T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK PRES YAĞ YAN ÜRÜNLERİNDEN ELDE EDİLEN GAMLARIN TİKSOTROPİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ

Taha HIJAZI

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Salih KARASU

Eylül, 2022

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK PRES YAĞ YAN ÜRÜNLERİNDEN ELDE EDİLEN GAMLARIN TİKSOTROPİK DAVRANIŞLARININ MODELLENMESİ

Taha HIJAZI tarafından hazırlanan tez çalışması 12.09.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Gıda Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Salih KARASU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Salih KARASU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Osman SAĞDIÇ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa MORTAŞ, Üye
Ondokuz Mayıs Üniversitesi _____

Porf. Dr. Muhammet ARICI, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğretim Üyesi Halime PEHLİVANOĞLU, Üye
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Salih KARASU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Soğuk Pres Yağ Yan Ürünlerinden Elde Edilen Gamların Tiksotropik Davranışlarının Modellenmesi" 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.

Taha HIJAZI

İmza

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve çalışmalarımın her aşamasında kıymetli ve değerli yardımlarını benden esirgemeyen, bilimsel bilgi ve deneyimlerini mütemadiyen benimle paylaşan birlikte çalışmaktan onur ve gurur duyduğum saygıdeğer tez danışman hocam Sayın Doç. Dr. Salih KARASU'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım ve eğitimim boyunca yardıma gereksinim duyduğum her anda desteklerini daima arkamda hissettiğim Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün değerli öğretim üyeleri, araştırma görevlilerine ve tez savunmamda yer alan saygıdeğer jüri üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca yardıma gereksinim duyduğum her anda desteklerini daima yanımda hissettiğim, Sayın Dr. Zeynep Hazal TEKIN ÇAKMAK ve Öğr. Gör. Dr. ABDULLAH BAYCAR'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, vatana ve millete faydalı bir birey olmam için beni yetiştiren babam Sayın ABDULKAFI, annem Sayın AMMAL ve AİLEM'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Taha HIJAZI

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ x
ÖZET xi
ABSTRACT xiii
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 3
1.3 Hipotez 3
2 LİTERATÜR TARAMASI 4
2.1 Soğuk Pres Yağ Atıkları ve Geri Kazanım Potansiyelleri 4
2.2 Keten Tohumu 10
2.3 Chia Tohumu 11
2.4 Chia Tohumlarında Kimyasal Bileşim ve Fitokimyasallar 12
2.5 Chia Tohumu ve Türevi Ürünlerinin Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları 16
2.6 Chia Müsilaj 17
2.7 Chia Gamı 18
2.8 Soğuk Preslenmiş Chia Tohumu Yağının Uygulamaları 18
2.9 Roka Tohumu 19
2.10 Soğuk Preslenmiş Yağlı Tohum Kalıntılarından Gamların Ekstraksiyonu 21
2.11 Yöntemler 22
2.12 Emülsiyonların Genel Özellikleri 24
2.13 Emülsifikasyon Teorileri 24
2.14 Mayonez Özellikleri 24
2.15 Vegan Mayonez 26
3 MATERYAL VE YÖNTEM 30
3.1 Materyal 30
3.2 Yöntemler 30
4 SONUÇ VE ÖNERİLER 36
4.1 Gam Karakterizasyonu 36

4.2 Tiksotropik Özellikler 42
4.3 Farklı Gam Türleri ile Az Yağlı Vegan Mayonez Örneklerinin Reolojik Özellikleri, Zeta Potansiyeli ve Partikül Büyüklüğü ve Oksidatif Kararlılığı. 47
4.4 Öneriler 52
KAYNAKÇA **55**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **68**

SİMGE LİSTESİ

Ai	Activities of Daily Life
C	Alternate Step Test
CR	Cross Step moving on Four Stops
$_H$	Demura's Fall Risk Assessment Chart
$fc(.)$	Dynamic Bayesian Networks
$_i$	Electromyography

KISALTMA LİSTESİ

AG	Arap Gamı
AG-VM	Vegan Mayonez içeren Arap Gumı
CSG	Chia Seed Gum
FRI	Fall Risk Index
FSG	Flaxseed Gum
GDP	Gross Domestic Product
GG	Guar Gamı
GG-VM	Vegan Mayonez Guar Gumı içerir
GUGT	Get-Up-ang-Go Test
MEMs	Micro-Electromechanics
MTC	Minimum Toe Clearance
PCA	Principal Components Analysis
PPA	Physiological Profile Assessment
PPP	Purchasing Power Parities
RG-VM	Roka Tohumu yan ürünü içeren vegan Mayonez Gumı
RSG	Rocket Seed gum
SMWT	Six Meter Walking Test
XG	ksantan Gamı
XG-VM	Vegan Mayonez ksantan Gumı içerir

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Soğuk preslenmiş yağ hakkında yayınlanan makalelerden alınan toplam yıllık atıf sayısı (2009–19) 9

Şekil 2.2 Chia tohumlarının temel bileşenleri 13

Şekil 4.1 400 ve 4000 cm^{-1} arasındaki spektral bölgede FSG, CSG ve RSG'nin FTIR spektrumları 38

Şekil 4.2 Farklı konsantrasyonlara sahip FSG (keten tohumu yan ürün gamı), CSG (chia tohumu yan ürün gamı) ve RSG (roka tohumu yan ürün gamı) çözeltilerinin sabit kesme reolojik özellikleri ((a):CSG(%1–2)),(b): FSG (%1–2),(c): RSG(%1–5)). 39

Şekil 4.3 CSG'nin viskozitesi: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: farklı konsantrasyonlarda roka tohumu yan ürün gamı çözeltileri (a: CSG (%1–2), b: FSG (%1–2) , c: RSG (%1–5)) 42

Şekil 4.4 CSG: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: farklı konsantrasyonlarda roka tohumu yan ürün gamı çözeltileri (a : CSG (1) için sabit bir kesme hızında (0,5 s^{-1}) zamana karşı kayma gerilimi –2%), b: FSG (%1–2), c: RSG (%1–5)) 42

Şekil 4.5 3-ITT CSG'nin reolojik özellikleri: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: farklı konsantrasyonlarda roka tohumu yan ürün gam çözeltileri ((a): CSG (%1–2), (b): FSG (%1–2), (c): RSG (%1–5)). 44

Şekil 4.6 (a): CSG: chia tohumu yan ürün gamı (%1–2), (b): FSG: keten tohumu yan ürün gamı (%1–2), (c): RSG: roka tohumu yan ürün gamı (%1–5) farklı konsantrasyonlarda çözeltiler. 46

Şekil 4.7 Farklı gamlarla formüle edilmiş vegan mayonez örneklerinin reolojik özellikleri. (FG-VM: keten tohumu yağı yan ürünü gamı vegan mayonez, CG-VM: chia tohumu yağı yan ürünü gamı vegan mayonez, RG-VM: roka tohumu yağı yan ürünü gamı vegan mayonez, GG-VM: guar gamı vegan mayonez, XG-VM: ksantan gamı vegan mayonez, AG-VM: Arap gamı vegan mayonez). 50

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 CSG, FSG ve RSG'nin fizikokimyasal özellikleri.....37

Tablo 4.2 Gam çözeltilerinin sürekli kesme kuvveti kanunu parametreleri 40

Tablo 4.3 25 °C'de gam çözeltilerinin zamana bağlı akış davranışını tanımlayan Weltman ve ikinci dereceden yapısal kinetik model parametreleri..43

Tablo 4.4 3-ITT için ikinci dereceden yapısal kinetik model parametreleri 45

Tablo 4.5 CSG, FSG ve RSG çözümlerinin dinamik reolojik özelliklerinin güç kanunu parametreleri 47

Tablo 4.6 Farklı bir gam türü ile az yağlı vegan mayonez örneklerinin reolojik özellikleri 49

Tablo 4.7 Farklı bir gam türü ile vegan mayonez numunelerinin zeta potansiyeli ve parçacık boyutu 51

Tablo 4.8 90°C'de farklı bir gam türü ile vegan mayonez örneklerinin indüksiyon süresi (IP (h)) 52

ÖZET

Soğuk Pres Yağ Yan Ürünlerinden Elde Edilen Gamların Tiksotropik Davranışlarının Modellenmesi

Taha HIJAZI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Bu çalışma, soğuk pres yağ endüstrisi yan ürünlerinden Chia tohumu, Keten tohumu ve roka tohumundan elde edilen gamların karakterizasyonunu, sulu çözeltilerinin tiksotropik davranışının modellenmesini ve bu gamların yağ ikame maddeleri ve emülgatör olarak düşük yağlı vegan mayonez formülasyonunun geliştirilmesinde kullanım potansiyelini araştırmayı amaçlamaktadır. Öncelikle yağ atıklarından gam elde edişmiş ve elde edilen gamların fizikokimyasal ve reolojik karakterizasyonları yapılmıştır. CSG ve FSG ksiloz ve glukozu majör oranında içerirken RSG mannoz ve galaktoz şekerlerini majör oranında içermiştir. Chia tohumu gamı (CSG), keten tohumu gamı (FSG) ve roka tohumu gamı (RSG) çözeltileri, tüm konsantrasyonlarda kesme incelmesi akış davranışı gösterdi. CSG, FSG ve RSG çözeltileri için kıvam katsayısı değeri (K) değerleri 0,209 ile 49,028 $Pa.s^n$ arasında değişmiştir ve gam konsantrasyonu artıkça K değeri tüm gam önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$). G' için geri kazanım yüzdesi, gam tipi ve konsantrasyonlarından önemli ölçüde etkilenmiştir. CSG, FSG ve RSG tüm frekans aralığında depolama modülü (G') kayıp modülünden (G") daha yüksek

buşunmuştur. Bu durum gamların beklenen katı karaktere sahip olduğunu göstermiştir. Reolojik karakterizasyon, CSG, FSG ve RSG'nin gıda endüstrisinde koyulaştırıcı ve jelleştirici ajanlar olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir. Ayrıca, CSG, FSG ve RSG ile hazırlanan düşük yağlı vegan mayonez örneklerinin reolojik özellikleri, zeta potansiyeli, partikül boyutu ve oksidatif stabilitesi (90 °C'de) guar gam (GG), gam arabik (AG) ve ksantan gam (XG) gibi ticari gamlarla kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları CSG, FSG ve RSG nin, az yağlı vegan mayonez üreiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçları, bu çalışmanın keten tohumu, chia tohumu ve roka tohumu soğuk pres yağı yan ürününe değer katma konusunda yeni bir bakış açısı sunabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: soğuk preslenmiş yağ yan ürünü; gam; tiksotropik davranış; az yağlı vegan mayonez; koyulaştırıcılar; jelleştirici maddeler.

ABSTRACT

The Modeling of the Thixotropic Behavior of Gum Obtained from Cold Press Oil By-Products

Taha HIJAZI

Department of Food Engineering

PhD Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Salih KARASU

This study aims to characterize the gums obtained from cold pressed oil by-products as Chia seed, Flaxseed and rocket seed, to model the thixotropic behavior of their aqueous solutions, and to investigate the use of these gums as fat replacers and emulsifiers in the application of low-fat vegan mayonnaise formulation. First of all, gum was obtained from oil by-products and physicochemical and rheological characterizations of the obtained gums were performed. CSG and FSG contained xylose and glucose in major ratio, while RSG contained mannose and galactose sugars in major ratio. Chia seed gum (CSG), flax seed gum (FSG), and rocket seed gum (RSG) solutions showed shear thinning flow behavior at all concentrations. The consistency coefficient (K) values for CSG, FSG and RSG solutions ranged between 0.209 and 49,028 Pa.s and the K value increased significantly as the gum concentration increased ($p<0.05$). The percentage recovery for G' was significantly affected by gum type and gum concentrations. CSG, FSG and RSG have higher storage module (G') than loss module (G'') in the entire frequency range. This showed that the all gums had the expected solid character. The rheological characterization has shown that CSG, FSG and RSG can be evaluated as thickening and gelling agents in the food industry. In addition,

rheological properties, zeta potential, particle size and oxidative stability (at 90 °C) of low-fat vegan mayonnaise samples prepared with CSG, FSG and RSG, such as guar gum (GG), gum arabic (AG) and xanthan gum (XG) compared to commercial ones. The results of this study showed that CSG, FSG and RSG could be used in the production of low-fat vegan mayonnaise. The results of this study suggested that this study could offer a new perspective on adding value to the cold press oil byproduct of flaxseed, chia seed and arugula seed oil.

Keywords: cold-pressed oil by-product; gum; thixotropic behavior; low-fat vegan mayonnaise; thickeners; gelling agents.

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Yemeklik yağlar, steroller, tokoferoller ve doymamış yağ asitleri gibi yüksek miktarlarda biyoaktif bileşikler içerebilen her yerde bulunan diyet bileşenleri içerir [1]. Soğuk sıkım ekstrakte edilen yağlar herhangi bir rafinasyon ve kimyasal işleme tabi tutulmaz. Ayrıca soğuk preslenmiş yağ yan ürünleri, heksan gibi bir çözücüye maruz kalmadıkları için gıda endüstrisinde kullanılabilir. Soğuk pres yağ yan ürünlerinin işlenmesinden önce nem, üretim sırasında ise yağ uzaklaştırılır. Elde edilen yan ürünler proteinler ve polisakkaritler açısından zengindir. Günümüzde soğuk sıkım yağı yan ürünleri beslenme ve teknoloji açısından önemli bir kaynak olmasına rağmen gıda endüstrisinde yeterince yer almamıştır. Bununla birlikte, yemeklik yağ endüstrisinin soğuk preslenmiş yağ yan ürünlerinin katma değerli ürünlere dönüştürülerek yeni kullanımlarının geliştirilmesi, bunların atık olarak bertaraf edilmesini engelleyecek ve sürdürülebilir ve rekabetçi endüstriyel tedariki teşvik edecektir [2]. Keten tohumu, chia tohumu, roka tohumu gibi tohumların soğuk sıkım yağlı yan ürünleri doğal gam açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu yan ürünler yüksek gam içeriğine sahiptir ve kolayca elde edilebilir.

Keten tohumu (Linum usitatissimum L.) zengin diyet lifi (ağırlıkça ~%30), doymamış yağ (ağırlıkça ~%40) ve biyoaktif protein/peptidler (ağırlıkça ~%20) içerir [3,4]. Soğuk preslenmiş keten tohumu yağı yan ürünleri (FOB), ıslak bazda %46,37 karbonhidrat, %27,67 protein, %9,15 yağ ve %2,87 kül içeriyordu [5]. Keten tohumu gamı (FG), keten tohumundan elde edilen doğal bir polisakkarit ve protein karışımıdır. FG, çözünür diyet lifi bakımından zengindir (keten tohumunun ağırlıkça %3-9'u) ve koyulaştırıcı, stabilizatör, jelleştirici ajan ve emülgatör olarak kullanılabilir [6-8].

Chia tohumu (Salvia hispanica L.) karbonhidratlar (~%42, esas olarak diyet lifi), proteinler (%17-24), yağ (%25-40) ve omega-3/omega-6 yağ asitleri açısından zengindir. (toplam yağın %60-80'i) [9]. Chia tohumlu gam (CSG) olarak da bilinen chia tohumu polisakkariti (CSP), chia tohum kabuğundan izole edilen suda çözünür bir anyonik heteropolisakkarittir [10]. Chia tohumu, aynı zamanda çözünür lif görevi görebilen yaklaşık %5 oranında müsilaj içerir [11]. Yüksek polisakkarit ve protein içeriği nedeniyle, soğuk sıkım yağ endüstrisinden elde edilen chia tohumu yağı yan ürünleri doğal bir yağ ikame kaynağı olarak kabul edilebilir [12]. Chia tohumu gamı, diyet lifi takviyeleri, yağ ikame maddeleri, jelleştirici maddeler, koyulaştırıcılar, stabilizatörler, emülgatörler, hacim artırıcı maddeler ve film/kaplama maddeleri dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir [13].

Roka tohumu (Eruca sativa), polifenoller, lifler ve glukozinolatlar gibi sağlığı teşvik eden çeşitli fitokimyasal bileşikler içerir. Yüksek yağ içeriği (%20.0) nedeniyle endüstride yağ üretimi için ve erusik asit, plastikleştiriciler, yüzey aktif maddeler, deterjanlar, kaplamalar ve polyesterler gibi çok çeşitli endüstriyel ürünlerin imalatında kullanılmaktadır [14]. Roka tohumu önemli miktarda toplam karbonhidrat (%23,1), ham lifler (%20,4) ve protein (%31,0) içerir [15]. Karbonhidrat ve protein içeriği sayesinde roka tohumları, olağanüstü fonksiyonel özelliklere sahip makul gam içeriğine sahiptir. Roka tohumu gamı (RSG) yüksek karbonhidrat (%80,38) ve düşük protein (%5.81) içeriğine sahip olduğundan, gam elde edilirken kullanılan saflaştırma yöntemi uygun olabilir. Gamın protein içeriği, onun emülsiyonunu, köpürmesini ve film oluşturma kapasitesini belirleyen çok önemli bir parametredir. Ticari gamlar karşılaştırıldığında, RSG'nin protein içeriği ksantan gamından (%2,125) daha yüksek, guar gamından (%8,19) daha düşük ve keçiboynuzu gamından (%5,2-7,4) yakındır [16].

Mayonez, esas olarak bitkisel yemeklik yağ (%70-80), yumurta sarısı, sirke ve tuzdan oluşan su içinde yarı katı bir yağ (y/s) emülsiyonudur [17]. Yumurta sarısı, mayonezin stabilitesini sağlayan bileşenler arasında önemli bir yere sahiptir ve nihai ürünün genel organoleptik özelliklerine katkıda bulunur [18]. Bununla birlikte, son zamanlarda sağlık ve çevresel kaygılar nedeniyle, özellikle mayonez analoglarının oluşturulmasında, yumurtaları bitki bazlı bileşenlerle değiştirmeye

yönelik artan bir eğilim olmuştur. Yumurta sarısı, mayonez gibi emülsiyon ürünlerinde yağ damlacığı dağılımını ve emülsiyon stabilitesini etkileyen önemli bir bileşendir. Bu nedenle vegan mayonez üretiminde yumurta sarısına alternatif bir stabilize edici ajan bulmak oldukça zordur. Son yıllarda yumurta sarısına alternatifler üzerine yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır. Bu çalışmada, CSG, FSG, RSG, AG, GG ve XG kullanılarak az yağlı vegan mayonez örnekleri hazırlanmış ve reolojik özellikleri karşılaştırılmıştır.

Farklı gam çözeltilerinin reolojik özellikleri üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Doğal gamların tiksotropik özellikleri üzerine yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Bu anlamda literatürde önemli boşluklar bulunmaktadır. Bu çalışmada, soğuk pres chia tohumu, keten tohumu ve roka tohumu yağı yan ürünlerinden doğal gamlar üretilmiştir. Bu çalışma aynı zamanda 3-ITT gibi spesifik reolojik testler kullanarak çok çeşitli gamların tiksotropik davranışını gösterecektir. Ayrıca, soğuk preslenmiş yağ yan ürünlerinden üretilen gamlar, beklenen kalitede daha stabil bir O/W emülsiyonu elde etmek için mayonez ve salata sosları gibi suda yağ (y/s) emülsiyonları için alternatif bir emülgatör olarak kullanılabilir. Bu çalışmada, vegan mayonez üretiminde yumurta sarısı ikame maddesi olarak yan ürün gamlar kullanılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, soğuk pres chia tohumu, keten tohumu ve roka tohumu yağı yan ürünlerinden elde edilen doğal gamların 3-ITT gibi spesifik reolojik testler kullanarak bu gamların tiksotropik davranışının incelenmesi ve vegan mayonez üretiminde yumurta sarısı ikame maddesi olarak soğuk pres yağ endüstrisinin yan ürünlerinden elde edilen bu gamların kullanılması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Soğuk pres yağ endüstrisinin yan ürünleri olan Chia, Keten ve roka tohumu yan ürünlerinin kullanılarak elde edilen gamlar ile reolojik özelliklerinde herhangi bir değişim meydana getirmeden optimum niteliğe sahip yağ içeriği azaltılmış vegan mayonez üretilebilir.

2
LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Soğuk Pres Yağ Atıkları ve Geri Kazanım Potansiyelleri

Geleneksel yağ elde etme yöntemleri aşırı miktarda organik çözücü kullanır ve yüksek enerji girdisi gerektirir. Organik solvent imhasıyla ilgili mevcut çevresel sorunlar, yemeklik yağların ekstraksiyonu için çevre dostu ve enerji açısından verimli alternatif yöntemler gerektirmektedir. Yemeklik yağ ekstraksiyonu için yeşil teknolojilere uygun bazı alternatif yöntemler belirlendi. Yeşil yağ ekstraksiyonu yöntemleri. Soğuk presle ekstraksiyon (CPE), ultrasonik destekli ekstraksiyon (BAE), mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE), kritik altı ekstraksiyon (SWE) ve süper kritik ekstraksiyon (SFE), çevre dostu olmaları ve enerji verimliliği nedeniyle dikkat çekmiştir. Bu ekstraksiyon yöntemleri, toksik organik çözücülerin kullanımını en aza indirmek ve daha kaliteli bir nihai ürün geliştirmeye odaklanarak biyoaktif yağda çözünen bileşikleri açığa çıkarmak için uygulanır.

Alternatif geleneksel olmayan yağ çıkarma tekniklerinin kullanımı son yıllarda dikkat çekmiştir. Geleneksel olmayan yenilebilir rafine edilmemiş yağlar, soğuk preslenmiş yağlar ve sızma yağlar olarak adlandırılır [20]. Yağlı tohum endüstrisinde, özütlenen yağların besin kalitesindeki, fizikokimyasal ve duyusal özelliklerindeki zararlı değişiklikleri en aza indirirken, çözücülerden kaynaklanan karbon ayak izini azaltırken uygulanan tekniklerdir. Basınçlı sıvı (PLE), darbeli elektrik alanı (PEF), yüksek hidrostatik basınç (HHP), yüksek voltajlı elektrik deşarjları (HVED), SFE, BAE ve MAE geleneksel yöntemlere alternatif olarak kabul edilen yeşil teknolojilerdir. Göre Codex Alimentarius, soğuk presleme sadece mekanik işlemlerle ısıl uygulama yapılmadan yapılır ve ürün petrolün doğasına zarar vermeden üretilir [21].

Çoğu yenilebilir bitki yağının kaynak malzemeleri, yaygın yağlı tohumlar, yağ içeren meyveler, sert kabuklu yemişler ve bazı yağ içeren çekirdeklerdir. Kaynak malzemelerden endüstriyel ölçekte yağ üretimi genellikle vidalı veya ekspeller presler, solvent ekstraksiyon sistemleri ve pres ve solvent ekstraksiyon (genişletici solvent ekstraksiyon ve prepresssolvent ekstraksiyon) sistemlerinin kombinasyonu ile gerçekleştirilir.

Tüm yağ geri kazanım sistemlerinde amaç; mümkün olduğu kadar yüksek verim ve saflıkta sıvı ve katı yağlar, mümkün olduğunca diğer kullanımlara uygun yemek veya yan ürünler elde etmek, Mümkün olduğunca az ve çevre dostu atık üretmek ve tüm süreci mümkün olduğunca mümkün ve ekonomik hale getirmektir. Soğuk presleme hariç tüm işlemler, doğrudan insan tüketimine uygun olmayan ve daha fazla rafinasyon ve modifikasyon işlemleri gerektiren ham yağlar/sıvı yağlar verir [22].

Soğuk presleme, düşük verimle yüksek değerli yağ üreten bir yağ üretim yöntemidir. Çok temiz, saf, homojen ve güvenli yağ içeren malzemelerin çok hafif çalışma koşullarında hem yağa hem de küspeye zarar vermeyecek şekilde preslenmesi esasına dayanır. Bu amaçlar için genellikle tek veya çok kafalı, elektrikle çalışan, sıcaklık kontrol sistemlerine sahip kısa vidalı presler kullanılmaktadır. Soğuk preslenmiş yağlar tatları, aromaları, renkleri ve görünümleri açısından olağanüstüdür. Sadece santrifüj edildikten veya preslendikten sonra süzüldükten sonra herhangi bir rafinasyon işlemi yapılmadan satılmaktadır. Soğuk pres yağlar çoğu zaman özel gıda müstahzarları için, nutrasötik olarak veya gıda zenginleştirme amacıyla aromaterapi, kozmetik kullanımlar ve kapsüllü ürünlere ek olarak kullanılmaktadır. Soğuk presleme yöntemi daha çok geleneksel olmayan, daha az yaygın olan ve besin değeri yüksek olan yağlı tohumlardan ve çekirdeklerden yenilebilir yağ ekstrakte etmek amacıyla tercih edilmektedir. Çeşitli tohum ve çekirdek türleri, yağlarını elde etmek için soğuk preslenmiştir [23].

Bir başka çalışmada, greyfurt tohumları, işlenmiş ile naringinaz/hesperinidaz enzimleri ile muamele edilmiş (enzim muamelesi yapılmamış) ve yağ üretimi için soğuk preslenmiştir. Üretilen yağlar fiziksel, kimyasal ve duyusal analizlerle tam

olarak karakterize edilmiştir. Fizikokimyasal verilerin bir kısmı (antioksidan kapasitesi, flavonoid ve fenolik asit bileşimi, uçucu aromatik bileşimi) ve duyusal tanımlayıcı analiz ilk kez bu yağ için temel bilgiler olarak verilmiştir. Soğuk pres greyfurt çekirdeği yağının biyoaktif ve aromatik açıdan zengin bir yağ olduğu ancak belirgin bir acı ve buruk tada sahip olduğu gösterilmiştir. Yağ preslemeden önce ezilmiş tohumların acılık giderici enzimlerle muamele edilmesi bazı flavonoidlerin miktarını azalttı, ancak duyusal panel tarafından ölçülen acı tat yeterince azalmadı. Bu nedenle bu yağ doğrudan yemeklik yağ olarak tüketilemez, ancak bazı acılık giderme ve/veya rafinasyon işlemleri uygulanabilir. Aksi takdirde, yağ, narenciye flavonoidleri ve fenolik asitleri sağlamak için yenilebilir yağları veya fonksiyonel amaçlarla gıdaları zenginleştirmek için kullanılabilir, kozmetik, kimyasal, enerji vb. sektörlerde de değerlendirilebilir [24].

