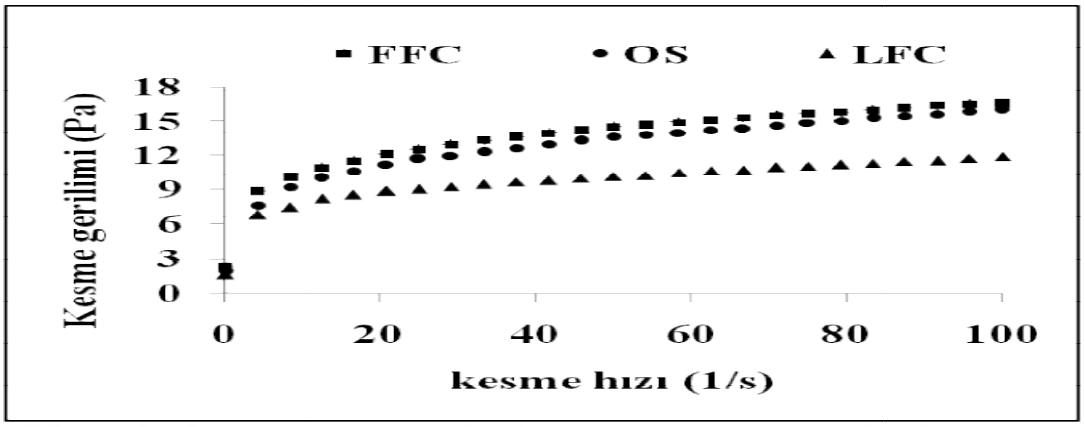
ile benzer sabit kesme reolojik özellikler sergilemiştir. Bu durumun RSG polisakkaritlerinin güçlü su bağlama kabiliyetinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Optimum ve kontrol salata sosu örneklerinin dinamik reolojik özellikleri Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Üç örnek için de G′ değeri G′′ değerinden daha yüksek bulunmuş ve açısal hız arttıkça G′ ve′G′′ değerleri artmıştır. Bu sonuçlar örneklerin salata sosu emülsiyonlarında istenen viskoelastik katı benzeri özelliği sahip olduğunu göstermektedir. OS ve FFC' nin G′ ve G′′ değerleri birbirine oldukça yakın olması benzer viskoelastik özellikler gösterdiğine işaret etmektedir. LFC'nin G′ ve G′′ değerleri OS ve FFC'den daha düşük olarak bulgulanmıştır. LFC emülsiyonu içerisinde yağın azalması ile sürekli fazın oranının ve hareketinin artması viskoz yapının azalmasına ve dolayısıyla G′ ve G′′ değerlerinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ancak OS'de düşük yağ içeriğine (%10) rağmen RSG'nin yüksek su tutma özelliğine sahip polisakkarit yapısı daha viskoz ve kararlı bir yapı oluşturmakta ve FFC ile benzer viskoelastik sonuçlar sağlamaktadır. Polisakkaritler, kolloidal, viskoz ve jelleşme özellikleri nedeniyle önemlidir. Ayrıca, FFC ile OS'nin G' yani depolama modülündeki benzerlik protein-polisakkarit yapıları arasında oluşan bağlardan da kaynaklanabilir. Hem RSG bileşiminden hem de yumurta sarısı tozu bileşiminden gelen emülgatör karakterli proteinler yağ-su arayüzünden fiziksel ve kimyasal reaksiyonlara katılarak emilsiyon stabilitesinde iyileşme sağlamaktadır.

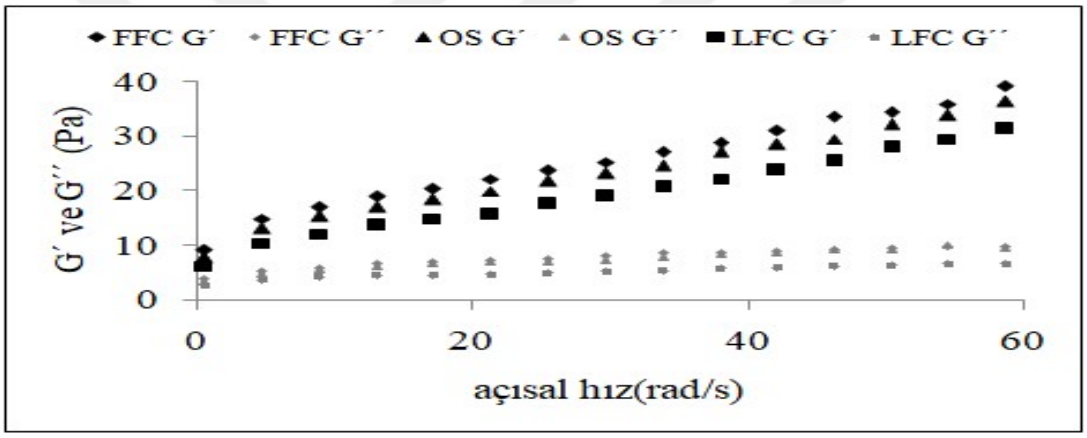
OS, LFC ve FFC'nin tiksotropik davranışı Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Üçüncü zaman aralığında örneklerin hepsi tiksotropik davranış göstermiştir. İkinci zaman aralığında şiddetli kesme kuvvetinden sonra, örnekler deformasyona uğramış, viskoelastik karakterlerini kaybetmiş ve üçüncü zaman aralığında viskoelastik karakterlerini yeniden geri kazanmışlardır. OS ve FFC daha iyi bir geri kazanım gösterirken LFC daha zayıf bir geri kazanım göstermiştir (Şekil 3.11).

Salata sosundaki yağ içeriği reolojik özellikleri önemli ölçüde etkilemektedir. Salata sosu emülsiyonunda yağ içeriği düştükçe deformasyon sonrası viskoelastik karakterin yeniden kazanılması zorlaşır. Yağ içeriği azaldıkça uygun yağ ikame maddeleri kullanılarak geri kazanım özelliğinin iyileştirilmesi mümkündür. Bu çalışmada, OS'nin %Rec değerinin (%64.05) FFC'nin %Rec değeri ((%65.93) ile benzer, LFC'nin %Rec değerinden (%51.82) yüksek olduğu bulgulanmıştır.

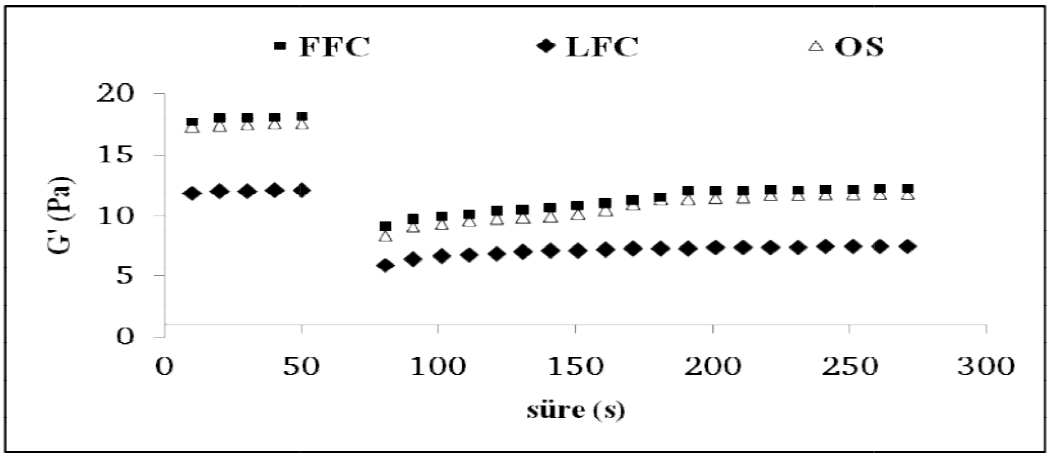
Yağ içeriği daha düşük olmasına rağmen FFC ile benzer geri kazanabilirlik ve deformasyon göstermesi RSG'nin yağ yerine geçebilecek hidrokolloid ağlar oluşturarak moleküller arası bağların arttırması ile açıklanabilir.



Şekil 3.9 OS, FFC ve LFC 'nin sabit kesme reolojik özellikleri



Şekil 3.10 OS, FFC ve LFC 'nin dinamik reolojik özellikleri



Şekil 3.11 OS, FFC ve LFC 'nin tiksotropik özellikleri

3.11 PDI, Zeta Potansiyeli ve Emülsiyon Stabilite İndeksi

Emülsiyon içinde moleküler arası itme ve çekme kuvvetine bağlı oluşan dağılmış yük yoğunluğunu ifade eden zeta potansiyeli salata soslarının stabiliteleri hakkında fikir vermektedir. Emülsiyonu oluşturan formülasyon bileşenleri zeta potansiyelini etkilemektedir. Depolama sırasında damlacıklar arasında topaklanma olmaması ve daha yüksek emülsiyon kararlılığı için elektrostatik itmeye neden olduğundan, ζ-potansiyel değerinin mutlak büyüklüğünün yüksek olması istenir. Emülsiyonun düşük bir zeta potansiyel değerine sahip olması durumunda, agregasyon ve flokülasyon gibi salata sosu emülsiyon yapısında istenmeyen durumlar görülebilir (Isidro vd., 2019; Dickinson, 2009). Polisakkaritler, karboksil iyonizasyonunun bir sonucu olarak genellikle negatif bir yük değerine sahiptir (Xie vd., 2018)

OS, LFC ve FFC'nin zeta potansiyel değerleri sırasıyla -24.75±1.34 mV, -20.60±1,23 mV ve -27.50±2.03 mV olarak bulunmuştur (Tablo 3.10). OS'nin zeta potansiyeli mutlak değerinin FFC'ye yakın olması RSG'nin yağ-su arayüzüne adsorbe olmasından kaynaklanmaktadır. RSG mobil fazın hareketliliğini azaltır ve sıkı bir yapı sağlar ve yağ damlacıklarının etkileşimi azalır. RSG ve EYP yağ damlacıklarının yüzeyini kaplayarak yağ damlacıkları arasındaki itme kuvvetini arttırmaktadır (Ye vd., 2019) ve böylece flokülasyon oluşumu engellenmektedir. EYP ve RSG'nin ara yüzeydeki etkileşimi ortamın yük dengesi yani zeta potansiyeli ile ilişkilidir Yağ damlacıklarının etrafına sarınmış RSG'nin ve EYP'nin negatif yüke sahip olması ve aralarında oluşturdukları hidrojen ve hidrofobik bağlar, elektrostatik bir etkileşime neden olmakta ve sonuç olarak stabil yapının oluşmasını sağlamaktadır (McClements, 2004). Emülsiyondaki lipit damlacıklarını çevreleyen emülgatör moleküllerinin yüzey yük yoğunluğunu güçlü bir şekilde etkilediği bildirilmiştir (Yao vd., 2021; Lopez Castejon vd., 2019). OS'nin FFC'den hem yağ (%30) hem de EYP içeriğinin(%3) daha düşük olmasına rağmen zeta potansiyeli değerinin yakın olması RSG'nin iyi bir stabilizatör etkisinin bulunduğunu ve RSG'nin ara yüzey yük yoğunluğunu arttırdığını göstermektedir. Soleimanpur vd., (2013) yaptığı çalışmada, Y/S emülsiyonunda *L. perfoliatum* tohum gamı konsantrasyonunun artmasıyla yüzey ve arayüz yük yoğunluğunu arttığını bildirmiştir. Başka bir çalışmada yağ moleküllerinin stabilizasyonu için peynir altı suyu, modifiye

nişasta ve jelatin kullanılan Y/S emülsiyonlarının zeta potasiyeli -30 mV ile -45 mV aralığında bildirilmiştir (Paulo vd., 2020).

