



**CHİA TOHUMUNA ATMOSFERİK PLAZMA UYGULAMASININ FARKLI
METOTLARLA ELDE EDİLEN MÜSİLAJIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE
OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

ŞEBNEM MUTLU

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Doktora Tezi
Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK
2022**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



CHİA TOHUMUNA ATMOSFERİK PLAZMA UYGULAMASININ FARKLI
METOTLARLA ELDE EDİLEN MÜSİLAJIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE
OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ŞEBNEM MUTLU

ORCID: 0000-0002-2057-9991

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ
Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK

ŞUBAT-2022

Her hakkı saklıdır.

ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ BEYANI

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak sunulan ve Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez alıőması; TÜBİTAK tarafından 121O105 numaralı proje ile desteklenmiştir.

(İmza)

Şebnem Mutlu

25/02/2022



ÖZET

CHİA TOHUMUNA ATMOSFERİK PLAZMA UYGULAMASININ FARKLI METOTLARLA ELDE EDİLEN MÜSİLAJIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE OLAN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Şebnem MUTLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK

Yapılan çalışmada chia tohumlarına 30 saniye, 1 dakika ve 2 dakika olmak üzere 3 farklı sürede atmosferik jet plazma uygulanmasının ardından tohumlardan sıcak ve soğuk ekstraksiyon olarak adlandırılan 2 farklı metotla müsilajlar elde edilmiştir. Plazma uygulamasının ardından tohumun ham kül, nem, ham protein, yağ, yağ asitleri kompozisyonu ve toplam diyet lifi analizleri gerçekleştirilmiş ve fizikokimyasal farklılıklar gözlemlenmiştir. Elde edilen müsilaj jellerinde ise Small Amplitude Oscillatory Shear (SAOS) ve Large Amplitude Oscillatory Shear (LAOS) analizleri ile reolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Hem sıcak hem soğuk ekstraksiyonla üretilen müsilaj jellerinin SAOS analizlerinde vizkozitenin kontrol örneklerine göre arttığı ve artan kayma oranı ile azalan (shear thinning) akış davranış özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. LAOS analizlerinde ise lineer viskoelastik bölgenin soğuk ekstraksiyon müsilajlarında daha uzun olduğu tespit edilmiş ve tüm örnekler için G' değeri düşük gerinim değerlerinde (%1,2) G'' değerinden yüksek olduğu görülmüştür. LAOS analizleri sonucu müsilajların yapısal farklılıklar içerdiği sonucuna varılmıştır. SAOS analizlerinde viskozite açısından en iyi sonuçları veren örnekte emülsifiye etme yeteneği, emülsiyon stabilitesi, su ve yağ tutma kapasiteleri tespit edilmiştir. Müsilajlarda plazmanın etkisinin araştırılması için FTIR ve SEM görüntüleme analizleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Chia (*Salvia hispanica* L.), Atmosferik Jet Plazma, Reoloji

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ATMOSPHERIC PLASMA APPLICATION ON CHIA SEED ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MUCILAGE OBTAINED BY DIFFERENT METHODS

Şebnem MUTLU

Department of Food Engineering

PhD Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim PALABIYIK

In this study, after the application of atmospheric jet plasma to chia seeds for 3 different times (30 seconds, 1 minute and 2 minutes), gums were obtained from the seeds by 2 different methods called hot and cold extraction. After the plasma application, ash, moisture, crude protein, oil, fatty acid composition and total dietary fiber analyzes of the seed were performed and physicochemical differences were observed. Rheological analyzes were carried out with Small Amplitude Oscillatory Shear (SAOS) and Large Amplitude Oscillatory Shear (LAOS) analyzes on the mucilage gels obtained. In SAOS analyzes of mucilage gels produced by both hot and cold extraction, it was determined that the viscosity increased compared to the control samples and showed shear thinning flow behavior with increasing shear rate. In LAOS analyzes, on the other hand, it was determined that the linear viscoelastic region was longer in cold extraction mucilages, and the G' value for all samples was higher than the G'' value at low strain values (1.2%). As a result of LAOS analysis, it was concluded that the mucilage samples contain structural differences. In the SAOS analysis, the emulsifying ability, emulsion stability, water and oil holding capacities were determined in the sample that gave the best results in terms of viscosity. FTIR and SEM imaging analyzes were performed to investigate the effect of plasma on the mucilage samples.

Keywords: Chia (*Salvia hispanica* L.), Atmospheric Jet Plasma, Rheology

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
TEŞEKKÜR.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti	6
1.1.1. Chia Tohumu Tarihi.....	6
1.1.2. Chia Tohumu Fizikokimyasal Özellikleri.....	6
1.1.3. Chia Musilaj Özellikleri.....	10
1.1.4. Plazma Teknolojisi.....	13
1.1.5. Plazmanın Gıdalarda Kullanımı.....	15
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	19
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
2.1. Materyal	20
2.2. Yöntem.....	20
2.2.1. Chia Tohumuna Atmosferik Plazma Uygulanması	20
2.2.2. Musilajın Elde Edilmesi.....	21
2.2.3. Musilajın Sulandırılması (Rekonstitüsyon)	23
2.2.4. Fizikokimyasal ve Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi.....	24
2.2.4.1 Ham Kül Tayini	25
2.2.4.2 Nem Tayini	25
2.2.4.3 Ham Protein Tayini.....	25
2.2.4.4 Yağ Tayini	25
2.2.4.5 Yağ Asitleri Kompozisyonu	26
2.2.4.6 Toplam Diyet Lifi	27
2.2.4.7 Reoloji.....	27
2.2.4.8 Renk	30
2.2.4.9 Emülsifiye Etme Yeteneği (EA) ve Emülsiyon Stabilitesi (ES).....	31
2.2.4.10 Musilaj Çözünürlüğü	31
2.2.4.11 Su ve Yağ Tutma Kapasitesi.....	32

2.2.4.12 FTIR.....	32
2.2.4.13 SEM.....	32
2.2.5. İstatistiksel Değerlendirme	33
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	34
3.1. Çeşitli Sulandırılma Oranlarına Göre Chiadan Musilaj Üretimi ve Verim Tespiti .	34
3.2. Chia Tohumunda Yapılan Fizikokimyasal Analizlerin Sonuçları	39
3.2.1. Chia Tohumunda Ham Kül, Nem, Ham Protein, Yağ, Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Toplam Diyet Lifi Analizleri Sonuçları	39
3.2.2. Chia Musilajında Reoloji Analizleri Sonuçları.....	47
3.2.2.1 SAOS (Small Amplitude Oscillatory Shear)	47
3.2.2.2 LAOS (Large Amplitude Oscillatory Shear)	66
3.2.3. Chia Musilajı Jellerinde Renk Analizi Sonuçları.....	72
3.2.4. Chia Musilajının Emülsifiye Etme Yeteneği (EA) ve Emülsiyon Stabilitesinin (ES) Belirlenmesi	78
3.2.5. Chia Musilajı Çözünürlüğü.....	79
3.2.6. Chia Musilajının Su ve Yağ Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi	81
3.2.7. FTIR Analiz Sonuçları.....	83
3.2.8. SEM Görüntüleme Sonuçları.....	88
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKLAR.....	95
TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER	104
ÖZGEÇMİŞ	105

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Chia tohumu ortalama besin değerleri	7
Çizelge 1.2. Plazma sistemleri çeşitlerinin çeşitli özelliklere göre sınıflandırılması (Bozkurt, 2014).....	14
Çizelge 3.1. Yapılan denemelerde elde edilen musilaj verimleri	36
Çizelge 3.2. Atmosferik Plazma uygulamasının chia tohumlarında Kül, Nem, Protein, Yağ ve Toplam Diyet Lifi bileşimlerine etkisi	40
Çizelge 3.3. Chia Tohumu Kimyasal Bileşimi Analiz Sonuçları ve Diğer Çalışmalar, %	42
Çizelge 3.4. Chia Tohumuna 30s, 1dak ve 2 dak Plazma Uygulamasının Yağ Asidi Kompozisyonuna Etkisi.....	43
Çizelge 3.5. Chia tohumu yağ asitleri kompozisyonunun diğer kaynaklarla karşılaştırılması.	43
Çizelge 3.5. Chia tohumu yağ asitleri kompozisyonunun diğer kaynaklarla karşılaştırılması (devamı).....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Çizelge 3.6. Herschel-Bulkley modeline uygun olarak elde edilen kıvam katsayısı (K), akış davranış indeksi (n), R^2 ve yield stress (τ_0) değerleri	57
Çizelge 3.7. Farklı kurutma yöntemleriyle elde edilen musilajların %1'lik jellerinde birikim ve kayıp modülüs parametrelerine olan etkisi	63
Çizelge 3.8. Soğuk ve sıcak metotla elde edilen %1'lik jellerin renk analiz sonuçları.....	73
Çizelge 3.9. Soğuk ve sıcak metotla elde edilen %1'lik jellerin renk analiz sonuçları.....	74
Çizelge 3.10. Soğuk ve sıcak metotla elde edilen %1'lik jellerin renk analiz sonuçları.....	75
Çizelge 3.11. 2 dak plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilaj ve kontrol musilajında emülsifiye etme yeteneği ve emülsiyon stabilitesi	78
Çizelge 3.12. 2 dak plazma uygulanmış sıcak ekstraksiyon musilajı ve kontrol musilajında musilaj çözünürlüğü	80
Çizelge 3.13. 2 dak plazma uygulanmış sıcak ekstraksiyon musilajı ve kontrol musilajında su ve yağ tutma kapasitesi.....	81

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Plazmanın yapısı	14
Şekil 2.1. Atmosferik plazma jetin uygulanması.....	21
Şekil 2.2. Soğuk metotta liyofilizasyon işlemi.....	22
Şekil 2.3. Sıcak metotla etüvde kurutulan örnekler.....	22
Şekil 2.4. Soğuk metotla kurutulan örnek	23
Şekil 2.5. Sıcak metotla kurutulan örnek.....	23
Şekil 2.6. Soldan sağa; 1:100 oranında sulandırma yapılan tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj; 1:40 sulandırma yapılan tohumdan soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilaj; 1:40 sulandırma yapılan tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj.....	24
Şekil 2.7. 1,2,3,4 nolu kavanozlar soğuk metotla elde edilen musilajlar; 5,6,7,8 nolu kavanozlar sıcak metotla elde edilen musilajlar.....	24
Şekil 2.8. Reometre cihazı (TA DHR-2, ABD).....	28
Şekil 3.1. Sulandırma oranlarına göre tohum ve etrafında şişen musilaj görüntüleri, a) 1:10 , b) 1:20, c)1:30, d)1:40, e)1:100.....	34
Şekil 3.2. a)1:40 ve 1:10 oranında sulandırılıp kurutulan tohumların kazınmadan önceki görüntüsü, b)Kazınan chia-musilaj tabakasının elenmeden önceki görüntüsü, c)1:40 oranında sulandırılıp liyofilizasyon ile kurutma.....	38
Şekil 3.3. Solda, 1:100 oranında sulandırılıp 50°C 'de bir gece kurutma sonunda elenen musilaj; Ortada, 1:40 oranında sulandırıldıktan sonra 5 gün dondurarak kurutulan chiadan elenen musilaj; Sağda, 1:40 oranında sulandırılıp pH=8'e ayarlanan ve 50°C 1 gece kurutularak elenen musilaj görüntüsü.....	39
Şekil 3.4. Chia tohumuna plazma uygulanması	40
Şekil 3.5. Sıcak ve soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajların kütlece %1'lik jellerinde Amplitude testi	48
Şekil 3.6. Plazma uygulanmamış tohum (kontrol) ve 10 g chia için sırayla 30s, 1 dak ve 2dak plazma uygulanan tohumlardan sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilajların kütlece %1'lik jellerine ait steady shear reogramı	49
Şekil 3.7. Plazma uygulanmamış tohum (kontrol) ve 10 g chia için sırayla 30s, 1 dak ve 2dak plazma uygulanan tohumlardan liyofilizasyon yöntemiyle (soğuk ekstraksiyon) elde edilen musilajların kütlece %1'lik jellerine ait steady shear reogramı	50
Şekil 3.8. Non-Newtonian akışkanların genel akış davranışları.....	51
Şekil 3.9. Sıcak ve soğuk ekstraksiyon yöntemleriyle üretilen musilajların %1'lik jellerinin viskozite reogramı	52