Bir başka çalışmada; Avokado yağın hem ön ekstraksiyonunu hem de ekstraksiyon prosedürlerini içeren soğuk işlem umut vericidir çünkü işlem herhangi bir reaktif kullanımından yoksundur ve böylece tüketime uygun hale getirir.

Sürecin, besinlerini, lezzetini ve zenginliğini koruyan ve böylece sağlıklı özelliklerini koruyan sınırlı emek ve düşük sıcaklıklar gerektirdiğini vurgulamak yeterlidir.

Değerlerin bazıları kabul edilebilir standartlar dahilinde olsa da, bu parametreleri kabul edilebilir standartlar altına getirmek için yağın biraz rafine edilmesini gerektiren bazı deneyimli dallar çok azdır [25].

Bir başka çalışmada, ekstrakte edilen faveleira tohumu yağındaki fizikokimyasal özellikleri ve tokoferol içeriğini değerlendirmek için bir yapılan bir çalışmada kullanılan yöntemler Bligh-Dyer, Soxhlet çıkarıcı ve soğuk preslemedir. Yöntemlerin her biri farklı verim yüzdeleri üretti, soğuk presleme ile en az miktarda yağ üretir. Soğuk pres yönteminin daha kaliteli yağ ürettiğini düşük asitlik (1,56 ± %0,01 oleik asit) ve düşük peroksit değeri (0,45 ± 0,09 mEq/1000 g) dahil olmak üzere daha fazla istenen özelliklerdir.

Son yıllarda ticari anlamda yaygınlaşan bir uygulama olan soğuk pres metodu, yüksek miktarda besin maddeleri içermesi nedeniyle tüketicilerin doğal ve güvenli gıda anlayışına cevap vermektedir. Soğuk pres uygulaması herhangi bir sıcaklık ve

kimyasal madde prosesi içermez [26]. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde "soğuk preslenmiş natürel yağ"ın tanımı; doğrudan tüketime uygun olan, ısıl işlem olmaksızın sadece mekanik yöntemle elde edilen yağ şeklindedir. Rafine edilmiş yağlara göre, kaliteli ve besin değeri daha yüksek yağ elde edilmesi, son yıllarda bu yöntemle elde edilen yağlara olan ilginin artmasına neden olmuştur. Soğuk pres yöntemi ile ekstraksiyon yöntemleri gibi yağ elde etme proseslerine kıyasla daha düşük miktarlarda yağ elde edilmesine rağmen, soğuk pres yönteminde herhangi bir kimyasal çözücü kullanılmadığından yağlar kimyasal içermediğinden tüketicinin güvenini sağlayacak hale gelmektedir [27]. Soğuk pres dışındaki diğer metotlar ile elde edilen yağların fizikokimyasal özellikleri karşılaştırıldığında soğuk pres yöntemi kullanılarak elde edilen yağların kalite parametrelerinde (serbest yağ asidi gibi) daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. α, β, γ, δ tokoferol değerleri ve sterol bileşikleri, toplam fenoller ve timokinon oranları daha yüksek bulunmuştur. Ekstrakte edilmiş diğer yağlara kıyasla soğuk pres metodu ile elde edilen yağlar, doğal antioksidan bileşikleri daha yüksek seviyede içerdiği için, raf ömrünü artırmak amacı ile bütillendirilmiş hidroksitoluen (BHT) gibi sentetik antioksidan yerine kullanılabilir. Soğuk pres yağlar üzerine yapılan araştırmada soğuk sıkım yağların farklı kimyasal bileşenlere sahip olduğu ve omega 3-6 açısından zengin olduğu, sağlıklı yaşam için tercih edilebileceği düşünülmektedir. Son yıllarda soğuk pres ile yağ eldesine olan ilgi, rafine edilmiş yağlara göre daha kaliteli ve besin değeri yüksek yağ elde edilmesinden dolayı artmıştır. Yüksek sıcaklık uygulamadan ve organik çözücü kullanmadan, sadece öğütme basıncı uygulayarak elde edilen yağ çıkarma yöntemi soğuk pres olarak adlandırılmaktadır. Endüstride yağlı tohumlardan soğuk pres yöntemi ile 3 yağ elde edilmesinde temizleme, kurutma, öğütme ve pres aşamaları uygulanmaktadır. Az enerji harcanması, kolay uygulanabilmesi, kimyasal ve ısıl işlem aşamalarının olmaması, oldukça yüksek yağ kalitesinin olması soğuk pres yönteminin avantajlarıdır. Ancak yağ verimi çözücü yardımıyla yapılan ekstraksiyonlara göre oldukça düşüktür [28].

Soğuk presleme teknolojisinin dezavantajları, Yağ ekstraksiyonu için kullanılan yöntemler, fonksiyonel özelliklere sahip olan bileşiklere zarar verebilir ve yağ oksidasyonunu hızlandırabilir. Son zamanlarda, bu yağların yüksek besin

değerlerine sahip olması nedeniyle besinsel kaybı en aza indirien soğuk presleme yöntemi daha fazla önem kazanmaktadır. Vold presleme teknikleri, tüketicilerin güvenli ve doğal ürünlere yönelik istekleri nedeniyle geleneksel yöntemlerin ilginç bir alternatifi haline geliyor, yenilebilir ürünler [21,29]. Bu teknolojinin endüstriyel düzeydeki avantajları, daha düşük enerji tüketimini ve daha düşük yatırım maliyetini içerir. Bu ekstraksiyon, zehirli çözücüler veya tohumların termal şartlandırılmasını kullanmaz ve atık su üretmez. Bilişim Teknoloji çalışanlar için güvenli bir çalışma ortamı sağlar, solvente kıyasla daha düşük çevresel etkiye sahiptir. Ekstraksiyon ve daha yüksek esneklik gösterir çünkü çeşitli tohum türlerinin işlenmesi hızlı ve kolaydır. Soğuk presleme ile elde edilen yağlar, daha fazla antioksidan ve steroller, karotenoidler ve fenolikler gibi biyoaktif maddeler içerdiklerinden rafine yağlara oranla daha değerlidir. Soğuk presleme tekniklerinin en önemli dezavantajı, geleneksel yöntemlere kıyasla yüksek sermaye veya yatırım gerektirmesidir. Ayrıca, soğuk preslenmiş yağların verimliliği düşüktür ve her zaman aynı kalitede değildir. Çoğu CPO yüksek miktarda içerir oksidatif stabilite açısından dezavantajlı olabilecek çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA). CPO da olabilir daha yüksek miktarda prooksidatif bileşik içerir, bu nedenle raf ömrü rafine yağlara kıyasla daha kısa olabilir [29].

2.1.1 Soğuk preslenmiş yağların (CPO) özellikleri ve spesifik fitokimyasalları

Yağda çözünen biyoaktif maddelerin insan sağlığına katkısı, bileşimleri ile belirlenir. Yağ asitleri profili (özellikle omega-9, omega-6 ve omega-3) ve yüksek değerli minör lipid bileşikleri (yani tokoller, steroller, glikolipidler, fosfolipidler, aroma bileşikleri ve fenolikler) sağlığı geliştirici özellikler sergiler ve olumlu etkiler. Biyolojik fonksiyonlar.

Yağları çıkarmak için kullanılan tekniklerin yanı sıra ağartma, arıtma ve koku giderme gibi işlem adımları biyoaktif bileşenlerini etkiler. CPO genellikle sağlığı geliştirici özelliklere sahip benzersiz fitokimyasallar içerir. İçin örneğin, soğuk preslenmiş nar çekirdeği yağı, punisik asit (C18:3-9cis, 11trans, 13cis) ve a-eleostearik içerir. punisikasit, aynı zamanda trikosanik asit olarak da bilinir, bir

omega-5 uzun zincirli PUFA'dır ve konjuge linoleik asit ve a-linolenik asit ile yapısal benzerlikleri olan bir konjuge a-linolenik asit izomeridir [31].

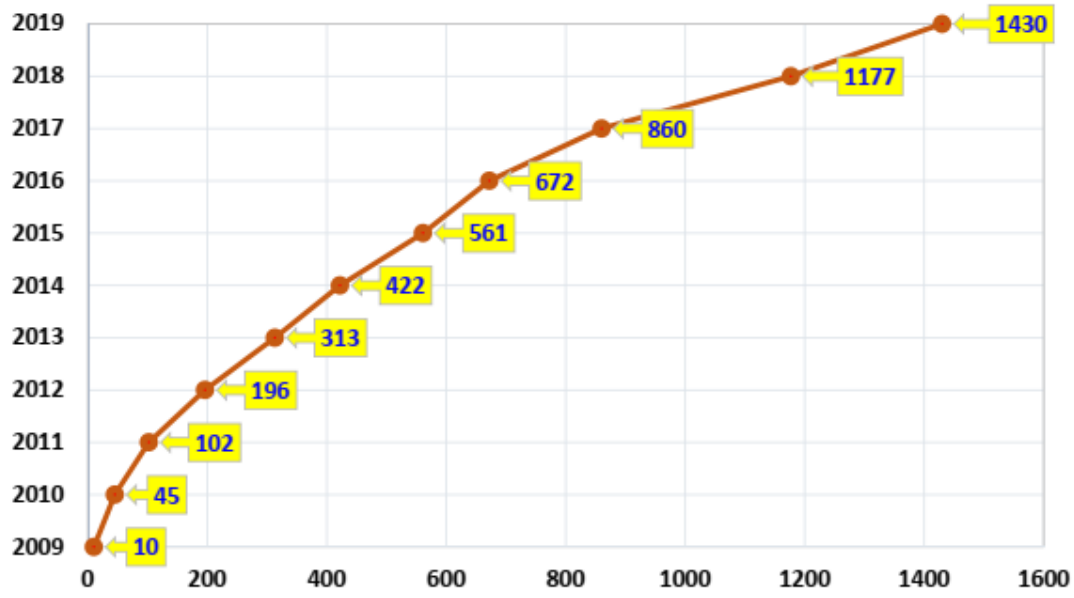
Bu konjuge yağ asitlerinin potansiyel sağlık yararları bilim adamları ve tüketiciler için giderek daha ilginç hale getirdiler.

Başka bir örnek, soğuk preslenmiş çam fıstığı yağında bulunan pinolenik asittir (PNLA; tümü cis-5,-9,-12-18:3). Bu asit, Çam fıstığındaki yağ asitlerinin %14-19'unu oluşturan, temel polimetilen kesintili yağ asididir (D5-UPIFA) .

Pinolenik asit, mideyi ve mide astarını koruyan ve güçlendiren antiinflamatuar özelliklere sahiptir.Soğuk preslenmiş Kore çam fıstığı yağları sayesinde besin takviyesi olarak kullanılır. pinolenik asit ve antioksidanlar[30,31].

2.1.2 Literatürde soğuk preslenmiş yağlar (CPO)

Soğuk preslenmiş yağlarla ilgili yayınlar 2009 yılından itibaren artmaya başlamış ve 2018-2019 yıllarında 1000'in üzerine çıkmıştır (Şekil 2.1). Eksenlere isim yaz. Y ekseni "yıl", x ekseni "yayın sayısı".



Şekil 2.1 Soğuk preslenmiş yağ hakkında yayınlanan makalelerden alınan toplam yıllık atıf sayısı (2009–19) [21,32]

2.1.3 Soğuk preslenmiş yağ ve yağ bileşenlerinin sağlığı geliştirici özellikleri

CP-CSO, nutrasötik değerleri ve kronik hastalıkları önlemesi nedeniyle tüketiciler arasında popüler hale geliyor, Yağ, strese bağlı hastalıkların önlenmesi için doğal antioksidan kaynakları olarak tokoferoller ve polifenoller sağlar, ROS'un oksidatif zararı ile.

Soğuk pres ekstraksiyonundan elde edilen yağla ilgili çalışmalar, kardiyovasküler hastalık riskini azaltmak için dengeli bir o-6 LA ila o-3 ALA oranıyla bağlantılı olarak, o3 ALA ve o-6 LA'nın sağlık yararlarını göstermektedir [33].

Son araştırmalar, antihipertansif, antidiyabetik, antiobezite ve antikolesterol, kardiyovasküler hastalıkların risk faktörlerinin önlenmesinde yağın sağlığı geliştirici özelliklerini araştırmıştır.

Hayvan çalışmalarında, ALA olarak öğütülmüş chia takviyesi ile beslenen Wister sıçanlarının, trigliserit ve kolesterolde önemli bir azalmaya sahip olduğu gözlemlendi,12 hafta boyunca günlük 35 g/gün chia unu tüketimine tabi tutulan 26 hipertansif denekten oluşan bir grup üzerinde insan çalışmaları rapor edilmiştir; denekler, bir antihipertansif ilaç verilen bir grupla karşılaştırıldığında, kan basıncında ve sistolik basınçta önemli bir azalma göstermiştir [34].

2.2 Keten Tohumu

Keten tohumu (Linum usitatissimum L.), zengin diyet lifi (ağırlıkça ~%30), doymamış yağ (ağırlıkça ~%40) ve biyoaktif protein/peptidler (ağırlıkça ~%20) içerir. Soğuk pres keten tohumu yağı yan ürünleri (FOB) ıslak bazda %46,37 karbonhidrat, %27,67 protein, %9,15 yağ ve %2,87 kül içermektedir. Keten tohumu zamkı (FG), çözünür diyet lifinin ana bileşeni olarak kalınlaştırıcı, stabilizatör, jelleştirici ajan ve emülgatör olarak kullanılabilen keten tohumundan elde edilen doğal bir polisakarit ve protein karışımıdır (ağırlıkça %3-9) keten tohumu [35].

Keten tohumu, yüksek miktarda diyet lifi içeren (üçte ikisi çözünmezdir ve üçte biri çözünür lif) ve yüksek kaliteli protein ve iyi bir doymamış yağ asidi kaynağı olan potansiyel bir fonksiyonel gıdadır. Keten tohumundaki yüksek miktarda

polisakkarit ve proteinler, iyi emülsiyonlaştırma özelliği, emülsiyonların stabilizasyonu, su tutma kapasitesi, yüzey veya ara yüzey ipleri, partiküllerin süspansiyonu, kristalleşmenin kontrolü, kapsülleme, bir sıvı oluşumu gibi bazı önemli özellikler sağlar. o/w emülsiyonları film kalınlaştırıcı ve jelleştirici ajan olarak kullanılabilir.

Soğuk pres keten tohumu yağı ender bitki kaynaklarından biridir. Özellikle üzerinde yararlı etkileri olan omega-3 yağ aside kardiyovasküler hastalık, insülin direnci, Tip 2 diyabet ve tüketimi her geçen yıl artmaktadır. Soğuk pres işleminden sonra elde edilen yan ürün, yüksek besin değerine ve emülgatör, stabilizatör ve yağ ikame maddeleri gibi bazı teknolojik özelliklere sahiptir, keten tohumu ilavesinin Çin'de buharda pişirilmiş ekmeğin fizikokimyasal, besinsel ve duyusal özellikleri üzerindeki etkisini inceledi. Keten tohumu ilavesinin (%15) in vitro antioksidan aktivitelerini arttırdığı, duyusal özelliğini önemli ölçüde etkilemeden ekmeğin in vitro nişasta sindirilebilirliğini azalttığı bildirilmiştir.

Keten tohumu yan ürünleri ayrıca in vitro antioksidan aktiviteyi arttırmak ve glisemik indeksi azaltmak için kullanılabilir. Keten tohumu gamının o/w emülsiyonunun reolojik özellikleri üzerindeki etkisi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte, keten tohumu yağı yan ürünlerinin (FOB) az yağlı salata sosunda kullanılmasıyla ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Salata soslarının reolojik analizi araştırılmıştır. Literatürde yeterli bir formülasyon, işlem koşulları ve kalite özellikleri, duyusal nitelikler, raf ömrü ve mikro yapı salata sosu seçiminde önemlidir. Salata sosu tipi emülsiyonların kararlı ve dinamik reolojik özellikleri üzerine çeşitli araştırmalar. 3-ITT salata sosunun reolojik özellikleri literatürde sınırlı araştırmalara rastlanmıştır [43,44].

2.3 Chia Tohumu

Chia olarak da bilinen Salvia hispanica L.; Güney Meksika ve Kuzey Guatemala'dan Güneydoğu Asya, Güney Afrika, Kuzey ve Güney Amerika dahil olmak üzere dünyanın çeşitli bölgelerine yayılış gösteren yıllık otsu bir bitkidir. Bugün sadece Meksika ve Guatemala'da değil, aynı zamanda Avustralya, Bolivya, Kolombiya, Peru, Arjantin, Amerika ve Avrupa'da da yetiştirilmektedir. Günümüzde Meksika, dünyanın en büyük chia üreticisi olarak tanınmaktadır.

Yaklaşık 900 türü bulunan chia taksonomide Lamiales takımı, nanegiller ailesi, Nepetoideae alt familyasının Salvia cinsinde yer almaktadır [45].

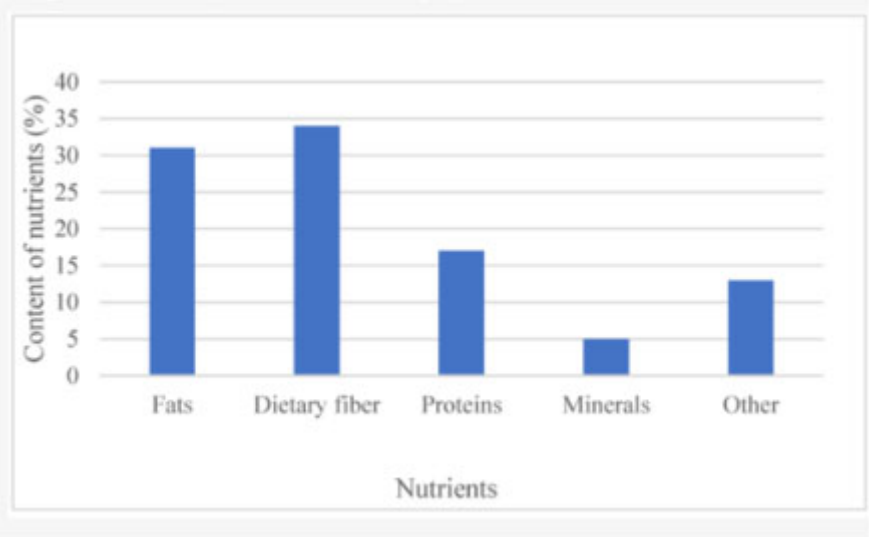
Salvia hispanica L.'nin eski Mezoamerikan kültürlerinde (Aztekler ve Mayalar) mısır, fasulye ve amaranthla birlikte ilaç ve yemeklerinin hazırlanmasında kullanıldığını tarihi kanıtlarla doğrulanmıştır. Kolomb öncesi Amerika toplumlarda fasulyeden sonra en fazla tüketilen ikinci ana ürün olarak yer almıştır. Ayrıca Aztek topluluklarında chia; kozmetik ve dini ritüellerde de kullanımı söz konusu olmuştur. Tohumun rengi siyah, gri veya siyah benekliden beyaza kadar değişkendir. Beyaz tohumlar, siyah tohumlara kıyasla daha büyük, daha kalın ve daha geniş olma gibi morfolojik farklılıkları vardır Siyah ve beyaz chia tohumları arasında mikro besin öğeleri bakımından önemli farklılıklar olup makro besin öğeleri bakımından ise benzerdir. Siyah ve beyaz chia tohumlarındaki protein içeriği sırasıyla içeriği %16,9 ve %16,5 lif içeriği ise yine sırasıyla %32,6 ve %32,4 oranındadır [46].

Chia tohumu, fonksiyonel gıda bileşeni olarak %5 oranında çözünür lif içeriğiyle önem ihtiva eder. Chia tohumu polisakkariti (CSP) olan bu diyet lifi tohum kabuğundan izole edilen suda çözünür bir anyonik heteropolisakkarittir. Soğuk pres chia tohumu yağı yan ürünleri; yüksek polisakkarit ve protein içeriği nedeniyle doğal kaynaklı bileşen ikamesi olarak gıdalarda kullanılabilmektedir. Chia tohumu gamı (CSG); diyet lifi takviyesi, yağ ikame maddesi, jelleştirici madde, koyulaştırıcı, stabilizatör, emülgatör, hacim artırıcı madde ve film/kaplama maddesi dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda mevcuttur [47].

2.4 Chia Tohumlarında Kimyasal Bileşim ve Fitokimyasallar

Chia tohumlarının kimyasal bileşimi genel olarak; yağ (%30-33), karbonhidrat (%26-41), diyet lifi (%18-30), protein (%15-25), vitamin, mineral ve antioksidan (taze olarak) (>%1) şeklinde belirlenmiştir (**Şekil 2.2**) [48]. Birçok araştırmada, chia yağının ana bileşenleri çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar: α-linolenik (ALA, ω-3 yağ asidi) ve linoleik (LA, ω-6 yağ asidi) asitleri gibi fonksiyonel fitokimyasallar içerdiği rapor edilmiştir [49]. Chia tohumları %39 oranında yağ

içerir (kuru tohum kütlesi), bu içeriğin %68'e kadar ω-3 ve %19'a kadar ω-6 yağ asitlerinden meydana gelir. Beslenmede önemli bir kriter olan ω-6 'ün ω-3 yağ asitlerine oranı 0.3:0.35'tir. Chia tohum bileşen kompozisyonu; varyete, ekim yılı, yetiştirme ortamı ve kullanılan ekstraksiyon yöntemi göre değişiklik göstermektedir. İnsan beslenmesinde elzem yağ asitleri (vücudun sentezleyemeyip dışarıdan besin yoluyla alma zorunda olduğu yağ asitleri) olan doymamış yağ asitler. Chia tohumlarında miktarı yetiştirdiği iklimin sıcaklığına göre muhteviyattaki miktarı değişmektedir. Çalışma sonucuna göre tohum gelişimi sırasında (nisan mayıs arası) sıcaklığın artması muhteviyattaki çoklu doymamış yağ asit (PUFA'lar) miktarını azalttığı saptanmıştır [20]. Ayrıca mikrodalga ısıtma gibi farklı uygulamaların kullanımı chia tohumundaki, fenolik, antioksidan aktivite, yağ asidi bileşimi dahil olmak üzere birçok fizikokimyasal özelliği etkilediğini bilinmektedir. Farklı maruziyette mikrodalga uygulamaların chia tohumundaki, a-linoleik asit veya kafeik asit içeriğinin değiştirilmesi örnek olarak gösterilebilir [50].



Şekil 2.2 Chia tohumlarının temel bileşenleri [48]

Protein İçeriğ, Chia tohumlarının ortalama %17'lik protein içeriğiyle diğer tahıllara (mısır %9,4, pirinç %6,5, kinoa %14,1 ve buğday %12,6 ortalam protein içeriğiyle) nispeten sayısal üstünlüğü mevcuttur [51]. Chia tohumlarının protein oranı çevresel ve tarımsal faktörlere bağlı olarak değişmektedir. ABD Tarım Bakanlığı chia tohumlarının bazı eksojen amino asitler (arginin, lösin, fenilalanin, valin ve lisin) ve bazı endojen amino asitler (glutamik ve aspartik asit, alanin,

serin ve glisin) içerdiğini bildirilmiştir. Chia tohumunun bazı amino asit içeriği; serin (1,05 g/100 g), glutamik asit (3,50 g/100 g), glisin (0,95 g/100 g), alanin (1,05 g/100 g), lisin (0,97 g/100 g) ve histidin (0,53 g/ 100 g) şeklinde belirlenmiştir [52]. Chia tohumlarının gluten içermemleri çölyak hastalarına un muadili bileşen kaynağı olarak kullanılma imkânı sağlamaktadır. Ayrıca obeziteye karşı geliştirilen protein ağırlıklı beslenme diyetlerinde kullanım olanağı mevcuttur. Chia tohumlarının fonksiyonel özelliğe sahip protein ve peptitler içermektedir [53].

Chia tohumlarından ayırdıkları toplam 20 proteinden sekizinin bitkide yüksek konsantrasyonlarda çoklu doymamış yağ asitlerine neden olan bitki lipidlerinin üretimi ile ilgili olduğunu tespit etmişlerdir. Protein belirlemede kullanılan ekstraksiyon yöntemlerinde fiziksel ve fonksiyonel özellikler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Coelho ve Salas-Mellado). Nitekim chia proteinlerinin konsantreleri elde etmek için iki yöntem [(kimyasal yöntemler, CPC1, CPC2) ve (kuru fraksiyonlama yöntemi, PRF)] ile sırasıyla %70,9, %74,1 ve %49,7 farklılıkta protein içeriği saptanmıştır [49,51].

FiberİçeriĞi, Chia tohumlarının beslenme açısından önemli olan bir öğe lif içeriğidir. Yüksek miktarda diyet lifi içeren gıdaların koroner kalp hastalığı, tip 2 diyabet ve çeşitli kanser türleri riskini azalttı ve uzun süre tokluk hissi sağladığı bilinmektedir Reyes-Caudillo ve ark. Chia tohumları 34 - 40 g diyet lifi /100 g chia tohumu içeriğine sahiptir [54].