Emülsiyonların partikül boyutu kademeli olarak arttıkça, kremleşme, flokülasyon, birleşme ve Ostwald olgunlaşması gibi emülsiyon kararsızlıkları meydana gelir. Bu nedenle, emülsiyon stabilitesini değerlendirmek için emülsiyonun partikül boyutu önemli bir göstergedir. Emülsiyonun damlacık boyutu, emülsifikasyon işlemi, emülgatörün türü ve hidrokolloidlerin etkileşimi tarafından belirlenmektedir (Lee vd., 2022; Xu vd., 2020).

OS, LFC ve FFC'nin ortalama partikül boyutu çapı sırasıyla 350±3.11 nm, 614±8,57 nm ve 523±4.25 nm olarak bulunmuştur (Tablo 3.10). Araştırmacılar, polisakkarit konsantrasyonu arttıkça yağ partikül çapının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir (Moschakis, 2005; Ahmad vd., 2019). Liu vd., (2018) keten tohumu gamının ve NaCl konsantrasyonlarının Y/S emülsiyonlarının stabilitesi üzerindeki etkisi üzerine yaptığı çalışmada keten tohumu gam konsantrasyonunda %0.1'den %0.5'e artarken ortalama partikül çapının 91.73 nm'den 64.05 nm'ye düştüğünü bildirmiştir.

RSG salata sosu emülsiyonunu kalınlaştırması nedeniyle damlacıkların çarpışmasında azalma sağlamakta ve damlacık boyutunu düşürmektedir. Damlacık boyutu kullanılan hidrokolloidin farklı viskozite sağlamasının yanı sıra hidrokollodin emülsifiye edici özelliklerinden de etkilenmektedir. RSG'nin eklenmesi yağ damlacıklarının etrafını sarmak için emülsifikasyon özelliği yüksek daha fazla protein bulunmasına neden olabilir ve böylece damlacıkların toplanmasının önlenebileceği ve daha küçük damlacık boyutunun sağlanabileceği düşünülmektedir.

Çoklu dağılım indeksi (PDI), parçacıkların boyut dağılımının tek düze olmama derecesini tanımlamak için kullanılır. OS, LFC ve FFC salata sosu örneklerinin PDI değerleri sırasıyla 0.150±0.01, 0.180±0.02 ve 0.200±0.006 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.10). 0,05'ten küçük PDI değerleri tek dağılımlı olarak kabul edilmekte ve 0,7'den büyük PDI değerleri çok geniş parçacık boyutu dağılımına sahip sistemlerin karakteristiğidir (Danaei vd., 2018). Salata sosu örneklerinin bu sınıflandırmaya göre ortalama parçacık boyutu dağılımına sahip olduğunu söyleyebiliriz. Crispin-Isidro vd. (2019) gamın saflık derecesinin de

parçacık boyutu dağılımını etkilediğini ve farklı saflık derecesindeki demirhindi tohum gamı ile stabilize edilen Y/S emülsiyonunun PDI değerlerinin 0,34(yüksek saflık)- 0,67 (düşük saflık) aralığında olduğu bildirmiştir.

Emülsiyon stabilitesini belirlemek için, OS, LFC ve FFC'nin faz ayrılması gözlemlenmek üzere oda sıcaklığında 28 gün saklanmıştır. Salata sosu örneklerinin hiçbirinde faz ayrımı gözlenmemiştir.

OS'nin zeta potansiyeli değerinin FFC'ye yakın olarak belirlenmesi ve partikül boyutu ve PDI değerlerinin ise daha düşük bulunması emülsiyon stabilitesi üzerinde olumlu etki sağlamaktadır.

Tablo 3.10 Salata sosu örneklerinin zeta potansiyeli, partikül boyutu ve PDI değerleri

Örnekler	ζ potansiyeli (mV)	Partikül boyutu (nm)	PDI	Emülsiyon Stabilitesi
OS	-24.75±1.34[a]	350±3.11[c]	0.150±0.01[b]	Faz ayrımı yok
FFC	-27.50±2.03[a]	523±4.25[b]	0.200±0.06[a]	Faz ayrımı yok
LFC	-20.60±1,23[b]	514±8,57[a]	0.180±0.02[a]	Faz ayrımı yok

[1]OS:Optimum salata sosu örneği FFC: Tam yağlı kontrol salata sosu örneği, LFC: Az yağlı kontrol salata sosu örneği, ζ: zeta potansiyeli, PDI: çoklu dağılım indeksi

[2]Aynı sütundaki farklı küçük harfler salata sosu örnekleri arasındaki anlamlı farklılığı gösterir ($p<0.05$)

3.12 Salata Sosu Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri

Salata sosu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri Tablo 3.11'de verilmiştir. OS ve LFC'nin kuru madde miktarları yağ içeriklerinin %10 olmasından dolayı daha düşük bulunurken (≈%11-12) FFC %30 yağ içerdiğinden kuru madde miktarı (≈%24,5) daha yüksek bulunmuştur. Protein içeriklerini kıyaslarsak OS %1 EYP içermesine rağmen protein içeriği %3 EYP içeren FFC ve LFC'den daha yüksek

bulunmuştur. Bunun nedeni içeriğindeki RSG'nin protein miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Kül yüzdelerine bakıldığında ise en yüksek kül içeriği OS' de görülmektedir. Kül miktarının yüksek olması OS mineral ve tuz içeriğinin LFC ve FFC'den daha yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Salata sosu örneklerinin renk değerleri Hunter renk cihazı ile gerçekleştirilmiştir ve L^*, a^*, b^* değerleri olarak belirlenmiştir. L^* (0 - 100) değeri matlık parlaklığı, a^* değeri (-60 - +60) yeşillik ve kırmızılığı, b^* değeri (-60 - +60) mavilik sarılığı ifade etmektedir (Kumar vd., 2021). OS, FFC ve LFC'nin L^*, a^*, b^*değerleri Tablo 3.11'de verilmiştir. OS'nin L^* değeri ve b^* değeri LFC veFFC'den daha düşük a^* değeri ise daha yüksek bulunmuştur OS'nin ve LFC'nin L^* değerinin FFC'den daha düşük olmasının nedeni yağ miktarlarının daha az olmasından ve bu nedenle parlaklığın azalmasından kaynaklanmaktadır. OS'nin yeşillik ve sarılık değerinin daha düşük bulunma nedeninin RSG'nin doğal renk ve fenolik pigment değerleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda gamların sosların rengi ve görünümü üzerinde gözle görülür etkilere sahip olduğu ve yeni az yağlı salata soslarının renk sonuçlarının her zaman kontrol örneğinden farklı elde edildiği bildirildi (Liu vd., 2018; Laaman, 2010).

Tüketici kararını etkileyen en önemli faktörlerden biri gıdanın rengidir. Beyazlık indeksi, tüketici tercihini ve ürün kabul edilebilirliğini etkileyen önemli bir faktör olmakla birlikte yeni ve az yağlı salata sosu örnekleri farklı renklerde tüketiciler tarafından tercih edildiği belirtilmiştir (Lu, vd., 2021; Kumar vd., 2021; Sukkwai vd., 2017; Klaochanpong vd., 2017). Çeşitli katkı maddelerinin eklenmesiyle gıdaların renk özellikleri değiştirilebilir, bu açıdan RSG farklı renklerde üretilen sosların üretiminde kullanılabilir.

Tablo 3.11 Salata sosu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri

Salata Sosu Örneği	Kuru Madde (%)	Protein (%)	Kül (%)	Renk		
				L*	a*	b*
OS	12.96±0.15[b]	2.83±0,05[a]	0.39±0.02[a]	72.22 ±0.76[a]	-0.96 ±0.15[a]	18.68 ±0.60[b]
FFC	24.47±0.02[a]	2.12±0,08[b]	0.17±0.00[b]	77.84 ±0.43[b]	-2.61 ±0.17[c]	23.57 ±0.55[a]
LFC	11,68±0.03[c]	2.07±0,07[b]	0.12±0.02[b]	73.98 ±1.01[a]	-1.50 ±0.14[b]	22.56 ±0.59[a]

[1]OS:Optimum salata sosu örneği FFC: Tam yağlı kontrol salata sosu örneği, LFC: Az yağlı kontrol salata sosu örneği,

[2]Aynı sütundaki farklı küçük harfler salata sosu örnekleri arasındaki anlamlı farklılığı gösterir ($p<0.05$)

3.13 Emülsiyon Stabilitesinin Termal Döngü Analizi ile Belirlenmesi

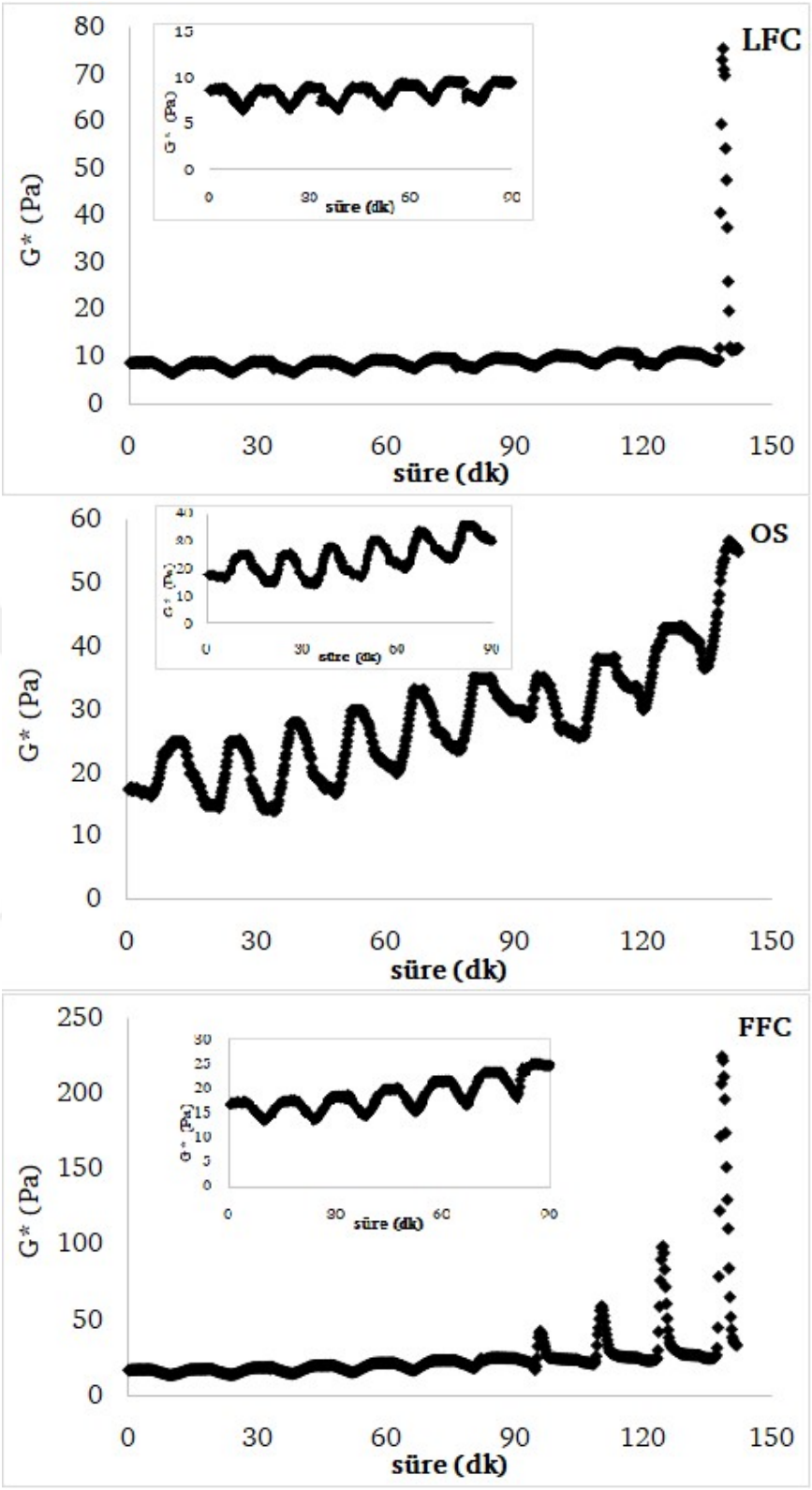
Salata soslarının en önemli kalite özelliklerinden biri emülsiyon stabilitesidir. Düşük emülsiyon stabilitesine sahip salata soslarında depolama esnasında faz ayrışması görülebilmektedir. Salata sosu formülasyonu bileşenleri (stabilizatör, emülgatör vb.,) ve proses koşulları emülsiyon stabilitesini etkileyen en önemli parametrelerdir (Tekin vd., 2020).