Şekil 3.10. Chia tohumuna 30 saniye plazma uygulamasının musilaj üretim yöntemlerine göre viskoziteye etkisinin karşılaştırılması.....	54
Şekil 3.11. Chia tohumuna 1 dakika plazma uygulamasının musilaj üretim yöntemlerine göre viskoziteye etkisinin karşılaştırılması.....	55
Şekil 3.12. Chia tohumuna 2 dakika plazma uygulamasının musilaj üretim yöntemlerine göre viskoziteye etkisinin karşılaştırılması.....	55
Şekil 3.13. Sıcak ve soğuk ekstraksiyonla üretilen musilajlar ile ticari olarak gıda amaçlı kullanılan jelatinden hazırlanan %1'lik jellerin viskozite karşılaştırması.....	56
Şekil 3.14. Plazma uygulanmamış tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerinin 0,1-100 rad/s açısal hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri.....	59
Şekil 3.15. 30 saniye plazma uygulanan tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerin 0,1-100 rad/s açısal hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri.....	60
Şekil 3.16. 1 dakika plazma uygulanan tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerin 0,1-100 rad/s açısal hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri.....	61
Şekil 3.17. 2 dakika plazma uygulanan tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerin 0,1-100 rad/s açısal hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri.....	62
Şekil 3.18. En iyi sonuçların alındığı 2 dakika plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilajda viskozitenin sıcaklıkla değişim eğrisi.....	66
Şekil 3.19. Chia müsilajı jellerinin gerinim noktalarına karşı elastik modülüs (G') ve viskoz modülüs (G'') değerlerinin değişimi. Soğuk ekstraksiyonla üretilen müsilajların %1'lik jelleri a) kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma	69
Şekil 3.20. Chia müsilajı jellerinin gerinim noktalarına karşı elastik modülüs (G') ve viskoz modülüs (G'') değerlerinin değişimi. Sıcak ekstraksiyonla üretilen müsilajların %1'lik jelleri a) kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma	70
Şekil 3.21. Soğuk ekstraksiyon müsilajlarının %1'lik jellerinin elastik (üst sıra) ve viskoz (alt sıra) bileşenine ait Lissajous-Bowditch eğrileri. a) Kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma.....	72
Şekil 3.22. Sıcak ekstraksiyon müsilajlarının %1'lik jellerinin elastik (üst sıra) ve viskoz (alt sıra) bileşenine ait Lissajous-Bowditch eğrileri. a) Kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma.....	72
Şekil 3.23. Emülsiyonun 24000 rpm'de homojenizasyon işlemi.....	79
Şekil 3.24. Kontrol. Plazma uygulanmamış tohumdan soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajın FTIR spektrumu.....	86

Şekil 3.25. Kontrol. Plazma uygulanmamış tohumdan sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilajın FTIR spektrumu.....	87
Şekil 3.26. Kontrol örnekleri kıyasını gösteren spektrum. Kırmızı= plazma uygulanmamış tohumdan soğuk ekstraksiyon ile elde edilen musilaj; Mavi= plazma uygulanmamış tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj.....	87
Şekil 3.27. Plazma uygulanmış tohumdan soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajın infrare spektrumu	88
Şekil 3.28. Plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilmiş musilajın infrare spekturumu	88
Şekil 3.29. Plazma uygulamasının tohum yapısına etkisi a)Kontrol, b) 30s plazma uygulanmış tohum, b) 1 dak plazma uygulanmış tohum, c) 2 dak plazma uygulanmış tohum	90
Şekil 3.30. Plazma uygulanmış tohum musilajlarından sıcak ekstraksiyonla elde edilen müsilaajlar. a)Kontrol, b) 30s plazma uygulanan tohum müsilaajı, c)1 dak plazma uygulanan tohum müsilaajı, d) 2 dak plazma uygulanan tohum müsilaajı.....	91
Şekil 3.31. Plazma uygulanmış tohum musilajlarından soğuk ekstraksiyonla elde edilen müsilaajlar. a)Kontrol, b) 30s plazma uygulanan tohum müsilaajı, c)1 dak plazma uygulanan tohum müsilaajı, d)2 dak plazma uygulanan tohum müsilaajı.....	91

SİMGELER DİZİNİ

G'	Birikim Modülü
G''	Kayıp Modülü
K	Kıvam Katsayısı
n	Akış Davranış İndeksi
γ	Gerinim (strain) (%)
η	Viskozite
τ_0	Akma Gerilimi
τ	Kayma Gerilmesi (Pa)
ω	Frekans (rad/s)
W	Ağırlık
g	Gram
$^{\circ}C$	Santigrat Derece
\sin	Sinüs
\cos	Cosinüs
L^*	Beyazlık Renk Değeri
a^*	Kırmızılık/Mavilik Renk Değeri
b^*	Yeşillik/Sarılık Renk Değeri
μm	Mikrometre
nm	Nanometre
mm	Milimetre

KISALTMALAR DİZİNİ

PUFA	Polyunsaturated fatty acid- Çoklu doymamış yağ asitleri
dak	Dakika
SAOS	Small Amplitude Oscillation Shear
LAOS	Large Amplitude Oscillation Shear



TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın yűrűtűlmesi sırasında bilgi ve tecrűbesiyle çalıőmaya deęer katan çok Őey űđendiđim saygıdeęer danıőman hocam Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK'a, benden bilgi ve yardımlarını esirgemeyen deęerli hocam Dr. Őđr. Ŭyesi Ufuk BAĐCI'ya, 1210105 nolu projemize maddi destek veren TŬBİTAK'a, daima destekçim olan sevgili dostum Dr. Demet APAYDIN ve eői Dr. Hakan APAYDIN'a, her zaman yanımda olan sevgili eőim Mehmet MUTLU'ya, sevgili kızım Ada MUTLU'ya ve aileme teőekkűr ederim.

Şebnem MUTLU

Gıda Műhendisi

1. GİRİŞ

Chia Tohumu (*Salvia hispanica* L.) Lamiaceae ailesine bağlı, nanegillerden tek yıllık bir bitki olan Chia bitkisinin tohumudur (Ixtaina vd., 2011 ; Bochicchio vd., 2014). Chia, İspanyolca yağlı anlamına gelen chian/chien kelimesinden türemiştir (Yurt ve Gezer, 2018). Tohum Meksika'nın güneyi, Guatamala'nın kuzeyine kalan kısımlarına özgüdür (Ixtaina vd. 2011). Chia tohumu boyutları birbirine yakın değerlerde literatürde çeşitli boyutlarda ifade edilmiştir. Chia tohumu, siyah, gri ve beyaz renklerde olabilen, $1,87\pm 0,1$ mm uzunluğunda, $1,21\pm 0,08$ mm genişliğinde ve $0,88\pm 0,04$ mm kalınlığında oval şekilli tohumlardır (Timilsena vd., 2016).

Chia özellikle besleyici değerinin yüksek olması açısından 20. yüzyılda merak uyandıran bir bitki olmuştur. Chia tohumu genel olarak bakıldığında özellikle doğal bir omega-3 kaynağı olmasının yanında ayrıca doğal bir antioksidan, protein, vitamin, mineral ve diyet lifi kaynağıdır (Reyes-Caudillo vd., 2008; Ixtaina vd., 2011; Capitani vd., 2013a; Ullah vd., 2016; Julioi vd., 2016; Tavares vd., 2018). Chia tohumu (100 g'ında) 16 - 20 g protein, 30 - 38 g yağ, 18 - 20 g omega-3 yağ asidi içermektedir. Chia tohumu gluten ihtiva etmemektedir (Bochicchio vd., 2015). Tohumun içerdiği yaklaşık %40 oranında yağın %60'ını omega3 yağ asitleri oluşturmaktadır (Coelho ve Salas-Mellado, 2014). Yağ asidi kompozisyonuna ilave olarak Vitamin B ve doğal antioksidanları içermektedir. Tüm bunlardan başka Chia tohumuna olan ilgiyi arttıran diğer bir özelliği ise, %33,6–39,9 diyet posası içermesidir (Ayerza ve Coates, 2005). Chia tohumuyla ilgili en çok ümit vadeden konulardan biri de onun %5-6 oranında çözünebilir lif içermesidir. Bu lif aynı zamanda oldukça hidrofilik olması yönünden endüstriyel ve farmasötik alanda oldukça ilgi çekmektedir. Bu lif yapısı tohumun eksokarp (ilk üç katmanda) kısmında lokalize olmuş, diğer bir deyişle hücrenin ilk üç katmanında yer alan ve moleküler ağırlığı 800-2000 kDa olan anyonik bir heteropolisakkarittir (Munoz, Cobos, Diaz ve Aguilera, 2012). Suyu temasın ardından hızla suyu tutan lifler meyvenin etrafında transparan bir kapsül oluşturmaktadır (Munoz vd., 2012).

Musilaj ekstraksiyonunda yapılan çalışmalarda kullanılan ekstraksiyon ve hidrasyon yöntemlerine göre değişmek suretiyle tohum ağırlığının %5-15 arasında değişen oranlarda musilaj elde edilebileceği belirtilmektedir (Ayerza ve Coates, 2001; Munoz vd., 2012c). Bazı kaynaklarda da musilaj eldesi 1 kg tohumdan 50g musilaj olarak bahsedilmektedir (Ayerza ve Coates, 2001; Reyes-Caudillo vd., 2008). Chia musilajı kendi ağırlığının 27 katı kadar su tutma özelliğine sahip bir besindir (Munoz vd., 2012). Diğer bir deyişle 100 mg musilajı 2,7 g

su tutma kapasitesine sahiptir. Bu da kendi ağırlığının 27 katına tekabül etmektedir. Chia tohumu su ile buluştuğunda kabuğunun etrafında musilaj oluşturma ve yağ/su emülsiyonlarını stabilize etme özelliğini taşır. Bu özellik Chia tohumunu, besin sanayinde kullanılan ticari kıvam arttırıcıların yerine geçebilecek potansiyel doğal bir kıvam arttırıcı olarak ön plana çıkarmaktadır.

Coelho ve Salas-Mellado (2014) 'nun çalışmalarında chia tohumunun 24g/g lif olarak su tutma kapasitesi olduğunu belirlemişler ve bu sonuçları yulaf (5,5g su /g lif) ve buğday (6,6 g su/ g lif) a göre kıyasladıklarında chianın bu anlamda daha çok su tuttuğunu ifade etmişlerdir. Bu özelliği sayesinde Chia musilajı reçel, mayonez, sos ve yoğurt gibi gıdalarda kalınlaştırıcı, stabilize edici olarak kullanımı son zamanlarda gündeme gelmektedir (Vazquez-Ovando vd., 2009; Bochicchio vd., 2015; Goh vd., 2016). Steffolani vd. (2014)'a göre musilajın fırıncılık ürünlerinde yumurta ve yağ ikamesi olarak kullanımı da mümkündür.