Mineraller, Ek olarak, chia tohumları kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum ve vitaminler (A, B, K, E, D, özellikle B_1, B_2, niasin vitaminleri) gibi mineraller içerir. Örneğin kalsiyum içeriği pirinç, arpa, mısır ve yulaftan daha fazladır. Magnezyum, potasyum ve fosfor gibi diğer minerallerin içeriği chia tohumlarının yanı sıra diğer tahıllara göre daha fazladır [55].

Fenolik Bileşikler, Chia tohumları yüksek düzeyde kafeik asit, klorojenik asit, kerencetin, rosmarinik asit, gallik, sinamik, mirisetin, kaemferol gibi fenolik bileşenler içermektedir. Ayrıca daidzein, glisitin ve genistein gibi izoflavonlar gibi fenolik bileşenleri de iz miktarda bulundurduğu bildiirlmiştir. Bunun yanında

rosmarinik asit ve daidzeinin chia tohumlarında kafeik asit, misertin, kuersetin gibi bulunan ana fenolik bileşenler arasında yer aldığı iddia edilmiştir [56].

Flavonoidler (kersetin, klorojenik asit ve kafeik asidin) içeriği ile chia tohumu anti-kanserojenik, anti-hipertansif ve nöron koruyucu etkileri kanıtlanmıştır. Chia tohumunun antioksidan özelliğe sahip fenolikler içermesinin yanında diğer tahıllar karşın alerjik, intoleransı ve toksikolojik gıda bileşenler içermemesi önemli bulunmuştur [57].

Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivite, Chia tohumları ve yağlarının antioksidan özelliği tokoferoller, fitosteroller, karotenoidler ve polifenolik gibi birçok sayıda doğal bileşenden ileri gelmektedir. Antioksidan bileşikler kronik hastalık (kanser ve kalp krizi) riskini azaltır ve diyabet, Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi bazı rahatsızlıklara karşı koruma sağlar, ω-3 yağ asitleri, kalp hızı değişkenliğini iyileştirmenin ve ventriküler aritmiyi korumanın yanı sıra hipertansiyona neden olabilen kalsiyum ve sodyum kanalı işlev bozukluklarını önleme yeteneğine sahiptir. Chia tohumlarının antioksidan aktivitesine en önemli katkıyı polifenolik bileşikler, sağlamaktadır. İçerikteki polifenolik bileşikler; serbest radikalleri temizleme, iyonları şelatlama ve hidrojen bağışlama yetenekleri oldukça yüksek olduğu bildirilmektedir [58].

Antioksidan aktiviteleri de Sargi ve ark. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi için analitik teknikler arasında en son olarak ABTS+ (ABTS diamonyum tuzundan monokatyonik radikal), DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ve FRAP (foto ağartma sonrası floresan geri kazanımı) uygulanmıştır. Yukarıda belirtilen teknikleri kullanarak Meksika ve Arjantin'den gelen chia tohumlarının antioksidan aktivitesini araştırdı. Yazarlar, chia tohumlarının ABTS+ katyon radikallerini etkisiz hale getirebildiğini düşünmüşlerdir. Aynı yazarlar ayrıca chia tohumlarının sentetik DPPH radikallerini temizleme ve demir iyonlarını azaltma kapasitesi sergilediğini de gösterdiler. Aynı sonuçlar, Clau-Solis ve diğerleri gibi diğer yazarlar tarafından da elde edilmiştir. Reyes-Caudillo ve ark. chia tohumlarındaki fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesini araştırdı. Meksika'nın iki farklı bölgesinden chia tohumları çıkarıldı. β-karoten linoleik asit prensibi ve fosfolipid lipozom peroksidasyonu ile birlikte ABTS+ radikal süpürme yöntemi,

araştırmalarda antioksidan aktiviteyi belirlemek için kullanılırken, Guindani ve ark. antioksidan aktiviteyi belirlemek için de ABTS+ yöntemini kullanmıştır. DPPH yöntemiyle antioksidan aktiviteyi araştırdı [59].

Grancieri vd. [53] araştırmalarında spesifik antioksidan aktivitenin araştırılması için daha ileri in vitro çalışmaların yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Birkaç yazar, farklı analitik teknikler kullanarak chia tohumlarındaki polifenolik bileşiklerin olumlu etkilerini araştırdı. Kafeik asit, ferulik asit, klorojenik asit, rosmarinik asit ve flavonoidler (kersetin, kaempferol, daidzein, vb.) gibi kimyasal bileşikler, esas olarak UHPLC'nin (ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi) olduğu farklı analitik tekniklerle araştırılmıştır. HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografisi) ve UPLC (ultra performanslı sıvı kromatografisi) özellikle öne çıkıyor. Biyolojik aktiviteleri antioksidan, yaşlanma karşıtı ve antihipertansiften anti-kanserojenik ve anti-inflamatuara kadar değişir.

Chia tohumlarının bu çalışmada bahsedilen diğer tahıllarla karşılaştırılmasında pirinç, mısır, buğday, kinoa ve amaranth'ın antioksidan aktivitesi de araştırılmış ve rapor edilmiştir [47,60].

2.5 Chia Tohumu ve Türevi Ürünlerinin Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları

Chia müsilajı, su tutma kapasitesi ve viskozitesinden dolayı gıda endüstrisinde; köpük stabilizatörü, emülgatör, askıya alma öğesi, yapıştırıcı ve bağlayıcı olarak kullanılabilmektedir. Chia tohumlarından elde edilen müsilajın, geliştirilmiş fonksiyonel özelliklere sahip fonksiyonel bir kaplama olarak kullanılabileceğini belirlenmiştir [52]. Arap zamkı, modifiye nişasta ve selüloz gibi diğer hidrokolloidlerle karşılaştırıldığında, chia müsilajı düşük bir EAI - emülsifiye edici aktivite indeksine sahip özellik göstermektedir. Müsilaj, emülsiyonları stabilize etmek için önemli bir yeteneğe sahip özellik göstermektedir. Chia müsilajı; kimyasal ve enzimatik değişiklikler olmaksızın katı veya sıvı ara yüzde adsorbe etme ve emülsiyonları stabilize etme kabiliyetine sahiptir. Chia tohumlarından elde edilen müsilaj, alternatif polisakkarit kaynağı olarak yenilebilir film ve kaplamalarda potansiyel polimer karışımları üretiminde kullanımı söz konusudur.

Polisakkaritlere dayalı yenilebilir filmler, sentetik ambalajlara potansiyel alternatiflerdir. Müsilaj, yenilebilir filmler oluşturma yeteneğine sahiptirler. Ancak hafif ve kırılgan olma dezavantajları mevcuttur. Yenilebilir filmlerin mekanik özelliklerini geliştirmek için plastikleştiricilerin eklenmesiyle bu dezavantajların giderilmesi çalışmaları yapılmaktadır. Chia müsilaj hidrokolloidi, yeni film oluşturucu çözeltilerin tasarımı için uygulanabilecek ideal bir bileşendir. Chia müsilaj filmleri yapmak için chia tohumundan ekstrakte edilen hidrokolloide gliserol ilavesiyle homojen ve esnek filmlerin sağlaması söz konusu olmuştur [61].

2.6 Chia Müsilaj

Chia müsilajı, su tutma kapasitesi ve viskozitesinden dolayı gıda endüstrisinde; köpük stabilizatörü, emülgatör, askıya alma öğesi, yapıştırıcı ve bağlayıcı olarak kullanılabilmektedir. Chia müsilajın, geliştirilmiş fonksiyonel özelliklere sahip fonksiyonel bir kaplama materyali olabileceği belirlenmiştir [52,59]. Arap zamkı, modifiye nişasta ve selüloz gibi diğer hidrokolloidlerle karşılaştırıldığında, chia müsilajı düşük bir EAI - emülsifiye edici aktivite indeksine sahip özellik göstermektedir. Müsilaj, emülsiyonları stabilize etmek için önemli bir yeteneğe sahip özellik göstermektedir. Chia müsilajı; kimyasal ve enzimatik değişiklikler olmaksızın katı veya sıvı ara yüzde adsorbe etme ve emülsiyonları stabilize etme kabiliyetine sahiptir. Chia tohumlarından elde edilen müsilaj, alternatif polisakkarit kaynağı olarak yenilebilir filmve kaplamalarda potansiyel polimer karışımları üretiminde kullanımı söz konusudur.

Polisakkaritlere dayalı yenilebilir filmler, sentetik ambalajlara potansiyel alternatiflerdir. Müsilaj, yenilebilir filmler oluşturma yeteneğine sahiptirler. Ancak hafif ve kırılgan olma dezavantajları mevcuttur. Yenilebilir filmlerin mekanik özelliklerini geliştirmek için plastikleştiricilerin eklenmesiyle bu dezavantajların giderilmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu tür filmlerin esnekliğini ve işlenebilirliğini artırmak için polioller gibi farklı plastikleştiriciler uygulanmıştır. Plastikleştiriciler arasında gliserol, film yapım tekniklerinde en yaygın olarak uygulananlardan biridir. Thechia müsilaj hidrokolloidi, yeni film oluşturucu çözeltilerin tasarımı için uygulanabilecek ideal bir bileşendir. Chia müsilaj filmleri

yapmak için chia tohumundan ekstrakte edilen hidrokolloide gliserol ilavesiyle homojen ve esnek filmlerin sağlaması söz konusu olmuştur [58,61].

2.7 Chia Gamı

Chia tohumları, diyet lifleri için gıda endüstrisinde çok önemli bir yere sahiptir. Gam, viskozite, stabilite ve dokuyu kontrol etmek için bir katkı öğesi olarak su kullanılarak diyet lifi fraksiyonundan ekstrakte edilebilir. Kimyasal bileşim, moleküler yapı ve termal stabilite veya jelleşme yeteneği gibi türetilmiş özellikler, gıda ve farmasötik endüstrilerinde bir polisakkaritin uygunluğunu belirleyen önemli faktörleri temsil eder. Gam, ayrıca 224 °C'ye kadar yüksek sıcaklıklarda da stabilitesini korumaktadır [55].

Chia tohumu gamının kimyasal ve fonksiyonel özellikleri araştırıldığında; %26,2 yağ içerdiğini ve yağ ekstraksiyonuna tabi tutulduğunda gamın iki fraksiyonunun üretilebileceği sonucuna varıldı. Chia tohumu gamı, umut vaat eden yeni bir malzemedir. Ancak, yapısal bileşim hakkında sınırlı bilgi nedeniyle, henüz endüstriyel olarak uygulanmamıştır. Termal kararlılığı ve işlevselliği hakkında çok az araştırma yapılmıştır. Bu özelliklerin anlaşılması, endüstriyel uygulama potansiyelini önemli ölçüde katkı sağlayacaktır [61].

2.8 Soğuk Preslenmiş Chia Tohumu Yağının Uygulamaları

Fonksiyonel gıda öğeleri, Literatürdeki kapsamlı raporlar ayrıntılı olarak CSO'nun yüksek besin değeri ve mükemmel bir ALA kaynağı, doğal antioksidanlar olarak diğer tohum yağlarına göre üstünlüğü ve gıda takviyesi olarak ve işlenmiş gıdalarda kullanılmak üzere minerallerdir. Her ne kadar birkaç kolza tohumu, ayçiçeği tohumu, keten tohumu, soya fasulyesi yağı ve CSO dahil olmak üzere tohum yağları, doğrudan tüketildi veya aşılandı fonksiyonel gıdalardaki bileşenler, azaltılmış gıdalarla ilgili olarak CP-CSO'dan ALA'nın sağlık yararları konusunda artan farkındalık kardiyovasküler hastalıklar ve tip 2 diyabet riski ve doğal bir antioksidan kaynağı olarak seçilmesi endişe uyandırmaktadır. Fonksiyonel gıdalarda kullanmak için yağ. CP-CSO, bitkisel yağlar için sağlıklı bir karışım veya iyi bir ikame sunabilir. Şekerleme ve fırıncılık endüstrilerinde mayalama ve emülsifiye edici ajan olarak kullanılabilir [62]. Gıdalarda doğal yağ ikame kaynağı, Obezite ve fazla kilolu beslenmesinde yağlı gıdaların alımı aşırı vücut

yağı nedeniyle diyabet ve kalp yetmezliği gibi kronik hastalıklar için önemli riskler oluşturmaktadır. Obezite ve aşırı kilonun endişe verici oranına ulaşması gıda üreticileri ve tüketicilerinin yağı azaltması ve alternatifleri yönelmesini gerekmektedir (DSÖ, 2016). CP-CSO ve yapı ayrılmış posası; düşük trigliserit ve kolesterol ile düşük yağ içererek obezite ve kalp ile ilgili hastalık risklerini azaltır. Chia tohum atığını su-yağ emülsiyonu sağlayan mayonez alternatifi salatalar için az yağlı soslarda ikame olarak kullanmışlardır [43].

Kozmetik ve cilt bakımı, Cilt bakım ürünleri imalatında kozmetik endüstrilerinin ilgi alanları arasında cilt bozukluklarının tedavi edicileri yer almaktadır. CSO'nun %4 oranında cilt bakım ürünlerinde kullanımlarının; cilt nemini regülete ettiği, yoğunluğu azalttığı, kaşıntı hissi azalttığı, kseroderma cilt bozukluğu iyileştirdiği ve transdermal su kaybını azalttığı sağlıklı gönüllüler üzerinde yapılan deneylerle ispatlanmıştır. Chia tohumu yağları içeriğinde o-3 ALA'lardan dolayı tirozinaz enzimleriyle ilişkili cilt bozukluğu olan hiperpigmentasyon, cilt melanositlerinin iltihaplanmasına iyi geldiği saptanmıştır. Ayrıca CSO'lar yine o-3 ALA zengin içeriğinden dolayı tahriş etmeksizin cilt gözeneklerine hızla emilim sağlayarak epidermal hücreler yoluyla hiperpigmentasyon ve tirozinaz ticaretinin inhibisyonu sağladığı belirlenmiştir. Kobaylar üzerinde yapılan deneylerle chia tohum yağlarının da içerdiği ALA, LA ve OA sırt derisinin UV kaynaklı hiperpigmentasyonu üzerindeki etkisinin hafiflettiği ifade edilmiştir Aynı zamanda chia tohumu yağlarının hücre içi yağ asitlerinin etki mekanizmasını olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir [63].

2.9 Roka Tohumu

Roka tohumu (*Eruca sativa*), polifenoller, lifler ve glukozinolatlar gibi sağlığı geliştiren çeşitli fitokimyasal bileşikleri içerir ve yüksek yağ içeriği (%20,0) ve bunlardan biri olan Erusik asit içeriği nedeniyle endüstride yağ üretimi için kullanılır. En çok aranan yağ asitleridir. Roka tohumu önemli miktarda toplam karbonhidrat (%23,1), ham lifler (%20,4) ve ham protein (%31,0) bakımından zengindir [64]. Karbonhidrat ve protein içeriği sayesinde roka tohumları, olağanüstü fonksiyonel özelliklere sahip makul gam içeriğine sahiptir. Roka tohumu gamı (RSG) yüksek karbonhidrat (%80,38) ve düşük protein (%5,81)

içeriğine sahiptir, bu nedenle gam elde edilirken kullanılan saflaştırma yöntemi uygun olabilir. Gamın protein içeriği, onun emülsiyonunu, köpürmesini ve film oluşturma kapasitesini belirleyen çok önemli bir parametredir. Ticari gamları karşılaştırırken, RSG'nin protein içeriği, ksantan gamından (%2,125) daha yüksek, guar gamından (%8,19) daha düşük ve keçiboynuzu gamına (%5,2-7,4) yakındır [65].

Roka özü, deneysel olarak indüklenen gastrik lezyonlara karşı anti-sekretuar, sitoprotektif ve anti-ülser aktivitelere sahiptir. Anti-ülser etkisi, muhtemelen prostaglandin aracılı aktivite ve/veya anti-sekretuar ve antioksidan özellikleri aracılığıyladır.

Başka bir çalışmada *Eruca sativa* tohumundan ekstrakte edilen müsilajın fonksiyonel özellikleri (verim, viskozite, emülsiyon stabilitesi, köpük stabilitesi, çözünürlük ve su emme kapasitesi) üzerine farklı ekstraksiyon prosedürlerinin etkisi, yanıt yüzeyi metodolojisi kullanılarak araştırılmıştır. Tepki değişkenlerini incelemek için sıcaklık (25–85°C), pH (4–10) ve su/tohum oranı (20:1–60:1) olmak üzere üç bağımsız değişkene sahip bir Merkezi Kompozit Yüz Tasarımı (CCFD) kullanılmıştır,

Sulu ekstraksiyon, tohum müsilajlı materyalin ekstraksiyonu için kullanılan en yaygın yöntemdir. Tohumların değişen ekstraksiyon koşulları ile çeşitli tohumlar için farklı verim, reolojik ve fonksiyonel özellikler rapor edilmiştir. Müsilaj ekstraksiyonu, bir sıcaklık, su/tohum oranı, pH, tuz konsantrasyonu, çözücünün doğası, ekstraksiyon süresi vb. gibi değişkenlerin sayısına bağlıdır.

Müsilaj ekstraksiyonunu optimize etmek için tepki yüzey metodolojisi (RSM) kullanılmıştır ve farklı ekstraksiyon koşullarının farklı kaynaklardan elde edilen nihai ürün üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılmıştır. Bu çalışmada *Eruca sativa* tohumundan ekstrakte edilen müsilajın fonksiyonel ve ekstraksiyon yöntemi incelenmiştir. Bu makale, *Eruca sativa* tohum müsilajının optimum ekstraksiyon koşulları ve ekstraksiyon sıcaklığı, pH ve su/tohum oranının nihai ürünün fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisini ele almaktadır [66].

Roka tohum gamları için yapılan diğer bir çalışmada, RSG'de yüksek karbonhidrat (%80,38) vardı ve düşük protein (%5,81) içeriği. Şeker analiz sonuçları gösterdi ki RSG, mannoz ve galaktoz düzeyinden zengindi. mannoz/RSG'nin galaktoz oranı (1,52) galaktozun gam polimerlerinde ikame seviyesi çok yüksekti. Daha yüksekgalaktoz ikame seviyesi, suda daha yüksek çözünürlük sergilemiştir.

%1 RSG çözümünün FTIR spektrumu, karboksil, hidroksil ve glikozit bantları. RSG çözümleri gösterdi kayma incelmesi, zamana bağlı ve viskoelastik özellikler düşük konsantrasyonda (%0,2) belirlemek için 3-ITT testi uygulanmıştır. Ani ve yüksek koşullar altında RSG'nin iyileşme özelliği deformasyon. RSG, tüm konsantrasyonlarda iyileşme göstermiştir. Bu çalışma, RSG'nin çeşitli şekillerde gıda endüstrisinde kıvam arttırıcılar, emülgatörler ve fizikokimyasal ve reolojik özelliklerine bağlı olarak jelleştirici öğeler kullanılabileceğini öne sürmektedir.

Gamların/gamların reolojisi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte, araştırmacılar, gamlar için önemli olan özelliklerin çoğuna değil, tiksotropi gibi gamların sabit ve dinamik reolojik özelliklerine daha fazla odaklanmışlardır. Bu anlamda literatürde önemli boşluklar bulunmaktadır. Bu çalışmada bu yan ürünlerden doğal gam üretilecektir. Bu çalışma aynı zamanda 3-ITT gibi spesifik reolojik testler kullanarak çok çeşitli gamların tiksotropik davranışını gösterecektir [64,66].

2.10 Soğuk Preslenmiş Yağlı Tohum Kalıntılarından Gamların Ekstraksiyonu

Bitkilerden polisakkaritlerin ekstraksiyon verimini arttırmak için birçok yazar, mikrodalgalar ve ultrasonlar gibi klasik olmayan ısıtma modlarını kullanır. Mikrodalgalar, örneğin siyah itüzümün polisakkaritlerinde, ekstraksiyon verimlerinde büyük gelişmeler göstermiştir. Ultrasonik destekli ekstraksiyon ise bu alanda en çok kullanılan tekniktir. Kediotu, *Salvia officinalis*, Kore çamı çekirdeği, kirecin köklerinden polisakkaritlerin ekstraksiyonunda kullanılmıştır. Ayrıca greyfurttan pektin ekstraksiyonunda olduğu gibi mikrodalga ve ultrasonik destekli ekstraksiyon da birlikte kullanılabilir. Bununla birlikte, daha önce belirtildiği gibi, daha uzun işlem süreleri ve daha yüksek sıcaklıklar, polisakkaritlerin bozulmasına yol açabilir [67].

2.11 Yöntemler

Klasik Isıtma, Bitkisel ürünlerin sulu ekstraksiyonunu etkilediği bilinen farklı parametreler vardır. Sıcaklık, seyreltme, pH, süre, ısıtma ve karıştırma modları, suda çözünen bileşiklerin salınımı üzerinde bir etki gösterebilen anahtar faktörlerdir. Literatürde belirtildiği gibi, yüksek sıcaklık müsilajın daha iyi ekstraksiyonuna izin verir, ancak protein ve kül içeriğini arttırır ve Seyreltme, ortamdaki yüksek viskoziteyi önlemek için de önemlidir. Ortamın viskozitesi tohum konsantrasyonu ile artar ve müsilaj, düşük seyreltmede yüksek seyreltmedeki kadar kolay geri kazanılmaz. Bu durumda, sudaki tohumların (a/h) %5'lik standart bir konsantrasyonu tercih edilir. pH ile ilgili olarak, güçlü asit çözeltilerinin müsilaj ekstraksiyonunu arttırdığı bilinmektedir, ancak tohumları bozabilir ve müsilajlarının tam hidrolizine neden olabilir.

Nötr pH koşullarının polisakkaritlerin çözünürlüğü üzerinde hiçbir etkisi yoktur ancak proteinlerin çözünürlüğünü artırabilir. Bu nedenle, pH 4 ve 10 arasında, 30 dakikalık ekstraksiyondan sonra 50 °C'de müsilaj veriminde herhangi bir değişiklik gözlemlemiyoruz. Bu, proteinlerin hala tam olarak hidrate olmadığını gösterebilir.

Başka bir çalışmada, Chia tohumlarının müsilajı için optimum ekstraksiyon işlemi 80 °C sıcaklıkta 1:40 tohum:su oranı (%7 verim) ile gerçekleştirilmiştir. Maksimum hidrasyon, düşük tuz konsantrasyonlarında, ph 6,5'ten yukarıya, ph 9'da bir maksimuma ve 80 °c'de en iyi sonuçlarla 65 °c'den bir sıcaklıkta meydana gelmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, müsilajın suda ağırlığının 27 katı kadar su tutma elde etmek için kolayca özütlenebileceğini ve hidratlanabileceğini göstermiştir [46,58,67]. Mikrodalga teknolojisinin kullanımı, Karbonhidratlar sudan çok daha az dielektrik bileşiklerdir ve bu nedenle herhangi bir mikrodalga etkisinin esas olarak su moleküllerinin çalkalanmasından kaynaklanacağını düşünebiliriz. Su ve keten tohumu karbonhidratları arasındaki çarpışma da bunların çözülmesine yardımcı olabilir. Mikrodalgalar numuneyi ısıtmak ve/veya sıcaklığını korumak için kullanılabilir. Bir mikrodalga etkisinin varlığını test etmek için, normal bir fırında 50 °c'de 30 dakika sonra ekstrakte edilen kuru öğe ile 30 dakika sonra ekstrakte edilen kuru öğe ile birçok farklı profilde (hızlı, 50 °c'ye ulaşmak için farklı rampa süreleri ile yavaş, farklı açma/kapama ile darbeli)

karşılaştırılmıştır. 50 °c'deki zaman oranları) mikrodalga fırında 1200 w'ta ısıtma modları. Darbeli modlar, sıcaklık ve mikrodalga etki süresi arasında bir uzlaşma olarak müsilaj ekstraksiyonunun en iyi sonuçlarını vermiştir. Müsilajın ekstraksiyon veriminde hafif ama önemli bir artış sağlandı (darbeli modlar, %95 güven seviyesinde klasik bir fırın ile %1,23 ± %0,49'a kıyasla %2,11 ± 0,28 ekstraksiyon verimi verdi). Bununla birlikte, bu etki, manyetik karıştırma ile üretilen ile aynı veya daha düşüktür (%95 güven düzeyinde %2,82 ± 0,73'e kıyasla %2,11 ± 0,28). Mikrodalga ekstraksiyonu, sonraki işlemleri gerçekleştirmek için ortamın sıcaklığını hızlı bir şekilde artırmak için uygun bir yöntem sunsa da, müsilajın toplam ekstraksiyon verimi üzerinde önemli bir etki göstermediği bildirilmiştir [68].