Termal döngü testi ile salata sosu emülsiyonunun üretim, depolama, nakliye aşamalarındaki sıcaklık dalgalanmaları simüle edilmiştir. Uygulanan termal stres nedeniyle morfolojik ve yapısal değişiklikler, döngüler arasındaki G*'daki değişim ile belirlenmiştir. Toplam 10 farklı döngü uygulanmış ve her biri için G*'deki değişim incelenmiştir. Şekil 3.12'de OS, FFC ve LFC'nin yüksek sıcaklık (23–45 °C) döngü testinde G* değerlerindeki değişiklikleri göstermektedir. G*'deki yüksek değişiklikler, termal kaynaklı döngüler sırasında emülsiyon kararsızlığını ifade etmektedir.

OS'nin G* değerinde 10 ısıtma döngüsü boyunca küçük artışlar gözlenmiştir. FFC' salata sosu örneğinin 90. dk'dan sonra ve LFC salata sosu örneğinin ise 140. dk'dan sonra G* değerinde ciddi artışlar elde edilmiştir. 23 °C ile 45 °C arasında G*'deki güçlü artış, XG'nin çözünürlüğündeki bir değişiklik, sulu faz viskozitesindeki bir değişiklik ve dağılmış faz viskozitesindeki bir değişiklik gibi farklı yönlerle açıklanabilir (Tekin vd., 2020). Sonuç olarak, bazı kararsız mekanizmalar oluşmuştur. Örneğin Chen ve Dickinson (1998), termal kaynaklı damlacık birleşmesi ve topaklaşması nedeniyle Y/S emülsiyonlarında artan reolojik parametreler gözlemlediklerini bildirmişlerdir.

OS'nin G* değerindeki sınırlı artışlar, 23 °C ile 45°C arasında uygulanan termal strese dayanıklı olduğunu, önemli ölçüde yapısal değişiklik göstermediğini ve yüksek emülsiyon stabilitesine sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 3.12). Zeta potansiyeli, parçacık boyutu dağılımı ölçümleri ve faz ayrımının gözlenmemesi termal stabilite test sonuçlarını doğrulamaktadır.

Tekin vd.,'nin (2020) reoloji temelli termal döngü testi ile emülsiyon stabilitesini belirlediği çalışmada farklı XG konsantrasyonları içeren (%0.1-%0.5) Y/S emülsiyonlarına yüksek sıcaklık termal döngü testi uygulanmış ve G* değişimleri %0.3, %0.4 ve %0.5 XG içeren emülsiyonlar için sırasıyla %7.7 %0.58 ve %7.22 olarak bulgulanmıştır. %0.1 ve %0.2 XG içeren emülsiyonlar için ise 4. döngüden sonra G* değişimleri sırasıyla %200 ve %100 arttığı bildirilmiştir. G* değerinde çok az değişiklik görülen %0.4 XG içeren Y/S emülsiyonunun, yüksek emülsiyon stabilite göstermesi, XG'ın optimal değerde olması ile açıklanmıştır. Bu çalışmada da görüldüğü üzere Y/S emülsiyon formülasyonlarında kullanılan gam konsatrasyonları termal emülsiyon stabilitesini önemli ölçüde etkilemektedir.



Şekil 3.12 Termal döngü uygulandıktan sonra G* değerindeki değişim

[1]OS:Optimum salata sosu örneği FFC: Tam yağlı kontrol salata sosu örneği, LFC: Az yağlı kontrol salata sosu örneği, G* (Pa): kompleks modül katsayısı

3.14 Oksidatif Stabilite Testi

Oksidasyon salata sosu emülsiyonlarında depolama esnasında ürün kalitesini etkileyen önemli parametrelerdendir. OS, LFC ve FFC'nin oksidasyona karşı dayanıklılıkları ransimat ve peroksit sayısı değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

OS, LFC ve FFC'nin ransimat değerleri Oxitest cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin oksidatif stabiliteleri IP (indüklenme periyotları) sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Tablo 3.12'de yer alan verilere göre 90°C-110°C arasında sıcaklık arttıkça beklenildiği üzere indüksiyon periyodunun tüm salata sosu örnekleri için azaldığı görülmektedir. Ayrıca tüm sıcaklık değerlerinde OS'nin (%3,73 RSG, %10 yağ, %1 EYP) IP(h) değeri hem FFC'den (%0.4 ksantan gam, %30 yağ ve %5 EYP) hem de LFC'den (%0.4 ksantan gam, %10 yağ ve %5 EYP) daha yüksek bulunmuştur. Örneğin referans sıcaklık 90°C' de yapılan oksitest analiz sonucuna göre FFC'nin IP (h) değeri 5:22, LFC'nin IP (h) değeri 02:46 OS'nin IP(h) değeri 9:38 olarak bulgulanmıştır (Tablo 3.12). Bu değerler OS'nin oksidatif stabilitesinin hem LFC'den hem de FFC'den çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. OS'nin yağ oranı FFC'nin üçte biri kadar olmasına rağmen IP değerinin daha yüksek bulunmasının nedeni hem RSG'nin sürekli fazda jel oluşturarak iyi bir yağ paketlemesi sağlamasından hem de oksidatif stabiliteyi arttıran RSG ekstraksiyonu sırasında fenolik bileşikler gibi antioksidan özellikli bileşenlerin yağ-su ara yüzüne geçmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Çakmak vd.,'nin (2021) düşük yağlı salata sosunda soğuk sıkım kabak çekirdeği yağı yan ürünlerinin potansiyel kullanımı üzerine yaptığı çalışmada oksidatif stabilite özellikleri değerlendirilmiş ve yapılan değerlendirmede kontrol salata sosu örneklerinden tam yağlı örnek düşük yağlı örneğe göre daha yüksek bir IP değeri göstermiş ve nedeni yağ oranındaki azalma olarak belirtilmiştir. Ayrıca soğuk sıkım kabak çekirdeği yağı yan ürünleri ilaveli az yağlı salata sosunun IP değeri hem tam yağlı ve hem de az yağlı kontrol örneğinden daha yüksek olarak bulgulanmıştır. Ayrıca soğuk sıkım kabak çekirdeği yağı yan üründen gelen antioksidanların serbest radikal yakalama aktivitesi yağ su ara yüzünde oksidatif stabiliteyi iyileştirdiği bildirilmiştir.

OS, LFC ve FFC'nin toplam fenolik madde, flavanoid miktarları ve antioksidan kapasite sonuçları da OS'nin RSG'den gelen antioksidan özellikli bileşenler içerdiğini doğrulamaktadır (Tablo 3.12).

Aksoy vd.,'nin 2022' de mikrokapsüllenmiş fenolik özler ile zenginleştirilmiş salata sosunun oksidatif stabilitesi üzerine yaptığı çalışmada 90°C'da soğuk sıkım üzüm çekirdeği yan ürününden elde edilen salata sosunun IP değeri 13.43 saat, soğuk sıkım nar çekirdeği yağı yan ürünlerinden elde edilen salata sosunun IP değeri ise 12.37 saat olarak belirtilmiştir. Salata sosu örneklerinin kontrol örneğinden yüksek IP değerine sahip olması yan ürün kaynaklı fenolik bileşenlerin diğer antioksidan moleküllerle etkileşimi sonucu yüksek antioksidan aktivite göstermesinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Avcı vd.'nin (2022) RSG kullanılarak dondurularak kurutulmuş keten tohumu yağı tozlarının üretimi üzerine yaptığı çalışmada RSG ile hazırlanan keten tohumu yağı tozlarının, keten tohumu yağından ve gam arabik ile hazırlanan tozdan sırasıyla 3,12 ila 5,73 kat daha yüksek oksidatif stabilite gösterdiği bulgulanmıştır.

Salata soslarının 0. gün ve 7. günde peroksit sayılarındaki değişim incelenmiş ve tüm örneklerin peroksit değeri Tablo 3.12'de görüldüğü üzere artış göstermiştir. Peroksit sayısı OS'de ≈2.5, FFC'de ≈12, LFC'de ≈15 meq. O_2/kg yağ değeri kadar artış göstermiştir. Salata sosu örneklerinin peroksit değerleri arasında OS'de görülen minimum artış RSG'nin oksidatif stabiliteyi iyileştirici etkisini göstermektedir. Ayrıca peroksit sonuçları ransimat değeri sonuçları ile de uyum içerisindedir.

Tablo 3.12 Salata sosu örneklerinin ransimat değerleri, biyoaktif bileşen miktarları ve peroksit sayısı değerleri

Örnek	Sıcaklık (°C)	IP(sa)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/kg)	Toplam Flavonoid Madde (mg kateşin/kg)	Antioksidan Aktivitesi (%DPPH)	Peroksit sayısı değerleri (meq. O_2/kg yağ)	
						0. gün	7. gün
	90 ºC	05:22[b]					
	100 ºC	02:35[b]					
FFC	110ºC	01:02[b]	3.77±0.77[b]	28.22±5.23[b]	29.49±0.36[b]	0,71±0.01[a]	12.89±0.53[a]
	90 ºC	09:38[a]					
	100 ºC	03:38[a]					
OS	110ºC	02:11[a]	65.05±3.87[a]	80.17±1.23[a]	45.98±0.24[a]	0.43±0.02[b]	2.99±0.23[c]
	90 ºC	02:46[c]					
	100 ºC	01:53[c]					
LFC	110ºC	00:38[c]	3.51±0.89[b]	28.05±4.00[b]	32.05±0.60[c]	0,41±0.05[b]	15.34±0,49[b]

[1]OS:Optimum salata sosu örneği FFC: Tam yağlı kontrol salata sosu örneği, LFC: Az yağlı kontrol salata sosu örneği, IP: indüksiyon periyodu (h)

[2]Aynı sütundaki farklı küçük harfler salata sosu örnekleri arasındaki anlamlı farklılığı gösterir ($p<0.05$)