Coelho ve Salas-Mellado (2014) çözülebilir diyet liflerinin su tutma kapasitesinin yüksek olması sebebiyle kolonik bakteriler tarafından kolayca fermente edildiğini, oluşturulan jelatinimsi kütle ile gastrointestinal kütlenin viskozitesini arttırmak suretiyle midenin daha uzun süre tok kalmasını sağladığını belirtmişlerdir. Chia bu jel oluşturma özelliği, su tutma kapasitesi ve viskoz yapısı sayesinde gıda endüstrisinde köpük sabitleyici, suspending agent (askıda tutan madde), yapıştırıcı ya da bağlayıcı ajan olarak da değerlendirilmelidir (Salgado-Cruz vd., 2013). Spada vd. (2014) chia musilajını koyulaştırıcı olarak kullanmak suretiyle soya temelli tatlı yapmışlar ve bunun sonucunda Chia musilajının üründe majör değişikliklere sebep olmadan koyulaştırıcı olarak kullanılmasının mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Ramos vd. (2017) chia musilajının jel yapıcı özelliklerini ve emülsiyon stabilitesini değerlendirmiş, musilajın bu özellikleri sayesinde fonksiyonel gıdalara uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir. Guiotto vd. (2016) çalışmalarında musilajı emülsiyonlarda stabilize edici ya da koyulaştırıcı ajan rollerinde bir fonksiyonel ingredient olarak kullanılabilir olmasına dikkat çekmişlerdir. Özellikle ayçiçeği lesitini ile birlikte stabil emülsiyonlar hazırlanabileceğini belirtmişlerdir. Falco ve Amato (2017) chia tohumunun endüstriyel kullanım alanlarını konu aldıkları makalelerinde chia musilajının içerdiği diyet lifi sayesinde sağlık etkisi açısından olumlu etkilerinin olması yanında onun ayrıca su tutma kapasitesi, şişme, jelleşme, viskoz yapı oluşturma özellikleri de göz önünde tutularak özellikle gıda teknolojisinde viskozite ve tekstür kontrolü sağlamak ve gıda sistemlerinde kararlılığı sağlamak için bir katkı olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca musilajın yüksek

sıcaklık uygulamalarında (240°C) bozulmadığı belirtilmiş, bu açıdan gıda proseslerinde kullanımı için avantajlı olduğu ifade edilmiştir. Benzer şekilde Seguro-Campos vd (2014) chia musilajının harika bir su ve yağ tutma kapasitesi, emülsifiye ve stabilize etme yeteneğinin olduğunu belirtmektedirler. Polisakkaritler su tutma ve hidrojel oluşturma yeteneklerinden dolayı gıda endüstrisinde geniş kullanım alanı bulmaktadır. Koyulaştırıcı, jelleştirici, kaplama ya da sinerez kontrol amacıyla kullanılmasının yanında doku modifikasyonunda ya da emülgatör, stabilizatör olarak ve yenilebilir ambalaj filminin bileşenleri olarak da kullanılmaktadırlar (Abbastabar vd, 2015; Phillips ve Williams, 2009). Polisakkaritler aynı zamanda biyoyoumlu oldukları, toksik olmadıkları, ayrıca fiziksel, kimyasal, ve mikrobiyolojik yöntemlerle kolayca modifiye edilebildikleri için farmasötik ve biyomedikal uygulamalarda da çokça kullanım alanı bulmaktadır (Cunha, Paula ve Feitosa, 2007). Bu anlamda Chia tohumu musilajının da tespit edilen üstün fizikokimyasal özellikleri tüm alanlar için ilgi uyandırmıştır.

Bunun yanında yapılan diğer araştırmalarda Chia tohumu ve Chia tohumu ununun oluşturdukları jellerin kuvvetleri, camsı geçiş sıcaklıkları göz önüne alınarak kıyaslanmıştır. Chia tohumu ununun daha zayıf bir jel oluşturduğu belirtilmiştir. Camsı geçiş sıcaklığı (Tg), jel yapıdaki polimer zinciri konusunda bilgi veren bir parametredir. Yüksek Tg değeri, daha sıkı bir polimer yapı ve daha uzun polimer zincirlerinin olduğunu ifade eder. Chia tohumunun oluşturduğu jel için Tg değeri 44,6°C iken, ticari bir kıvam arttırıcı olarak kullanılan pektinin oluşturduğu jelin Tg değeri 48°C olarak kaydedilmiştir. Bu benzer sonuçlar Chia tohumunun, ticari bir kıvam arttırıcı olarak kullanılabilme potansiyelini ortaya koymaktadır (Özbek ve Yeşilçubuk, 2018).

Chia tohumu müsilağı yağ/su emülsiyonlarında stabilizatör olarak kullanılma potansiyeli yüksek bir hammaddedir. Ayçiçek lesitini ve Chia tohumu müsilağı farklı düzeylerde birlikte kullanıldığında, Chia tohumu müsilajının yağ parçacıklarının mobilitesini azaltarak, emülsiyon stabilizasyonuna katkı sağladığı gözlenmiştir (Guiotto vd., 2016). Gıda endüstrisinde ticari bir emülgatör olarak kullanılan mısır gluteninin emülsifiye etme aktivitesi %49,3 ve oluşan emülsiyonun stabilitesi %39,7 iken, Chia tohumu diyet posasının emülsifiye etme aktivitesi %53,3, oluşan emülsiyonun stabilitesi %94,8'dir (Özbek ve Yeşilçubuk, 2018).

Diğer kıvam arttırıcılardan farklı olarak beslenme açısından diğer işlevsel bileşenlere de sahip olması nedeniyle, Chia tohumunun ticari kıvam arttırıcıların yerini alabileceği veya

belli oranlarda ikame edilebileceği öngörülmektedir. Musilajın bir yandan diyet liflerinin bir parçası olması açısından bakıldığında da gıdalara katılması durumunda, o gıdanın tekstürünü etkileyebilir ya da o gıdada stabilize edici ajan olarak rol oynayabilir.

Öte yandan Plazma Teknolojisi gıdalarda modifikasyon, dekontaminasyon, gıdalara ya da gıda katkılarına işlevsellik kazandırma gibi amaçlar doğrultusunda materyallerin özellikle yüzeylerine uygulanabilen yeni bir teknolojidir (Pankaj vd., 2015). Plazma teknolojisi gıda sektörünün yanı sıra tıp, medikal, tekstil, uçak, otomotiv, kağıt, savunma, elektronik ve uzay teknolojileri gibi birçok sektörde kullanılmaktadır (Butscher, 2016).

Plazma, maddenin 4. hali olarak tanımlanmaktadır. Maddeye enerji verildiğinde, katı halden sıvı hale, sıvı halden gaz haline, gaz halinden de plazma haline geçmektedir. Plazma; sıcaklık, basınç, termal, nükleer ışıma enerjisi, elektrik akımı gibi farklı enerji aktarımları ile oluşturulabilir (Conrads ve Schmidt, 2000). Plazma nötr parçacıklar ile denk sayıda pozitif iyon ve negatif elektron içeren, iyonize olmuş gaz olarak da tanımlanabilir (Bardos ve Barankova, 2010). Evrendeki maddenin % 99'undan fazlası kısmen ya da tamamen iyonize olmuş gazlardan oluşan plazma halindedir. Bunlar arasında nebularlar, güneş, korona, iyonosfer tabakası ve aurora ışıkları sayılabilir (Fridman, 2008). Düşük basınçlı plazmalar ($10^{-4} - 10^{-2}$ kPa) soğuk plazmalardır (Misra vd., 2011). Elektrik ya da elektromanyetik alan ile üretilen plazma, elektrik boşalım olarak ifade edilmektedir. Elektrik alan oluşturularak gazın elektronlarına enerji iletir. Ardından çarpışmalar meydana gelir ve bu enerji nötr türlere de iletilir. Böylece uyarılmış türler ve iyonlar, yani plazma meydana gelir. Uyarılmış türler oldukça kısa ömürlü olup foton yayarak temel duruma geri gelirler (Bakla, 2018). Plazma; uyarılmış atom ve moleküller, iyonik ve radikal türler, reaktif türler, elektronlar, pozitif ve negatif iyonlar, serbest radikaller, gaz atomları, UV radyasyon ve görünür ışıktan oluşan bir karışımdır. Plazmanın bu enerji yüklü parçacıkları uygulandığı yüzeylerdeki kimyasal bağları kırarak yüzeyde serbest radikaller oluşmasına sebep olmaktadır. Bu da yüzeylerin farklı özellikler kazanmasıyla sonuçlanabilmektedir. Bu etki plazma uygulanan gazın çeşidi ve diğer plazma parametreleri (proses süresi, reaktif gaz miktarı, uygulanan güç vb.) ile değişkenlik göstermektedir (Bonizzoni ve Vassallo, 2002). Gelişen teknikler soğuk plazma sistemlerinin düşük maliyetli, hızlı ve endüstriyel uygulanabilir duruma gelmesini sağlamaktadır.

Gıdaların üretiminde ısı işlem uygulamasına alternatif olarak kimyasal madde (klor vb.), doğal antimikrobiyal madde (bakteriyosin vb.), yenilebilir film kaplama gibi yöntemler ile bunların kombine uygulamaları kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerin bazı

dezavantajları olduğu bilinmektedir. Kimyasal madde kullanımı toksik etki yaratabilir, bununla birlikte kalıntı bırakabilir ve çalışanların sağlığına zarar verebilir. Bu yüzden gıda teknolojilerinde gıdaya ya da gıda katkılarına işlevsellik kazandırabilmek adına son yıllarda soğuk bir uygulama olan Plazma teknolojisi ön plana çıkmaya başlamıştır (Bakla, 2018). Soğuk plazma uygulaması gıdada özellikle dekontaminasyon, raf ömrünün uzatılması, enzim inaktivasyonu (özellikle polifenoloksidaz, peroksidaz) konularında denenmekte olup, özellikle jelatin, ksantan musilaj gibi kıvam arttırıcılarda da etkileri araştırılmış ve reolojik özellikler açısından yarattığı değişiklikler ve kazanımlar incelenmiştir (Perez-Andres vd., 2019). Plazma uygulaması ile üretilen reaktif türlerin (atomik oksijen, hidroksil, ozon ve nitrojen iyonları) bu etkileri yarattığı ifade edilmektedir (Ekezie, Sun ve Cheng, 2017).

Yapılan literatür taramasında sınırlı sayıda musilaj maddesine plazma uygulamasının gerçekleştirildiği ve bu uygulamaların musilajın reolojik özelliklerine etkisinin araştırıldığı görülmüştür. Ancak chia tohumuna Atmosferik Jet Plazma uygulanmasının ardından bu tohumlardan elde edilecek musilajın teknolojik özelliklerindeki olası etkilerin incelendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Yapılan literatür taramasında chia müsilajına reolojik olarak SAOS testlerinin yapıldığı birçok araştırma tespit edilmişken, son yıllarda musilajlara alternatif olarak gösterilen ve çokça ilgi gören chia müsilajında LAOS (büyük genlikli osilasyon kayma) analizi yapılan hiç bir araştırma tespit edilememiştir. LAOS testleri, işleme koşullarının materyallerin akış davranışına doğrusal olmayan gerilimde etkisini ortaya çıkarmak için önemli bir yöntemdir. SAOS testleri doğrusal bölgede yapıldığından yüksek deformasyon doğrusal olmayan bölgelerde materyalin tepkisi ölçülememektedir. Bu bağlamda LAOS testleri kullanılabilir. LAOS testleri ile plazma uygulanmış ve uygulanmamış chia tohumlarından elde edilen müsilajda plazma uygulama süresinin yarattığı değişimler ile bu müsilajların jelleşme mekanizmaları bakımından oluşan farklılıklar ayrıntılı şekilde ortaya koyulmuştur. Çalışmamızda LAOS testlerine yer verilmesi müsilajın doğrusal olmayan bölgedeki reolojik bilgilerinin ortaya koyulmasına imkan sağlayacak ve müsilajın bu tip proseslerde tepkisinin yorumlanması açısından bir ilk olacaktır.

Plazma teknolojisi tıp, medikal, tekstil, uçak, otomotiv, kağıt, savunma, elektronik ve uzay teknolojileri gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Bunların ardından gıda sektöründe çeşitli amaçlarla (mikrobiyal yükün azaltılması, modifikasyon vb.) kullanımının araştırılması son yıllarda ilgi görmüştür.

Çalışma ile plazma teknolojisini kullanarak gıdaların modifikasyonu üzerine araştırma yapılmış olup, literatüre sonraki çalışmalara ışık tutacak yeni kazanımlar sağlanması amaçlanmıştır.

1.1. Literatür Özeti

1.1.1. Chia Tohumu Tarihi

Chia (*S. hispanica L.*), Labiatae familyasına ait, tek yıllık yazlık otsu bir bitkidir. Meksika'nın orta bölgelerine ve Guatemala'nın kuzeyine özgüdür. Chia yüzyıllar önce Mayalar ve Aztekler tarafından temel gıda maddesi olarak tüketilmekteydi. Chia tohumları MÖ 3500 civarında insan gıdasında kullanılmaya başlandı ve MÖ 1500 ile 900 yılları arasında Orta Meksika'da temel bir ürün olarak önem kazandı. Orta ve Kuzey Amerika'nın İspanyollar tarafından işgali sonrası unutulmaya yüz tutmuştur. Chia tohumu gıda olarak kullanımının haricinde yüz ve vücut boyasında kullanılmak üzere yağı da çıkarılmaktaydı, ayrıca Aztekler yönetimi altındaki insanlardan yıllık haraç olarak chia tohumlarını da alabilmekteydi. Chia tohumu üretimi Aztekler için mısır kadar önemliydi.

"Chia" kelimesi, Azteklerin dili olan Nahuatl'de "yağlı" anlamına gelen "chian" veya çoğul hali "chienen" İspanyolca uyarlamasıdır. "Chia" adı İsveçli botanikçi Karl Linnaeus tarafından verilmiştir (Hernandez, 2012).