Ultrasonik teknolojinin kullanımı, Tohum ve müsilaj tabakası arasında güçlü bağlar vardır; bu nedenle tohumdan müsilaj tabakasının çıkarılması ciddi mekanik enerji gerektirir. Tohum müsilajının geleneksel olarak ayrılması, ıslatma ve ardından müsilajı tohum çekirdeklerinden izole etmek için karıştırıcılar veya döner bıçaklı karıştırıcıların uygulanmasını içerir. Sonuç olarak, çıkarılan müsilaj ezilmiş tohumlar içerir ve saf değildir; bu nedenle, safsızlıkları ayırmak için zaman alıcı bir işlem uygulanmalıdır. Müsilajlı tohumlardan hidrokolloidlerin ultrason destekli ekstraksiyonu yeni ve başarılı bir yaklaşımdır. Ultrasonikasyon, hidrokolloidlerin ekstraksiyonu ve modifikasyonu için ortaya çıkan çevre dostu bir fiziksel işlemdir. Enerjinin kapsamı, ses gücü yoğunluğu (W/m^3), ses yoğunluğu (W/m^2) ve ses gücü (W) ile karakterize edilen ultrason uygulamalarının sınıflandırılması için ana kriterdir. Tüm araştırmalar, tohum gamları için Ultrason destekli ekstraksiyonun daha yüksek ekstraksiyon verimliliğini doğrulamıştır. Hidrokolloidlerin fonksiyonelliği ve biyoaktivitesi, kimyasal bileşimlerinden, moleküler ağırlıklarından, konformasyonlarından, monosakkaritlerin dizilimlerinden, konfigürasyonlarından, glikozit bağlantı pozisyonundan ve partikül büyüklüğünden etkilenmektedir. Ultrasonik ekstraksiyon bu parametreler üzerinde önemli etkilere sahiptir ve sonuç olarak hidrokolloidlerin biyoaktif ve fonksiyonel özelliklerini değiştirebilir. Geçtiğimiz birkaç yıl boyunca, ultrason destekli ekstraksiyonun farklı tohum müsilaj türlerinin özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için birkaç çalışma yapılmıştır. Doğal ve sürdürülebilir

bileşenlere ve çok aktif bileşiklere olan talep, ultrason gibi düşük çevresel etki teknolojisi ile geri kazanılan yeni hidrokolloidlerin araştırılmasına yol açmıştır, Müsilajlı tohumlar, bu kriterleri karşılayan potansiyel hidrokolloidler olarak görünmektedir [67,69].

2.12 Emülsiyonların Genel Özellikleri

Emülsiyonlar, mekanik kesme ve yüzey aktif öğe kullanılarak karıştırılan iki karışmaz sıvı fazdan oluşan dinamik olarak belirsiz dağılımlardır. Bu konvansiyonel partikül boyutu emülsiyon zamanla sürekli büyür ve bu nedenle nihayet yerçekimi kuvvetinde ayrılma meydana gelir, bu nedenle bu emülsiyonlar termodinamik olarak kararsızdır. Molekül çapı diffüz durumlar genellikle 0,01 μm kadar küçük partikül çaplarına ve bazı oluşumlarda 100 μm kadar geniş partikül çaplarına rağmen yaklaşık 0,1 ila 10 μm arasında gelişir [70].

2.13 Emülsifikasyon Teorileri

Emülsifikasyonun yüzey gerilimi teorisine göre, emülgatörler veya stabilizatörler, birbirine karışmayan iki sıvı arasındaki ara yüzey gerilimini düşürür ve itici kuvveti azaltır.

İki sıvı arasında ve aynı sıvının molekülleri arasındaki çekimin azalması. Yönlendirilmiş kama teorisi, monomoleküler tabakaların oluşumunu varsayar.

Bu teori, belirli emülsifiye edici ajanların, o sıvıdaki çözünürlüklerini yansıtacak şekilde kendilerini sıvı bir damlacık etrafında yönlendirdiği varsayımına dayanmaktadır. NS plastik veya arayüzey film teorisi, emülsifiye edici ajanın su ve yağ arasındaki sınırda bulunduğunu ve yüzeye adsorbe edilerek ince bir film oluşturduğunu açıklar. Film, dağılmış fazın temasını ve müteakip birleşmesini önler; daha sert ve daha esnek bir film, daha fazla fiziksel stabilite ile sonuçlanacaktır [71].

2.14 Mayonez Özellikleri

Mayonez ve salata sosları, birçok ülkede hala olumlu bir pazar eğilimi gösteren tüketim mallarıdır. Bu ürünlerin insan beslenmesindeki önemi, üretimlerinde yer alan bileşenler hakkında daha iyi bilgi ve gelişme anlamına gelir. Bu ürünler için

bir Avrupa yönergesi bulunmadığından, bu ürünlerin bileşimine ilişkin yasal gereklilikler ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir.

İsviçre gibi bazı ülkelerde "mayonez", %75'in üzerinde yağ içeriğine sahip, emülgatör olarak yumurta sarısı kullanan ve koyulaştırıcı öğe ilavesi içermeyen bir o/w gıda emülsiyonu anlamına gelir. İspanya'da bir mayonez minimum yağ içeriğine sahip olmalıdır, %65 (a/a), yumurta sarısında %5'in üzerinde (a/a), asit indeksi asetik asitte en az %0,2 ve pH 4,2'den az ve "salata sosu" terimi, w emülsiyonu %30 yağ ve %3 yumurta sarısı [72]. Ancak, 1993'te İspanyollar mayonezin kullanımını kısıtladı, Yağ içeriği en az %80 olan ürünlere, yumurta veya yumurta sarısı, sirke, tuz ve tatlandırıcı, renklendirici ve koyulaştırıcı öğeler eklenilerek mayonez elde edilir. Yağ ve emülgatör, mayonez ve salata soslarının üretimi için dikkate alınması gereken en önemli bileşenlerdir.

Bu ürünler y/y emülsiyonlarıdır ve yüksek yağ içeriği, bir emülgatör yardımıyla aşılması gereken stabilite sorunlarına neden olur. Yağ açısından önemi, içeriğinin yüksek olmasından gelir ve kendine özgü doğası, kalitenin yüksek tutulduğu sürece ikincil bir rol oynar [74,75].

Bitkisel yağlar, yani ayçiçeği ve soya fasulyesi yağı, ticari mayonez ve salata soslarının üretiminde en yaygın olarak kullanılan yağlardır, Emülgatör, yağ ve su fazları arasındaki arayüzey gerilimini azaltmada önemli bir role sahiptir [73].

Bununla birlikte, içeriğinin kontrol edilmesi gerekir ki yağ damlacıklarını kapatacak ve bir dolaşıklık ağı geliştirecek kadar yeterli olacaktır, damlacıklar arasında.

Geleneksel olarak yumurta sarısı emülgatör olarak kullanılır, ancak gıda endüstrisinde süt ve soya proteini gibi kolesterol emülgatörleri de kullanılmaktadır. Düşük yağlı düşük enerjili ürünlere artan ilgi nedeniyle, şu anda gıda ürünleri ve bileşenlerinin yağ içeriğinde azalma eğilimi görülmektedir [74].

Yağ içeriğini azaltmak ve ana emülgatör olarak yumurta sarısından başka bir şeye geçmek, birinin kullanılması gerektiği anlamına gelir. Yağ damlacıklarını birleşmeye karşı stabilize etmeye yardımcı olmak ve geleneksel mayoneze yakın fiziksel özelliklere sahip bir emülsiyon elde etmek için uygun koyulaştırıcı ajandır.

Bu amaçla kullanılan koyulaştırıcı öğeler, ksantan zamkı, galaktomannanlar, bozulmamış veya modifiye edilmiş nişastalar, propilen glikol aljinat ve pektindir.

Daha önce açıklanan, düşük kolesterol ve düşük yağ içeriğine sahip yeni mayonez ve salata sosu ürünleri geliştirme eğilimine göre, günümüzde pazarlanan ürünleri karakterize etmek, bir hedef belirlemek ve optimizasyonu optimize etmek için önemlidir [75]. Geleneksel olmayan gıda emülsiyonlarının bileşimi ve işleme koşulları, bu ürünlerin fiziksel davranışlarının bilgisi, kalite kontrol, depolama, stabilite, birim operasyonların tasarımı ve işleme değişkenlerinin kontrolü için de önemlidir.

Mayonez ve salata sosları, küçük genlikli salınım veya sürünme/gevşeme uyum deneyleri ile karakterize edilebilen viskoelastik malzemelerdir [76]. Mayonezin reolojisi, formülasyon seçimi, proses koşulları ve kalite kontrol açısından önemi nedeniyle birçok yazar tarafından araştırılmıştır. Power Law, Herschel-Bulkley ve Casson modelleri, mayonez ve salata sosunun akış özelliklerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır [77].

2.15 Vegan Mayonez

Özellikle hayvanlar ve sağlıkla ilgili endişeler nedeniyle vegan beslenmeyi seçen bireylerin oranı son yıllarda artmıştır (önceki araştırmalar son on yılda %350'lik bir artış bildirmiştir). Bu, yumurta içermeyen mayonez, tofu veya soya sütü gibi hayvansal kaynaklı proteinleri içeren geleneksel ürünleri taklit eden yeni gıdaların geliştirilmesine ve ticarileştirilmesine yol açmıştır. Ancak son yirmi yılda köpükler moleküler gastronomi tekniklerinin bir parçası haline geldi ve espresso, pancar veya balık köpüğü gibi yeni gıda garnitürleri geliştirildi. Bu çalışma, izole edilmiş bitkisel proteinleri emülgatör olarak kullanma ve bunları vegan mayonez ve diğerlerinin üretimi için kullanma olasılığını göstermiştir [78].

Mayonez, homojen bir sulu fazda küresel şekilli emülsiyon haline getirilmiş yağ damlacıklarından oluşan yapısal bir bakış açısından kolloidal bir sistemdir. Yağ damlacıklarının stabilizasyonu oluyor öncelikle fosfoproteinden oluşan granüler mikro partiküllerin emülsifiye edici etkisiyle ve yumurta sarısının düşük yoğunluklu lipoprotein bileşenler. Son yıllarda, geliştirilmiş lipid profiline sahip düşük yağlı bir ürüne yönelik tüketici taleplerini karşılamak için mayonezi yeniden formüle etmek

için çok sayıda girişimde bulunulmuştur. Mayonez tarifini yeniden tasarlamanın birincil amacı, aşırı tüketildiğinde kronik hastalıkların başlangıcı ve gelişimi için zararlı olabilecek yağ miktarını veya türünü değiştirmeye odaklanmıştır. Sarısı kolesterolü ve tuz gibi insan sağlığı için potansiyel olarak zararlı diğer bileşenlerin de tarifin azaltılması hedeflenmiştir. Seçici yumurta sarısı proteinleri ayrıca bebeklerde, küçük çocuklarda ve daha az oranda yetişkin popülasyonda olumsuz immünolojik reaksiyonların tetiklenmesinden sorumlu olarak kabul edilir [79].

Son yıllarda gıda endüstrisinde yumurta sarısını mayonez formülünden çıkarmak için büyük çaba sarf edilmiştir. Hem vegan ürün tercih eden tüketiciler için yeni bir alternatif sos olması hem de yumurtasız bir mayonez, üretici açısından pastörizasyona gerek olmayacağından daha uygun maliyetli olması için yumurtasız mayonez üretimi önemli bir çalışma alanıdır. Bir Yumurtasız bir mayonez geliştirme sürecinde karşılaşılan temel zorluklar, stabiliteyi bozmadan geleneksel tarifteki yumurta sarısının yerini alacak uygun bileşenleri belirlemektir. Bu amaçla hayvan veya bitki kaynaklı emülgatörler kullanılmıştır. Beyaz acı bakla proteini, soya sütü, buğday tohumu proteini izolatı, chia müsilajı, Durian tohum zamkı ve modifiye patates nişastası, yumurta sarısını değiştirme yetenekleri açısından şimdiye kadar test edildi ve asıl zorluk, stabil bir protein üretmektir [80].

Araştırmalar, aquafaba'nın arzu edilen fonksiyonel özelliklere sahip değerli bir bileşen olduğunu göstermiştir (örn. köpürme, emülsifiye etme ve jelleşme) ve vegan ürünlerde yumurta ve sütün yerini almak için çeşitli formülasyonlarda kullanılabilecektir. Bu çalışma, bir vegan mayonez formülasyonunun geliştirilmesi için aquafaba'nın yumurta ikamesi olarak potansiyelini değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Optik saçılma ve mikro yapı verileri, soğuk depolama sırasında 21 gün boyunca stabil kalan bir aquafaba mikroemülsiyonunu göstermek için etkin bir şekilde kullanılabilir.

Ürün geliştirme için kullanılan A/O oranının renk özellikleri üzerinde küçük bir etkisi oldu ve soğuk depolama sırasında mayonezin fizikokimyasal stabilitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı, A/O oranı dokusal özellikleri önemli ölçüde etkilemiştir ve bu etki formülasyona yağ katkısına bağlı olduğu bildirilmiştir [80].

Aquafaba'nın %15'in üzerindeki seviyelerde arttırılması, formülasyonun uzun vadeli stabilitesi veya antioksidan özellikleri üzerinde hiçbir yararlı etkiye sahip değildir [81]. Diğer bir araştırmada ise, yumurta sarısına alternatif olarak durian tohumlu gam kullanılarak vegan mayonez yapılmıştır. Bu çalışma ile %4 durian tohum gamından elde edilen vegan mayonez formülasyonunun, yumurta sarılı mayonez ve ticari mayonez kadar iyi olduğu sonucuna varılmıştır [82].

Mayonez, tüm dünyada en çok arzu edilen sos türü olarak kabul edilir. %70-80 oranında yağ içeren bir tür yarı katı su içinde yağ emülsiyonudur. Yağ, sirke, yumurta (sarısı veya bütün yumurta), kıvam arttırıcı öğeler, tuz ve aroma verici öğeler mayonezin ana bileşenleridir. Fosfolipidler, lipoprotein ve ilişkili olmayan proteinlerin (livetin ve phosvitin) dahil edilmesi nedeniyle yüksek emülsifikasyon potansiyeli nedeniyle, yumurta sarısı, bileşenlerin anahtarıdır [83]. Mayonez üreticileri, bu ürünün promosyon varlığını azaltan ana yağ oksidasyonu sorunuyla karşı karşıyadır. Yağ oksidasyonu, ürünün kötü kokusu ve tadı ile besin değeri ve gıda güvenliğinin azalmasından sorumludur. Son yıllarda, doğal antioksidan kaynakları olarak kabul edilen lipid oksidasyonunu kontrol etmek için çeşitli bitkiler araştırılmıştır. Bunlar arasında Adaçayı ve Fesleğen yaprağı gibi birçok aromatik bitki ve türün antioksidan özellikleri, yağlarda ve yağlı gıdalarda lipid peroksidasyon sürecini geciktirmede başarılıdır, mayonez örneklerine dahil edilen Achillea millefolium esansiyel yağının %5,85 ve %7,2'sinin, hızla oksitlenen kontrol örneğine kıyasla lipid oksidasyonunu önemli ölçüde azalttığını göstermiştir [84].

Aksi takdirde mayonezin kötü sağlık sorunları vardır; ilki yüksek yağ içeriği (%70-80) ve yüksek kolesterol seviyeleridir. Mayonez sağlık sorunlarının ikinci konusu, *Salmonella* ile yüksek oranda kontamine olan mayonez hazırlanmasında çiğ yumurta kullanılmasıdır. Son zamanlarda tüketicilerin bilinçli olarak sağlıklı gıdalara yönelik talepleri artıyor, ayrıca yumurta bazlı gıdalar vegan müşteriler tarafından yenemiyor. Bu nedenle başka bir alternatif emülsifiye edici ajan kullanılmalıdır. Ayrıca, yumurtasız bir mayonez, üretici açısından daha uygun maliyetli olabilir, çünkü işleme sırasında pastörizasyon artık bir gereklilik değildir [85]. Bu nedenle, işleme için çeşitli çabalar vardır. Yumurtasız mayonez ancak yumurtasız bir mayonezin üretilmesindeki ana zorluklardan biri, geleneksel tarifin

yumurta sarısını kalite, tat ve rengi bozmadan değiştirmek için uygun bileşenlerin seçilmesidir. Bu nedenle, hayvansal veya bitki kaynaklı soya fasulyesi, beyaz acı bakla, buğday proteini ve germ protein izolatı gibi yüksek protein içeriğine sahip farklı bitkiler ile peynir altı suyu proteini, kazein ve et proteini gibi hayvansal kaynaklar yumurta sarısı ikame öğesi olarak kullanılmıştır. Mayonez emülsiyon sistemi, Aquafaba'nın (konserve nohutlardan elde edilen viskoz sıvı) potansiyelini vejetaryen mayonez formülasyonu için yumurta ikame öğesi olarak değerlendirdi. Aquafaba'nın standart miktarlarda yağ içeren mayonez formüllerinde yumurtaların yerini almak için başarıyla kullanılabileceğini bildirdi. Ayrıca, Aquafaba'nın soğuk depolama sırasında 21 gün boyunca stabil kalan pastörize edilmemiş farklı mayonez formüllerinin oksidatif stabilitesi üzerinde büyük bir etkisi olduğu ortaya çıktı. Ayrıca asıl zorluk uzun depolama süreleri boyunca birleşmeyi ve topaklaşmayı önleyebilen stabil bir ince yağ damlacık emülsiyon yapısını korumaktı. Bu nedenle karragenan, pektin, CMC, nişasta ve guar zamkı gibi farklı hidrokolloidler mayonez, jöle ve reçel gibi bazı ürünlerde doğal koyulaştırıcı ve emülgatör olarak kullanılmıştır [86].

Arap zamkı (AG), *Acacia senegal*, *A. seyal*, *A. tortilis*, *Dichrostachys cinerea* ve *Balanites aegyptiaca* gibi çeşitli baklagil ağaç türlerinin yanı sıra diğer önemli çalı ve otsu türlere de sahiptir [87]. Elde edilen sonuçlar, AG sulu özütünün gram pozitif ve gram negatif bakterilere, özellikle S. aureus'a karşı bir antimikrobiyal ajan olarak kabiliyetini gösterdi. AG'nin bazı ilginç antioksidan özellikleri vardır. Sonuç olarak, elde edilen sonuçlar, AG'nin gıda ürünlerinde doğal, etkili ve güvenli bir antimikrobiyal ve antioksidan katkı öğesi olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Mayonez formülasyonunda emülgatör ve yumurta sarısı ikamesi olarak farklı AG konsantrasyonları kullanılmıştır. Bu, artan sağlık bilinciyle artan, düşük yağlı ve düşük kolesterollü gıdalar gibi sağlıklı gıdalar için artan tüketici arzusuyla tutarlıdır. Bu nedenle mayonez örneğinde AG'nin optimum miktara (%100) yükseltilmesi hem ekşime gelişiminin düzenlenmesinde hem de kalitenin korunmasında ve mayonezin 5°C'de 5 ay süreyle raf ömrünün uzatılmasında faydalı olmuştur. Aksi takdirde, mayonezin %100 AG ile sunulması, yumurta bazlı yiyecekleri yiyemeyen vejetaryen tüketiciler için yeni bir alternatif geliştirmiştir [88].

3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada, soğuk sıkım bitkisel yağ yan ürünü olarak chia tohumu (*Salvia hispanica* L.), keten tohumu (*Linum usitatissimum* L.), roka tohumu (*Eruca sativa*) gam ekstraksiyonu için Zade Vital A. Ş.'den (İstanbul, TÜRKİYE) temin edilmiştir. Gam ekstraksiyonu sırasında kullanılacak etanol ve diğer tüm kimyasallar ve standartlar analitik kalitede olup Merck (Darmstadt, Almanya) veya Sigma-Aldrich'ten (St. Louis, ABD) satın alınmıştır. Az yağlı vegan mayonez hazırlamak için ayçiçek yağı ve ayçiçeği lesitini, distile su, soğuk sıkım keten tohumu yan ürünü gamı, guar gamı (GG), gam arabik (AG), ksantan gamı (XG) kullanılmıştır.

3.2 Yöntemler

3.2.1 Gam Ekstraksiyonu

Soğuk preslenmiş yağ yan ürünlerinden gam ekstraksiyonu Naji-Tabasi vd. [89] tarafından tanımlanan prosedüre göre yapılmıştır. Gamlar su ile disperse edildikten sonra etanol ile çökeltme yoluyla yan ürünlerden ekstrakte edilmiştir. 500 g soğuk preslenmiş keten tohum yan ürünü tartılarak 10 litre distile suya ilave edildi ve yan ürünlerden çıkan jel yapıları elde etmek için 80 °C'de manyetik ısıtmalı karıştırıcı ile 2 saat karıştırılmış, ekstraksiyon sonucu elde edilen çözeltiye 4 °C'de tutulan etanol (1:1) eklenmiştir. Karışım 24 saat 4°C'de soğukta bekletilmiş, etanol ilavesiyle çözeltideki gam yoğunluk farkından dolayı yükselmiş ve yüzeyde birikmiştir. Gam yüzeyden uzaklaştırılarak ve kuruması için dondurarak kurutucuda 72 saat kurutulmuştur. Elde edilen gamlar 4 °C'de paketlendi ve kuru koşullarda saklanmıştır.

3.2.2 Gam Karakterizasyonu

CSG, FSG ve RSG'nin nem içerikleri, numunenin etüvde (Memmert UF-110, Almanya) [90] 105 °C'de 5 saat kurutulmasıyla, kül içerikleri, numunenin organik materyalinin 550 °C'de bir kül fırınında (WiseTherm-Daihan FH-03, Kore) 6 saat boyunca yakılmasıyla belirlenmiştir [91]. Protein içerikleri, 6.25 dönüşüm faktörü ile Behr Kjeldahl birimi (Unit-S5, Almanya) kullanılarak Kjeldahl yöntemiyle belirlenirken [92] yağ içerikleri, solvent olarak heksan kullanılarak Soxhlet ekstraksiyonu ile analiz edilmiştir [93].

CSG, FSG ve RSG'nin monosakarit (glikoz, galaktoz, mannoz ve ksiloz) bileşimleri HPLC sistemi (Agilent 1260 Infinity) kullanılarak belirlendi. 250 mg gam numunesi 2 M H_2SO_4 ile 120 °C'de 2 saat ısıtılmış, daha sonra hidrolize edilen karışım soğutularak çözeltinin pH'ı (5 M NaOH ile) 7'ye ayarlanmış ve nihai hacim damıtılmış su ile 10 mL'ye ayarlanmıştır. Daha sonra 0,45 μm'lik bir şırınga filtresinden süzülerek ve kolona enjekte edilmiştir [94].

CSG, FSG ve RSG'yi karakterize etmek için bir KBr ışın difüzörü ve DLaTGS detektörü ile donatılmış ATR-FTIR (Atenuated toplam yansıma-Fourier transform kızılötesi) spektroskopisi (Bruker Tensor 27, Almanya) kullanılmıştır. Dalga sayıları 400 ila 4000 cm^{-1} arasında değişen CSG, FSG ve RSG'nin ATR-FTIR spektrumları, spektrum başına 16 tarama ve 2 cm^{-1} çözünürlük ile elde edilmiştir.

3.2.3 Gam Çözeltilerinin Hazırlanması

FSG ve CSG gamlarının %1,0-2,0 ve RSG nin ise %1,0-5,0 konsantrasyonlarında çözeltileri hazırlandı. Öncelikle doğal gam suda belirli bir konsantrasyonda çözüldü ve tam olarak hidratlanması için 12 saat manyetik karıştırıcıda karıştırıldı.

3.2.4 Reolojik Analizler

Gam çözeltilerinin akış davranış reolojik özellikleri, dinamik ve 3-ITT reolojik özellikleri stres ve sıcaklık kontrollü peltier ısıtma sistemine sahip reometre (Anton Paar, MCR 302, Avusturya) ile belirlenmiştir. Tüm reolojik analizler 25 °C'de gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.1 Akış Davranış Reolojik Özellikler

Gam çözeltilerinin akış davranış reolojik özellikleri paralel plate konfigürasyonu kullanılarak 0-100 kesme hızı (s^{-1}) aralığında belirlenmiştir. Reometre probu ve numune plakası arasında 0,5 mm boşluk bırakılmıştır. Reomotre ölçüm plakasını taşıracak kadar (yaklaşık 2 g) örnek ilave edilmiş ve sıcaklık dengesi sağlanana kadar kısa bir süre beklenildikten sonra analiz başlatılmıştır. Kesme hızına karşılık gelen kayma gerilimi ve görünür viskozite değerleri kaydedilmiştir. Akış davranış reolojik özelliklere ait parametreler Herchel Bulkley model ve doğrusal olmayan regresyon kullanılarak tespit edilmiştir;

$$\tau = K\gamma^{n} \qquad (1.1)$$

eşitlikte τ değeri kayma gerilimini (Pa), K kıvam katsayısını (Pasn), γ kesme hızını (s^{-1}) ve n ise akış davranış indeksini (boyutsuz) ifade etmektedir.

3.2.4.2 Dinamik Reolojik Analizler

Gam çözeltilerinin dinamik reolojik analizleri paralel plate konfigürasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle liner viskoelastik bölgeyi belirlemek amacıyla amplitute sweep testi %0,1 ve %100 strain aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu belirlenen değere göre frekans sweep testi 0,1-10 Hz frekans ve 0,1-64 (ω) açısal hız aralığında belirlenmiştir. Açısal hız ve frekans değerine karşılık depolama modülü (G') ve kayıp modülü (G") değerleri ölçülmüştür. Dinamik reolojik özellikler ile ilgili parametreler Oswald de Weale model ve lineer olmayan regresyon kullanılarak belirlenmiştir [96];

$$G' = K'\gamma^{n'} \qquad (1.2)$$

$$G'' = K''\gamma^{n''} \qquad (1.3)$$

Eşitlik 1.2 ve 1.3'te G' değeri depolama modülünü (Pa), G" değeri kayıp modülü (Pa), ω açısal hız değerini (s^{-1}), K' ve K" kıvam katsayısı değerlerini (Pas^{n}) ve n' ve n" değerleri ise akış davranış indeksi değerlerini ifade etmektedir.