3.15 Optik Mikroskop Görüntüsü

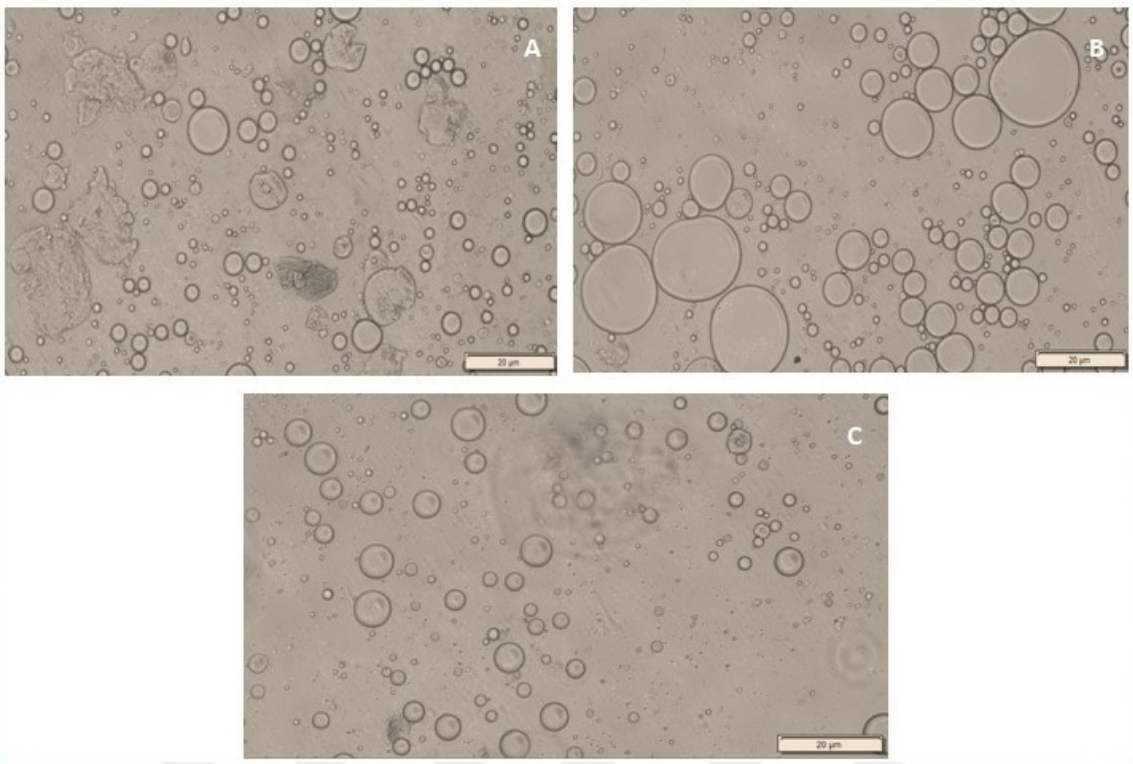
Emülsiyonun stabilitesi, yağ damlacıklarının birleşmesinin, topaklanmanın ve krem oluşumunun önlenmesi ile ilişkili olduğu için önemli bir parametredir. Emülsiyon stabilitesi mikrograflardaki parçacık boyutları gözlemlenerek yorumlanabilir (Fernandes ve Mellado, 2017).

OS, LFC ve FFC'nin optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde OS'nin daha küçük boyutta damlacıklar içerdiğini ve damlacık birleşmesinin kontrol örneklerine göre daha kısıtlı olduğu görülmektedir (Şekil 3.13) Bu durum RSG'nin yağ damlacıklarının sürekli fazdaki hareketini yavaşlatarak damlacıkların bir araya gelmelerini engellemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mun vd., (2009) az yağlı ürünlerde gam gibi kıvam verici ajanların eklenmesiyle birleşme ve kremalaşmanın önlendiğini bildirmiştir.

LFC salata sosu örneğinde damlacık flokülasyonu oluşması yağ miktarına göre fazla miktarda kullanılan polisakkaritlerin ya da emülgatörlerin flok oluşturmasından kaynaklanabilir. FFC emülsiyonununda hem büyük damlacık boyutu hem de flok olışumu görülmektedir. Zhai vd., (2021) yaptığı çalışmada emülsiyon flokülasyon mekanizmasıın eklenen polisakkarit çeşidine göre değiştiğini bildirmiştir. Abdulmola vd., (1996) XG zincirlerinin sorpsiyonunun, damlacıkların yaklaşmasına ve bağlanmasına yol açabileceğini bildirmiştir. XG salata sosu emülsiyonunda yağ su ara yüzünde yeterli viskoziteyi sağlasa bile emülsifiye edici özelliğinin zayıf kalması dolayısıyla yağ paketlemesini yeterli düzeyde yapamayabilir ve bu durum flokülasyona ve damlacık büyümesine neden olabilir Stabilizatör materyalin sahip olduğu viskozitenin yanı sıra aynı zamanda emülsifiye edici özelliklerinin de emülsiyon damlacık boyutu ve flokülasyonu üzerinde etkili olabileceği bildirilmiştir (Avcı vd., 2022)

Emülsiyon yapısında flokülasyon bridging ve depletion flokülasyon olarak 2 şekilde gerçekleşmektedir (Wajihinejad vd., 2019). Flok yapılar homojenizasyon ve seyreltme işlemleri ile dağıtılabilir. Emülsiyonun mikroyapısal değerlendirmesi için yapılan zeta potansiyeli, çoklu dağılım indeksi ve partikül boyutu analizi için emülsiyonlar 1000 kez seyreltildiği ve ultrasonik banyo uygulaması yapıldığı için ortamda flokülasyon önlenmektedir (Day vd., 2009). Emülsiyonun optik

mikroskop görüntülerinde flokülasyon görülmesine rağmen OS ve FFC'nin zeta potansiyeli değerlerinin -24.75 ve -27.50 olarak bulunması bu nedenle normaldir.



Şekil 3.13 Salata sosu emülsiyonlarının yapısal mikrografikleri

(A: az yağlı kontrol salata sosu örneği B: tam yağlı kontrol salata sosu örneği C: Optimum konsantrasyondaki RSG'li az yağı salata sosu örneği)

Koocheki vd., (2009) *Alyssum homolocarpum* tohum gamının Y/S emülsiyonu içerisinde potansiyel stabilizatör ve akış özellikleri üzerindeki etkisinin değerlendirildiği çalışmada gam oranının %0.25'den %0.75'e artmasıyla emülsiyon damlacık boyutunun azaldığı ve emülsiyon monodispersitesinin arttığı bulgulanmıştır. Emülsiyondaki büyük damlacıkların sayısında da büyüklüğünde de azalma görülmüştür. Emülsiyon damlacık boyutundaki artışın damlacık bileşmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir.

4
SONUÇ

Son yıllarda az yağlı gıdaların tüketici tercihi olması nedeniyle salata sosu gibi yüksek yağ içeriğine sahip ürünlerin yağ muhteviyatının azaltılması istenmektektedir. Emülsiyonlarda yağ içeriğinin azaltılmasının reolojik kaliteyi olumsuz etkilememesi için yağ ikame edici maddelere ve stabilizatörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen, çevre dostu ve toksik olmayan RSG'nin fizikokimyasal özellikleri incelendiğinde yüksek karbonhidrat ve protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca RSG'nin fonksiyonel ve biyoaktif özellikleri incelendiğinde hidrokolloidlerin işlevselliğini ortaya koyan yüksek çözünürlük, su bağlama kapasitesine sahip olduğu gıda emülsiyonlarında oksidatif stabiliteyi iyileştirecek antioksidan aktiviteye sahip bileşenler içerdiği belirlenmiştir. RSG'nin fizikokimyasal, biyoaktif ve fonksiyonel özelliklerinin emülsiyon içindeki suyu tutup jel benzeri bir ağ oluşumu sağlayarak yağ ikame maddesi olma ve salata soslarında istenen reolojik, mikroyapısal ve stabilite özellikleri sağlama potansiyeli araştırılmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak roka tohumundan gam üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen RSG'ler kullanılarak deneysel tasarıma göre az yağlı salata sosu örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanmış örneklerin sabit kesme, dinamik reolojik ve üç zaman aralıklı test reolojik analizleri yapılarak reolojik özellikleri, damlacık boyutu, emülsiyon stabilitesi analizleri tam yağlı kontrol salata sosu örneği ile karşılaştırılmıştır ve tam yağlı kontrol örneğinin reolojik parametrelerine dayanılarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Arzu edilebilirlik değeri 1 olan ve minimum yağ içeren örnek, optimum formülasyon (%3,73 RSG, %1 EYP ve %10 yağ) olarak seçilmiştir. Optimum konsantrasyondaki az yağlı salata sosu örneğinin oksidatif stabilite ve termal emülsiyon stabilitesi tam yağlı ve az yağlı kontrol örneği ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

FDA'a ya göre, salata soslarının düşük yağlı olarak etiketlenebilmesi için yağ miktarı porsiyon başına (30 g salata sosu) 3 gram ve altında olması gerekmektedir (Gıda Sosları ve Tatlandırıcılar için Tanımlamalar ve Standartlar hakkındaki yönetmelik, 21CFR169, 1994 'te yayınlanmıştır). Bu yönetmeliğe göre optimum

konsantrasyondaki salata sosu örneğimiz ‘düşük yağlı salata sosu’ olarak tanımlanabilmektedir.

RSG ve yağ içeriği sabit kesme, viskoelastik ve 3-ITT reolojik parametrelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Deney tasarımına göre hazırlanan tüm örnekler kesme incelmesi, viskoelastik davranış ve yüksek oranda geri kazanılabilir yapı göstermiştir % 3-4 RSG ve yüksek yağ (%20-30) içeren örnekler, kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek τ_0, K, K′, K′′ve % Rec göstermiştir. Düşük yağ (%10) ve yüksek RSG içeren örnekler istenen reolojik özellikleri göstermiştir. Optimum noktalara göre hazırlanan salata sosu örneği, FFC ile benzer zeta potansiyel değeri göstermiştir ve örneklerde depolama süresi boyunca faz ayrımı gözlenmemiştir. Kontrol salata sosu örneklerine göre RSG ilaveli az yağlı OS’nin partikül boyutu, dağılımı daha düşük bulunmuştur.

Yağı azaltılmış salata sosu gibi emülsiyon ürünlerde oksidatif stabilitede azalma gözlenmesi beklenmektedir. Ancak OS hem FFC’den hem de LFC’den çok daha iyi oksidatif stabilite göstermiştir. RSG ve salata sosları üzerinde yapılan toplam fenolik ve flavanoid miktarı ve antioksidan kapasite analizleri RSG’nin antioksidan özellik gösteren bileşenler içerdiğini göstermektedir. RSG’nin emülsiyon içinde yağ paketlemesini iyi bir şekilde yapması ve antioksidan özellik gösteren bileşenler içermesi oksidatif stabiliteyi iyileştirmektedir. Ayrıca OS’nin peroksit değerinin FFC ve LFC’den daha düşük bulunması da RSG’nin oksidatif stabiliteyi iyileştirdiğini desteklemektedir.

Salata sosu emülsiyonunda sıcaklık dalgalanmalarının emülsiyon stabilitesi üzerindeki etkisi belirlenmek üzere reolojik temelli termal döngü testi uygulanmış ve OS’nin FFC ve LFC’den daha yüksek termal stabilite gösterdiği bulgulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre fiziksel stabilitenin yanında oksidatif ve termal stabilitenin de RSG’nin yağ ikamesi olarak kullanılmasıyla sağlanabileceği anlaşılmıştır.