Meksika'ya özgü olan chia tohumu Hernan Cortes'in Meksika'ya yerleşmesinden sonra İspanya'da da tanıtılmıştır. Chia, Latin Amerika'da özel bir önemi olan bir tohumdur, bunun başlıca nedeni, eski zamanlardan beri Mezoamerikan halkı tarafından tüketilmesi ve chia adının bu popülasyonlara atfedilmesidir (De Montellano, 1978).

Son yıllarda ise Chia tohumuna olan ilgi artmış, bir çok kaynakta "süper gıda" olarak anılmış ve inanılmaz ilgi görek kullanımında ve araştırılmasında yükselen bir trend olmuştur (Peiretti ve Gai, 2009). Chia tohumu, bütün tohum, tohum unu, tohum yağı ya da tohum musilajı olarak kullanılmaktadır.

1.1.2. Chia Tohumu Fizikokimyasal Özellikleri

Chia tohumu, siyah, gri ve beyaz renklerde olabilen, $1,87 \pm 0,1$ mm uzunluğunda, $1,21 \pm 0,08$ mm genişliğinde ve $0,88 \pm 0,04$ mm kalınlığında oval şekilli tohumlardır (Timilsena vd., 2016). Benzer şekilde chia tohumlarının ortalama $2,01 \pm 0,1$ mm uzunluk, $1,24 \pm 0,08$ en,

0,83 ±0,03mm genişlikte olduğu verilerine ulaşılmıştır (Capitani vd., 2013a; Ixtaina vd., 2008; Munoz vd., 2012). Yapılan çalışmada tohum, %7-91 bağıl nem ve 20-65°C sıcaklıklar üzerinde izotermal adsorpsiyon verilerinin gösterdiği üzere yüksek higroskopik özellik göstermediğinden depolama koşullarına oldukça dayanıklıdır (Moreira vd., 2012). Tohum, kabuk(testa), embriyo ve endosperm olmak üzere 3 ana katmandan oluşmaktadır. Chia tohumunun ortalama besin değerleri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Chia tohumu ortalama besin değerleri

Besin maddesi	Ortalama değer (g/kg)
Kuru madde	922,05
Protein	211,00
Yağ	322,50
Ham lif	277,72
Kül	44,13

Chia tohumu ayrıca doğal bir antioksidan, protein, vitamin, mineral ve diyet lifi kaynağıdır (Reyes-Caudillo vd., 2008; Ixtaina vd., 2011; Capitani vd., 2013a; Ullah vd., 2016; Julioi vd., 2016; Tavares vd., 2018). Chia, kalsiyum, fosfor, potasyum ve magnezyumdan yüksek miktarda (335-860mg/100 g) ve az miktarda (4,58-16mg/100g) sodyum, demir ve çinko içermektedir (USDA, 2004). Chia tohumu gluten ihtiva etmemektedir (Bochicchio vd., 2015). Son yıllarda sağlıklı besin tüketimindeki eğilimler diyet posası ilaveli, omega-3 yağ asitleri ve antioksidan içeriği zenginleştirilmiş ürünler yönündedir (Segura-Campos vd., 2014). Chia özellikle besleyici değerinin yüksek olması açısından 20. yüzyılda merak uyandıran bir bitki olmuştur. Tohum, özellikle doğal bir omega-3 kaynağıdır. Öyle ki tohum ağırlığının yaklaşık %40’ı yağ ihtiva etmekte olup bunun %60’ını omega-3 (α -linolenik asit) yağ asitleri oluşturmaktadır (Coelho ve Salas-Mellado, 2014). Chia tohumu 100 g’ında 30 - 38 g yağ içerdiği düşünüldüğünde bunun, 18 - 22 gramı omega-3 yağ asidi içermektedir. İçerdiği yağ asitleri bakımından sıralandığında α -linolenik asit>linoleik asit>oleik asit>palmitik asit>stearik asit olduğu belirtilmektedir. Bununla beraber genotipler ve çevre koşulları bu oranları etkilemektedir (Amato, 2015; Ayerza, 1995; Bochicchio vd., 2015). Diğer doğal yağ asidi kaynaklarından aspir ve ayçekirdeği tohum ağırlığının sırasıyla %75 ve

%67'sini yağ asitleri oluştursa da, bu tohumlar α -linolenik asit içermemektedirler. Benzer şekilde kolza tohumu da ağırlığının %67'si doymamış yağ asitleri içerse de bu miktarın çoğunu tekli doymamış yağ adisi olan oleik asitten oluşmakta olup, %27'sini ise PUFA'lar oluşturmaktadır (USDA, 2004).

Chia, gıdaları zenginleştirmek için kullanılabilen en etkili PUFA kaynaklarından biridir (Ayerza ve Coates, 2001). Esansiyel çoklu doymamış yağ asitleri insan vücudu tarafından üretilmemektedir ve diyetle birlikte vücuda alınması gereklidir. İnsan vücudunda α -linolenik asit daha uzun zincirli omega-3 yağ asitlerinden EPA (eikosapentaenoik asit) ve DHA (dokosaheksaenoik asit)'nin kimyasal prekürsörüdür. Tüm bu yağ asitlerinin sağlık üzerinde birçok olumlu etkisi olduğu kanıtlanmıştır (Larsen, Eilertsen ve Elvevoll, 2011; Pizarro vd. 2013). Porrás-Loaiza vd. (2014) yağ asidi kompozisyonunu araştırdıkları çalışmalarında chia tohumunun omega3/omega6 oranını 3:1 olarak tespit ettiklerini belirtmişlerdir. İnsan diyetinde omega-6/omega-3 oranı 4:1 ya da daha düşük olması tavsiye edilmektedir. Bu oranın fazla olması sağlığa zararlı etkileri vardır ve kronik rahatsızlıkların gelişmesine neden olabilir. Diyetle omega-3 yağ asidi miktarını arttırarak bu oranı iyileştirmek kardiyovasküler hastalıkların, kanserin iyileştirilmesine ve beyin fonksiyonlarına önemli katkı sağlayabilmektedir (Simopoulos ve Cleland, 2003).

Yağ asidi kompozisyonuna ilave olarak Vitamin B ve doğal antioksidanları içermektedir. İçerdiği doğal antioksidanlara örnek olarak tokoferoller, fitosteroller, karotenoidler, ve fenolik bileşenler (klorojenik asit, kafeik asit, mirisetin, quercetin ve kaempferol) verilebilir (Bochicchio vd., 2014). Tohum 100g süttten 6 kat fazla kalsiyum, 11 kat fazla fosfori 4 kat fazla potasyum içermektedir (Hernandez, 2012).

Chia tohumunun protein oranı üretildiği coğrafyaya göre değişmek üzere %16-23 şeklindedir. Olivós-Lugo, Valdivia-Lopez ve Tecante (2010)'nin chia tohumu protein fraksiyonunun termal ve fizikokimyasal özelliklerinin incelendikleri çalışmada protein fraksiyonu en çok glutamik asit (123g/kg ham protein), arjinin (80,6g/kg ham protein) ve aspartik asit (61,3g/kg ham protein) içerdiğini belirtmişlerdir. Chia protein izolatının iyi bir su tutma kapasitesi (4,06g/g), mükemmel bir yağ tutma kapasitesi (4,06g/g) olduğunu ifade etmişlerdir. Bu özelliği ile de protein izolatu unlu mamüller ve gıda emülsiyonlarında katkı olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda chia protein fraksiyonlarının termal özelliklerini DSC (differential scanning calorimetry) ile araştırmışlardır. Globulinlerin

denatürasyon sıcaklığının 125 °C ile çok iyi bir termal stabiliteye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Tüm bunlardan başka Chia tohumu, %33,6–39,9 diyet posası içermektedir (Ayerza ve Coates, 2005). Chia tohumunun çözünür diyet lifi içermesi onu önemli kılan özelliklerinden biridir. Suyla temas eden tohumların etrafında oluşan transparan kapsül yapıdan da anlaşılacağı üzere müsilaj yapı, çözünür diyet lifinin varlığına işaret etmektedir ve oranı yaklaşık %6 civarındadır.

Diyet lifleri, bitki karbonhidrat polimerlerinden oluşan bir karışımdır. Bunlar selülozlar, hemiselülozlar, pektik maddeler, müsilajlarla birlikte lignin ve polifenoller, mumlar, saponinler, kütin, fitatlar, dirençli proteinler gibi diğer karbonhidrat olmayan bileşikler de içerebilirler (Elleuch vd., 2011). Reyes-Caudillo, Tecante, and Valdivia-Lopez (2008) çalışmalarında Meksika'nın Jalisco ve Sinaloa bölgelerinden elde ettikleri chia tohumlarında toplam diyet lifi miktarlarını sırasıyla %39,94 ve %36,97 olarak tespit etmişlerdir. Jalisco bölgesi için çözünür ve çözünmez diyet lifi miktarları 6,84 ve 34,9g/100g iken bu değerler Sinaloa bölgesi için 6,16 ve 32,87g/100g şeklinde olup birbirine yakın değerler olduğu bulunmuştur. Burada çözünmez diyet lifi miktarının çözünürden daha fazla olduğu açık şekilde görülmektedir. Çözünmez diyet lifinin ana bileşeni, toplam diyet lifinin %39-41'ini oluşturan Klason lignin (KL)'dir. KL'nin güçlü ve dayanıklı yapı oluşturarak tohumdaki antioksidanlarla birlikte doymamış yağ asitlerini koruduğu iddia edilmektedir. Safra asidini emme yeteneğinden dolayı lignin, diyet lifinin vücuda alımıyla birlikte hipokolesterolemik etkiye sahiptir. Çalışmaya göre çözünmeyen diyet lifinde nötral şekerlerin oranı %13,79-14,97 arasında değişmekte olup, az miktarda üronik asit içermekteyken, çoklukla selüloz ve hemiselüloz içermektedir.

Tohumun inflamatuvar bozuklukları, kalp ve kardiyovasküler hastalıkları, diyabeti önleyebildiği ve merkezi sinir sistemini koruduğu yönünde birçok çalışma mevcuttur (Armstrong, 2004; Ayerza ve Coates, 2005; McManus, Merga ve Newton, 2011; Vuksan vd., 2007).

Omega- 3 yağ asidinin diyetle chia tohumu kullanılarak eklenmesi ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Patricia vd (2013) çalışmalarında kek karışımlarını 100g unun 15 g chia unu içerecek şekilde hazırlamışlar ve elde ettikleri keklerin hem omega-3 yağ asidi oranlarını

yükseltmişler hem de keklerin iyi teknolojik ve duyuşsal performansta olduklarını belirtmişlerdir.

1.1.3. Chia Musilaj Özellikleri

Musilajlar suda çözünebilen polisakkaritlerdir ve birçok bitki, alg ve mikroorganizma türleri tarafından üretilebilirler. Hidrasyonun ardından polisakkaritin polimerik omurgasına bağılı hidrofilik fonksiyonel gruplar tarafından yönetilen bir hidrojel ağı oluşturulur. Bu tür ağlar büyük miktarlarda suyu bağlayabilir ve emülsifiye işlemlerinde kullanılabilir (Singh vd, 2007).

Chia tohumuyla ilgili en çok ümit vadeden konulardan biri onun %5-6 oranında çözünebilir lif içermesidir. Tohum etrafında oluşan bu müsilaj yüksek moleköl ağırlığında polisakkaritlerden oluşmaktadır (Tavares, 2018; Zettel ve Hitzmann, 2018). Jel ağı oluşturan bu polisakkaritler chia tohumunda testanın oluşturulduğu kısım olan dış katmanda bulunmaktadır. Müsilajın gerçek rolü bilinmese de, bitkiden su kaybını düzenleyerek kurakta yetişmesine olanak sağladığı düşünülmektedir (Ting vd., 1990). Bu anyonik, suda çözünebilir jelatinimsi musilaj yapıdaki heteropolisakkarit, β -D-xylopyranosyl, α -D-glucopyranosyl ve 4-O-methyl- α -D-glucopyranosyluronik asit polimerinden oluşmaktadır (Goh vd., 2016; Lin, Daniel ve Whistler, 1994; Lazaroa vd., 2018). Bahsedilen D-ksiloz, α -D-glukoz ve 4-O-methyl- α -D-glukoronik asit bileşenleri 2:1:1 oranında bir araya gelmektedirler (Lin vd., 1994; Salgado-Cruz vd., 2013; Orana-Tamayo vd., 2016). Müsilajın moleköl ağırlığı 0,8-2 MDa'dur. Tohum suyla buluştuğunda musilaj dışarı çıkar, suyu emer ve şişer. Diğer tohumların tersine musilaj şiştikten sonra tohum etrafında şeffaf bir görüntü oluşturacak şekilde kuvvetlice tohuma bağılı olarak kalmaktadır. Jelin sıkı bir şekilde tohuma yapışık olması onun alınıp kullanılması için zorluk yaratmakta ve alınması için çeşitli ekstraksiyon yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bunların yanında chia musilaj jelleri gıda sanayi için umut vadeden bir malzeme olmuştur. Aljinat, polivinil alkol ve karragenan gibi yaygın vegan koyulaştırıcıların aksine, chia musilajı biyolojik olarak parçalanabilir ve sindirilebilir. Ayrıca musilajın toksik olmaması da koyulaştırıcı olarak kullanımı için önemli bir avantajdır. (Brütsch vd, 2019).