3.2.5 Tiksotropik Özellikler

3.2.5.1 Sabit Kesme Hızı

25 °C'de gam çözeltilerinin zamana bağlı davranışını belirlemek için kesme gerilimi veya η_{50} değerleri kullanılmıştır. Deneysel veriler, n=2 ile Weltman modeline (Denklem (1.4)) ve ikinci derece yapısal kinetik eşitlikler kullanılarak (Denklem (1.5)) modellenmiştir [96,97].

$$\tau = K(\gamma)^{n'} \tag{1.4}$$

Denklem (1.4)'te σ (Pa), t zamanındaki kesme gerilmesidir, a (Pa) ilk kesme gerilmesidir, b (Pa) tiksotropik kırılmanın zaman katsayısıdır ve t (s), kesme zamanıdır.

$$\left[\frac{\eta - \eta_e}{\eta_0 - \eta_e}\right]^{(1-n)} = (n-1)kt + 1 \tag{1.5}$$

Denklem (5)'te, η_0 t=0'da (yapılandırılmış durum) başlangıçtaki görünür viskozitedir, ηe (yapılandırılmamış durum) denge görünür viskozitesidir, k= k(γ) hız sabitidir ve n, ikinci mertebeden yapısal kinetik modelde 2 olarak kabul edilen yapı bozulma reaksiyonunun derecesidir.

3.2.5.2 3–ITT (3 Zaman Aralıklı Tiksotropik Test)

25 °C'de gam çözeltilerinin 3-ITT reolojik özellikleri sırasıyla 0,5 s^{-1} sabit kesme hızı ve 150 1/s değişken kesme hızı olarak belirlendi. İkinci bir zaman aralığında uygulanan kesme hızı değerini belirlemek için lineer viskoelastik bölge dikkate alındı. Numunelerin lineer viskoelastik bölgesi 50 s^{-1}'de bitmiştir. Numuneler ilk zaman aralığında çok düşük bir kesme hızında (0,5 s^{-1}) 100 s'ye tabi tutuldu. İkinci zaman aralığında, 150 s^{-1}, 40 s boyunca belirtilen kesme kuvvetine tabi tutulmuştur. Bu değerlerin belirlenmesinde lineer viscoelastik bölge dikkate alınmıştır. Üçüncü zaman aralığında, numuneler ilk zaman aralığında düşük bir kesme hızına maruz bırakılarak ikinci zaman aralığındaki dinamik reolojik davranış test edilmiştir. Bu amaçla, gam çözeltilerinin viskoelastik katı yapısındaki (G') değişim gözlemlenmiştir. Gam çözeltilerinin davranışı, üçüncü zaman aralığında ikinci dereceden bir yapısal kinetik model kullanılarak modellenmiştir:

$$\left[\frac{G^{'} - G_e}{G_0 - G_e}\right]^{1-n} = (n-1)kt + 1 \quad (1.6)$$

Eşitlik 1.6'da G' değeri depolama modülündeki değişimi (Pa), G_0 3. zaman aralığındaki başlangıç depolama modolü değerini (Pa), G_e ürün kendini tamamen toparladığı diğer bir ifadeyle dengeye geldiği andaki depolama modülü (Pa), k tikroskopik hız sabitini ifade etmektedir. Eşitlikteki n değeri denklem 2. dereceden bir denklem olduğu için 2 olarak kabul edilmiştir [98].

3.2.6 Vegan Mayonez Hazırlama ve Analizleri

Az yağlı vegan mayonez numuneleri hazırlanırken farklı oranlarda gam farklı oranlarda su içinde dispersiyon haline getirildi, ardından dispersiyon 25°C'de çözüldü. Malzemeler çözüldükten sonra gam, manyetik bir ortamda 1000 rpm'de karıştırılarak hidratlandı. Elde edilen dispersiyon, ayçiçek yağı (%30) ve lesitin (%1) ile karıştırıldı ve Ultra Turrax (Daihan, HG15D) kullanılarak 10.000 rpm'de 3 dakika homojenize edildi.

3.2.6.1 Reoloji Analizleri

CSG, FSG ve RSG ile hazırlanan az yağlı vegan mayonezin tüm reolojik analizleri, yani akış davranış özellikleri, dinamik reolojik özellikler ve 3-ITT reolojik özellikleri, sıcaklık kontrollü bir reometre (MCR 302, Anton Paar, Avusturya) kullanılarak 25 °C'de belirlendi.

3.2.6.2 Zeta Potensiyel ve Partikül Boyutu

Zeta(ζ-) potansiyeli, yağ partikül boyutu (d32) ve polidispersite indeksi (PdI), elektroforez ve dinamik ışık saçılım sistemi ile bir partikül boyutu ölçer (Nanosizer, Malvern Instruments, Malvern, Worcestershire, UK) cihazı ile ölçüldü. Ölçüm yapılanmadan önce numuneler ultra saf su ile 500 kez seyreltilmiş ve ardından ultrasonik su banyosunda karıştırılarak homojenize edilmiştir. Bu prosedür, Zeta potansiyel ölçümü kullanılarak her numune için üç paralel halinde tekrarlandı ve değerlerin ortalamaları ve standart sapmalar belirlendi.

3.2.6.3 Oksidatif Stabilite (OXITEST)

Az yağlı vegan mayonez örneklerinin oksidatif stabilitesi, AKSOY ve arkadaşları tarafından belirtilen metoda göre OXITEST Cihazı (Velp Scientifica, Usmate, MB, İtalya) kullanılarak belirlenmiştir [99]. İlk olarak numune hücrelerine 8 g ayçiçek yağı tartılmış, daha sonra her vegan mayonez örneğinden 20 g numune hücrelerine tartılmıştır. Cihaz sıcaklığı ve oksijen basıncı sırasıyla 90°C ve 6 bar olarak ayarlanmıştır. İndüksiyon periyodu (IP) değeri, numunelerin oksidatif stabilite değerlerini yorumlamak için kullanılmıştır.

3.2.7 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz, Statistica yazılım programı (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm reolojik analizler üç paralel halinde gerçekleştirildi ve standart sapma ve ortalama değerler verilmiştir. Örneklerin fizikokimyasal ve reolojik değerleri arasındaki farkı belirlemek amacıyla ANOVA testi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi %95 anlamlılık düzeyinde kullanılmıştır.

4
SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1 Gam Karakterizasyonu

Tablo 4.1'de CSG, FSG ve RSG'nin fizikokimyasal özellikleri gösterildi. CSG %73,59 karbonhidrat, %9,45 protein, %1,01 yağ, %9,60 nem, %6,26 kül (%w/w) içermektedir. FSG %78,56 karbonhidrat, %11,38 protein, %2,16 yağ, %9,08 nem, %7,89 kül (%a/a) içerirken, RSG %60,48 karbonhidrat, %21,00 protein, %1,94 yağ, %9,95 nem, 6,63 % kül (%w/w) içermektedir.

Gamların protein içeriği, gamların emülsifikasyon ve köpürme kabiliyetini etkileyen çok önemli bir parametredir. Elde edilen gamların protein içeriği diğer doğal ve ticari gamlardan daha yüksek bulunmuştur [101,102]. RSG galaktoz ve mannoz açısından zenginken, FSG ve CSG ksiloz ve glikoz açısından zengindir. RSG'nin birçok gamda olduğu gibi galaktomannan bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. RSG'de mannozun galaktoza oranı 1,77 olarak bulunmuştur. Mannoz/galaktoz oranı, gamların soğuk suda çözünürlüğü, koyulaştırma, jelleşme ve kriyostabilize etme özellikleri gibi teknolojik özelliklerini güçlü bir şekilde etkilemektedir. Mannoz galaktoz oranı guar gamından (2:1) ve LBG'den (4:1) daha düşük, çemen otu gamından (1:1) daha yüksektir [103,104]. Benzer bir çalışmada, keten tohumu ve chia tohumlarından elde edilen müsilaj ve zamkların şeker profili üzerine yapılan çalışmalardan ksiloz ve glukozun mannoz ve galaktozdan daha yüksek olduğu bildirilmiştir [105-106].

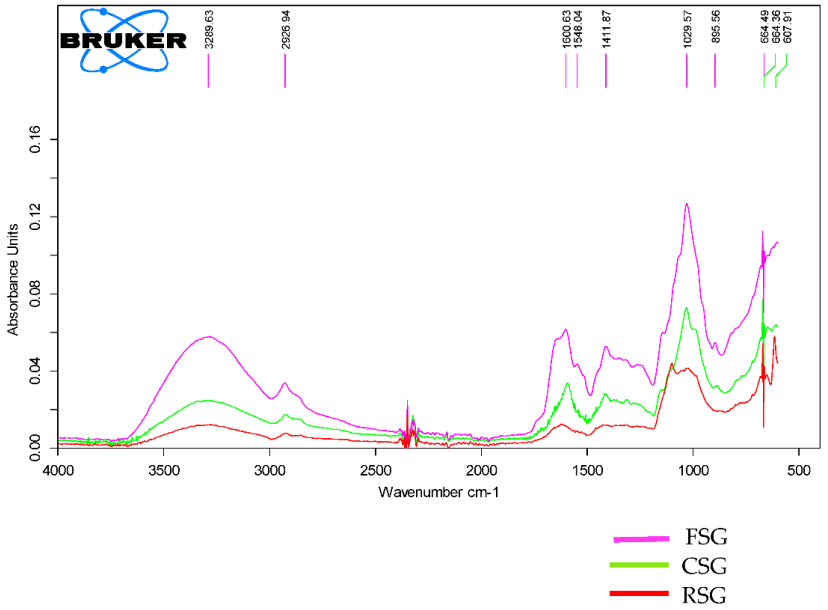
Tablo 4.1 CSG, FSG ve RSG'nin fizikokimyasal özellikleri

	CSG	FSG	RSG
Karbonhidrat (%w/w)	73,59 ± 0,29 b	78,56 ± 0,06 a	70,48 ± 0,20 c
Protein (%a/a)	9,45 ± 0,07 b	11,38 ± 0,10 a	11,00 ± 0,01 a
Yağ (%a/a)	1,01 ± 0,02 b	2,16 ± 0,10 a	1,94 ± 0,04 a
Nem (%w/w)	9,60 ± 0,18 s	9,08 ± 0,06 b	9,95 ± 0,08 a
Kül (%a/a)	6,26 ± 0,14 b	7,89 ± 0,11 a	6,63 ± 0,05 b
Monosakkaritler (%)			
Glikoz	20,46 ± 0,16 a	20,27 ± 0,15 a	10,26 ± 0,06 b
Galaktoz	6,70 ± 0,07 c	19,91 ± 0,03 b	22,08 ± 0,08 a
Mannoz	4,09 ± 0,01 b	041 ± 0,01 c	39,12 ± 0,12 a
Ksiloz	36,15 ± 0,15 b	38,75 ± 0,05 a	-

CSG: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: roka tohumu yan ürün gamı. Aynı satırdaki farklı küçük harf, istatistiksel anlamlılığı gösterir ($p < 0,05$).

CSG, FSG ve RSG'nin FTIR spektrumu Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Sonuçlar, tüm gam numunelerinin bazı küçük farklılıklarla benzer bir FTIR spektrumu gösterdiğini ortaya koydu. Bu farklılık protein içeriklerinden ve farklı şeker ve organik asit bileşimlerinden kaynaklanmış olabilir. 3500–3100 cm^{-1} arasında değişen karakteristik bantlar, karbonhidratların kaba yapısını oluşturan hidroksil (-OH) gerilmesi ile ilişkilendirilebilir [108]. 3000–2800 cm^{-1} arasındaki bantlar, aromatik halkaların ve metil grubunun (CH3) -C-H gerilmesini temsil eder [109]. Chia tohumu ve müsilajı için 1654 cm^{-1} ve 1618 cm-1'deki bantlar bir mannoz halkasına atanır (Goh ve diğerleri, 2016). 1597 cm^{-1} ve 1422 cm^{-1} civarındaki bantlar, gam polisakkaritindeki üronik asit kalıntılarının karboksil gruplarından veya gam örneklerinde protein varlığından kaynaklanmaktadır [110]. Bu sonuç gamların protein içeriği ile uyumludur. 950 cm^{-1} ile 1200 cm^{-1} arasındaki dalga sayısı genellikle polisakkaritlerdeki ana kimyasal grupların tanımlandığı polisakkaritlerin parmak izi bölgesi olarak kabul edilir. Yaklaşık 1030 cm^{-1}'deki bant, 1→4 glikozidik bağların C-O-C gerilmesine atanır [111]. Ayrıca, 1014 cm^{-1}'deki güçlü absorpsiyon, C–N'nin germe titreşimini gösterir [112]. 864 cm^{-1}'deki

bant, glukopiranoz ve ksilopiranoz birimlerinin β-anomerik C-H deformasyonuna ve glikozidik bağlantılarına atanır [98]. Elde edilen FTIR spektrumu, literatürde incelenen birçok müsilaj ve gama çok benzer. Hadad ve Goli [113] keten tohumu müsilajının FTIR spektrumunun 3321, 2922, 1612, 1410 ve 1050 cm^{-1}'de absorpsiyon zirveleri verdiğini gözlemledi. Darwish ve El-Sohaimy [44] 1739, 1539, 1444, 1419, 1157, 1058 ve 618 cm^{-1}'de chia tohumu müsilajının absorpsiyon zirvelerini bildirmiştir.



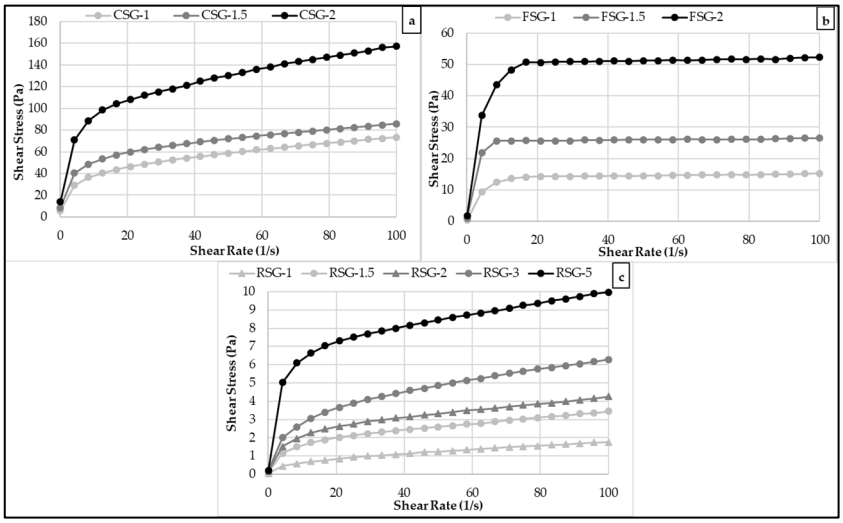
Şekil 4.1 400 ve 4000 cm^{-1} arasındaki spektral bölgede FSG, CSG ve RSG'nin FTIR spektrumları

4.1.1 CSG, FSG ve RSG Çözeltilerinin Akış Davranışı Reolojik Özellikleri

Şekil 4.2, farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltilerin (CSG (%1,0, 1,5 ve 2,0 w/w), FSG (%1,0, 1,5 ve 2,0; w/w) ve RSG'nin (%1,0, 1,5, 2,0, 3,0 ve 5,0 w/w)) 25 °C'de 0,01 ila 100 s^{-1} kesme hızı aralığında akış özelliklerini göstermektedir. Kesme hızındaki bir artışla viskozitedeki azalma, tüm konsantrasyonlarda CSG, FSG ve RSG çözeltileri için Newton tipi olmayan kesme incelmesi (psödoplastik) bir akış davranış gösterdi. Artan kesme hızına bağlı olarak numunelerin viskozite değerlerinde meydana gelen azalma, uygulanan kuvvet sonucunda üründeki moleküller arasındaki zayıf bağların kopması ve bileşenler arasındaki etkileşimin zayıflaması ile açıklanabilir [115,116]. Keçiboynuzu zamkı [117] ve ksantan zamkı [118] gibi gıda endüstrisinde en çok kullanılan hidro-kolloidler, kesme ile

incelme reolojik davranışı göstermiştir. Gam dispersiyonlarının benzer kayma inceltici akış davranışı daha önce Sanchez vd. [119] tarafından rapor edilmiştir. Marcotte vd. [120], Yamazaki, et al. [121], Razavi, et al. [122] ve Chaharlang ve Samavati [123]. CSG ve FSG dispersiyonları, düşük konsantrasyonlarda (%1–2) yüksek viskozite ve belirgin kesme incelmesi davranışı gösterdi; bununla birlikte, daha fazla RSG, daha düşük konsantrasyonlarda zayıf psödoplastisite sergilemiştir. Bu, bu gamların çeşitli kökenleri ile açıklanabilir. Yüksek moleküler ağırlığa ve güçlü moleküller arası etkileşimlere sahip olan zamklar, yüksek viskoziteli çözeltilere sahiptir [124]. Yönlendirme etkisi, kesme incelmesi davranışı için başka bir açıklamadır. Kayma hızı arttıkça, rastgele dağılmış polimer molekülleri akış yönünde giderek daha fazla hizalanır ve bu da komşu polimer zincirleri arasındaki temasın azalmasına neden olur [125].

Kesme ile inceltici gamlar, gıda ürünlerinin tekstürünü ve reolojik özelliklerini geliştirmek için yaygın olarak kullanılır. Pompalama ve doldurma gibi yüksek kesmeli işleme işlemleri, çözeltinin görünür viskozitesinde bir azalmaya neden olur. Bununla birlikte, yüksek görünür viskozite, tüketim sırasında ağızda hoş bir his bırakır [126].



Şekil 4.2 Farklı konsantrasyonlara sahip FSG (keten tohumu yan ürün gamı), CSG (chia tohumu yan ürün gamı) ve RSG (roka tohumu yan ürün gamı) çözeltilerinin sabit kesme reolojik özellikleri ((a):CSG(%1–2)),(b): FSG (%1–2),(c): RSG(%1–5)).

Güç kanunu modeli parametreleri (tutarlılık indeksi (K) ve akış davranış indeksi (n)) Tablo 4.2'de gösterilmiştir. CSG, FSG ve FSG'nin akış davranışı özelliklerinin modellenmesi için kuvvet kanunu modeli başarıyla uygulanmıştır. RSG çözeltileri (belirleme katsayıları: R^2>0,96). Daha önceki birçok araştırma, gum çözeltilerinin akış davranışını açıklamak için power-law modelinin uygun model olduğunu göstermiştir [120,126-128].

K değerleri 0.209–49.028 $Pa.s^n$ olarak bulundu. Gam konsantrasyonlarının artması, her tür gam çözeltisi için K değerlerini arttırdı. Aynı konsantrasyonda, CSG en yüksek K değerlerine sahipken, bunu FSG ve RSG izlemiştir. Tüm konsantrasyonlarda CSG, FSG ve RSG çözeltilerinin n değerleri 1'den küçüktü, bu da tüm gamların Newtonyen olmayan bir kesme incelmesi davranışı gösterdiğini gösterir (Tablo 4.2).

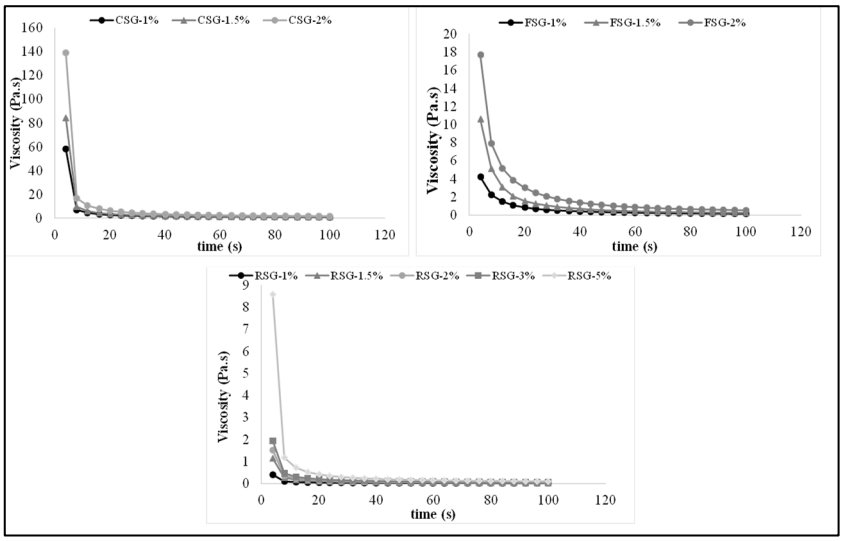
Tablo 4.2 Gam çözeltilerinin sürekli kesme kuvveti kanunu parametreleri

	Gam (%)	**K ($Pa.s^n$)**	***n***	**R^2**
FSG-1	1,0	8,256 ± 0,043 ^{C}	0,143 ± 0,000	0,942
FSG-1.5	1,5	15,699 ± 0,120 ^{B}	0,143 ± 0,001	0,972
FSG-2	2,0	28,731 ± 0,341 ^{A}	0,145 ± 0,001	0,956
CSG-1	1,0	18,578 ± 0,087 ^{C}	0,296 ± 0,011	0,998
CSG-1.5	1,5	27,889 ± 0,092 ^{B}	0,243 ± 0,003	0,995
CSG-2	2,0	49,028 ± 0,0359 ^{A}	0,252 ± 0,001	0,994
RSG-1	1,0	0,209 ± 0,001 ^{E}	0,460 ± 0,004	0,999
RSG-1.5	1,5	0,694 ± 0,015 ^{D}	0,342 ± 0,003	0,997
RSG-2	2,0	0,985 ± 0,002 ^{C}	0,313 ± 0,001	0,996
RSG-3	3,0	1,217 ± 0,003 ^{B}	0,305 ± 0,000	0,998
RSG-5	5,0	3,553 ± 0,021 ^{A}	0,224 ± 0,001	0,987

CSG: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: roka tohumu yan ürün gamı. Aynı satırdaki farklı küçük harf, istatistiksel anlamlılığı gösterir ($p < 0,05$).

Tüm gam çözeltileri, 0,143-0,460 gibi düşük n değerleriyle güçlü kesme inceltme davranışına sahipti, bu da Newton davranışından önemli bir sapma olduğunu gösterir ve diğer birçok kesme inceltmeli hidrokolloidler gibi, yüksek viskoziteye ve ağızda hoş bir his uyandırır. CSG, FSG ve RSG numuneleri keçiboynuzu zamkı [127], monoi zamkı [128], guar zamkı [129] ve ksantan zamkı [130] gibi kesme incelmesi davranışı sergilediler ve bu durum uygulanan kesme kuvvetinin etkisiyle polimerler arasında oluşan zayıf bağlardan kaynaklanması olarak yorumlanmıştır [131]. n sayısı 0,6'dan küçük olduğunda Newtonian olmayan davranışın anlamlı hale geldiği gözlemlenmiştir [132]. Gam konsantrasyonlarının artması n değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Bu sonuçlar, CSG, FSG ve RSG solüsyonlarının farklı konsantrasyonlarının CSG, FSG ve RSG solüsyonlarının kararlı kesme özelliklerini etkilediğini göstermiştir.

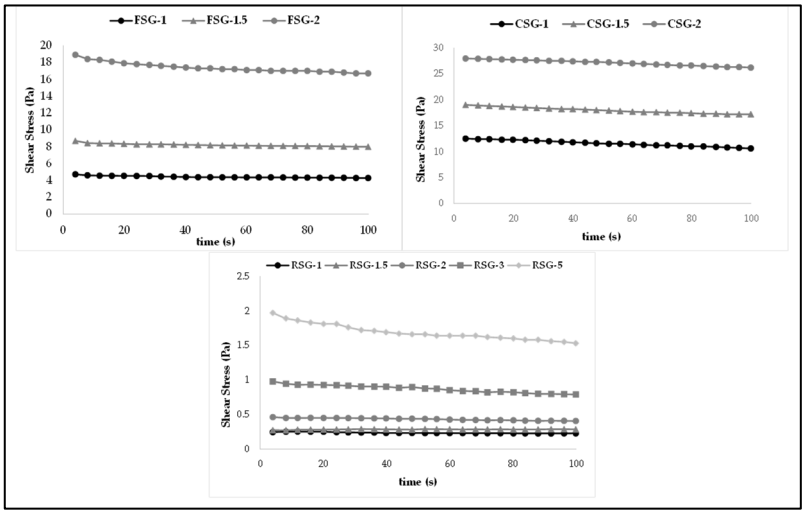
Şekil 4.3'de, 0,01 ila 100 s-1 kesme hızı aralığında farklı konsantrasyonlara sahip CSG, FSG ve RSG çözeltilerinin viskozitesini göstermektedir. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi, CSG, FSG ve RSG numunelerinin viskozitesi, gam çözeltilerinin psödoplastik davranışından dolayı tüm konsantrasyonlarda kesme hızının artmasıyla azalmıştır. Kesme hızındaki artış, moleküler bağların bozulmasına yol açtı ve bu nedenle moleküller düzenli hale geldi ve iç sürtünme azaldı. Sonuç olarak, CSG, FSG ve RSG çözeltilerinin viskozitesi azaldı. Gam solüsyona karıştıkça, gam konsantrasyonuyla birlikte gam solüsyonlarının viskozitesi, Şekil 4.3'te görülebileceği gibi arttı. Diğer gam solüsyonlarına kıyasla CSG-2'de (%2 chia gamı içeren bir solüsyon) daha yüksek viskozite değeri elde edildi. Bu durum hidrojen bağlarındaki güçlü etkileşimlerle ilişkiliydi [133].



Şekil 4.3 CSG'nin viskozitesi: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: farklı konsantrasyonlarda roka tohumu yan ürün gamı çözeltileri (a: CSG (%1–2), b: FSG (%1–2) , c: RSG (%1–5))

4.2 Tiksotropik Özellikler

Sabit Kesme Hızı,CSG, FSG ve RSG çözeltileri, kesme çürümesi testinde 25°C'de 0,5 s-1 sabit bir kesme hızında kesildi. 25°C'de Şekil 4, zamanın bir fonksiyonu olarak CSG, FSG ve RSG çözeltilerinin kesme gerilimindeki değişimi göstermektedir. Bunu takiben, Weltmann [134] modeli ve ikinci dereceden yapısal model [135] olmak üzere veriler iki farklı modele yerleştirilmiştir.