Bu çalışma, RSG'nin düşük yağlı salata sosu ve diğer emülsiyon formülasyonlarında doğal yağ ikame maddesi ve stabilizatör olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında sunulabilecek öneriler aşağıda sunulmuştur:

Salata sosu dışında farklı gıda model sistemlerinde (dondurma, yenilebilir film vb.,) RSG'nin kullanım potansiyelinin araştırılması

Yenilenebilir bir kaynak olan RSG'nin roka tohum yağı atıkları yan ürününden elde edilip fiziksel, kimyasal, fonksiyonel, biyoaktif ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi ve farklı gıda model sistemlerinde kullanımının araştırılması

RSG'nin antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi

Salata sosu örneklerinin tekstürel özelliklerinin araştırılması

Salata sosu örneklerinin duyusal özelliklerinin belirlenmesi.

KAYNAKÇA

AOAC, ‘‘Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist’s Society (7th ed). Champaign: American Oil Chemists-Society’’, (2007).

AOAC, ‘‘Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists; Washington, DC, USA.’’, (2005).

A.O.A.C, ‘‘International, “Official Methods of Analysis,” (2000).

Abdulmola, N. A., Hember, M. W. N., Richardson, R. K., & Morris, E. R. (1996). Effect of xanthan on the small-deformation rheology of crosslinked and uncrosslinked waxy maize starch. Carbohydrate Polymers, 31(1-2), 65-78. doi: https://doi.org/10.1016/S0144-8617(96)00065-3

Akçiçek A., & Karasu, S. (2018). Utilization of cold pressed chia seed oil waste in a low-fat salad dressing as natural fat replacer, Journal of food process engineering, 41(5): e12694. doi: https://doi.org/10.1111/jfpe.12694

Akgül, C., Akçiçek, A., Karadağ A., & Karasu, S. (2022). 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, 44:e560006. doi: https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v44i1.56006.

Aksoy, F. S., Tekin-Çakmak, Z. H., Karasu, S., & Aksoy, A. S. (2021). 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, 42. doi: https://doi.org/10.1590/fst.57220

Akhtar, M., & Dickinson, E. (2007). Whey protein–maltodextrin conjugates as emulsifying agents: An alternative to gum arabic. Food Hydrocolloids, 21(4), 607-616. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.07.014

Alpizar-Reyes, E., Carrillo-Navas, H., Gallardo-Rivera, R., Varela-Guerrero, V., Alvarez-Ramirez, J., & Pérez-Alonso, C. (2017). Functional properties and physicochemical characteristics of tamarind (Tamarindus indica L.) seed mucilage powder as a novel hydrocolloid. Journal of Food Engineering, 209, 68-75. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.021.

Amid, B.T. & Mirhosseini, A. (2012). ‘’Optimization of aqueous extraction of gum from durian (Durio zibethinus) seed: A potential, low cost source of hydrocolloid’’, Food chemistry,132:1258-1268. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.099

Amini, A. M. (2019). Balangu (Lallemantia royleana) seed gum. Emerging natural hydrocolloids: rheology and functions, 183-203. doi: https://doi.org/10.1002/9781119418511.ch7

Amiri, E.O., Nayebzadeh, K., & Mohammadifar, M.A. (2015). Comparative studies of xanthan, guar and tragacanth gums on stability and rheological properties of fresh and stored ketchup. Journal of Food Science and

Technology 52 (11):7123–7132. doi: https://doi.org/10.1007/s13197-015-1837-9

Anvari, M., Tabarsa, M., Cao, R., You, S., Joyner, H. S., Behnam, S., & Rezaei, M. (2016). Compositional characterization and rheological properties of an anionic gum from Alyssum homolocarpum seeds. Food Hydrocolloids, 52, 766-773. doi: https://doi.org/ 10.1016/j.foodhyd.2015.07.030

Avcı, E., Karadağ, A., & Karasu, S. (2022). Production of Freeze-Dried Flaxseed Oil Powders by Using Rocket Seed Gum as an Alternative Novel Encapsulation Agent to Improve Oxidative Stability Penghasilan Serbuk Minyak Biji Rami Kering Beku menggunakan Gam Biji Roket sebagai Agen Alternatif Enkapsulasi Novel untuk Meningkatkan Kestabilan Oksidatif. Sains Malaysiana, 51(11). doi: https://doi.org/10.17576/jsm-2022-5111-11

Barak, S., Mudgil, D., & Taneja, S. (2020). Exudate gums: chemistry, properties and food applications – a review, Journal of Science Food Agricultural, 100:2828-2835. doi: https://doi.org/10.1002/jsfa.10302

BeMiller, J. N. (2018). Gum Arabic and Other Exudate Gums, Carbohydrate Chemistry for Food Scientists. AAAC International Press 3:313-321. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812069-9.00016-9

Bhat, M. I., aWani, S. M., Mir, S. A., & Masoodi, F.A. (2022). Advances in xanthan gum production, modifications and its applications, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 42:102328. doi: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102328

Bode, W. K. H., & Leto, M. J. (2012). The Larder Chef. Routledge.

Bortnowska, G., Krzemińska, N., & Mojka, K. (2013). Effects of waxy maize and potato starches on the stability and physicochemical properties of model sauces prepared with fresh beef meat. International Journal of Food Science & Technology, 48(12), 2668-2675. doi: https://doi.org/10.1111/ijfs.12263

Bouyer, E., Mekhloufi G., Huang, N., Rosilio, V., & Agnely, F. (2013). Lactoglobulin, gum arabic, and xanthan gum for emulsifying sweet almond oil: Formulation and stabilization mechanisms of pharmaceutical emulsions, Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering. 433:77-87. doi: https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.04.065

Bhushette, P. R., & Annapure, U. S. (2018). Physicochemical, functional and rheological investigation of Soymida febrifuga exudate gum. International journal of biological macromolecules, 111, 1116-1123. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.117

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology, 28(1), 25-30. doi: https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Chatsisvili, N. T., Amvrosiadis, I., & Kiosseoglou, V. (2012). Physicochemical properties of a dressing-type o/w emulsion as influenced by orange pulp fiber incorporation. LWT - Food Science and Technology, 46(1), 335-340. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.08.019

Chang, Y. I., & Chen, T. C. (2000). Functional and gel characteristics of liquid whole egg as affected by pH alteration. Journal of Food Engineering, 45(4), 237-241. doi: https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00066-2

Chen, J., & Dickinson, E. (1998). Viscoelastic properties of heat-set whey protein emulsion gels. Journal of Texture Studies, 29(3), 285-304. doi: https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1998.tb00171.x

Chen, L. (2015). Emulsifiers as food texture modifiers. Modifying Food Texture, 27–49. doi:10.1016/b978-1-78242-333-1.00002-4.

Cho, S., Dreher, M. (2001). Handbook of Dietary Fiber, Marcel Dekker, Inc., New York

Chung, C., Degner, B., & McClements, D. J. (2013). Designing reduced-fat food emulsions: Locust bean gum–fat droplet interactions. Food Hydrocolloids, 32(2), 263-270. doi: doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.008

Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2011). Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. Trends in Food Science & Technology, 22(12), 662-671. doi: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.07.002

Crispín-Isidro, G., Hernández-Rodríguez, L., Ramírez-Santiago, C., Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., & Vernon-Carter, E. J. (2019). Influence of purification on physicochemical and emulsifying properties of tamarind (Tamarindus indica L.) seed gum. Food Hydrocolloids, 93, 402-412. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.046

Dakia, P. A., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, B., & Paquot, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocolloids, 22(5), 807-818. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.03.007

Danaei, M., Dehghankhold, M., Ataei, S., Hasanzadeh Davarani, F., Javanmard, R., Dokhani, A., ... & Mozafari, M. R. (2018). Impact of particle size and polydispersity index on the clinical applications of lipidic nanocarrier systems. Pharmaceutics, 10(2), 57. doi: https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10020057

Day, L., Xu, M., Hoobin, P., Burgar, I., & Augustin, M. A. (2007). Characterisation of fish oil emulsions stabilised by sodium caseinate. Food Chemistry, 105(2), 469-479. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.013

Demetriades, K. U. O. M., Coupland, J. N., & McClements, D. J. (1997). Physical properties of whey protein stabilized emulsions as related to pH and NaCl. Journal of Food Science, 62(2), 342-347. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb03997.x

Dickinson, E. (2010). Flocculation of protein-stabilized oil-in-water emulsions. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 81(1), 130–140. doi: https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.06.033

Dickinson, E., & Casanova, H. (1999). A thermoreversible emulsion gel based on sodium caseinate. Food Hydrocolloids, 13(4), 285-289. doi: https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00010-7

Dickinson, E. (1992). Introduction to food colloids. Oxford university press.

Diftis, N. G., Biliaderis, C. G., & Kiosseoglou, V. D. (2005). Rheological properties and stability of model salad dressing emulsions prepared with a dry-heated soybean protein isolate–dextran mixture. Food Hydrocolloids, 19(6), 1025-1031. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.01.003

Dogan, H., & Kokini, J. L. (2006). Rheological properties of foods. In Handbook of food engineering (pp. 13-136). CRC Press.

Doğan, İ. S., & Küçüköner, E. (1999). Düşük yağ ve kalori içeren gıdaların hazırlanmasında yağ ikamelerinin rolü. Gıda, 24(6).

Downing, D. L., (1996). Mayonnaise and Salad Dressing Products. A Complete Course in Canning and Related Processes, 443–463. doi: http://doi.org/10.1533/9781845696214.443

Dos Santos, V. R. F., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., Vicente, A. A., & Cerqueira, M. A. (2015). Relationship between galactomannan structure and physicochemical properties of films produced thereof. Journal of food science and technology, 52, 8292-8299. doi: http://doi.org/10.1007/s13197-015-1961-6

Drakos, A., & Kiosseoglou, V. (2008). Depletion flocculation effects in egg-based model salad dressing emulsions. Food Hydrocolloids, 22(2), 218-224. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.11.003

Diftis, N. G., Biliaderis, C. G., & Kiosseoglou, V. D. (2005). Rheological properties and stability of model salad dressing emulsions prepared with a dry-heated soybean protein isolate–dextran mixture. Food hydrocolloids, 19(6), 1025-1031. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.01.003

Eghbaljoo, H., Sani, I. K., Sani, M. A., Rahati, S., Mansouri, E., Molaee-Aghaee, E., ... & Jafari, S. M. (2022). Advances in plant gum polysaccharides; Sources, techno-functional properties, and applications in the food industry-A review. International Journal of Biological Macromolecules. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.10.020

Fan, H., Mazza, G., & Liao, X. (2010). Purification, composition and antioxidant activity of polysaccharides from wolfberry, cherry, kiwi and cranberry fruits. Croatian journal of food science and technology, 2(1.), 9-17.