Timilsena vd (2016) chia musilajını fizikokimyasal karakterini araştırdıkları çalışmada musilajın saflaştırılmasının ardından musilajdaki toplam karbonhidrat miktarını %93,8; protein miktarını %2,6; yağ miktarını ise %0,6 olarak belirlemişlerdir. Yaptıkları

monosakkarit analizlerinde chia musilajının ksiloz, glukoz, arabinoz, galaktoz, glukoronik asit ve galakturonik asit içerdiğini ve bunların toplam monosakkarit içindeki oranlarının sırasıyla %38,5; %19,6; %9,6; %6,1; %18,7; %5,3 olarak bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu bilgilere göre ksiloz:glukoz:glukoronik asit oranlarının yaklaşık olarak 2:1:1 olacak şekilde yukarıda ifade edilen bilgilerle uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca araştırmacılar NMR spektrumlarından elde ettikleri verilere göre ksiloz ve glukozu bağlı olarak anomerek 1H rezonanslarındaki pik alanının HPLC’de saptadıkları 2:1 olan ksiloz:glikoz oranı ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Özetle chia musilajı ana şekerler olarak ksiloz ve glukoz olmak üzere önemli miktarda üronik asitleri (glukoronik asit ve galakturonik asit) ve arabinoz ve galaktoz olarak diğer nötral şekerleri içeren bir heteropolisakkarittir.

Tüm bu bilgiler ışığında çalışmalardaki kimyasal kompozisyonlarda elde edilen değerler arası farklılıklar tohumun yetiştirilme şartlarından, çalışmalarda kullanılan tohumların çeşitliliğinden kaynaklanabilir.

Chia tohumu musilajının termal özelliklerine bakıldığında yapılan DSC ve TGA analizleri ile musilajın mükemmel bir termal stabilitesi olduğu ve bu durumun yüksek sıcaklıklar içeren proseslerde kullanımı için bir fırsat olduğu bilinmektedir. Bunun yanında musilajın 40°C sıcaklıkta (%97 oranında çözünür) daha iyi çözüldüğü fakat çözünürlüğün 60°C sıcaklık üzerine çıkıldığında değişmediği ifade edilmektedir. Farklı olarak Capitani vd (2013b) ise musilaj çözünürlüğünün en iyi 60°C sıcaklıkta gerçekeştiğini belirtmişlerdir. Su tutma kapasitesinin ise 1 gram musilaj için ortalama 23 g su olduğu bulunmuştur (Timilsena vd., 2016). Su tutma kapasitesi guar musilaj için 25 g su / 1 g musilaj, musilaj Arabik için ise yaklaşık 6g su / 1 g musilaj olarak belirtilmektedir (Jindal vd., 2013). Yüksek çözünürlük ve su tutma kapasitesi tekstürün düzenlenmesinde, viskozitenin düzenlenmesinde ya da emülsiyon ve dispersiyonların stabilize edilmesinde musilaj için önemli bir özelliktir. Chia müsilajının bir emülsiyonu stabilize etme yeteneği, arayüzler üzerine adsorpsiyon kapasitesi ile açıklanabilir, böylece herhangi bir kimyasal ve enzimatik modifikasyon olmaksızın yağ içinde su emülsiyonlarını stabilize edebilmektedir.

Campos vd (2016) çalışmalarında chia ununu yüksek su tutma kapasitesi ve düşük çözünürlüğü sayesinde işlenmiş gıdalarda stabilizatör, emülgatör yada jelleşme ajanı olarak kullanılabilineceği, chia müsilajının ise dondurmalarda iyi bir tekstür elde ederek emülgatör olarak kullanılabilineceği sonucuna varmışlardır.

Chia musilajının aynı zamanda gıdalarda yumurta ve yağ ikamesi olarak kullanılabilmesine dair çalışmalar yapılmaktadır. Borneo, Aguirre ve Leon (2010) yaptıkları çalışmalarında, kek formülasyonunda %25'e kadar chia jeli ile yumurta veya yağın ikame edilmesinin, ürünün fonksiyonel ve duyuşsal özelliklerini koruduğunu göstermişlerdir.

Nayani ve Rao (2020) çalışmalarında chia musilaj jeli ile bisküvilerde %20, %30 ve %40 oranlarına yağ ikamesi denemişler, elde ettikleri analiz sonuçlarına göre duyuşsal ve fizikokimyasal açıdan kontrol bisküvilerine en yakın özellikte olan bisküvilerin %20 yağ ikame edildiğı bisküviler olduğunu belirtmişlerdir. Böylece araştırmacılar daha az kalorili ürünler elde edebilmişlerdir.

Felisberto vd. (2015) keklerde bitkisel yağ ikamesi olarak chia müsilaj jelini (3g müsilaj/100g su) denedikleri çalışmalarında %25 oranında yağın ikame edildiğı örneklerde keklerin hacmi, simetrisi, üniformluğu, nem, ve su aktivitesi açısından kontrol grubuna kıyasla önemli bir değışiklik yaratmadığı ve kalite kriterlerinin kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Keklerin sertliğı ve renk parametreleri artan chia müsilaj jeli ikamesiyle önemli ölçüde farklılıklar göstermiştir.

Ayrıca bu yeni polisakkaritin kullanımı, hidrofilik yenilebilir filmlerin fiziksel özelliklerini modifiye etmek ve geliştirmek için bir seçenektir. Hernandez (2012) yaptığı çalışmada müsilaj ve peynir altı suyu proteini konsantrasyonunun pH 7 ve 10'da olacak şekilde iki oranda (1:3; 1:4) çözülmesiyle, plastikleştirici olarak gliserol kullanılarak oluşturulan yenilebilir filmler, iyi mekanik özellikler ve düşük su buharı geçirgenliğı göstermiştir. Yenilebilir filmlere müsilaj ilavesi, gerilme mukavemeti, kopma uzaması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Film formülasyonuna müsilaj ilavesi film direncini ve esnekliğini arttırmıştır. pH 10'da hazırlanan yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliğı açısından üstün bariyer özellikte olduğu belirtilmiştir.

Literatürde yapılan araştırmalara göre chianın emülsiyon stabilitesinin, stabilizatör olarak kullanılma potansiyelinin, su tutma kapasitesinin, jelleşme ve viskoz yapı oluşturma gibi özelliklerinin yüksek olduğu belirtilmiş ve üstünlükleri ortaya koyularak son yıllarda üzerinde çalışılan bir gıda haline geldiğı tespit edilmiş ve sınırlı sayıda yapılan çalışmanın olduğu belirlenmiştir.

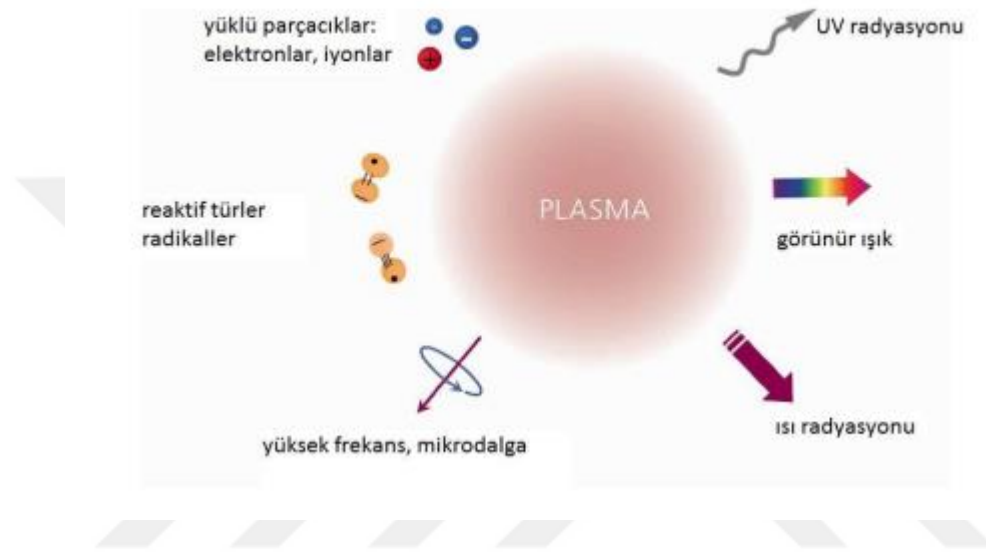
1.1.4. Plazma Teknolojisi

Plazma uygulaması, gıda biyopolimerlerinin yüzeysel yapısını ve fizikokimyasal özelliklerini modifiye etme yeteneği olduğu bilinen yeni gelişmekte olan bir teknoloji olarak tanımlanabilir (Misra vd., 2018). Plazma terimi ilk kez Irving Langmuir tarafından 1928'de kullanılmıştır (Thirumdas ve Sarangapani, 2015). Plazma; atom ve moleküllerin elektriksel yapısını yeniden düzenlemek ve uyarılmış türler ve iyonlar üretmek için bir gaz enerji uygulanması ile oluşturulur. Yeterince enerji verilmiş gaz içerisinde iyonlaşma defalarca tekrarlanır ve serbest elektron ve iyon bulutları oluşmaya başlar. Sonuçta pozitif yüklü parçacıklar yani elektronlarını kaybetmiş atomlar (iyonlar), negatif yüklü parçacıklar (elektron) ve yüksüz parçacıklar oluşur. Oluşan bu karışıma plazma adı verilir (Laroussi, Mendis ve Rosenberg, 2003).

Plazma, maddenin 4. hali olarak tanımlanmaktadır. Maddeye enerji verildiğinde, katı halden sıvı hale, sıvı halden gaz haline, gaz halinden de plazma haline geçmektedir. Plazma sıcaklık, basınç, termal, nükleer ışıma enerjisi, elektrik akımı gibi farklı enerji aktarımları ile oluşturulabilir (Conrads ve Schmidt, 2000). Plazma nötr parçacıklar ile denk sayıda pozitif iyon ve negatif elektron içeren, iyonize olmuş gaz olarak da tanımlanabilir. (Bardos ve Barankova, 2010). Evrendeki maddenin % 99'undan fazlası kısmen ya da tamamen iyonize olmuş gazlardan oluşan plazma halindedir. Bunlar arasında nebulalar, güneş, korona, iyonosfer tabakası ve aurora ışıkları sayılabilir (Fridman, 2008). Düşük basınçlı plazmalar ($10^{-4} - 10^{-2}$ kPa) soğuk plazmalardır (Misra vd., 2011). Elektrik ya da elektromanyetik alan ile üretilen plazma, elektrik boşalım olarak ifade edilmektedir. Elektrik alan oluşturularak gazın elektronlarına enerji iletir. Ardından çarpışmalar meydana gelir ve bu enerji nötr türlere de iletilir. Böylece uyarılmış türler ve iyonlar, yani plazma meydana gelir. Uyarılmış türler oldukça kısa ömürlü olup foton yayarak temel duruma geri gelirler (Bakla, 2018). Kısaca, plazma; uyarılmış atom ve moleküller, iyonik ve radikal türler, reaktif türler, elektronlar, pozitif ve negatif iyonlar, serbest radikaller, gaz atomları, UV radyasyon ve görünür ışıktan oluşan bir karışımdır. Plazmanın bu enerji yüklü parçacıkları uygulandığı yüzeylerdeki kimyasal bağları kırarak yüzeyde serbest radikaller oluşmasına sebep olmaktadır. Bu da yüzeylerin farklı özellikler kazanmasıyla sonuçlanabilmektedir. Bu etki plazma uygulanan gazın çeşidi ve diğer plazma parametreleri (proses süresi, reaktif gaz miktarı, uygulanan güç vb.) ile değişkenlik göstermektedir (Bonizzoni ve Vassallo, 2002). Gelişen teknikler soğuk

plazma sistemlerinin düşük maliyetli, hızlı ve endüstriyel uygulanabilir duruma gelmesini sağlamaktadır.