Şekil 4.4 CSG: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: farklı konsantrasyonlarda roka tohumu yan ürün gamı çözeltileri (a : CSG (1) için sabit bir kesme hızında (0,5 s^{-1}) zamana karşı kayma gerilimi –2%), b: FSG (%1–2), c: RSG (%1–5))

Hesaplanan parametreler ve ilgili belirleme katsayıları Tablo 3'te gösterilmektedir. Her iki model de, iyi R^2 değerleri ile tüm gam konsantrasyonu seviyelerinde kesme gerilimi değerlerinin zamana bağımlılığını doğru bir şekilde yansıtabilir.

İkinci dereceden yapısal model, numunenin yapılandırılmış ve yapılandırılmamış durumuna bağlı olarak, kesmenin neden olduğu zamana bağlı akış özelliklerindeki değişikliğin yanı sıra bozulma oranı hakkında bilgi sağlar. Hız sabiti (k), yapısal bozulma oranını (tiksotropi derecesi) temsil ederken, başlangıç-denge viskozite oranı (η0/ηe) yapısal bozulma miktarının göreceli bir değerlendirmesini sunar [136]. İkinci mertebe yapısal modelin parametreleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Gam tipinin de k değerlerinin ve η0/ηe değerlerinin büyüklükleri üzerinde etkisi olmuştur. Tahmin edilebileceği gibi, gam konsantrasyonlarının artmasıyla gam çözeltilerinin η0 ve ηe değerleri artmıştır. Ayrıca, gam konsantrasyonlarının artmasıyla gam çözeltilerinin k değerleri ve η0/ηe oranları da artmıştır. En yüksek k ve η0/ηe değerlerinin CSG çözeltilerine ait olması, CSG çözeltilerinin daha hızlı tiksotropik bozulma oranı ve tiksotropi kapsamı gösterdiğini göstermektedir.

Tablo 4.3 25 °C'de gam çözeltilerinin zamana bağlı akış davranışını tanımlayan Weltman ve ikinci dereceden yapısal kinetik model parametreleri

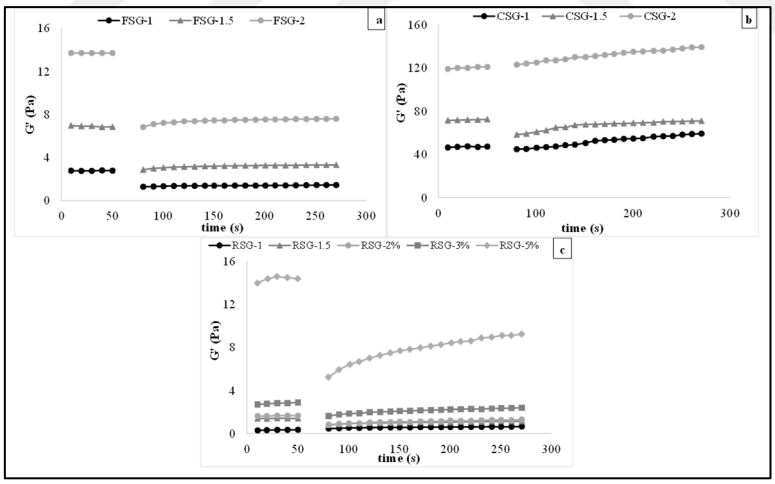
		Weltman Modeli			**İkinci Dereceden Yapısal Kinetik Modeli**				
	Gam (%)	**A (Pa)**	**-B (Pa)**	**R^2**	**k * 1000**	**η_0 (Pa.s)**	**η_e (Pa.s)**	**η_0/η_e**	**R^2**
FSG-1	1,0	4,910 ^{C}	0,133 ^{C}	0,984	3,666 ^{C}	23,346 ^{C}	5,276 ^{C}	4,425 ^{C}	0,996
FSG-1.5	1,5	8,911 ^{B}	0,193 ^{B}	0,986	7,641 ^{B}	59,080 ^{B}	6,415 ^{B}	9,209 ^{B}	0,993
FSG-2	2,0	19,923 ^{A}	0,683 ^{A}	0,996	13,522 ^{A}	138,530 ^{A}	9,166 ^{A}	15,113 ^{A}	0,997
CSG-1	1,0	13,988 ^{C}	0,550 ^{C}	0,921	5,566 ^{C}	74,176 ^{C}	11,842 ^{C}	6,264 ^{C}	0,997
CSG-1.5	1,5	20,407 ^{B}	0,661 ^{B}	0,952	7,480 ^{B}	256,477 ^{B}	15,567 ^{B}	16,475 ^{B}	0,996
CSG-2	2,0	29,349 ^{A}	0,701 ^{A}	0,999	14,329 ^{A}	423,919 ^{A}	20,661 ^{A}	20,517 ^{A}	0,994
RSG-1	1,0	0,281 ^{E}	0,012 ^{E}	0,966	1,309 ^{E}	1,219 ^{D}	0,947 ^{E}	1,287 ^{E}	0,998
RSG-1.5	1,5	0,309 ^{D}	0,017 ^{D}	0,992	3,157 ^{D}	6,626 ^{C}	3,976 ^{B}	1,668 ^{D}	0,999
RSG-2	2,0	0,731 ^{C}	0,041 ^{C}	0,993	6,787 ^{C}	8,837 ^{B}	4,466 ^{A}	1,978 ^{C}	0,990
RSG-3	3,0	2,195 ^{B}	0,137 ^{B}	0,987	8,602 ^{B}	8,953 ^{B}	3,092 ^{C}	2,896 ^{B}	0,992
RSG-5	5,0	3,281 ^{A}	0,212 ^{A}	0,996	10,656 ^{A}	17,499 ^{A}	2,899 ^{D}	6,036 ^{A}	0,993

CSG: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: roka tohumu yan ürün gamı. Aynı satırdaki farklı küçük harf, istatistiksel anlamlılığı gösterir ($p < 0,05$).

Weltman modeli, gam çözeltilerinin kesme gerilimi ve kesme süresi arasındaki ilişkiyi iyi bir şekilde tahminlemiştir ve model parametreleri (A ve B), sıcaklığın stres bozulma davranışı üzerindeki etkisini incelemek için kullanıldı (Tablo 4.3).

Parametre A, yapısal bozulma için kesme gerilimi eşiğini temsil ederken, zaman katsayısı-B, uygulanan kesmenin neden olduğu yapısal bozulma miktarını temsil eder [137]. Negatif B değerleri, görünen viskozitenin ne kadar sürede dengeye ulaştığını gösterir [132]. Daha düşük B değerleri, bir ürünün yapısının karıştırmadan daha az etkilendiğini ifade eder. Bu nedenle RSG ve FSG, düşük B değerleri nedeniyle karıştırmadan CSG'ye göre daha az etkilenmiştir. Weltman modelinin katsayıları, gam konsantrasyonlarından ve uygulanan sabit kesme hızından etkilenmiştir [138].

Üç Aralıklı Tiksotropik Zaman Testi (3-ITT), Şekil 4.5, gam çözeltilerinin ani ve doğrusal olmayan deformasyonunu simüle eden 3-ITT ile CSG, FSG ve RSG çözeltilerinin yapısal geri kazanımını göstermektedir. CSG, FSG ve RSG çözeltilerinin yapısal iyileşme eğilimi, gam konsantrasyonlarının artmasıyla artmıştır. Gam çözeltilerinin en düşük konsantrasyonları, en düşük yapısal geri kazanıma neden olmuştur. Bu sonuçlar, yüksek ani kesme kuvveti nedeniyle ikinci zaman aralığında gözlenen yapısal bozulmanın gam konsantrasyonu arttıkça kolaylıkla geri kazanılabileceğini göstermiştir [139].



Şekil 4.5 3-ITT CSG'nin reolojik özellikleri: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: farklı konsantrasyonlarda roka tohumu yan ürün gam çözeltileri ((a): CSG (%1–2), (b): FSG (%1–2), (c): RSG (%1–5)).

Tablo 4.4, ikinci dereceden bir yapısal model kullanılarak 3-ITT reolojik verilerinin uydurulmasıyla belirlenen yapısal deformasyon ve geri kazanım oranını gösterir. Tiksotropik sabit (k), başlangıç depolama modülü (G0), denge depolama modülü (Ge) ve Ge ve G0 oranı (Ge/G0) ikinci dereceden yapısal kinetik model ile hesaplanmıştır. Ge/G0 değeri, geri kazanım yüzdesini temsil eder; sayısal olarak

ne kadar büyükse, iyileşme eğiliminin o kadar hızlı olduğu değerlendirilebilir. Ge/G0 değerleri 1.124 ile 1.750 arasında tespit edilmiştir. CSG'nin en yüksek Ge, G0 ve Ge/G0 değerlerine sahip olması, CSG çözümlerinin daha yüksek kurtarılabilir karakter olduğunu göstermektedir. Tablo 4.4'te görüldüğü gibi, k değeri numunelerin tiksotropik oranını gösterir ve daha yüksek bir k, daha yüksek bir geri kazanım oranını gösterir. Her bir gam türü için, daha yüksek gam içeriği, daha yüksek bir k değeri göstermiştir. En yüksek gam konsantrasyonunu içeren numuneler, en yüksek k ve Ge/G0'ı göstermiştir; bu, numunenin en yüksek tiksotropik davranış ve viskoelastik katı karakter gösterdiğini gösterir. Ayrıca FSG-2 en yüksek k değerine sahipti.

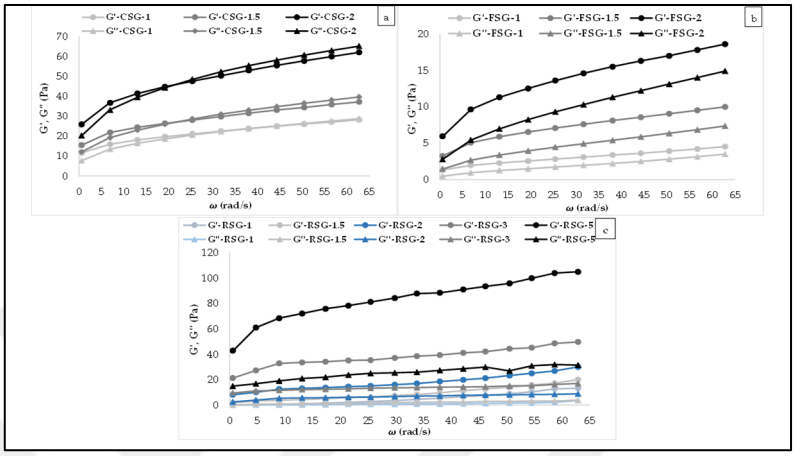
Tablo 4.4 3-ITT için ikinci dereceden yapısal kinetik model parametreleri

	G_0	G_e	G_e/G_0	k × 1000	R^2
FSG-1	1,285 ± 0,011 ^{C}	1,542 ± 0,107 ^{C}	1,200 ^{C}	7,41 ^{C}	0,970
FSG-1.5	2,694 ± 0,049 ^{B}	3,390 ± 0,012 ^{B}	1,259 ^{B}	35,56 ^{B}	0,998
FSG-2	6,368 ± 0,124 ^{A}	8,200 ± 0,300 ^{A}	1,288 ^{A}	56,71 ^{A}	0,997
CSG-1	38,788 ± 1,561 ^{C}	59,525 ± 0,565 ^{C}	1,535 ^{C}	33,27 ^{C}	0,909
CSG-1.5	44,234 ± 0,095 ^{B}	75,015 ± 0,352 ^{B}	1,696 ^{B}	38,99 ^{B}	0,990
CSG-2	76,001 ± 0,219 ^{A}	133,000 ± 0,435 ^{A}	1,750 ^{A}	41,80 ^{A}	0,948
RSG-1	0,461 ± 0,003 ^{E}	0,518 ± 0,019 ^{E}	1,124 ^{E}	11,00 ^{E}	0,983
RSG-1.5	0,744 ± 0,014 ^{D}	0,842 ± 0,005 ^{D}	1,132 ^{D}	14,91 ^{D}	0,980
RSG-2	0,800 ± 0,020 ^{C}	0,914 ± 0,259 ^{C}	1,143 ^{C}	7,08 ^{C}	0,983
RSG-3	1,268 ± 0,209 ^{B}	1,557 ± 0,083 ^{B}	1,228 ^{B}	8,56 ^{B}	0,996
RSG-5	4,617 ± 0,308 ^{A}	5,869 ± 0,438 ^{A}	1,271 ^{A}	9,47 ^{A}	0,998

CSG: chia tohumu yan ürün gamı, FSG: keten tohumu yan ürün gamı, RSG: roka tohumu yan ürün gamı. Aynı satırdaki farklı küçük harf, istatistiksel anlamlılığı gösterir ($p < 0,05$).

CSG, FSG ve RSG Çözeltilerinin Viskoelastik Davranışı, Gam çözeltilerinin viskoelastik davranışını belirlemek için bir frekans tarama testi kullanılmıştır. Şekil 4.6, farklı konsantrasyonlarda CSG, FSG ve RSG çözeltilerinin dinamik viskoelastik özelliklerini göstermiştir. Görüldüğü gibi, gam çözeltileri için depolama (G′) ve kayıp (G″) değerlerindeki değişiklikler, 25°C'de açısal frekansın (ω) bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Gam çözeltilerinin yapısı, depolama modülü G' ve kayıp modülü G" frekans bağımlılığını ortaya koyan dinamik mekanik spektrumlarda gösterilebilir. G' ve G" değerleri arasında, incelenen tüm

frekans aralığında G' değerlerinin G"den daha büyük olduğunu ortaya koyan hiçbir çapraz nokta bulunamamıştır. Sonuç olarak, gam çözeltilerinin, 25°C'de deneysel frekans aralığında tipik jel benzeri davranışa sahip olduğu belirlenmiştir. Bu viskoelastik davranış, Chaisawang ve Suphantharika [140] ve Kutlu vd. [141] tarafında da bildirilmiştir.



Şekil 4.6 (a): CSG: chia tohumu yan ürün gamı (%1–2), (b): FSG: keten tohumu yan ürün gamı (%1–2), (c): RSG: roka tohumu yan ürün gamı (%1–5) farklı konsantrasyonlarda çözeltiler.

Deneysel G' ve G" değerlerine karşı ω'yi analiz etmek için doğrusal olmayan regresyon kullanıldı ve eğimlerin (n′ ve n″), kesişim (K′ ve K″) ve belirleme katsayısı (R^2) değerlerinin hesaplanan büyüklükleri Tablo 4.5'te gösterilmiştir. K″ değerlerinin K′ değerlerinden daha yüksek olduğu belirlendi, bu da gam çözeltilerinin sıvı benzeri özellikler sergilediğini gösterir. Farklı gam çözeltileri [139,140] ve farklı gıda ürünleri [142,143] ile ilgili önceki çalışmalarda benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Tüm çözümler, pozitif eğimler (n′ ve n″ > 0) nedeniyle jel benzeri davranış sergiledi. n' değeri, jelin gücünü ve türünü belirlemek için kullanılan parametrelerden birisidir; n' = 0, bir kovalent jeli belirtirken, n'>0, bir fiziksel jeli belirtir. Düşük n' değerleri (sıfır civarında) G"nin frekansla değişmediğini gösterir, ancak 1'e yakın n' değerleri sistemin viskoz bir jel gibi davrandığını gösterir.

Tablo 4.5 CSG, FSG ve RSG çözümlerinin dinamik reolojik özelliklerinin güç kanunu parametreleri

	K′ (Pa.s)	*n′*	R^2	*K″* (Pa.s)	*n″*	R^2
FSG-1	0,949 ± 0,002 ^{C}	0,358 ± 0,002	0,9994	0,217 ± 0,004 ^{C}	0,656 ± 0,069	0,9981
FSG-1.5	2,933 ± 0,025 ^{B}	0,285 ± 0,015	0,9975	1,049 ± 0,006 ^{B}	0,459 ± 0,010	0,9880
FSG-2	5,666 ± 0,031 ^{A}	0,279 ± 0,005	0,9997	2,216 ± 0,033 ^{A}	0,453 ± 0,006	0,9985
CSG-1	10,679 ± 0,031 ^{C}	0,326 ± 0,002	0,9978	7,328 ± 0,012 ^{C}	0,326 ± 0,002	0,9917
CSG-1.5	14,655 ± 0,093 ^{B}	0,304 ± 0,001	0,9990	11,013 ± 0,307 ^{B}	0,304 ± 0,011	0,9964
CSG-2	24,849 ± 0,101 ^{A}	0,212 ± 0,000	0,9992	19,543 ± 0,076 ^{A}	0,287 ± 0,000	0,9807
RSG-1	0,011 ± 0,001 ^{E}	0,118 ± 0,103	0,9993	0,007 ± 0,000 ^{E}	0,117 ± 0,079	0,9989
RSG-1.5	0,074 ± 0,002 ^{D}	0,809 ± 0,098	0,989	0,060 ± 0,003 ^{D}	0,801 ± 0,106	0,988
RSG-2	0,151 ± 0,002 ^{C}	0,679 ± 0,045	0,9987	0,150 ± 0,034 ^{C}	0,721 ± 0,009	0,9983
RSG-3	0,232 ± 0,001 ^{B}	0,508 ± 0,002	0,9899	0,219 ± 0,019 ^{B}	0,720 ± 0,032	0,9983
RSG-5	2,178 ± 0,041 ^{A}	0,202 ± 0,000	0,9982	0,634 ± 0,092 ^{A}	0,213 ± 0,001	0,9910

CSG: chia tohumu yan ürün gamı (%1–2), FSG: keten tohumu yan ürün gamı (%1–2), RSG: roka tohumu yan ürün gamı (%1–5); K' ve K″: tutarlılık katsayısı (Pa.sn); n′ ve n″: akış davranışı indeks değerleri; R2: katsayının belirlenmesi.

4.3 Farklı Gam Türleri ile Az Yağlı Vegan Mayonez Örneklerinin Reolojik Özellikleri, Zeta Potansiyeli ve Partikül Büyüklüğü ve Oksidatif Kararlılığı

Reolojik özellikler, Reolojik karakterizasyon sonuçlarına göre, kullanılan en yüksek konsantrasyonlarda RSG, FSG ve CSG en yüksek K, K', geri kazanım değerlerini ve tiksotropik dereceyi vermiştir. RSG, FSG ve CSG, bu konsantrasyonlarda ticari gamlarla karşılaştırılmıştır. Mayonez üretiminde ticari gamların konsantrasyonlarının belirlenmesinde literatürde başarılı sonuçlar veren konsantrasyonlar dikkate alınmıştır. Vegan mayonez numunelerinin sabit kesme reogramı, vegan mayonezin kesme incelmesi davranışının (psödoplastik davranış) mutlak kanıtı olan Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Bu tipik davranış, diğer araştırmacılar tarafından vegan mayonez için rapor edilmiştir [144,145]. Şekil 4.7'den, CG ve FG'yi formüle eden mayonez numunesinin en yüksek kesme incelmesi davranışına sahip olduğu ve bunu GG'nin izlediği sonucuna varılabilir.

Frekans süpürme ölçümü ile elde edilen vegan mayonez numunelerinin viskoelastik özellikleri karakterize edilmiş ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, ölçülen frekans aralığında G′, G″'den büyüktü ve hem G′ hem de

G″ artan frekanstan pek etkilenmemiştir (Şekil 4.6). Tüm vegan mayonez örneklerinin katı benzeri özellikler gösterdiği sonucuna varılabilir. Bu sonuç [146] tarafından mikronize konjac jel ile formüle edilmiş mayonez içinde bildirilmiştir.

Şekil 4.7, vegan mayonez örneklerinin 3-ITT reolojik özelliklerini göstermiştir. Yüksek hızda karıştırma ve homojenleştirme sırasında ve ayrıca paketlenmiş gıda çalkalandığında veya preslendiğinde olduğu gibi tüketim sırasında meydana gelen deformasyonlar nedeniyle, özellikle düşük yağ içeriğine sahip vegan mayonezde O/W emülsiyonları için tiksotropik davranış çok önemlidir. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi, tüm numuneler üçüncü aralıkta tiksotropik davranış göstermiştir. Mayonez numuneleri şiddetli kayma deformasyonundan sonra viskoelastik özelliklerini kaybetmiş, ancak ikinci bir periyottan sonra geri kazanmışlardır. Bu bulgular, tüm mayonez numunelerinin, homojenizasyon veya pompalama gibi büyük miktarda ani deformasyonun yanı sıra çalkalama ve sıkma altında tüketimi içeren gıda işleme boyunca viskoelastik karakterlerini koruyabildiğini göstermiştir. Bu, mayonez için ideal akış davranışıdır.

Tablo 4.6, farklı bir gam türü ile hazırlanan az yağlı vegan mayonez örneklerinin reolojik özelliklerini sunmaktadır. Akış indeksi (n), tutarlılık indeksi (K) ve belirleme katsayısının (R^2) akış parametreleri Tablo 4.6'da gösterilmiştir. n değerleri 0,208-0,769 olup, AG-VM için beklenen tüm mayonez numunelerinin psödoplastik olduğunu gösterir ($n < 1$). Bazı ticari mayonez ve vegan mayonez örnekleri için n değerleri 1'den düşük olarak rapor edilmiştir [147-150]. Vegan mayonez örneklerinin K değerleri 0,007 ile 38,582 Pa.sn arasında belirlendi. CG-VM ve FG-VM örnekleri benzer ve en yüksek K değerlerine sahipti ve Newtonian olmayan en güçlü davranışı açıklamaktadır.

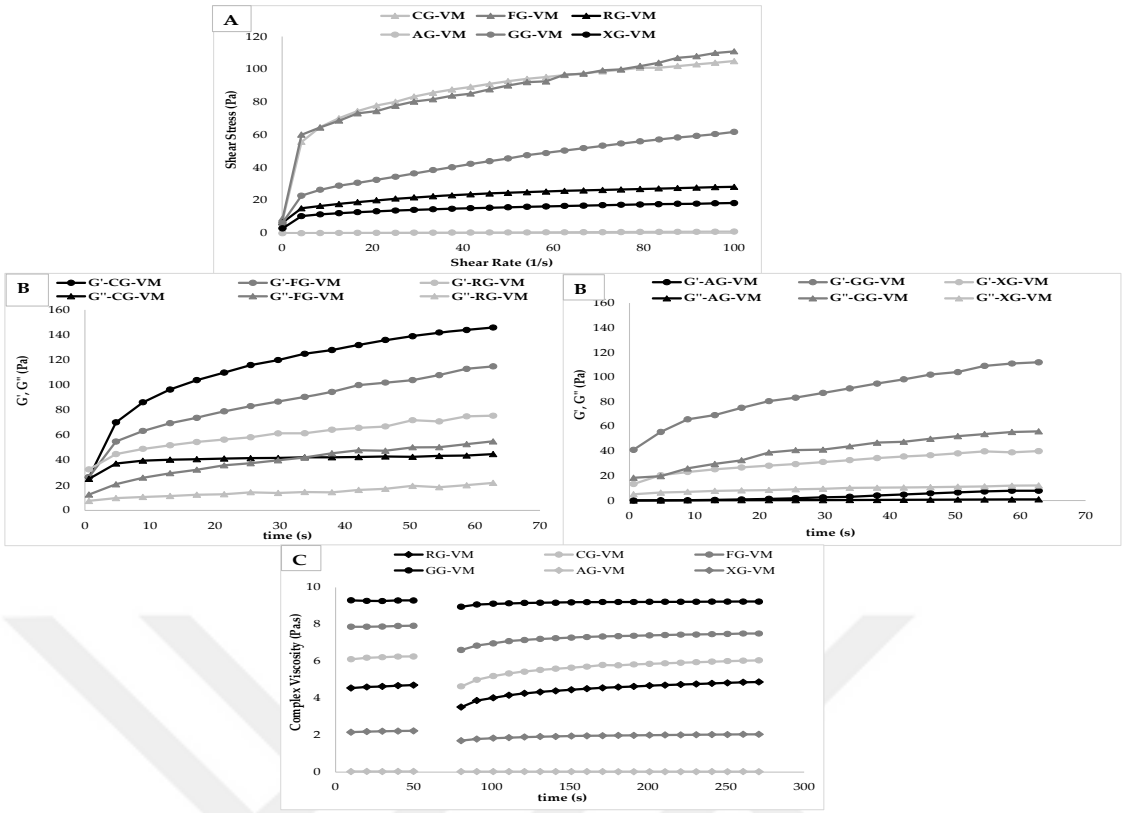
Tablo 4.6, vegan mayonez örneklerinin dinamik güç yasası parametrelerini göstermiştir. Örneklerin K′ ve K″ değerleri sırasıyla 0.012–43.317 Pa sn ve 0.006–30.423 Pa.sn olarak bulunmuştur. Hava/su arayüzünde yoğun visko-elastik arayüzey ağlarının üretilmesi için nötr pro-tein-polisakarit kompleksleri önemli fonksiyonalra sahiptir. Bu ağlar, bir ince gaz filminin geçirgenliğini en aza indirirken, aynı zamanda köpük stabilitesini de teşvik ederek, çok daha düşük ara yüzey alanı kaybı ve hava kabarcığı birleşme oranları ile sonuçlanabilir. Eşit

olmayan yüklü protein-polisakarit çözeltileri, damlacık yüzeyleri arasındaki elektrostatik itme kuvvetlerini stabilize edebilir ve emülsiyonların topaklaşmasına ve kremleşmesine karşı stabiliteyi indükleyebilir, ayrıca topaklaşmaya ve kremleşmeye neden olabilir.