Featherstone, S., (2016). Mayonnaise and salad dressing products. A Complete Course in Canning and Related Processes, 369–384. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-85709-679-1.00011-8

Fernandes, S. S., & Mellado, M. D. L. M. S. (2018). Development of mayonnaise with substitution of oil or egg yolk by the addition of chia (Salvia hispanica L.) mucilage. Journal of food science, 83(1), 74-83. doi: https://doi.org/10.1111/1750-3841.13984

Fernandez, V. E., Palazolo, G. G., Bosisio, N. A., Martínez, L. M., & Wagner, J. R. (2012). Rheological properties and stability of low-in-fat dressings prepared with high-pressure homogenized yeast. Journal of Food

Engineering, 111(1), 57-65. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.029

Farahnaky, A., Shanesazzadeh, E., Mesbahi, G., & Majzoobi, M. (2013). Effect of various salts and pH condition on rheological properties of Salvia macrosiphon hydrocolloid solutions. Journal of Food Engineering, 116(4), 782-788. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.036

Franco, J., Guerrero, A., & Gallegos, C. (1995). Rheology and processing of salad dressing emulsions. Rheologica Acta, 34(6), 513-524. doi: https://doi.org/10.1007/bf00712312

Franco, J. M., Partal, P., Ruiz-Marquez, D., Conde, B., & Gallegos, C. (2000). Influence of pH and protein thermal treatment on the rheology of pea protein-stabilized oil-in-water emulsions. Journal of the American Oil Chemists Society, 77(9), 975-983. doi: https://doi.org/10.1007/s11746-000-0154-x

Freschi, J., Razafindralambo, H., Danthine, S., & Blecker, C. (2011). Effect of ageing on different egg yolk fractions on surface properties at the air–water interface. International journal of food science & technology, 46(8), 1716-1723. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02666.x

Gadkari, P. V., Tu, S., Chiyarda, K., Reaney, M. J. T., & Ghosh, S. (2018). Rheological characterization of fenugreek gum and comparison with other galactomannans. International Journal of Biological Macromolecules, 119, 486-495. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.07.108

Galazka, V. B., Dickinson, E., & Ledward, D. A. (1999). Emulsifying behaviour of 11S globulin Vicia faba in mixtures with sulphated polysaccharides: comparison of thermal and high-pressure treatments. Food Hydrocolloids, 13(5), 425-435. doi: https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00028-4

Gianninia, V., Melitoa, S., Matteo, R., Lazzeri, L., Pagnotta, E., Chahinea, S., & Roggeroa, P. P. (2021). Testing Eruca sativa defatted seed meal as a potential bioherbicide on selected weeds and crops, Industrial Crops and Products, 171:113834. doi: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113834

Glicksman, M. (1979). Gelling hydrocolloids in food product applications. In Proceedings.

Gouvinhas, I., Machado, J., Gomes, S., Lopes, J., Martins-Lopes, P., & Barros, A. I. (2014). Phenolic composition and antioxidant activity of monovarietal and commercial Portuguese olive oils. Journal of the American Oil Chemists' Society, 91, 1197-1203. doi: https://doi.org/10.1007/s11746-014-2462-x

Guilmineau, F., & Kulozik, U. (2007). Influence of a thermal treatment on the functionality of hen's egg yolk in mayonnaise. Journal of Food Engineering, 78(2), 648-654. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.002

Guo, Q., Zhu, X., Zhen, W., Li, Z., Kang, J., Sun, X., ... & Cui, S. W. (2021). Rheological properties and stabilizing effects of high-temperature extracted flaxseed gum on oil/water emulsion systems. Food Hydrocolloids, 112, 106289. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106289

Güngör, Ö., Zungur, A., Koç, M., & Kaymak-Ertekin, F., (2013) Emülsiyonların özellikleri ve emülsifikasyon koşullarının aroma ve yağların mikroenkapsülasyonu üzerine etkisi. Akademik Gıda, 11(2): 116-124

Haines, J., Patel P.D. (1997). Antibody- and lectin-basedassaysfor the rapid analysis of food-grade,5 gums and thickener, Trends in Food Science & Technology December (8):395. doi: https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01097-2

Hamdani, A. M., Wani, I. A., Bhat, N. A., & Masoodi, F. A. (2018). Chemical composition, total phenolic content, antioxidant and antinutritional characterisation of exudate gums. Food bioscience, 23, 67-74. doi: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.03.006

Hamdani, A. M., & Wani, I. A. (2017). Guar and Locust bean gum: composition, total phenolic content, antioxidant and antinutritional characterisation. Bioactive carbohydrates and dietary fibre, 11, 53-59. doi: https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.07.004

Hasheminya, S. M., & Dehghannya, J. (2021). Chemical composition, antioxidant, antibacterial, and antifungal properties of essential oil from wild Heracleum rawianum. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 31, 101913. doi: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101913

Hasheminya, S. M., & Dehghannya, J. (2020). Physicochemical, Thermal and Rheological Characterization of Novel Biopolymer Gum Exudate from Astragalus sarcocolla. Journal of Polymers and the Environment, 1-11. doi: https://doi.org/10.1007/s10924-022-02674-0

Hedayati, S., Shahidi, F., Koocheki, A., Farahnaky, A., & Majzoobi, M. (2020). Influence of pregelatinized and granular cold water swelling maize starches on stability and physicochemical properties of low fat oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids, 102, 105620. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105620

Hester, P. (Ed.). (2016). Egg innovations and strategies for improvements. Academic press.

Hinrichs, R., Götz, J., & Weisser, H. (2003). Water-holding capacity and structure of hydrocolloid-gels, WPC-gels and yogurts characterised by means of NMR. Food chemistry, 82(1), 155-160. doi: https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00539-3

Jung, S., Rickert, D. A., Deak, N. A., Aldin, E. D., Recknor, J., Johnson, L. A., & Murphy, P. A. (2003). Comparison of Kjeldahl and Dumas methods for determining protein contents of soybean products. Journal of the American Oil Chemists' Society, 80, 1169-1173. doi: https://doi.org/10.1007/s11746-003-0837-3

Kalnin, D., Schafer, O., Amenitsch, H., & Ollivon, M. (2004). Fat crystallization in emulsion: Influence of emulsifier concentration on triacylglycerol crystal growth and polymorphism. Crystal growth & design, 4(6), 1283-1293. doi: https://doi.org/10.1021/cg030071k

Karasu, S., Toker, O. S., Yilmaz, M. T., Karaman, S., & Dertli, E. (2015). Thermal loop test to determine structural changes and thermal stability of creamed honey: Rheological characterization. Journal of Food Engineering, 150, 90–98. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.004

Kayacier, A., & Dogan M. (2006). Rheological properties of some gums-salep mixed solutions, Journal of Food Engineering, 72(3):261-265. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.005

Keeton, J. T. (1994). Low-fat meat products—technological problems with processing. Meat science, 36(1-2), 261-276. doi: https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90045-0

Keshani-Dokht, S., Emam-Djomeh, Z., Yarmand, M. S., & Fathi, M. (2018). Extraction, chemical composition, rheological behavior, antioxidant activity and functional properties of Cordia myxa mucilage. International journal of biological macromolecules, 118, 485-493. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.069

Khouryieh, H.A., Herald, T.J., Aramouni, F., & Alavi, S. (2007). Intrinsic viscosity and viscoelastic properties of xanthan/guar mixtures in dilute solutions: Effect of salt concentration on the polymer interactions, Food Research International. 40(7):883-893. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.03.001

Kim, S. Y., Hyeonbin, O., Lee, P., & Kim, Y. S. (2020). The quality characteristics, antioxidant activity, and sensory evaluation of reduced-fat yogurt and nonfat yogurt supplemented with basil seed gum as a fat substitute. Journal of dairy science, 103(2), 1324-1336. doi:https://doi.org/10.3168/jds.2019-17117

Kiokias, S., Gordon, M. H., & Oreopoulou, V. (2017). Effects of composition and processing variables on the oxidative stability of protein-based and oil-in-water food emulsions. Critical reviews in food science and nutrition, 57(3), 549-558. doi: https://doi.org/10.1080/10408398.2014.893503

Klaochanpong, N., Puncha-arnon, S., Uttapap, D., Puttanlek, C., & Rungsardthong, V. (2017). Octenyl succinylation of granular and debranched waxy starches and their application in low-fat salad dressing. Food hydrocolloids, 66, 296-306 doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.039.

Koocheki, A., Ghandi, A., & Razavi, S.M.A. (2009). The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. International Journal of Food Science and Technology 44 (3): 596–602. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01868.x

Koocheki, A., Razavi, S. M., & Hesarinejad, M. A. (2012). Effect of extraction procedures on functional properties of Eruca sativa seed mucilage. Food biophysics, 7, 84-92. doi: https://doi.org/10.1007/s11483-011-9245

Koocheki, A., Kadkhodaee, R., Mortazavi, S. A., Shahidi, F., Taherian, A. R. (2009). Influence of Alyssum homolocarpum seed gum on the stability and flow properties of O/W emulsion prepared by high intensity ultrasound, Food Hydrocolloids, 23:2416-2424. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.06.021

Koocheki, A., Taherian, A. R., & Bostan, A. (2013). Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of Lepidium perfoliatum seed gum. Food Research International, 50(1), 446-456. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.002

Koubaa, M., Mhemdi, H., Sanlaville, Q., & Vorobiev, E. (2016). Recovery of Oil, Erucic Acid, and Phenolic Compounds from Rapeseed and Rocket Seeds. Chemical Engineering & Technology, 39(8), 1431-1437. doi: http://dx.doi.org/10.1002/ceat.201500444

Kozlu, A. (2020). Ayva çekirdeği müsilajının yenilebilir film kaplaması olarak bazı meyvelere uygulanması ve depolama süresince kalite özelliklerinin belirlenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Krauss, R. M., Eckel, R. H., Howard, B., Appel, L. J., Daniels, S. R., Deckelbaum, R. J., ... & Bazzarre, T. L. (2001). AHA scientific statement: AHA dietary guidelines: revision 2000: a statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. The Journal of nutrition, 131(1), 132-146. doi: https://doi.org/10.1093/jn/131.1.132

Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Bono, A. (2007). Phytochemical antioxidants for health and medicine: A move towards nature. Biotechnol Mol Biol Rev, 1(4), 97-104.

Kulmyrzaev, A., Sivestre, M. P., & McClements, D. J. (2000). Rheology and stability of whey protein stabilized emulsions with high CaCl2 concentrations. Food research international, 33(1), 21-25. doi: https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00019-3

Kumar, Y., Roy, S., Devra, A., Dhiman, A., & Prabhakar, P. K. (2021). Ultrasonication of mayonnaise formulated with xanthan and guar gums: Rheological modeling, effects on optical properties and emulsion stability. LWT, 149, 111632. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111632

Krog, N., (2002). Emulsifiers and Emulsions In Dairy Foods. Encyclopedia of Dairy Sciences, 891-900. doi: https://doi.org/10.1016/B0-12-227235-8/00142-5

Kutlu, G., Akcicek, A., Bozkurt, F., Karasu, S., & Tekin-Cakmak, Z.H. (2021). Rocket seed (Eruca Sativa Mill) gum: physicochemical and comprehensive rheological characterization. Food Science and Technology, (Ahead of Print). doi: http://doi.org/10.1590/fst.69620.

Kutlu, G.; Bozkurt, F., & Tornuk, F. (2020). Extraction of a novel water-soluble gum from nettle (Urtica dioica) seeds: Optimization and characterization. International Journal of Biological Macromolecule, 162:480–489. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.179

Laaman, T. R. (2011). Hydrocolloids: fifteen practical tips. Hydrocolloids in food processing, 1-18. doi: https://doi.org/10.1002/9780813814490

Lai, L. S., & Lin, P. H. (2004). Application of decolourised hsian-tsao leaf gum to low-fat salad dressing model emulsions: a rheological study. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(11), 1307-1314. doi: https://doi.org/10.1002/jsfa.1757

Larsen, D. S. (2018). The Structure and Properties of Eggs. Reference Module in Food Science. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.21686-7.