Plazma teknolojisi özelliğine bağlı olarak tekstil, elektronik, paketleme gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Isıya duyarlı plastikten üretilen tıbbi cihazların dezenfeksiyon kimyasallarının giderilmesi için ticari kullanımı da mevcuttur (Roth, Nourgostar ve Bonds, 2007). Plazmanın içerebileceği türleri gösteren görsel Şekil 1.1'deki gibidir.



Şekil 1.1. Plazmanın yapısı

Plazma teknolojisi yeni bir teknoloji olduğundan tek bir sınıflandırma kullanılmamakta olup çeşitli araştırmacılar tarafından farklı özelliklere göre sınıflandırmalar yapılmaktadır. Sınıflandırma örneği Çizelge 1.2 'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Plazma sistemleri çeşitlerinin çeşitli özelliklere göre sınıflandırılması (Bozkurt, 2014)

Plazma sistemleri

Termodinamik özelliklerine göre	Çalışma basıncına göre
-Isıl plazmalar	1) Düşük basınçta çalışan soğuk plazmalar
-Isıl olmayan plazmalar	-Mikrodalga ile çalışan soğuk plazmalar
	-Radyo frekansı ile çalışan soğuk plazmalar

Çizelge 1.2. Plazma sistemleri çeşitlerinin çeşitli özelliklere göre sınıflandırılması (Bozkurt, 2014) (devamı)

Plazma sistemleri

Termodinamik özelliklerine göre	Çalışma basıncına göre
	2) Atmosferik basınçta çalışan soğuk plazma sistemleri
	-Korona boşalım plazması
	-Dielektrik bariyer boşalım (DBD) plazması
	-Plazma jeti
	-Ark boşalım plazması
	-Işıltılı boşalım plazma
	-Radyo frekans plazmaları

Soğuk plazmanın sıcaklığı yaklaşık 30–60°C arasındadır. Bu sıcaklık, düşük enerji maliyeti gerektirmesi nedeniyle gıda sanayinde kullanımı daha çok tercih edilmektedir.

1.1.5. Plazmanın Gıdalarda Kullanımı

Önceleri hassas materyallerin sterilizasyonunda kullanılmakta olan teknoloji son yıllarda gıda endüstrisinde novel teknoloji olarak yaygınlaşmaktadır. Soğuk plazma teknolojisi taze gıdaların kalite özelliklerini koruyarak mikrobiyal inaktivasyonu sağlayabilmekte olsa bile, bu teknoloji yüzeye uygulanabilir olduğundan in vitro gıda sistemlerinde kullanıma uygun olmamaktadır. Soğuk plazmalar ayrıca özellikle polifenoloksidaz ve peroksidaz gibi esmerleşme reaksiyonlarından sorumlu endojen enzimlerin inaktivasyonunda kullanılmaktadır. Meyveler, peynir ve et ürünlerinin kullanılarak gerçekleştirilen birçok çalışma plazmanın farklı etkiler (aşındırma, hücrenin bozulması) yoluyla gıdalarda mikrobiyal gelişimin azaltıldığına dair sonuçlar ortaya koymuştur. Gıdaların raf ömürlerini uzatmak üzere mikrobiyal gelişimi durdurmak ya da mikroorganizmaların öldürülmesi işlemi için kullanılan pastörizasyon, sterilizasyon, kurutma, dondurma gibi işlemler tat ve dokuda değişikliğe sebep olurken, vitamin kaybına da yol açabilir. Plazma teknolojisi ile bu dezavantajlar minimuma inmektedir. Ayrıca plazma ekonomik bir yöntemdir (Yanğıç Yüksel ve Karagözlü, 2017). Mikrobiyal inaktivasyonda etkili olan bu yöntemde plazma yapısının karışık olması aydınlatılması gereken konular doğurmakta ve bunlar üzerine çalışmalar devam ettirilmelidir. Plazma teknolojisi aynı zamanda nişastanın kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirmek suretiyle modifikasyonunun sağlandığı modern bir teknoloji

olarak da literatürde yerini almıştır. Bunların dışında tohumların germimnasyon oranının değiştirildiği çalışmalar da mevcuttur. Tüm bu bilgiler ışığında plazma teknolojisi gıdaların korunmasında yaygın tekniklere alternatif olacak çevre dostu bir uygulama olduğu vurgulanmaktadır. Plazma teknolojisinin özellikle gıda üretiminde uygulanabilmesi ve kullanılabilmesi için plazmanın karakterize edilmesi ve reaktif türlerin organik yüzeyler ile olan etkileşiminin yapılacak çalışmalar ile daha iyi anlaşılması gerekmektedir (Mastwijk ve Nierot Groop, 2010).

Gıdaların üretiminde ısıl işlem uygulamasına alternatif olarak kimyasal madde (klor vb.), doğal antimikrobiyal madde (bakteriyosin vb.), yenilebilir film kaplama gibi yöntemler ile bunların kombine uygulamaları kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerin bazı dezavantajları olduğu bilinmektedir. Kimyasal madde kullanımı toksik etki yaratabilir, bununla birlikte kalıntı bırakabilir ve çalışanların sağlığına zarar verebilir. Ayrıca meyve, tohum, baharat gibi gıdaların yüzey sterilizasyonunda kullanılan ısı ya da kimyasal kullanımı gibi geleneksel yöntemler hem zaman alıcı hem de toksik kalıntılar içerebilmektedir. Bu yüzden gıda teknolojilerinde gıdaya ya da gıda katkılarına işlevsellik kazandırabilmek adına son yıllarda plazma teknolojisi ön plana çıkmaya başlamıştır (Bakla, 2018; Muranyi, Wunderlich ve Heise, 2007). Özellikle soğuk plazmanın bakteri sporları üzerinde sıcaklık uygulaması, kimyasal kullanımı ve UV kullanımından daha etkili olduğu ifade edilmektedir (Bokhorst-van de Veen vd., 2014). Plazma uygulaması gıdada özellikle dekontaminasyon, raf ömrünün uzatılması, enzim inaktivasyonu (özellikle polifenoloksidaz, peroksidaz) konularında denenmektedir (Perez-Andres vd., 2019). Özellikle mikroorganizmaların dekontaminasyonu birçok çalışmaya araştırma konusu olmuştur. Dekontaminasyonun, oluşan serbest radikaller, iyonlar, elektriksel alan, UV ışınları diğer reaktif türlerin DNA, protein, lipitlere ya da mikroorganizma membranlarına zarar vermek suretiyle gerçekleştiği ifade edilmektedir (Alonso, Aguirre ve Marzo, 2000). Bunun yanında, jelatin, ksantan musilaj gibi kıvam arttırıcılarda da etkileri araştırılmış ve reolojik özellikler açısından yarattığı değişiklikler ve kazanımlar incelenmiştir. Plazma uygulaması ile üretilen reaktif türlerin (atomik oksijen, hidroksil, ozon ve nitrojen iyonları) bu etkileri yarattığı ifade edilmektedir (Ekezie vd., 2017). Plazma uygulaması ile üretilen reaktif türlerle birlikte reaktif türlerin biyopolimer yüzeylerle etkileşimi sonucu sekonder elektronlar ve serbest radikaller de meydana gelir. Bu etkileşimler oksijen içeren grupların çapraz bağlanmasına (cross linking) sebep olabilmekte böylece gıdalarda modifikasyona imkan tanıyabilmektedir (Thirumdas, Kadam ve Annapure, 2017).

Plazma uygulaması, gıda biyopolimerlerinin yüzeysel yapısını ve fizikokimyasal özelliklerini modifiye etme yeteneği olduğu bilinen yeni gelişmekte olan bir teknolojidir (Misra vd., 2018). Plazma prosesi sterilizasyon, işlevselleştirme, hidrofilik/hidrofobik özelliklerin değiştirilmesi gibi işlemler için kullanılabilir (Thirumdas ve Sarangapani, 2015). Plazma ortamında bulunan aktif türler modifikasyonlara yol açan kimyasal reaksiyonların başlatılmasından sorumludurlar. Bu reaksiyonlar, polimer zincirleri arasında ağ oluşumu (çapraz bağlanma), zincirlerde kopmalardan dolayı moleküler ağırlıkta azalma, bir monomerin baz zincire polimerize edilmesi şeklinde olabilir (Sarma, 2005). Plazma uygulaması ile yüzey modifikasyonları gerçekleştirilebilir. Bu işlem yüzeye molekül ekleme ya da yüzeyden molekül çıkarma yoluyla yüzeyin aşındırılması ile gerçekleştirilmektedir (Tendero vd., 2006).

Soğuk atmosferik plazma sistemleri birçok vejetatif Gram negatif ve Gram pozitif bakteriler, mayalar, küfler ve endosporların dekontaminasyonunda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Rod vd., 2012). Soğuk plazma sistemleriyle yapılan çalışmalarda dekontaminasyon amaçlı yaban mersini, elma, çilek gibi meyveler, soğan, marul, havuç, patates gibi sebzeler ve su gibi gıdalar kullanılmıştır. Gıdaların plazma uygulamalarının etkinliği plazmanın uygulama yöntemi, gaz tipi, uygulama süresi, matris çeşidi, plazmanın boşaltım tipi, akış gücü gibi özelliklere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Fernandez ve Thompson, 2012).

Nelson ve Berger (1989) oksijen plazmanın en dirençli bakterilerden olan *Bacillus subtilis* ve *Clostridium sporogenes* bakterilerine karşı biyosidal etkis gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmalarına göre, 200W'ta üretilen oksijen plazma *B. subtilis* popülasyonunu 5 dakikada 3.5 logtan fazla azaltmıştır. Bundan sonra plazmanın sterilizasyonu için ticari kullanımı gerçekleştirilmiştir.

Montenegro ve ark. (2002) *E. coli* O157:H7'nin inaktivasyonunu araştırdıkları çalışmalarında basınçlı soğuk plazma sistemi kullanmışlar ve sonuç olarak elma suyunda bakterinin 7 log kadar azaldığını tespit etmişlerdir.

Surowsky ve ark. (2014) meyve suyunda *Citrobacter freundii* üzerine soğuk plazmanın etkisini araştırmışlar ve bunun için; argon ve %0.1 oksijen kullanılarak 480 sn plazma uygulamışlardır. Ardından 24 saat depolama gerçekleştirip *C. freundii* sayısında 5 log düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

Misra vd. (2014) paket içindeki çileğe atmosferik basınç soğuk plazma uygulaması ile toplam mezofilik bakteri sayısında %12-85 arasında, maya ve küf sayılarında ise %44-95 oranları arasında azalma tespit etmişlerdir.

Misra vd. (2018)'nin ksantan musilaja atmosferik basınçta soğuk plazma uygulamasıyla ilgili yaptıkları çalışmada plazma uygulanan musilajların solüsyonların viskozitelerinin arttığı ve emülsiyon stabilizasyonu yeteneklerinin arttığı belirtilmiştir. Bunun sebebini yüzeye uygulanan plazmanın yüzeyde moleküller arası hidrojen bağlarını arttırmasına ya da moloküllerin düzenliliğini arttırmasına bağlamışlardır.

Bulbul vd. (2019)'un soğuk plazma uygulamasının ksantan musilajın özelliklerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında yapılan reoloji testlerinde plazma uygulanan musilajın kontrole göre viskozitesinin arttığı, yapılan ATR-IR analiziyle hidroksil bağlarının azaldığının tespit edildiği, bu azalmanın da ksantan musilaj polisakkaritlerinin çapraz bağlanması sonucu olduğu belirtilmiştir. Hidroksil değerinin azalmasını, musilajdaki nem miktarının azalmasına bağlı olarak asidik H_3O^+ iyonlarının oluşmasına bağlamışlardır. Ayrıca yağ tutma kapasitesinin arttığı ifade edilmiştir. Çalışmalarında plazma uygulama süresi ve gücü arttıkça örneklerin yüzey alanlarının arttığı belirtilmiştir. Ayrıca plazma uygulanan ksantan musilajların yağ tutma kapasitelerinin arttığı tespit edilmiştir.

Zou, Liu ve Eliasson (2004) nişasta modifikasyonunu araştırdıkları çalışmalarında – OH gruplarının azaldığını ifade etmişler ve bunu α -D-glukoz ünitelerinin çapraz bağlanma yapmış olabileceği şeklinde açıklamışlardır.