Tablo 4.6 Farklı bir gam türü ile az yağlı vegan mayonez örneklerinin reolojik özellikleri

	Gam (%)	**K (Pa.s^n)**	**R^2**		
CG-VM	2,0	38,582 ± 0,183 ^{A}	0,985		
FG-VM	2,0	35,913 ± 0,238 ^{B}	0,986		
RG-VM	5,0	10,647 ± 0,232 ^{C}	0,999		
AG-VM	1,0	0,007 ± 0,002 ^{E}	0,997		
GG-VM	1,0	10,888 ± 0,313 ^{C}	0,994		
XG-VM	0,4	7,050 ± 0,069 ^{D}	0,994		
	K′ (Pa.s^n)	**n′**	**K″ (Pa.s^n)**	**n″**	**R^2**
CG-VM	43,317 ± 0,098 ^{A}	0,299 ± 0,000	30,423 ± 0,032 ^{A}	0,094 ± 0,005	0,9973
FG-VM	31,321 ± 0,291 ^{C}	0,309 ± 0,001	11,688 ± 0,020 ^{C}	0,370 ± 0,016	0,9960
RG-VM	32,511 ± 0,310 ^{C}	0,191 ± 0,009	5,534 ± 0,197 ^{D}	0,301 ± 0,002	0,9835
GG-VM	36,752 ± 0,180 ^{B}	0,264 ± 0,002	12,489 ± 0,129 ^{B}	0,361 ± 0,024	0,9790
XG-VM	12,721 ± 0,201 ^{D}	0,274 ± 0,008	4,364 ± 0,082 ^{E}	0,238 ± 0,007	0,9941
	G_0	**G_e**	**G_e/G_0**	**$k \times 1000$**	**R^2**
CG-VM	64,613	104,270	1,614 ^{A}	60,789 ^{B}	0,9844
FG-VM	53,781	70,591	1,313 ^{D}	37,57 ^{C}	0,9990
RG-VM	38,071	47,951	1,260 ^{E}	24,987 ^{E}	0,9874
AG-VM	0,258	0,180	0,698 ^{F}	4,32 ^{F}	0,9938
XG-VM	14,478	20,176	1,394 ^{C}	29,90 ^{D}	0,9981

CG-VM: chia tohumu yan ürün gamı içeren vegan mayonez, FG-VM: keten tohumu yan ürün gamı içeren vegan mayonez, RG-VM: roka tohumu yan ürünü içeren vegan mayonez gamı, AG-VM: vegan mayonez içeren Arap gamı, GG-VM : guar gamı içeren vegan mayonez, XG-VM: ksantan gamı içeren vegan mayonez; K, K′ ve K″: tutarlılık katsayısı (Pa.sn); n, n′ ve n″: akış davranışı indeks değerleri; G0: depolama modülünün başlangıç değerleri; Ge: denge depolama modülü; k: örneğin geri kazanımının hız sabiti; R2: katsayının belirlenmesi. *Az yağlı vegan mayonez örnekleri %30 bitkisel yağ ve %1 lesitin içerir.



Şekil 4.7 Farklı gamlarla formüle edilmiş vegan mayonez örneklerinin reolojik özellikleri. (FG-VM: keten tohumu yağı yan ürünü gamı vegan mayonez, CG-VM: chia tohumu yağı yan ürünü gamı vegan mayonez, RG-VM: roka tohumu yağı yan ürünü gamı vegan mayonez, GG-VM: guar gamı vegan mayonez, XG-VM: ksantan gamı vegan mayonez, AG-VM: Arap gamı vegan mayonez).

Zeta Potansiyeli ve Parçacık Boyutu, Zeta (ζ) potansiyeli, O/W emülsiyonlarının uzun süre stabil kalıp kalamayacağını gösteren önemli bir parametredir. ζ-potansiyel değeri 0'dan uzaklaştıkça yani sistemin negatif veya pozitif yüklü olması ürünün uzun süreli stabilitesi için pozitif bir göstergedir. Tablo 4.7, numunelerin ζ-potansiyel değerlerinin −42,80 mV ile −31,90 mV arasında bulunduğunu göstermiştir. Bu değerlere bakarak yapabileceğimiz ilk yorum, tüm numunelerin ζ-potansiyel değerinin 0'dan büyük olduğu veya numunelerin belirli bir dereceye kadar kararlı ürünler olduğudur. Vegan mayonez numunelerimizin mutlak ζ-potansiyel değerleri, AG-VM dışında benzerdi, bu da numunelerin bu formülasyonlarda uzun süre stabil kalabileceğini gösteriyor. Gamın mayonez numunelerinin stabilitesini arttırmada mobil fazın hareketliliğini azaltarak kompakt bir yapı oluşturması, böylece bu sıkı yapıdaki yağ moleküllerinin mobilite potansiyelini azaltması ve damlacıkların etkileşimini kısıtlaması birincil rol oynamaktadır [80]. Elektrostatik itme kuvveti sayesinde yağ damlacıklarının belirli

bir elektrik potansiyeline sahip olması ve birbirleriyle etkileşime girmesi, flokülasyonun önlenmesini sağlar. Yan ürünlerden elde edilen gamlarla hazırlanan numunelerin zeta potansiyeli, ticari gamlara benzer olup, bu yan ürünlerden elde edilen gamların mayonez ve salata sosu gibi bir emülsiyon ürününde başarıyla uygulanabileceğini gösterir.

Numunelerin yağ partikül boyutu (d32) ve PdI değeri sırasıyla 1240,00–8581,33 μm ve 0,249–0,701 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, polisakkarit konsantrasyonu arttıkça yağ partikül çapının önemli ölçüde azaldığını vurguladılar [151,152]. Görüldüğü gibi AG ve RG içeren mayonez numuneleri diğer mayonez numunelerine göre daha düşük partikül boyutu ve PdI değeri sergilemiştir. Ayrıca tüm numuneler yeterli bir zeta potansiyel değerine sahiptir.

Tablo 4.7 Farklı bir gam türü ile vegan mayonez numunelerinin zeta potansiyeli ve parçacık boyutu

	ζ- Potansiyel (mV)	**PdI**	**d_{32} (μm)**
CG-VM	−42,0 ± 1,58 ^{A}	0,507 ± 0,121 ^{D}	5418,00 ± 268,88 ^{C}
FG-VM	−40,4 ± 1,79 ^{A}	0,701 ± 0,050 ^{A}	8581,33 ± 284,39 ^{A}
RG-VM	−39,5 ± 1,21 ^{A}	0,302 ± 0,000 ^{E}	3689,67 ± 282,13 ^{D}
AG-VM	−31,9 ± 0,62 ^{B}	0,249 ± 0,048 ^{F}	1240,00 ± 102,77 ^{E}
GG-VM	−42,8 ± 1,04 ^{A}	0,539 ± 0,092 ^{C}	5851,33 ± 114,01 ^{C}
XG-VM	−41,2 ± 0,89 ^{A}	0,613 ± 0,074 ^{B}	6720,32 ± 160,99 ^{B}

CG-VM: chia tohumu yan ürün gamı içeren vegan mayonez, FG-VM: keten tohumu yan ürün gamı içeren vegan mayonez, RG-VM: roka tohumu yan ürünü içeren vegan mayonez gamı, AG-VM: vegan mayonez içeren Arap gamı, GG-VM : vegan mayonez guar gamı içerir, XG-VM: vegan mayonez ksantan gamı içerir. ζ-Potansiyel: zeta-potansiyel (mV); PdI: polidispersite indeksi; d32: yağ partikül boyutu (μm).

Oksidatif Stabilite (90°C), Vegan mayonez örneklerinin oksidatif stabilitesi Oxitest cihazı ile belirlendi ve örneklerin IP değerleri kaydedildi. Tablo 4.8, numunelerin IP değerlerini göstermiştir. IP değerleri saat 4:38 ile 13:44 arasında değişiyordu. Ksantan gamı ile hazırlanan numune en düşük IP değerini göstermiştir. Yan ürünlerden elde edilen gamlarla hazırlanan örneklerin IP değerleri, ksantan gamı ile hazırlanan vegan mayonez örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. RSG ile hazırlanan numunenin IP değeri diğer numunelere göre çok daha yüksek çıkmıştır. RSG ile hazırlanan numunenin çok yüksek IP değeri, RSG konsantrasyonu ile açıklanabilir.

RSG'nin düşük tutarlılığından dolayı %5 düzeyinde kullanılmıştır. RSG'nin ekstraksiyonu sırasında fenolik bileşikler gibi antioksidan ürünler gam çözeltisine transfer olmuş ve daha yüksek IP değerine neden olmuş olabilir. FSG ve RSG'nin ksantan gamından daha yüksek IP değeri. Bu sonuç, yan ürünlerden elde edilen gamların, arzu edilen kıvamı sağlamanın yanı sıra oksidatif stabilite açısından da uygun bir durum sergileyebileceğini göstermiştir.

Tablo 4.8 90°C'de farklı bir gam türü ile vegan mayonez örneklerinin indüksiyon süresi (IP (h))

Mayonez Örnekleri	IP (saat)
CG-VM	6:15 ± 0,02 ^{B}
FG-VM	5:35 ± 0,08 ^{D}
RG-VM	13:44 ± 0,12 ^{A}
AG-VM	6:00 ± 0,01 ^{C}
GG-VM	5:27 ± 0,04 ^{D}
XG-VM	4:38 ± 0,03 ^{E}

CG-VM: chia tohumu yan ürün gamı içeren vegan mayonez, FG-VM: keten tohumu yan ürün gamı içeren vegan mayonez, RG-VM: roka tohumu yan ürünü içeren vegan mayonez gamı, AG-VM: vegan mayonez içeren Arap gamı, GG-VM : vegan mayonez guar gamı içerir, XG-VM: vegan mayonez ksantan gamı içerir. IP: başlatma süresi (h).

4.4 Öneriler

Son yıllarda yapısındaki biyoaktif bileşenler nedeniyle soğuk pres yağ tüketimi artmıştır. Soğuk pres yağın tüketilmesinden sonra protein, karbonhidrat ve biyoaktif bileşenlerden zengin bir yan ürün ortaya çıkar. Bu çalışmada chia, roka ve keten tohumu yağı eldesinden sonra ortaya çıkan yan ürünler gam eldesi amacıyla kullanılmıştır. Keten ve chia tohumu yağının ω-3 yağ asidi açısından zengin olması bu yağların son yıllardaki tüketimini de artırmıştır. Bu tüketimle birlikte müsilaj açısından değerli ve protein açısından zengin bir yan ürün ortaya çıkmaktadır. Bu durum hem soğuk pres yağ üreticileri hem de gıda sanayisinin diğer bileşenleri için dikkat çekici bir durumdur. Soğuk pres yağ üreticileri bu kıymetli yan ürünü değerlendirmesi için yeni yaklaşımlar ararken gıda üreticileri ise dışa bağımlılığı azaltılmış yerli katkı öğelerine ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmanın sonuçları keten ve chia tohumu yağı yan ürünlerinin lif açısından zengin bir kaynak olduğunu ortaya

koymuştur. FSG ve CSG, ksiloz ve glikoz açısından zenginken, RSG galaktoz ve mannoz açısından zengin bulunmuştur. Kimyasal yapılarına baktığımızda su tutma kapasitesi oldukça zengin karbonhidrat içeriklerine sahip oldukları görülmüştür. Bu yan ürünlerden su tutma kapasitesi yüksek olan gumların geri kazanımı ve bu gumların gıda teknolojisinde uygulanma potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla bu gamalrın farklı kosantrasyonlarında çözeltileri hazırlanmış ve detaylı tiksotropik analizleri yapılmıştır.

Yapılan reolojikler analizler FGS ve CSG'nin, düşük konsantrasyonlarda yüksek psödoplastik, viskoelastik katı ve geri kazanılabilir yapı sergilerken, RSG bu özellikleri yüksek konsantrasyonlarda sergilediğini göstermiştir. Gumların düşük konsantrasyonlarda psödoplastik, visoelastik katı davranış ve deformasyon sonucunda geri toparlanabilir özellik göstermesi bu gamların gıda sanayisinde ticari gamlara alternatif olarak birçok gıdanın üretiminde kullanılabileceklerini göstermiştir. Reolojik analiz sonuçları roka tohumu yağı gamının yüksek konsantrasyonlarda istenilen jel yapıyı sergilediğini göstermiştir. Bu sonuç roka tohumu yağı yan ürününden elde edilen gamın ticari olarak gam arabik gibi gumlara alternatif olabilme potansiyelini göstermektedir. Ayrıca farklı tiksotropik analizleri ve bu analizlerden elde edilen sonuçların farklı eşitliklerle modellenmiştir. Bu sonuçlar gamların çok iyi bir tiksotropik davranış sergilediklerini göstermiştir. Tüm bu sonuçlar gumların farklı kullanım potansiyeline sahip olduğunu ve bu yan ürünlerin katma değerlei ürünlere dönüşme potansiyellerinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Yan ürünlerden elde edilen FSG, CSG ve RSG' nin bir gıda uygulamasındaki başarısını test etmek amacıyla bu gamların yağı azaltılmış vegan mayonez üretiminde stabilizatör ve emülgatör olarak kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları, FSG, CSG ve RSG'nin, yağı azaltılmış vegan mayonez üretiminde istenen reolojik ve mikroyapısal özellikleri ve oksidatif stabiliteyi sağlayabildiğini göstermiştir. Elde edilen az yağlı vegan ürünler pseuöplastik, viskoelastik katı ve ger toparlanabilir reolojik karakter sergilemişlerdir. Ayrıca az yağlı olmalarına rağmen yüksek zeta potansiyeli ve emülsiyon stabilitesi göstermeleri bu gamların mayonez üretiminde hem stabilite edici hem de emülsifiye edici ajan olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir.

Ayrıca yağ partikül boyutu damlacıklarının diğer ticari gamlarla yapılan örneklere göre daha düşük olması ve daha homojen bir damlacık dağılımı göstermesi stabilizasyon niteliklerinin daha iyi olabileceğini göstermiştir. Mayonez gibi emülsiyon ürünlerde yağ azaltılmasıyla birlikte oksidatif stabilitede azalma gözlenmektedir. Yağı azaltılmış ürünlerin kontrol örneklere göre daha iyi bir oksidatif stabilite göstermeleri gam içeriklerinde antioksidan özellikteki bileşenlerin olduğunu gösterir. Bu sonuçlardan istenilen fiziksel stabilitenin yanın oksidatif stabilitenin de bu gumların kullanılmasıyla sağlanabileceği anlaşılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, keten tohumu, chia tohumu ve roka tohumu soğuk pres yağı yan ürünlerinin birçok gıda üretiminde stabilite ve emülsifiye edici özellikte kullanılabileceğini ve bu yan ürünlerin katma değerinin yükseltilmesi konusunda yeni bir bakış açısı sunabileceğini göstermiştir.

KAYNAKÇA

[1] Parker, T.D.; Adams, D.A.; Zhou, K.; Harris, M.; Yu, L. Fatty Acid Composition and Oxidative Stability of Cold-pressed Edible Seed Oils. J. Food Sci. 2003, 68, 1240–1243. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.

[2] Mildner-Szkudlarz, S.; Różańska, M.; Siger, A.; Kowalczewski, P.Ł.; Rudzińska, M. Changes in chemical composition and oxidative stability of cold-pressed oils obtained from by-product roasted berry seeds., 111, 541–547. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.080. LWT 2019

[3] Bekhit, A.E.-D.A.; Shavandi, A.; Jodjaja, T.; Birch, J.; Teh, S.; Ahmed, I.A.M.; Al-Juhaimi, F.Y.; Saeedi, P.; Bekhit, A.A. Flaxseed: Composition, detoxification, utilization, and opportunities. Biocatal. Agric. Biotechnol. 2018, 13, 129–152.

[4] Wu, S.; Wang, X.; Qi, W.; Guo, Q. Bioactive protein/peptides of flaxseed: A review. Trends Food Sci. Technol. 2019, 92, 184–193.

[5] Tekin, Z.H.; Karasu, S. Cold-pressed flaxseed oil by-product as a new source of fat replacers in low-fat salad dressing formulation: Steady, dynamic and 3-ITT rheological properties. J. Food Process. Preserv. 44, e14650. https://doi.org/10.1111/jfpp.14650. 2020.

[6] Chen, C.; Huang, X.; Wang, L.-J.; Li, D.; Adhikari, B. Effect of flaxseed gum on the rheological properties of peanut protein isolate dispersions and gels. LWT 2016, 74, 528–533.

[7] Chen, H.-H.; Xu, S.-Y.; Wang, Z. Interaction between flaxseed gum and meat protein. J. Food Eng. 2007, 80, 1051–1059.

[8] Rashid, F.; Ahmed, Z.; Hussain, S.; Huang, J.-Y.; Ahmad, A. Linum usitatissimum L. seeds: Flax gum extraction, physicochemical and functional characterization. Carbohydr. Polym. 2019, 215, 29–38.

[9] Timilsena, Y.P.; Wang, B.; Adhikari, R.; Adhikari, B. Preparation and characterization of chia seed protein isolate–chia seed gum complex coacervates. Food Hydrocoll. 2016, 52, 554–563. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.033.

[10] Timilsena, Y.P.; Adhikari, R.; Kasapis, S.; Adhikari, B. Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide. Int. J. Biol. Macromol. 2015, 81, 991–999.

[11] Suri, S.; Passi, S.J.; Goyat, J. Chia seed (Salvia hispanica L.)—A new age functional food. In Proceedings of the 4th International Conference on Recent Innovations in Science Engineering and Management, New Delh, India, 20 March 2016; pp. 286–299.

[12] Akcicek, A.; Karasu, S. Utilization of cold pressed chia seed oil waste in a low-fat salad dressing as natural fat replacer. J. Food Process Eng. 2018, 41, e12694. https://doi.org/10.1111/jfpe.12694.

[13] Punia, S.; Dhull, S.B. Chia seed (Salvia hispanica L.) mucilage (a heteropolysaccharide): Functional, thermal, rheological behaviour and its utilization. Int. J. Biol. Macromol. 2019, 140, 1084–1090. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.205.

[14] Koubaa, M.; Mhemdi, H.; Sanlaville, Q.; Vorobiev, E. Recovery of oil, erucic acid, and phenolic compounds from rapeseed and rocket seeds. Chem. Eng. Technol. 2016, 39, 1431–1437.

[15] Nail, T.; Ali, M.; Salim, E. Phytochemical studies on Sudanese rocket (Eruca sativa) seeds and oil constituents. Am. J. Phytomed. Clin. Ther. 2017, 5, 1–5.

[16] Sherahi, M.H.; Fathi, M.; Zhandari, F.; Hashemi, S.M.B.; Rashidi, A. Structural characterization and physicochemical properties of Descurainia sophia seed gum. Food Hydrocoll. 2017, 66, 82–89.

[17] Depree, J.A.; Savage, G.P. Physical and flavour stability of mayonnaise. Trends Food Sci. Technol. 2001, 12, 157–163.

[18] Harrison, L.J.; Cunningham, F.E. Factors influencing the quality of mayonnaise: A review. J. Food Qual. 1985, 8, 1–20.

[19] McClements, D. J. (2019). The science of foods: Designing our edible future. In D. J. McClements (Ed.), Future foods: How modern science is transforming the way we eat. Cham: Springer International Publishing.

[20] Codex. (1999). Codex standards for named vegetable oils, 1999. Codex-Stan 210, Amended 2005. Joint FAO/WHO Food Standards Programme.

[21] Mohamed Fawzy Ramadan, Cold Pressed Oils: Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications, Book, Jul 23, 2020

[22] Williams, M.A.: Obtaining oils and fats from source material. In: Hui, Y.H. (ed.) Bailey's Industrial Oil and Fat Products, pp. 61–1156. Wiley, New York (2005)

[23] Grajzer, M., Prescha, A., Korzonek, K., Wojakowska, A., Dziadas, M., Kulma, A., Grajeta, H.: Characteristics of rose hip (Rosa canina L.) cold-pressed oil and its oxidative stability studied by the differential scanning calorimetry method. Food Chem. 188, 459–466 (2015)

[24] Emin Yilmaz, Buket Aydeniz Guneser & Selçuk Ok. Valorization of Grapefruit Seeds: Cold Press Oil Production. 2019, Waste and Biomass Valorization volume 10, pages2713–2724

[25] R. O. Ogboru, C. A. Idibie. Extraction of edible oil from the pulp of Persea Americana (Mill) using cold process method. World News of Natural Sciences 2018 | 17 | 130-140

[26] Üstün Z., Soğuk pres çörek otu tohumu yağının fizikokimyasal özelliklerinin korunması ve katma değerli ürün tasarımı, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,2015

[27] Sevindik O. ve Selli S., Üzüm Çekirdek yağı eldesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri, Gıda Dergisi, 2017,42 (1), 95-103.

[28] Ali candan, Farklı ön işlem ve ekstraksiyon yöntemleri ile kayısı çekirdeği, keten tohumu ve üzüm çekirdeği yağı eldesi ve özelliklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Konya, haziran, 2019

[29] Özkılıç S.Y., Soğuk pres yağ üretiminde verimin ve fenolik bileşenlerin yağa geçişinin artırılması, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,2017

[30] Prescha, A., Grajzer, M., Dedyk, M., & Grajeta, H. The antioxidant activity and oxidative stability of cold-pressed oils. Journal of American Oil Chemists' Society, 91, 1291–1301. (2014).

[31] Costa, A. M. M., Silva, L. O., & Torres, A. G., Chemical composition of commercial cold-pressed pomegranate (Punica granatum) seed oil from, Turkey and Israel, and the use of bioactive compounds for samples' origin preliminary discrimination. Journal of Food Composition and Analysis. (2019) (75), 8–16

[32] https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic

[33] Ixtaina, V., Martínez, M., Spotorno, V., Mateo, C., Diehl, B., Nolasco, S., et al. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. Journal of Food Composition and Analysis, (2011). 24, 166–174.

[34] Bodoira, R., Penci, M., Ribotta, P., & Martínez, M. Chia (Salvia hispanica L.) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. LWT – Food Science and Technology, (2017). 75, 107–113

[35] Tekin, H., Karasu, S., Cold-pressed flaxseed oil by-product as a new source of fat replacers in low-fat salad dressing formulation: Steady, dynamic and 3-ITT rheological properties, Journal of Food Processing and Preservation, (2020). 44,9, e14650

[36] Dumanoğlu, Z., Geren H., An Investigation on Determination of Seed Characteristics of Some GlutenFree Crops (Amarantus mantegazzianus, Chenopodium quinoa Willd., Eragrostis tef [Zucc] Trotter, Salvia hispanica L.), Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology (TURJAF) (2020). 8(8):1650-1655.

[37] Wirkijowska, A., Zarzycki, P., Sobota, A., Nowrocka, A., Blicharz-Kania, A., Dariusz, A. The Possibility of Using By-Products from The Flaxseed Industry for Functional Bread Production. LWT-Food Science and Technology (2020). 118, 108860.

[38] Dumanoğlu, Z., Keten Tohumlarının Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Araştırma Makalesi / Research Article, (2020) 2(1): 3 – 9.

[39] Dündar Emir, D., Aydeniz, B. ve Yilmaz, E., Effects of roasting and enzyme pre-treatments on yield and quality of cold-pressed poppy seed oils. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, (2015).39(2), 260–271. doi:10.3906/tar-1409-34

[40] Yüksel, F., Karaman, S., Kayacier, A. Enrichment of wheat chips with omega-3 fatty acid by flaxseed addition: Textural and some physicochemical properties. Food Chem, (2014).145: 910-917.

[41] Yüksel, Akdoğan, Çağlar. Keten tohumu ile zenginleştirilmiş erişte lerin fizikokimyasal, duyusal, pişme özellikleri ve yağ asidi kompozisyonun belirlenmesi, gıda the journal of food, (2018). 43 (2): 222-230

[42] Keskin, Üstü, Keten Tohumunun Tıbbi Kullanımı, Ankara Med J, (2019); (3): 665-9 DOI: 10.17098/amj.624535

[43] Akcicek, Karasu, Utilization of cold pressed chia seed oil waste in a low-fat salad dressing as natural fat replacer, (2018). Journal of Food Process Engineering,41,5, e12694.

[44] Punia & Dhull, Nanotechnological Approaches in Food Microbiology. (2019). book

[45] Urbizo-Reyes, U.; San Martin-González, M.F.; Garcia-Bravo, J.; López Malo, A.; Liceaga, A.M. Physicochemical characteristics of chia seed (Salvia hispanica) protein hydrolysates produced using ultrasonication followed by microwave-assisted hydrolysis; Elsevier Ltd: Amsterdam, The Netherlands, 2019; ISBN 1765430909

[46] Knez Hrnčič, M.; Cör, D.; Knez, Ž. Subcritical extraction of oil from black and white chia seeds with n-propane and comparison with conventional techniques. J. Supercrit. Fluids 2018, 140, 182–187

[47] Saha, S.; Islam, Z.; Islam, S.; Hossain, M.S.; Islam, S.M. Evaluation of antimicrobial activity of wheat (Triticum aestivum L.) against four bacterial strains. SKUAST J. Res. 2018, 20, 58–62

[48] Kulczyński, B.; Kobus-Cisowska, J.; Taczanowski, M.; Kmiecik, D.; Gramza-Michałowska, A. The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds-Current State of Knowledge. Nutrients 2019, 11, 1242.