Lee, J., Wi, G., & Choi, M. J. (2023). The rheological properties and stability of gelled emulsions applying to κ-carrageenan and methyl cellulose as an animal

fat replacement. Food Hydrocolloids, 136, 108243. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108243

Li, J., Wang, C., Li, X., Su, Y., Yang, Y., & Yu, X. (2018). Effects of pH and NaCl on the physicochemical and interfacial properties of egg white/yolk. Food bioscience, 23, 115-120. doi: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.004

Li, X., Wang, L., Wang, Y., & Xiong, Z. (2016). Effect of drying method on physicochemical properties and antioxidant activities of Hohenbuehelia serotina polysaccharides. Process Biochemistry, 51(8), 1100-1108. doi: https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.05.006

Liu, W. Y., Feng, M. Q., Wang, M., Wang, P., Sun, J., Xu, X. L., & Zhou, G. H. (2018). Influence of flaxseed gum and NaCl concentrations on the stability of oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids, 79, 371-381. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.010

Liu, X., Guo, J., Wan, Z. L., Liu, Y. Y., Ruan, Q. J., & Yang, X. Q. (2018). Wheat gluten-stabilized high internal phase emulsions as mayonnaise replacers. Food Hydrocolloids, 77, 168-175. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.032

Lu, Z., Zhou, S., Ye, F., Zhou, G., Gao, R., Qin, D., & Zhao, G. (2021). A novel cholesterol-free mayonnaise made from Pickering emulsion stabilized by apple pomace particles. Food Chemistry, 353, 129418. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129418

López-Castejón, M. L., Bengoechea, C., Díaz-Franco, J., & Carrera, C. (2020). Interfacial and emulsifying properties of quinoa protein concentrates. Food Biophysics, 15, 122-132. doi: https://doi.org/10.1007/s11483-019-09603-0

Luengthanaphol, S., Mongkholkhajornsilp, D., Douglas, S., Douglas, P. L., Pengsopa, L. I., & Pongamphai, S. (2004). Extraction of antioxidants from sweet Thai tamarind seed coat—preliminary experiments. Journal of Food Engineering, 63(3), 247-252. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.07.006

Ma, Z., Boye, J., & Simpson, B. (2016). Preparation of Salad Dressing Emulsions Using Lentil, Chickpea and Pea Protein Isolates: A Response Surface Methodology Study. Journal of Food Quality, 39. doi: https://doi.org/10.1111/jfq.12190.

Ma, Z., & Boye, J. I. (2013). Advances in the Design and Production of Reduced-Fat and Reduced-Cholesterol Salad Dressing and Mayonnaise: A Review. [journal article]. Food and Bioprocess Technology, 6(3), 648-670. doi: https://doi.org/10.1007/s11947-012-1000-9 Web of Science.

Ma, F., Wang, D., Zhang, Y., Li, M., Qing, W., Tikkanen-Kaukanen, C., ... & Bell, A. E. (2018). Characterisation of the mucilage polysaccharides from Dioscorea opposita Thunb. with enzymatic hydrolysis. Food chemistry, 245, 13-21. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.080

Ma, Z., Boye, J. I., Fortin, J., Simpson, B. K., & Prasher, S. O. (2013). Rheological, physical stability, microstructural and sensory properties of salad dressings supplemented with raw and thermally treated lentil flours.

Journal of food Engineering, 116(4), 862-872. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.024

Mantzouridou, F., Karousioti, A., & Kiosseoglou, V. (2013). Formulation optimization of a potentially prebiotic low-in-oil oat-based salad dressing to improve Lactobacillus paracasei subsp. paracasei survival and physicochemical characteristics. LWT - Food Science and Technology, 53, 560–568. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.04.005 Web of Science

Mantzouridou, F., Spanou, A., & Kiosseoglou, V. (2012). An inulin-based dressing emulsion as a potential probiotic food carrier. Food Research International, 46(1), 260-269. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.016

Martı´nez , I., Riscardo, M. A., & Franco, J. M. (2007). Effect of salt content on the rheological properties of salad dressing-type emulsions stabilized by emulsifier blends. Journal of Food Engineering(80), 1272-1281. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.09.022

McClements, D. J. (2004). Protein-stabilized emulsions. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 9(5), 305–313. doi: https://doi.org/10.1016/j.cocis.2004.09.003

McClements, D. J. (2009). Biopolymers in Food Emulsions. Modern Biopolymer Science, 129–166. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374195-0.00004-5

Mirhosseini, H., & Amid, B. T. (2012). A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. Food research international, 46(1), 387-398. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.017

Miyazawa, M., Maehara, T., Kurose, K. (2002). Composition of the essential oil from the leaves of Eruca sativa. Flavour and Fragrance Journal, 17(3), 187-190. doi: http://dx.doi.org/10.1002/ffj.1079.

Mekhoukhe, A., Kicher, H., Ladjouzi, A., Medouni-Haroune, L., Brahmi, F., Medouni-Adrar, S., & Madani, K. (2019). Antioxidant activity of carob seeds and chemical composition of their bean gum by–products. Journal of Complementary and Integrative Medicine, 16(1). doi: https://doi.org/10.1515/jcim-2017-0158

Mohammadzadeh, H., Koocheki, A., Kadkhodaee, R., & Razavi, S. M. (2013). Physical and flow properties of d-limonene-in-water emulsions stabilized with whey protein concentrate and wild sage (Salvia macrosiphon) seed gum. Food research international, 53(1), 312-318. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.028

Molina, E., Papadopoulou, A., & Ledward, D. A. (2001). Emulsifying properties of high pressure treated soy protein isolate and 7S and 11S globulins. Food Hydrocolloids, 15(3), 263-269. doi: https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00023-6

Morley, W. G. (2016). Mayonnaise. Encyclopedia of Food and Health, 669–676. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00449-9

Moros, J. E., Franco, J. M., & Gallegos, C. (2002). Rheology of spray-dried egg yolk-stabilized emulsions. International journal of food science & technology, 37(3), 297-307. doi: https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00570.x

Morshedy, S. A., Abdelmodather, A. M., Basyony, M. M., Zahran, S. A., & Hassan, M. A. (2021). Effects of Rocket Seed Oil, Wheat Germ Oil, and Their Mixture on Growth Performance, Feed Utilization, Digestibility, Redox Status, and Meat Fatty Acid Profile of Growing Rabbits. Agriculture, 11(7), 662. doi: https://doi.org/10.3390/agriculture11070662

Moschakis, T., Murray, B. S., & Dickinson, E. (2005). Microstructural evolution of viscoelastic emulsions stabilised by sodium caseinate and xanthan gum. Journal of Colloid and Interface Science, 284(2), 714-728. doi: https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.10.036

Moustafa, A. (1995). Salad oil, mayonnaise, and salad dressings. In Practical handbook of soybean processing and utilization (pp. 314-338). AOCS Press. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-935315-63-9.50022-X

Mozafari, H. R., Hosseini, E., Hojjatoleslamy, M., Mohebbi, G. H., & Jannati, N. (2017). Optimization low-fat and low cholesterol mayonnaise production by central composite design. Journal of food science and technology, 54, 591-600. doi: https://doi.org/10.1002/app.49875

Mun, S., Kim, Y. L., Kang, C. G., Park, K. H., Shim, J. Y., & Kim, Y. R. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4αGTase-modified rice starch and xanthan gum. International journal of biological macromolecules, 44(5), 400-407. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.02.008

Nail, T., Ali, M., & Salim, E. (2017). Phytochemical studies on Sudanese rocket (Eruca sativa) seeds and oil constituents. Am J Phytomed Clinic Therapeut, 5(1), 1-5. doi: https://doi.org/10.21767/2321-2748.100315

Naji, S., & Razavi, S. M. (2014). Functional and textural characteristics of cress seed (Lepidium sativum) gum and xanthan gum: Effect of refrigeration condition. Food Bioscience, 5, 1-8. doi: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.10.003

Naji-Tabasi, S., & Razavi, S. M. A. (2017). New studies on basil (Ocimum bacilicum L.) seed gum: Part III – Steady and dynamic shear rheology. Food Hydrocolloids, 67, 243-250. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.020

Nikzade, V., Tehrani, M. M., & Saadatmand-Tarzjan, M. (2012). Optimization of low-cholesterol–low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. Food Hydrocolloids, 28(2), 344-352. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.023

Ning, Y. Y., Miao, W. B., Liu H.M., Qin, Z., Wang, X. D., Hou, L. X. (2021). Effects of isolation conditions on structural and functional properties of the seed gum from Chinese quince (Chaenomeles sinensis), Carbohydrate Polymers. 273:118538. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118538

Nishinari, K., Fang, Y., Guo, S., & Phillips, G. O. (2014). Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. Food hydrocolloids, 39, 301-318. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.013

Funami, T. (2011). Next target for food hydrocolloid studies: texture design of foods using hydrocolloid technology. Food Hydrocolloids 25 (8): 1904–1914. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.03.010

Önder, B. (2019). Bazı salata soslarının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).

Patel, A. R., Nicholson, R. A., & Marangoni, A. G. (2020). Applications of fat mimetics for the replacement of saturated and hydrogenated fat in food products. Current Opinion in Food Science, 33, 61-68. doi: https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.008

Paulo, B. B., Alvim, I. D., Reineccius, G., & Prata, A. S. (2020). Performance of oil-in-water emulsions stabilized by different types of surface-active components. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 190, 110939. doi: https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.110939

Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. (2015). Macromolecular antioxidants or non-extractable polyphenols in fruit and vegetables: Intake in four European countries. Food Research International, 74, 315-323. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.007

Pero, M., Emam-Djomeh, Z., Yarmand, M. S., & Samavati, V. (2014). Stability and rheological properties of model low-fat salad dressing stabilized by salep. Journal of dispersion science and technology, 35(2), 215-222. doi: https://doi.org/10.1080/01932691.2013.783490

Perry, L. M., & Metzger, J. (1980). Medicinal plants of East and Southeast Asia: attributed properties and uses. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Pourkomailian, B. (2000). Sauces and dressings. The stability and shelf-life of food, India, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 311-331 doi: https://doi.org/10.1533/9781855736580.2.311

Prasad N., Thombare, N., Sharma, S.C., Kumar, S. (2022). Gum arabic – A versatile natural gum: A review on production, processing, properties and applications, Industrial Crops and Products, 187(A):115304. doi: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115304

Raymundo, A., Franco, J., Gallegos, C., Empis, J., & Sousa, I. (1998). Effect of thermal denaturation of lupin protein on its emulsifying properties. Food/Nahrung, 42(03-04), 220-224. doi: https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(199808)42:03/04<220::AID-FOOD220>3.0.CO;2-Q

Razavi, S. M. A., Behrouzian, F. (2018). Chapter 3 - Biopolymers for Fat-Replaced Food Design. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), Biopolymers for Food Design (pp. 65-94): Academic Press. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00003-7

Razavi, S. M. A., Mortazavi, S. A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S. H., Motamedzadegan, A., & Khanipour, E. (2009). Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (Ocimum basilicum L.). International Journal of Food Science & Technology, 44(9), 1755-1762. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01993.x Web of Science

Razmkhah, S., Razavi, S. M. A., & Mohammadifar, M. A. (2016). Purification of cress seed (Lepidium sativum) gum: A comprehensive rheological study.