Bermúdez-Aguirre ve ark. (2013) 10^5 ve 10^7 E. coli kob/g inokule edilen marul, havuç ve domateste soğuk plazmanın etkisini araştırdıkları çalışmada; 10 sn ile 30 dak süreleri arasında 3.95 kV ile 12.83 kV (60 Hz) argon arasında soğuk plazma işlemi uygulamışlardır. Havuç ve marulda E. coli inaktivasyonu 0.5 log'tan az olmuştur, bunun yanında domateste uygulama süresine bağlı olarak inaktivasyon düzeyi önemli derecede ($p<0.05$) değişkenlik göstermiştir. Araştırmacılar inokülasyonların düşük değerlerde olduğunda inaktivasyonun daha kolay olduğunu belirtmişler ve yüksek voltaj uygulanması ya da işlem süresinin uzatılmasının mikrobiyal inaktivasyonu arttırdığını belirtmişlerdir.

Modifiye nişastalar birçok gıda reçetesinde kullanılmakta ve etkisinin arttırılması amacıyla fonksiyonel özelliklerinde değişiklikler yapılmaktadır. Nişasta filmlerinde modifiye nişastaların kullanımı ile gerilme direnci (tensile strength) ve mekanik özelliklerinin iyileştiği

gözlemlenmiştir. Doğal nişastanın kısıtlamaları (soğuk sıcaklıklarda az çözünmesi, retrogradasyon kontrolü, yüksek viskozite özelliği vb.) göz önüne alındığında bazı özelliklerinin modifiye edilmesi ihtiyacı duyulmaktadır. Bu sebeple bazı fiziksel, kimyasal ve enzimatik teknikler kullanılmaktadır (Wongsagonsup vd., 2014; Thirumdas ve Sarangapani, 2015). Ayrıca Thirumdas vd. (2017) nişastanın soğuk plazma ile yüzey modifikasyonunun sağlanabileceğini ve bunun alternatif bir teknoloji olabileceğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada plazma uygulamasıyla oluşan reaktif türlerin nişasta modifikasyon mekanizması üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve bu etkinin kullanılan gaz tipine, voltaja ve uygulama süresine bağlı olarak değiştiğini ifade etmişlerdir. Nişastanın özelliklerinin değişmesi daha çok depolimerizasyon ve amiloz ile amilopektin yan zincirlerinin çapraz bağlanmasıyla ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Plazma uygulaması sonrası nişastanın moleküler ağırlığının, viskozitenin ve jelatinizasyon sıcaklığının azaldığı, nişasta granüllerinin hidrofilitesi ve yüzey enerjisinin arttığını ifade etmişlerdir. Zou vd. (2004)'nin araştırmasında nişastanın plazma ile modifikasyonunda nişasta moleküllerinin bir molekül su açığa çıkarmak suretiyle çapraz bağlandığı belirtilmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapılan çalışma ile diğer gıdalarda gözlemlendiği üzere, uygulandığında, üründe ciddi bileşen kayıplarına sebep olmaması nedeniyle son yıllarda sıkça başvurulan Plazma teknolojisinin Chia müsilajında yarattığı etkiyi gözlemlemek ve müsilajlar kullanılarak hazırlanan %1 konsantrasyondaki solüsyonlarında eğer varsa reolojik ve teknolojik özellikler açısından olası pozitif kazanımları belirlemek, bu kazanımların, plazmanın uygulanması sırasında kullanılan Argon gazı ve 3 farklı uygulama süresi ile kıyaslamasını yapmak amaçlanmaktadır. Belirtilen bu amaçlar doğrultusunda chia tohumu 3 farklı sürede Atmosferik Plazma Uygulanmasına tabi tutulmuş ardından elde edilen müsilajlardan hazırlanan jellerde oluşan değişimler ayrıntılı şekilde analiz edilmiştir (FTIR, LAOS, SEM, Renk Tayini, Su tutma kapasitesi, Emülsiyon stabilitesi, yağ asitleri kompozisyonu). Bununla birlikte Plazma uygulanmış ve uygulanmamış chialardan 2 farklı metodla elde edilen müsilajların %1 konsantrasyondaki jellerinde reolojik farklılıklar gözlemlenmiştir. Sonuçta, çalışmanın nihai amacı, daha önce literatürde rastlanmayan, gıdalarda kullanılabilir bitkisel kökenli ve etkili bir müsilajın elde edildiği chia tohumuna plazma teknolojisi de uygulanmak suretiyle daha etkili kullanım olanaklarını araştırmaktır. Bu çalışma, chia tohumundan elde

edilen müsilağın modifikasyonuna yönelik bir ön çalışma olmasının yanı sıra bundan sonraki çalışmalar için literatüre katkı sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Musilaj ekstraksiyonunda kullanılacak Chia tohumu yerel marketlerden (TAT Bakliyat, Menşei:Uganda) tedarik edilmiştir. Analize kadar +5 °C' de hava almayacak şekilde depolanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Chia Tohumuna Atmosferik Plazma Uygulanması

Chia tohumu atmosferik plazma sisteminde işlenmesinde Plasmatrete OPENAIR (Almanya) atmosferik plazma sistemi (Şekil 2.1) kullanılmıştır. Sistem, x-yönünde hareket edebilir bir tabla (PT60), döner plazma jeti (RD2004), plazma jeneratörü (1KVA, FG5001), trafo (HTR12) ve karbon filtre (DAE10)'den oluşmaktadır. Plazma işlemleri 1KVA sabit güçte sürdürülmüştür. Plazma işlemlerinde argon öncü gaz olarak kullanılmıştır. Gaz tüplerinden sisteme 3 bar basınçta gaz beslemesi yapılmıştır. Gazlar plazma sistemine gönderilmeden ayrıca karbon filtreden geçirilmiştir (Misra vd., 2018). Yapılan çalışmada chia tohumları 1mm ve 2mm boyutlarında olacak şekilde 2 elekten geçirilerek belli büyüklükteki tanelere atmosferik soğuk plazma uygulanmıştır. Bu sayede tohumların boyutları standardize edilip boyutsal olarak oluşabilecek farklılıklar minimize edilmiştir.

Sistemde yüzey dekontaminasyon düzeyine etki eden temel parametreler, plazma jeti ile substrat yüzeyi arasındaki mesafe ve plazma uygulama süresidir. Çalışma kapsamında olan parametreler aşağıda belirtilmiştir.

1. Plazma jeti ile substrat yüzey arasındaki mesafe: 150 mm
2. İşleme süresi: her bir 10g chia için; 30 saniye, 1 dakika, 2 dakika
3. Kullanılan gaz türü: Argon

Chia tohumları bir beher içerisine konularak yukarıdaki parametreler kullanılarak plazma jeti ile muamele edilmiştir. Plazma uygulaması sırasında oluşan hava akımı chia tohumlarının homojen bir şekilde dağılmasını ve tohumların homojen olarak plazmaya maruz

kalmasını sağlamıştır. Yapılan ön denemelerde plazma uygulaması sırasında chia tohumunun çok fazla uçmadan homojen olarak karışabileceği minimum uygulama mesafesi 150 mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2.1. Atmosferik plazma jetin uygulanması

2.2.2. Musilajın Elde Edilmesi

Musilaj 2 farklı metotla elde edilecektir.

İlk metotta (soğuk ekstraksiyon) Fernandes ve Salas-Mellado (2017) önerdiği liyofilizasyon yöntemi bazı değişiklikler içerecek şekilde kullanılmıştır. Buna göre, chia 1:40 oranında sulandırıldıktan sonra 80°C sıcaklıkta 2 saat süreyle karıştırılarak bekletilmiştir. Bu şekilde musilaj dışarı çıkmasının ardından elde edilen su-chia karışımı 24 saat süreyle -24°C'de dondurulmuştur. Ardından örnek liyofilizatörde -54 °C sıcaklıkta 0,030mbar basınçta 5 gün boyunca kurutulmuştur. Örnek kurutulduktan sonra 600 mic. (mesh 30) gözenekli eleklerde elenerek musilaj elde edilmiştir. Elde edilen musilaj bir sonraki kullanıma kadar +4°C' de hava almayacak şekilde depolanmıştır. Şekil 2.2'de liyofilizatörde kurutma işlemini, Şekil 2.4'te soğuk metotla kurutulmuş örnek gösterilmektedir.

İkinci metotta (sıcak ekstraksiyon) chiadan musilaj elde edilmesinde Munoz vd. (2012)'nin önerdiği sıcak ekstraksiyon yöntemi bazı değişiklikler de uygulanmak suretiyle kullanılmıştır. Bu metoda göre chia tohumu distile su ile 1:100 oranında olacak şekilde 2 saat süreyle 80°C 'de bekletilmiş ve musilajın dışarı çıkması sağlanmıştır. Ardından örnek 9000

g'de 10 dakika santrifij edilerek sonrasında kurutma tepsilerinde 24 saat 50°C' de bekletilerek kurutulmuştur. Örnek kurutulduktan sonra 600 mic. (mesh 30) gözenekli eleklerde elenerek musilaj elde edilmiştir. Elde edilen musilaj bir sonraki kullanıma kadar +4°C' de hava almayacak şekilde depolanmıştır. Şekil 2.3'te etüvde kurutmayı, Şekil 2.5'te sıcak metotla kurutulan örnekler gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Soğuk metotta liyofilizasyon işlemi



Şekil 2.3. Sıcak metotla etüvde kurutulan örnekler



Şekil 2.4. Soğuk metotla kurutulanan örnek



Şekil 2.5. Sıcak metotla kurutulanan örnek

2.2.3. Musilajın Sulandırılması (Rekonstitüsyon)

Elde edilen musilaj plazma uygulanmadan önce ve sonra olacak şekilde reolojik analizleri yapılmak üzere %1 (w/v) konsanrasyonda çalışılmıştır. Musilaj belirlenen gramda tartıldıktan sonra üzerine distile su eklenip 80°C' de 30 dak süreyle karıştırılmış ardından hidrasyonun tam olarak tamamlanması amacıyla 24 saat süreyle 4°C ' de bekletilmiştir (Punia ve Dhull, 2019). Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'de elde edilen müsilaj örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Soldan sağa; 1:100 oranında sulandırma yapılan tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj; 1:40 sulandırma yapılan tohumdan soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilaj; 1:40 sulandırma yapılan tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj



Şekil 2.7. 1,2,3,4 nolu kavanozlar soğuk metotla elde edilen musilajlar; 5,6,7,8 nolu kavanozlar sıcak metotla elde edilen musilajlar

2.2.4. Fizikokimyasal ve Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Chia tohumu plazma uygulanmadan önce ve sonra olmak üzere nem, kül, renk, ham protein, yağ, yağ asitliği kompozisyonu, toplam diyet lifi analizleri gerçekleştirilmiştir. Ardından hem plazma işlemi uygulanmamış hem de uygulanmış tohumlardan elde edilen musilajlardan oluşturulan jellerde reoloji, Emülsiyon etme yeteneği (EA) ve Emülsiyon Stabilitesi (ES), Musilaj çözünürlüğü, Su ve Yağ Tutma Kapasitesi, FTIR, SEM ve LAOS analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.2.4.1 Ham Kül Tayini

AOAC 923.03 (2005) metodu kullanılmıştır. 5 g öğütülmüş chia tohumu tartıldıktan sonra 550 °C fırında 2 saat bekletilerek nemi alınan ve desikatörde soğutulan ve daraları not edilen krozelere koyulur. 200 °C 'de ön yakma uygulanır. Ardından 550 °C'deki fırında külün rengi beyaz-gri olana kadar 4 saat yakıldıktan sonra krozeler desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{ ham kül: (ham kül miktarı / numune miktarı) x 100} \quad (2.1)$$

2.2.4.2 Nem Tayini

Nem tayini AOAC 950.02 (1990)'a göre gravimetrik olarak gerçekleştirilmiştir. 130 °C'de 2 saat kurutulan ve desikatörde soğutulan kapların darası alınarak içerisine tohum tartılıp 65 °C'de 48 saat boyunca etüvde kurutma yapılmıştır. Ardından kaplar desikatörde soğutulup tartım yapılmıştır. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{nem: (son tartım- ilk tartım) / örnek miktarı x 100} \quad (2.2)$$

2.2.4.3 Ham Protein Tayini

Toplam azot miktarı (N) AOAC 990.03 (2007) metoduna göre Gerhardt Dumatherm cihazında tayin edildikten sonra Denklem 3.3'ten protein miktarı bulunmuştur. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$N \times 6,25 \quad (2.3)$$

2.2.4.4 Yağ Tayini

Yağ miktarı IUPAC Standart metod 1.122 'ye göre gerçekleştirilmiştir. Kartuşa 5 g tartılan tohum 250 ml'lik dibi düz yağ balonunun içine kaynama taşı koyulduktan sonra yerleştirilip petrol eterle 6 h kaynattıktan sonra yağ balonu etüvde 105 °C'de 1 saat

bekletilmiştir. Ardından desikatörde soğutulan balon tartımı yapılmıştır. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\%yağ = (\text{Son tartım-boş balon ağırlığı}) / \text{numune ağırlığı} \times 100 \quad (2.4)$$

2.2.4.5 Yağ Asitleri Kompozisyonu

Numune ile çalışmadan önce aynı analiz şartlarında önce referans standart madde ile çalışılarak yağ asitlerinin alıkonma zamanları (RT) tespit edilir. Örneğe IUPAC Method 2.301 (1987) metoduna göre soğuk metilasyon işlemi yapılır. Yağ asitleri, karbon atom sayılarına karşılık alıkonma zamanları dikkate alınarak kaydedilir. Ardından 1 saat dinlendirilen tüpte üst faz metil esterlerini içermektedir. Bu üst fazdan GC'ye 1 µl enjeksiyon yaptırılarak yağ asidi bileşimlerini gösteren kromotogramlar elde edilir. Kapiler gaz kromatografisine ait özellikler ve çalışma parametreleri aşağıdaki gibidir.