[49] Silva, C.; Garcia, V.A.S.; Zanette, C.M. Chia (Salvia hispanica L.) oil extraction using different organic solvents: Oil yield, fatty acids profile and technological analysis of defatted meal. Int. Food Res. J. 2016, 23, 998–1004.

[50] Musa Özcan, M.; Al-Juhaimi, F.Y.; Mohamed Ahmed, I.A.; Osman, M.A.; Gassem, M.A. Effect of different microwave power setting on quality of chia seed oil obtained in a cold press. Food Chem. 2019, 278, 190–196.

[51] de Mello, B.T.F.; dos Santos Garcia, V.A.; da Silva, C. Ultrasound-Assisted Extraction of Oil from Chia (Salvia hispânica L.) Seeds: Optimization Extraction and Fatty Acid Profile. J. Food Process Eng. 2017, 40, e12298.

[52] Ullah, R.; Nadeem, M.; Khalique, A.; Imran, M.; Mehmood, S.; Javid, A.; Hussain, J. Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (Salvia hispanica L.): A review. J. Food Sci. Technol. 2016, 53, 1750–1758.

[53] Grancieri, M.; Martino, H.S.D.; Gonzalez de Mejia, E. Chia Seed (Salvia hispanica L.) as a Source of Proteins and Bioactive Peptides with Health Benefits: A Review. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2019, 18, 480–499.

[54] Mohd Ali, N.; Yeap, S.K.; Ho, W.Y.; Beh, B.K.; Tan, S.W.; Tan, S.G. The promising future of chia, Salvia hispanica L. J. Biomed. Biotechnol. 2012, 2012, 1–9.

[55] Repo-Carrasco-Valencia, R.; Hellström, J.K.; Pihlava, J.-M.; Mattila, P.H. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (Chenopodium quinoa), kañiwa (Chenopodium pallidicaule) and kiwicha (Amaranthus caudatus). Food Chem. 2010, 120, 128–133.

[56] Rahman, M.J.; de Camargo, A.C.; Shahidi, F. Phenolic and polyphenolic profiles of chia seeds and their in vitro biological activities. J. Funct. Foods 2017, 35, 622–634.

[57] Reyes-Caudillo, E.; Tecante, A.; Valdivia-López, M.A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (Salvia hispanica L.) seeds. Food Chem. 2008, 107, 656–663.

[58] de Falco, B.; Amato, M.; Lanzotti, V. Chia seeds products: An overview. Phytochem. Rev. 2017, 16, 745–760.

[59] Guindani, C.; Podestá, R.; Block, J.M.; Rossi, M.J.; Mezzomo, N.; Ferreira, S.R.S. Valorization of chia (Salvia hispanica) seed cake by means of supercritical fluid extraction. J. Supercrit. Fluids 2016, 112, 67–75.

[60] Park, J.H.; Lee, Y.J.; Kim, Y.H.; Yoon, K.S. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Seeds Cultivated in Korea. Prev. Nutr. Food Sci. 2017, 22, 195–202.

[61] Hrnčič, Ivanovski, Darija, Knez. Chia Seeds (Salvia Hispanica L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. MDPI. Molecules 2020, 25(1), 11.

[62] Coulibaly A., Kouakou B., Chen J., Phytic acid in cereal grains: healthy or harmful, (2011). ways to reduce phytic acid in cereal grains and their effects on nutritional quality Amer. J. Plant. Nutr. Fertil. Tech., (2011) 1, pp. 1–22, DOI: 10.3923/ajpnft.

[63] Ligęza, Wygla, dacz ve Tobiasz. Natural cold pressed oils as cosmetic products. Family Medicine and Primary Care. (2016). 10.5114/fmpcr.2016.63699.

[64] Singthong, J., Ningsanond, S., Cui, S. W., & Douglas Goff, H. (2005). Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. Food Hydrocolloids, 19(5), 793-01. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd. 2004.09.007.

[65] M. Fathi, M. Mohebbi, A. Koocheki Some physico-chemical properties of Prunus armeniaca L. gum exudates International Journal of Biological Macromolecules, 82 (2016), pp. 744-750

[66] Tekin-Cakmak, Z.H.; A, AKCICEK, atih BOZKURT F, Aksoy, F.S.; Karasu, S.; Aksoy, A.S. Rocket seed (Eruca sativa Mill) gum: physicochemical and comprehensive rheological characterization, (2021) https://doi.org/10. 1590/fst.69620.

[67] L.A. Muñozab; Cobosa O. Diaza J; M. Aguilera. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. (2012), Journal of Food Engineering, Volume 108, Issue 1, January 2012, Pages 216-224.

[68] J-François; F-Eric; L-R-Valentin; Z-Mouloungu. Ultrasonication as a highly efficient method of flaxseed mucilage extraction(2015), Industrial Crops and Products Volume 65, March 2015, Pages 354-360

[69] M.N. Akhtar, Z. Mushtaq, N. Ahmad, M.K. Khan, M.H. Ahmad, A.I. Hussain, et al. Optimal ultrasound-assisted process extraction, characterization, and functional product development from flaxseed meal derived polysaccharide gum Processes, 7 (4) (2019), p. 189

[70] Pei et al., Y.Q. Pei, J.W. Wan, M. You, D.J. McClements, Y. Li, B. Li, Impact of whey protein complexation with phytic acid on its emulsification and stabilization properties Food Hydrocolloids, 87 (2019), pp. 90-96

[71] Dibya Sundar Panda, Emulsion, Micro Emulsion and Nano Emulsion: A Review, World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences (2021), KSA, Volume 10, Issue 4, 641-660.

[72] Real Decreto 858/1984, Boletin Oficial del Estado, Núm. 110 de 10 de Maio de, Spain, 1984.

[73] Dickinson, E. and Stainsby, G., “Progress in the Formulation in Food Emulsions and Foams”, Food Technol. 41, 1987, 75-81.

[74] Dalgleish, D.G., “Adsorption of protein and the stability of emulsions”, Trends in Food Science and Technology 8, 1997, 1-6.

[75] Raymundo, A., Empis, J. and Sousa, I., “Optimisation of lupin protein emulsion composition”, Pol. J. Nutr. Sci. 48, 1998, 127-134.

[76] Kato, A. and Nakai, S., “Hydrophobicity determined by a fluorescence probe method and its correlation with surface properties of proteins”, Biochim. Biophys. Act. 13,1980, 624- 628.

[77] Raymundo, A., Empis, J., Sousa, I., “Effect of pH and NaCl on rheological and textural properties of lupin protein emulsions” in Gums and Stabiliser for the Food Industry 10, eds. P.A. Williams and G.O. Phillips, Royal Society of Chemistry, U.K.,2000.

[78] Tomás Lafarga, Carlos Álvarez, Silvia Villaró, Gloria Bobo, Ingrid Aguiló-Aguayo. Potential of pulse-derived proteins for developing novel vegan edible foams and emulsions. Food science technology, 10 July 2019 https://doi.org/10.1111/ijfs.14286.

[79] Sam Wong. Marvellous mayonnaise. New Scientist. Volume 249, Issue 3321, 13 February 2021, Page 51

[80] Al-Bachir, M. and R. Zeinou. Effect of gamma irradiation on some characteristics of shel eggs and mayonnaise prepared from irradiation eggs. Journal of Food Safety; (2006)26: 348-360.

[81] Barnes, H.A., “A review of the slip (wall depletion) of polymer solutions, emulsions and particle suspensions in Viscometers: its Cause, Character and Cure”, J. NonNewtonian Fluid Mech. 56, 1995, 221-251

[82] Nunes et al., Physical Characterisation of Commercial Mayonnaises and Salad Dressingse-rheo.pt, 2 ,2002, 30-41

[83] A. Laca; M.C. Sáenz; B. Paredes; Mario Díaz. Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent. Journal of Food Engineering 97(2):243-252, March 2010

[84] Di Mattia, C., Balestra, F., Sacchetti, G., Neri, L., Mastrocola, D. & Pittia, P. (2015). Physical and structural properties of extra-virgin olive oil-based mayonnaise. LWT-Food Science and Technology, 62, 764-770

[85] Rojin Tavakoli, Mostafa Karami, Mostafa Karami, Samira Bahramian, Ario Emamifar, Production of Low-fat mayonnaise without preservatives: Using the ultrasonic process and investigating of microbial and physicochemical properties of the resultant product, Food Science & Nutrition 9(2) Follow journal DOI: 10.1002/fsn3.2227, 2021.

[86] Vassilios Raikos1*, Helen Hayes1 & He Ni2. Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: recipe optimization and storage stability, Rowett Institute, University of Aberdeen, Foresterhill, AB25 2ZD, Scotland, UK,2021.

[87] Raikos, V., Neacsu M., Morrice, P. & Duthie G., Physicochemical stability of egg protein-stabilised oil-in-water emulsions supplemented with vegetable powders. International Journal of Food Science and Technology,3-2440. (2014)

[88] Raymundo, A., Franco, J.M. Empis, J. & Sousa, I. (2002). Optimization of the composition of low-fat oil-in-water emulsions stabilized by white lupin protein. Journal of the American Oil Chemists’ Society, 79(8), 783-790

[89] Naji-Tabasi, S.; Razavi, S.M.A.; Mohebbi, M.; Malaekeh-Nikouei, B. New studies on basil (Ocimum bacilicum L.) seed gum: Part I—Fractionation, physicochemical and surface activity characterization. Food Hydrocoll. 2016, 52, 350–358. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.011.

[90] Yebeyen, D.; Lemenih, M.; Feleke, S. Characteristics and quality of gum arabic from naturally grown Acacia Senegal (Linne) Willd. trees in the Central Rift Valley of Ethiopia. Food Hydrocoll. 2009, 23, 175–180. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.12.008.

[91] Shabani, H.; Askari, G.; Jahanbin, K.; Khodaeian, F. Evaluation of physicochemical characteristics and antioxidant property of Prunus avium gum exudates. Int. J. Biol. Macromol. 2016, 93, 436–441.

[92] Sibaja-Hernández, R.; Román-Guerrero, A.; Sepúlveda-Jiménez, G.; Rodríguez-Monroy, M. Physicochemical, shear flow behaviour and emulsifying properties of Acacia cochliacantha and Acacia farnesiana gums. Ind. Crops Prod. 2015, 67, 161–168. https://doi.org/10.1016/j.indcrop. 2015.01.037.

[93] Rincón, F.; Muñoz, J.; Ramírez, P.; Galán, H.; Alfaro, M.C. Physicochemical and rheological characterization of Prosopis juliflora seed gum aqueous dispersions. Food Hydrocoll. 2014, 35, 348–357. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.013.

[94] Razavi, S.M.A.; Cui, S.W.; Guo, Q.; Ding, H. Some physicochemical properties of sage (Salvia macrosiphon) seed gum. Food Hydrocoll. 2014, 35, 453–462. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.022.

[95] Wang, J.; Su, Y.; Jia, F.; Jin, H. Characterization of casein hydrolysates derived from enzymatic hydrolysis. Chem. Cent. J. 2013, 7, 62.

[96] Abu-Jdayil, B. Modelling the time-dependent rheological behavior of semisolid foodstuffs. J. Food Eng. 2003, 57, 97–102.

[97] Van Hecke, E.; Nguyen, P.U.; Clausse, D.; Lanoisellé, J.L. Flow behaviour of carrot puree: Modelling the influence of time, temperature and potato flakes addition. Int. J. Food Sci. Technol. 2012, 47, 177–185.

[98] Toker, O.S.; Karasu, S.; Yilmaz, M.T.; Karaman, S. Three interval thixotropy test (3ITT) in food applications: A novel technique to determine structural regeneration of mayonnaise under different shear conditions. Food Res. Int. 2015, 70, 125–133.

[99] Yoo, B.; Rao, M.A.; Steffe, J.F. Yield stress of food dispersions with the vane method at controlled shear rate and shear stress. J. Texture Stud. 1995, 26, 1–10.

[100] Aksoy, F.S.; Tekin-Cakmak, Z.H.; Karasu, S.; Aksoy, A.S. 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 Sci. Technol. 2021, Volume, Page. https://doi.org/10.1590/fst.57220.

[101] Bhushette, P.R.; Annapure, U.S. Physicochemical, functional and rheological investigation of Soymida febrifuga exudate gum. Int. J. Biol. Macromol. 2018, 111, 1116–1123. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.117.

[102] Hamidabadi Sherahi, M.; Fathi, M.; Zhandari, F.; Hashemi, S.M.B.; Rashidi, A. Structural characterization and physicochemical properties of Descurainia sophia seed gum. Food Hydrocoll. 2017, 66, 82–89. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.010.

[103] Hellebois, T.; Tsevdou, M.; Soukoulis, C. Chapter Five—Functionalizing and bio-preserving processed food products via probiotic and synbiotic edible films and coatings. In Advances in Food and Nutrition Research; da Cruz, A.G., Prudencio, E.S., Esmerino, E.A., da Silva, M.C., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020; Volume 94, pp. 161–221.

[104] Kontogiorgos, V. Galactomannans (Guar, Locust Bean, Fenugreek, Tara). In Encyclopedia of Food Chemistry; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2018.

[105] Oomah, B.D.; Kenaschuk, E.; Cui, S.; Mazza, G. Variation in the composition of water-soluble polysaccharides in flaxseed. J. Agric. Food Chem. 1995, 43, 1484–1488. https://doi.org/10.1021/jf00054a013.

[106] Safdar, B.; Pang, Z.; Liu, X.; Jatoi, M.A.; Mehmood, A.; Rashid, M.T.; Ali, N.; Naveed, M. Flaxseed gum: Extraction, bioactive composition, structural characterization, and its potential antioxidant activity. J. Food Biochem. 2019, 43, e13014. https://doi.org/10.1111/jfbc.13014.

[107] Kaushik, P.; Dowling, K.; Adhikari, R.; Barrow, C.J.; Adhikari, B. Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. Food Chem. 2017, 215, 333–340. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.137.

[108] Timilsena, Y.P.; Adhikari, R.; Kasapis, S.; Adhikari, B. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. Carbohydr. Polym. 2016, 136, 128–136. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.035.

[109] Cerqueira, M.A.; Souza, B.W.S.; Simões, J.; Teixeira, J.A.; Domingues, M.R.M.; Coimbra, M.A.; Vicente, A.A. Structural and thermal characterization of galactomannans from non-conventional sources. Carbohydr. Polym. 2011, 83, 179–185. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.07.036.

[110] Vinod, V.T.P.; Sashidhar, R.B.; Suresh, K.I.; Rama Rao, B.; Vijaya Saradhi, U.V.R.; Prabhakar Rao, T. Morphological, physico-chemical and structural characterization of gum kondagogu (Cochlospermum gossypium): A tree gum from India. Food Hydrocoll. 2008, 22, 899–915. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.05.006.

[111] Fonseca, P.R.M.S.; Dekker, R.F.H.; Barbosa, A.M.; Silveira, J.L.M.; Vasconcelos, A.F.D.; Monteiro, N.K.; Aranda-Selverio, G.; Da Silva, M.D.L.C. Thermal and Rheological Properties of a Family of Botryosphaerans Produced by Botryosphaeria rhodina MAMB-05. Molecules 2011, 16, 7488–7501.

[112] Xie, J.-H.; Liu, X.; Shen, M.-Y.; Nie, S.-P.; Zhang, H.; Li, C.; Gong, D.-M.; Xie, M.-Y. Purification, physicochemical characterisation and anticancer activity of a polysaccharide from Cyclocarya paliurus leaves. Food Chem. 2013, 136, 1453–1460. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09. 078.

[113] Hadad, S.; Goli, S.A.H. Fabrication and characterization of electrospun nanofibers using flaxseed (Linum usitatissimum) mucilage. Int. J. Biol. Macromol. 2018, 114, 408–414. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.154.

[114] Darwish, A.; El-Sohaimy, S. Functional Properties of Chia Seed Mucilage Supplemented In Low Fat Yoghurt. Alex. Med. J. 2018, 39, 450–459. https://doi.org/10.21608/ASEJAIQJSAE.2018.13882.

[115] Bortnowska, G.; Balejko, J.; Schube, V.; Tokarczyk, G.; Krzemińska, N.; Mojka, K. Stability and physicochemical properties of model salad dressings prepared with pregelatinized potato starch. Carbohydr. Polym. 2014, 111, 624–632.

[116] Utrilla-Coello, R.G.; Rodríguez-Huezo, M.E.; Carrillo-Navas, H.; Hernández-Jaimes, C.; Vernon-Carter, E.J.; Alvarez-Ramirez, J. In vitro digestibility, physicochemical, thermal and rheological properties of banana starches. Carbohydr. Polym. 2014, 101, 154–162. /j.carbpol.2013. 09.019.

[117] Dakia, P.A.; Blecker, C.; Robert, C.; Wathelet, B.; Paquot, M. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocoll. 2008, 22, 807–818.

[118] Zhong, L.; Oostrom, M.; Truex, M.J.; Vermeul, V.R.; Szecsody, J.E. Rheological behavior of xanthan gum solution related to shear thinning fluid delivery for subsurface remediation. J. Hazard. Mater. 2013, 244, 160–170.

[119] Sanchez, C.; Renard, D.; Robert, P.; Schmitt, C.; Lefebvre, J. Structure and rheological properties of acacia gum dispersions. Food Hydrocoll. 2002, 16, 257–267. https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00096-0.

[120] Marcotte, M.; Taherian Hoshahili, A.R.; Ramaswamy, H.S. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. Food Res. Int. 2001, 34, 695–703. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00091-6.

[121] Yamazaki, E.; Kurita, O.; Matsumura, Y. High viscosity of hydrocolloid from leaves of Corchorus olitorius L. Food Hydrocoll. 2009, 23, 655–660. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.03.012.

[122] Razavi, S.M.A.; Taheri, H.; Quinchia, L.A. Steady shear flow properties of wild sage (Salvia macrosiphon) seed gum as a function of concentration and temperature. Food Hydrocoll. 2011, 25, 451–458. https://doi.org/ 10.1016/j.foodhyd.2010.07.017.

[123] Chaharlang, M.; Samavati, V. Steady shear flow properties of Cordia myxa leaf gum as a function of concentration and temperature. Int. J. Biol. Macromol. 2015,

[124] Yaseen, E.I.; Herald, T.J.; Aramouni, F.M.; Alavi, S. Rheological properties of selected gum solutions. Food Res. Int. 2005, 38, 111–119. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.01.013.

[125] Adeli, M.; Samavati, V. Studies on the steady shear flow behavior and chemical properties of water-soluble polysaccharide from Ziziphus lotus fruit. Int. J. Biol. Macromol. 2015, 72, 580–587.

[126] Koocheki, A.; Taherian, A.R.; Bostan, A. Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of Lepidium perfoliatum seed gum. Food Res. Int. 2013, 50, 446–456. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.

[127] Dakia, P.A.; Blecker, C.; Robert, C.; Wathelet, B.; Paquot, M. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocoll. 2008, 22, 807–818. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.

[128] Vardhanabhuti, B.; Ikeda, S. Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (Cissampelos pareira) leaves. Food Hydrocoll. 2006, 20, 885–891. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005

[129] Torres, M.D.; Hallmark, B.; Wilson, D.I. Effect of concentration on shear and extensional rheology of guar gum solutions. Food Hydrocoll. 2014, 40, 85–95. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.

[130] Zhong, L.; Oostrom, M.; Truex, M.J.; Vermeul, V.R.; Szecsody, J.E. Rheological behavior of xanthan gum solution related to shear thinning fluid delivery for subsurface remediation. J. Hazard. Mater. 2013, 244–245, 160–170. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.

[131] Wu, Y.; Ding, W.; Jia, L.; He, Q. The rheological properties of tara gum (Caesalpinia spinosa). Food Chem. 2015, 168, 366–371. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.083.

[132] Koocheki, A.; Mortazavi, S.A.; Shahidi, F.; Razavi, S.M.A.; Taherian, A.R. Rheological properties of mucilage extracted from Alyssum homolocarpum seed as a new source of thickening agent. J. Food Eng. 2009, 91, 490–496. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.028.

[133] Fijan, R.; Šostar-Turk, S.; Lapasin, R. Rheological study of interactions between non-ionic surfactants and polysaccharide thickeners used in textile printing. Carbohydr. Polym. 2007, 68, 708–717. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.08.006.

[134] Weltmann, R.N. Breakdown of Thixotropic Structure as Function of Time. J. Appl. Phys. 1943, 14, 343–350. https://doi.org/10.1063/1.1714996.

[135] Dzuy Nguyen, Q.; Jensen, C.T.B.; Kristensen, P.G. Experimental and modelling studies of the flow properties of maize and waxy maize starch pastes. Chem. Eng. J. 1998, 70, 165–171. https://doi.org/10.1016/S0923-0467(98)00081-5.

[136] Abu-Jdayil, B. Modelling the time-dependent rheological behavior of semisolid foodstuffs. J. Food Eng. 2003, 57, 97–102. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00277-7.

[137] Alvarez, M.D.; Canet, W. Time-independent and time-dependent rheological characterization of vegetable-based infant purees. J. Food Eng. 2013, 114, 449–464.

[138] Koocheki, A.; Razavi, S.M. Effect of Concentration and Temperature on Flow Properties of Alyssum homolocarpum Seed Gum Solutions: Assessment of Time Dependency and Thixotropy. Food Biophys. 2009, 4, 353–364. https://doi.org/10.1007/s11483-009-9134-7.

[139] Razmkhah, S.; Razavi, S.M.A.; Mohammadifar, M.A. Purification of cress seed (Lepidium sativum) gum: A comprehensive rheological study. Food Hydrocoll. 2016, 61, 358–368.

[140] Chaisawang, M.; Suphantharika, M. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. Food Hydrocoll. 2006, 20, 641–649.

[141] Kutlu, G.; Akcicek, A.; Bozkurt, F.; Karasu, S.; Tekin-Cakmak, Z.H. Rocket seed (Eruca sativa Mill) gum: Physicochemical and comprehensive rheological characterization. Food Sci. Technol. 2021, Volume, Page. https://doi.org/10.1590/fst.69620.

[142] Toker, O.S.; Karaman, S.; Yuksel, F.; Dogan, M.; Kayacier, A.; Yilmaz, M.T. Temperature dependency of steady, dynamic, and creep-recovery rheological properties of ice cream mix. Food Bioprocess Technol. 2013, 6, 2974–2985.

[143] Yılmaz, M.T.; Karaman, S.; Cankurt, H.; Kayacier, A.; Sagdic, O. Steady and dynamic oscillatory shear rheological properties of ketchup–processed cheese mixtures: Effect of temperature and concentration. J. Food Eng. 2011, 103, 197–210.

[144] Worrasinchai, S.; Suphantharika, M.; Pinjai, S.; Jamnong, P. β-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. Food Hydrocoll. 2006, 20, 68–78. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.03.005.

[145] Rudra, S.G.; Hanan, E.; Sagar, V.; Bhardwaj, R.; Basu, S.; Sharma, V. Manufacturing of mayonnaise with pea pod powder as a functional ingredient. J. Food Meas. Charact. 2020, 14, 2402–2413.

[146] Li, J.; Wang, Y.; Jin, W.; Zhou, B.; Li, B. Application of micronized konjac gel for fat analogue in mayonnaise. Food Hydrocoll. 2014, 35, 375–382. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.010.

[147] Dickie, A.M.; Kokini, J.L. An Improved Model for Food Thickness from non-Newtonian Fluid Mechanics in the Mouth. J. Food Sci. 1983, 48, 57–61. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb14787.x.

[148] Juszczak, L.; Fortuna, T.; Kośla, A. Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise. Food/Nahrung 2003, 47, 232–235.

[149] Izidoro, D.; Sierakowski, M.-R.; Waszczynskyj, N.; Haminiuk, C.W.; de Paula Scheer, A. Sensory evaluation and rheological behavior of commercial mayonnaise. Int. J. Food Eng. 2007, 3, Page. https://doi.org/10.2202/1556-3758.1094.

[150] Singla, N.; Verma, P.; Ghoshal, G.; Basu, S. Steady state and time dependent rheological behaviour of mayonnaise (egg and eggless). Int. Food Res. J. 2013, 20, 2009–2016.

[151] Moschakis, T.; Murray, B.; Dickinson, E. Microstructural evolution of viscoelastic emulsions stabilised by sodium caseinate and xanthan gum. J. Colloid Interface Sci. 2005, 284, 714–728. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.10.036.

[152] Khalloufi, S.; Corredig, M.; Goff, H.; Alexander, M. Flaxseed gums and their adsorption on whey protein-stabilized oil-in-water emulsions. Food Hydrocoll. 2009, 23, 611–618. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.04.004.

[153] Liu, F.; Wang, D.; Sun, C.; Gao, Y. Influence of polysaccharides on the physicochemical properties of lactoferrin–polyphenol conjugates coated β-carotene emulsions. Food Hydrocoll. 2016, 52, 661–669. ht

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Taha Hijazi, Salih Karasu, Zeynep Hazal Tekin-Cakmak, and Fatih Bozkurt, “Modeling of Thixotropic Behavior of The Gum Solution Obtained from Oil Industry By-Products: Chia Seed Oil By-Product Gum, Flaxseed Oil By-Product Gum and, Rocket Seed Oil By-Product Gum”, 3rd International Conference on Food, Agriculture and Veterinary, June 19-20, 2021 / Ege University, Turkey, (oral and technical presentation)

Makaleler

1. Taha Hijazi, Salih Karasu, Zeynep Hazal Tekin-Cakmak, and Fatih Bozkurt, “Extraction of Natural Gum from Cold-Pressed Chia Seed, Flaxseed, and Rocket Seed Oil By-Product and Application in Low Fat Vegan Mayonnaise”, Foods 2022, 11, x. https://doi.org/10.3390/xxxxx