Food Hydrocolloids, 61, 358-368. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.035

Saeidy, S., Nasirpour, A., Djelveh, G., Ursu, A. V., Delattre, C., Pierre, G., & Michaud, P. (2019). Emulsion properties of Asafoetida gum: Effect of oil concentration on stability and rheological properties. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 560, 114-121. doi: https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.10.018

Saeidy, S., Nasirpour, A., Djelveh, G., Ursu, A.-V., Marcati, A., Gardarin, C., & Michaud, P. (2018). Rheological and functional properties of asafoetida gum. International Journal of Biological Macromolecules, 118, 1168-1173. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.177

Sainsbury, J., Grypa, R., Ellingworth, J., Duodu, K. G., & De Kock, H. L. (2016). The effects of antioxidants and shelf life conditions on oxidation markers in a sunflower oil salad dressing emulsion (SOSDE). Food Chemistry, 213, 230-237. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.081

Salarbashi, D., & Tafaghodi, M. (2018). An update on physicochemical and functional properties of newly seed gums. International journal of biological macromolecules, 119, 1240-1247. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.161

Schubert, H., Engel, R., & Kempa, L. (2009). Principles of Structured Food Emulsions. Global Issues in Food Science and Technology, 3–19. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374124-0.00001-6

Sciarini, L. S., Maldonado, F., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., & León, A. E. (2009). Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. Food Hydrocolloids, 23(2), 306-313. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.02.011

Seo, Y.S., Kang, Y.R, Lee, Y.K., Lee, J.H. & Chang Y.H. (2018) Physicochemical, molecular, emulsifying and rheological characterizations of sage (Salvia splendens) seed gum, Intrernational Journal of Biological Macromolecules. 115:1174-1182. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.173

Sheldrake, P. (2003). Controlling textures in soups, sauces and dressings. Texture in food. Volume 1: Semi-solid foods, 389-421.

Sherahi, M. H., Fathi, M., Zhandari, F., Hashemi, S. M. B., & Rashidi, A. (2017). Structural characterization and physicochemical properties of Descurainia sophia seed gum. Food Hydrocolloids, 66, 82-89. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.010

Sikora, M., Badrie, N., Deisingh, A. K., & Kowalski, S. (2008). Sauces and dressings: a review of properties and applications. Critical reviews in food science and nutrition, 48(1), 50-77. doi: https://doi.org/10.1080/10408390601079934

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158. doi: https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144

Smith, K. W., K. Bhaggan, G. Talbot, and K. F. van Malssen (2011). Crystallization of fats: Influence of minor components and additives. Journal of the American Oil Chemists Society 88(8): 1085–1101. doi: https://doi.org/10.1007/s11746-011-1819-7

Soleimanpour, M., Koocheki, A., & Kadkhodaee, R. (2013). Effect of Lepidium perfoliatum seed gum addition on whey protein concentrate stabilized emulsions stored at cold and ambient temperature. Food Hydrocolloids, 30(1), 292-301. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.06.004

Sriprablom, J., Luangpituksa, P., Wongkongkatep, J., Pongtharangkul, T., Suphantharika, M. (2019). Influence of pH and ionic strength on the physical and rheological properties and stability of whey protein stabilized O/W emulsions containing xanthan gum, Journal of Food Engineering. 242:141-152. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.031

Sukkwai, S., Chonpracha, P., Kijroongrojana, K., & Prinyawiwatkul, W. (2017). 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, 52(10), 2256-2264. doi: https://doi.org/10.1111/ijfs.13506

Sun, J., Liu, W. Y., Feng, M. Q., Xu, X. L., & Zhou, G. H. (2019). Characterization of olive oil emulsions stabilized by flaxseed gum. Journal of Food Engineering, 247, 74-79. doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.11.023

Surh, J., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2006). Properties and stability of oil-in-water emulsions stabilized by fish gelatin. Food Hydrocolloids, 20(5), 596-606. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.06.002

Quemada, D., & Berli, C. (2002). Energy of interaction in colloids and its implications in rheological modeling. Advances in colloid and interface science, 98(1), 51-85. doi: https://doi.org/10.1016/S0001-8686(01)00093-8

Tabasi, S. N., & Razavi, M. A. (2017). New studies on basil (Ocimum bacilicum L.) seed gum: Steady and dynamic shear rheology, Food Hydrocolloids,67: 243-250. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.020

Tatar, B. C., Sumnu, G., & Sahin, S. (2017). Rheology of Emulsions. Advances in Food Rheology and Its Applications, 437–457. doi: https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100431-9.00017-6.

Tekin-Cakmak, Z. H., Atik, I., & Karasu, S. (2021). The Potential Use of Cold-Pressed Pumpkin Seed Oil By-Products in a Low-Fat Salad Dressing: The Effect on Rheological, Microstructural, Recoverable Properties, and Emulsion and Oxidative Stability. Foods, 10(11), 2759. doi: https://doi.org/10.3390/foods10112759

Tekin-Cakmak, Z. H., Karasu, S., Kayacan-Cakmakoglu, S., & Akman, P. K. (2021). Investigation of potential use of by-products from cold-press industry as natural fat replacers and functional ingredients in a low-fat salad dressing. Journal of food processing and preservation, 45(8), e15388. doi: https://doi.org/10.1111/jfpp.15388

Tekin, M. D., Çelikozlu, S., & Aydin, H. (2023). Electrospun rocket seed (Eruca sativa Mill) mucilage/polyvinyl alcohol nanofibers: Fabrication and characterization. Iranian Polymer Journal, 32(2), 203-211. doi: https://doi.org/10.1007/s13726-022-01117-w

Tekin, Z. H., Avci, E., Karasu, S., & Toker, O. S. (2020). Rapid determination of emulsion stability by rheology-based thermal loop test. LWT, 122, 109037. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109037

Theocharidou, A., Lousinian, S., Tsagaris, A., & Ritzoulis, C. (2022). Interactions and rheology of guar gum–mucin mixtures. Food Hydrocolloids, 133, 107903. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107903

Tijssen, R.L.M., Canabady-Rochelle, L.S., & Mellema, M. (2007). Gelation upon long storage of milk drinks with carrageenan. Journal of Dairy Science 90 (6):2604–2611 doi: https://doi.org/10.3168/jds.2006-854

Toker, O. S., Karasu, S., Yilmaz, M. T., & Karaman, S. (2015). Three interval thixotropy test (3ITT) in food applications: A novel technique to determine structural regeneration of mayonnaise under different shear conditions. Food Research International, 70, 125-133. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.02.002

Tookey, H. L., & Jones, Q. (1965). New sources of water-soluble seed gums. Economic Botany, 19(2), 165-174. https://doi.org/10.1007/BF02862828

Torrens, F., & Castellano, G. (2018). Brownian motion, random Trajectory, diffusion, fractals, theory of chaos, and dialectics Modern Physical Chemistry: Engineering Models, Materials, and Methods with Applications, Apple Academic Press. 27-36.

USFDA (2012). U.S Food and U.S. Food and Drug Administration Code of Federal Regulations, Title 21, Part 169. Food Dressings and Flavorings. U.S. Government Printing Office, Washington, DC. Available at: http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title21/21cfr169_main_02.tpl. Erişim tarihi Kasım, 16, 2022.

Vajihinejad, V., Gumfekar, S. P., Bazoubandi, B., Rostami Najafabadi, Z., & Soares, J. B. (2019). Water soluble polymer flocculants: synthesis, characterization, and performance assessment. Macromolecular Materials and Engineering, 304(2), 1800526. doi: https://doi.org/10.1002/mame.201800526

van Nieuwenhuyzen, W., & Szuhaj, B. F. (1998). Effects of lecithins and proteins on the stability of emulsions. Lipid/Fett, 100(7), 282-291. https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4133(199807)100:7<282::AID-LIPI282>3.0.CO;2-W

Vardhanabhuti, B., & Ikeda, S. (2006). Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (Cissampelos pareira) leaves. Food Hydrocolloids, 20(6), 885-891. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j. foodhyd.2005.09.002

Vasile, F. E., Romero, A. M., Judis, M. A., Mattalloni, M., Virgolini, M. B., & Mazzobre, M. F. (2019). Phenolics composition, antioxidant properties and toxicological assessment of Prosopis alba exudate gum. Food chemistry, 285, 369-379. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.003

Wang, J., Hu, S., Nie, S., Yu, Q., & Xie, M. (2016). Reviews on mechanisms of in vitro antioxidant activity of polysaccharides. Oxidative medicine and cellular longevity, 2016. doi: https://doi.org/10.1155/2016/5692852

Xie, A. J., Yin, H. S., Liu, H. M., Zhu, C. Y., & Yang, Y. J. (2018). Chinese quince seed gum and poly (N, N-diethylacryl amide-co-methacrylic acid) based pH-sensitive hydrogel for use in drug delivery. Carbohydrate polymers, 185, 96-104. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.007

Xu, W., Xiong, Y., Li, Z., Luo, D., Wang, Z., Sun, Y., & Shah, B. R. (2020). Stability, microstructural and rheological properties of complex prebiotic emulsion stabilized by sodium caseinate with inulin and konjac glucomannan. Food Hydrocolloids, 105, 105772. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105772

Yang, S. C., & Lai, L. S. (2003). Dressings and Mayonnaise | The Products and Their Manufacture. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 1892–1898. doi: https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00363-1

Yang, S., Mu, T. H., Ma. M.M. (2018). Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp, Food Chemistry, 244:197-205. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.059

Yao, Y. T., Wang, W. Y., Liu, H. M., Hou, L. X., & Wang, X. D. (2021). Emulsifying properties of Chinese quince seed gum in oil-in-water emulsions. LWT, 147, 111560. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111560

Ye, A., Hemar, Y., & Singh, H. (2004). Flocculation and coalescence of droplets in oil-in-water emulsions formed with highly hydrolysed whey proteins as influenced by starch. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 38(1), 1-9. doi: https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2004.07.011 Web of Science

Ye, J., Hua, X., Wang, M., Zhang, W., & Yang, R. (2019). Effect of extraction pH on the yield and physicochemical properties of polysaccharides extracts from peanut sediment of aqueous extraction process. Lwt, 106, 137-144. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.049

Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazicioğlu, R., Tarhan, Ö., & Kolaylı, S. (2010). Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. Akademik Gıda, 8(6), 44-51.

Yoo, B., & Rao, M. A. (1996). Creep And Dynamıc Rheological Behavior Of Tomato Concentrates: Effect Of Concentration and Finisher Screen Size. Journal of Texture Studies, 27(4), 451-459. doi: https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00087.x

Zhang, J., Wen, C., Chen, M., Gu, J., Ma, H. (2019). Antioxidant activities of Sagittaria sagittifolia L. polysaccharides with subcritical water extraction, International Journal of Biological Macromolecules, 134:172-179. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.047

Zhai, H., Gunness, P., & Gidley, M. J. (2021). Depletion and bridging flocculation of oil droplets in the presence of β-glucan, arabinoxylan and pectin polymers: Effects on lipolysis. Carbohydrate polymers, 255, 117491. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117491

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food chemistry, 64(4), 555-559. doi: https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Akgül, C., Karasu, S., Karadağ, A., Akçiçek, A., Formulatıon Optimization According To The Rheological Characteristics Of Low-Fat Salad Dressing Stabilized With Rocket (*Eruca Sativa Mill*) Seed Gum, Çukurova 6th International Scientific Researches Conference 5 - 6 March 2021, Adana, Turkey

Makaleler

1. Akgül, C., Akçiçek, A., Karadağ, A., Karasu, S., 2022. Formulation optimization of Low-Fat Emulsion Stabilized by Rocket Seed (Eruca Sativa Mill) Gum as Novel Natural Fat Replacer: Effect on Steady, Dynamic and Thitsotropic Behavior, Acta Scientarium Technology, 44: e56006-e56006.