Kapiler Gaz Kromatografisi: Agilent 6890N

Dedektör: Alev İyonizasyon dedektörü (FID Detector)

GC Kolonu: (DB-23 veya eşdeğeri, 60 m uzunluk, 0,25 mm çap, 0,15 µm film kalınlığı; J&W Scientific, Agilent, USA)

Dedektör sıcaklığı: 280 °C

Fırın; Başlangıç sıcaklığı: 150 °C

Başlangıç zamanı: 3 dak

Son sıcaklık: 200 °C

Analiz süresi: 64 dak

Ön enjeksiyon bloğu:

Mode: Split

Başlangıç sıcaklığı: 250 °C

Basınç (Pressure): 31.08 psi

Total Flow: 124ml/dak

Gaz Tipi: Helyum

Hava 450 ml/dak

Hidrojen: 40 ml/dak

Verilerin değerlendirilmesi TS EN ISO 12966-1 (2015)' e göre yapılmıştır. Elde edilen pikler çıkış zamanlarına göre tanımlanmıştır. Piklerin alanları bütünün içindeki oransal niceliği olarak integrator ile hesaplanmış ve % sonuç verilmiştir (TS EN ISO 12966-1, 2015). Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.4.6 Toplam Diyet Lifİ

AOCS method Ba 6-84 (1998)' e göre gerçekleştirilmiştir. Lif tayini asit hidrolizi ile gerçekleştirilmiş ardından gravimetrik olarak ölçülmüştür. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{ ham lif} = (\text{Tartım1} - \text{Tartım2}) / \text{numune miktarı} \times 100 \quad (2.5)$$

2.2.4.7 Reoloji

%1 (w/v) oranında musilaj konsantrasyonuna sahip su-musilaj solüsyonlarının reolojik özellikleri farklı deformasyon testleri uygulanarak (steady shear (sabit kayma) ve dynamic shear (dinamik kayma)) sıcaklık kontrollü (peltier sistemli) hassas gerilim reometre cihazı (TA Instruments, Discovery HR-2, ABD) (Şekil 2.8) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Reolojik ölçümler, belirli bir plaka konfigürasyonunda (çap, 40mm), test edilen ürüne göre (1-100) s⁻¹ kayma hızında, 20 °C sıcaklıkta hassas olarak gerçekleştirilmiştir. 1.0 ml örnek plaka arasına yerleştirilmiş ve 10 saniye aralıklarla toplam 100 veri alınmıştır. Ölçümler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.8. Reometre cihazı (TA DHR-2, ABD)

2.2.4.7.1 Yatışkın kesme (Steady shear) akış davranış parametrelerinin belirlenmesi

Elde edilen reolojik verilerin, Power-law, Herschel-Bulkley ve Casson modellerine uyumu test edilmiş ve en yüksek determinasyon katsayısının (R^2) elde edildiği model kullanılarak kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri belirlenmiştir.

$$\text{Power law model: } \sigma = K \dot{\gamma}^n \quad (2.6)$$

$$\text{Herschel-Bulkley model: } \sigma = \sigma_0 + K \dot{\gamma}^n \quad (2.7)$$

$$\text{Casson model: } \sigma^{0.5} = (\sigma_c)^{0.5} + k_c \dot{\gamma}^{0.5} \quad (2.8)$$

Burada σ kayma gerilimi (Pa), K kıvam katsayısı (Pa s^n), $\dot{\gamma}$ kayma hızı (s^{-1}), n akış davranış indeksi, σ_0 akma gerilimi (Pa), σ_c Casson akma gerilimi ve k_c Casson vizkozitesidir ($\text{Pa}^{0.5} \text{s}^{0.5}$).

2.2.4.7.2 Dinamik kayma (Dynamic shear) akış davranış parametrelerinin belirlenmesi

Süpürme frekanslı testleri (Frequency sweep), dynamic oscillatory shear rheometer (dinamik titreşimli kayma reometresi) (TA Instruments, Discovery HR-2, New Castle, DE)

kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Osilasyon (titreşim) testlerinde, örnekler sinus eğrisi gibi bir osilasyon gerilimine veya deformasyonuna tabi tutulacaklar ve bu şekilde elastikiyet modülü (G') ve vizkozite modülü (G'') değerleri belirli frekans değerlerine karşı aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Steffe, 2008).

$$G' = G \cdot \cos \delta \quad (2.9)$$

$$G'' = G \cdot \sin \delta \quad (2.10)$$

Açısal frekans değerlerine karşı belirlenen dinamik reoloji parametreleri G' ve G'' , lineer regresyon analizine tabi tutulacak ve intercept (kesme) değerleri (K' ve K''), eğim değerleri (n' ve n'') ve R^2 değerleri aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$G' = K'(\omega)^{n'} \quad (2.11)$$

$$G'' = K''(\omega)^{n''} \quad (2.12)$$

En iyi viskozite değeri elde edilen müsülajda görünür viskozite (apparent viscosity) değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi Arrhenius model ile tanımlanmıştır.

$$\eta = \eta_0 e^{(E_a/R(T+273.2))} \quad (2.13)$$

Burada η görünür viskozite (Pa s), η_0 Arrhenius eşitliği sabiti (Pa s), E_a aktivasyon enerjisi ($J \text{ mol}^{-1}$), R evrensel gaz sabiti ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$), T sıcaklıktır ($^{\circ}C$).

2.2.4.7.3 LAOS (Large Amplitude Oscillatory Testing)

Büyük genlikli salınımlı kayma (LAOS) testi, geleneksel yöntemlerle değerlendirilemeyen karmaşık gıda sistemlerinin mikroyapısal davranışları hakkında yararlı bilgiler sağlayabileceği düşünülmesi sebebiyle son yıllarda dikkat çekmektedir. Küçük genlikli salınımlı kayma gibi klasik reolojik yöntemler (SAOS) testleri genellikle karmaşık çok fazlı sistemler olan gıda malzemesinin doğrusal olmayan reolojik davranışını karakterize etmek ve ayırt etmek için yetersizdir. LAOS testleri, gıda işleme, uygulama koşulları ve kesme, yayma veya çigneme ile ilgili olan büyük deformasyonlar altında viskoelastik modüllerin ölçülmesinde kullanılabilir. LAOS testleri, işleme koşullarının doğrusal olmayan

mekanik üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak için etkili ve açık bir yöntemdir. (Anvari ve Joyner, 2018). Chia tohumlarına Atmosferik jet plazma uygulanmasının bu tohumlardan elde edilen musilaj üzerine etkisini değerlendirmek için LAOS tekniğinin kullanılması musilajın doğrusal olmayan bölgedeki davranışının karakterize edilmesine ve yeni bilgiler sunmasına imkan sağlamaktadır. Doğrusal olmayan bölgede Fourier dönüşümü reolojisine dayanan LAOS testleri (FT-reoloji) viskoelastik davranışı tanımlamak için Chebyshev polinomları ile birleştirilen Fourier dönüşümleri kullanılarak uygulanmaktadır. LAOS yöntemi kullanılarak elde edilen test sonuçlarının analizi, çeşitli hesaplama teknikleri kullanılarak gerçekleştirilebilir (Yıldırım-Maviş, 2019).

LAOS ölçümleri, gerinim kontrollü modda sıcaklık kontrollü reometre (Anton Paar MCR 302, Avusturya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kayma etkisini ortadan kaldırmak ve suyun buharlaşmasını azaltmak için 50 mm'lik zımpara kaplı bir paralel plaka geometrisi ve zımpara kapak plaka kullanılmıştır. Jel örneklerinin doğrusal olmayan özellikleri, 25°C' de 0,005 ve % 500 gerinim değerleri arasında 10rad/s frekansta iki tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Ortalama değerler üzerinde grafikler çizilmiştir. Tüm doğrusal olmayan veriler (Lissajous eğrileri, LAOS dataları) Anton Paar™ tarafından sağlanan RheoCompass™ Yazılımı ve Option Raw verileri kullanılarak elde edilmiştir. $\sigma(t)/\sigma_{max}$, $\gamma(t)/\gamma_{max}$ and $\dot{\gamma}(t)/\dot{\gamma}_{max}$ (sırasıyla; normalized stress, strain and strain rate) değerleri kullanılarak, viskos ve elastik Lissajous eğrilerine ait grafikler Origin Pro (ver.2018) programı kullanılarak çizilmiştir (Joyner ve Meldrum, 2016).

2.2.4.8 Renk

Konica Minolta CMS cihazı kullanılarak renk parametreleri (L,a,b) belirlenmiştir. Gıda proseslerinde kullanılması öngörülen ve katkı maddesi olarak kullanılacak bileşenlerde rengin önem arz etmesi sebebiyle hem plazma uygulanan tohumların plazma sonrası renginde olabilecek değişiklikler hem de elde edilen musilajların elde edildiği metoda ve plazma uygulanmış tohumdan elde edilip edilmemesine göre renk farklılıkları belirlenmiştir. L* değeri 0' dan 100'e beyazlığı, a* değeri pozitif değerde kırmızı rengi, negatif değerde yeşil rengi, b* değeri pozitif değerde sarı, negatif değerde mavi rengi ifade etmektedir (Bakker vd., 1986). Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.4.9 Emülsifiye Etme Yeteneği (EA) ve Emülsiyon Stabilitesi (ES)

Emülsifiye etme aktivitesi ve Emülsiyon stabilitesi Coorey Tjoe ve Jayasena (2014)'nin kaydettiği metoda göre ölçülmüştür. EA için 100 ml hazırlanan %1 lik musilaj solüsyonu 250ml'lik mezüre alınmış ve üzerine eklenen 100 ml kanola yağı ile (yerel marketlerden temin edilen) 24000 rpm de 10 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Ardından 3000 rpm de 15 dak santrifüj edilmiş ve emülsifiye olan kısım hacimsel olarak ölçülmüştür.

$$EA\%: 100 \times (\text{Toplam emülsifiye olan hacim}) / (\text{Tüm süspansiyon hacmi}) \quad (2.14)$$

ES ise, EA' ya benzer şekilde homojenizasyon kısmı da dahil olmak üzere aynı aşamaların gerçekleştirilmesinin ardından 85°C lik su banyosunda 30 dak bekletilmiş ardından oda sıcaklığına soğuk su yardımıyla soğutulmuş ve 3000rpm'de 30 dak boyunca santrifüj edilmiştir.

$$ES(\%): 100 \times (\text{Toplam ısıtılan emülsifiye olmuş hacim}) / (\text{Toplam ısıtılan süspansiyon hacim}) \quad (2.15)$$

2.2.4.10 Musilaj Çözünürlüğü

Elde edilen kuru musilajın çözünebilirliğini tespit etmek amacıyla Betancur-Ancona vd (2003)'nin kullandığı metod kullanılmıştır. Metoda göre, 10 g/L (w/v) olarak hazırlanan 40 ml musilaj süspansiyonu çeşitli sıcaklıklarda (20, 40, 60, 80 °C) ayrı ayrı olmak üzere su banyosunda bekletilerek 30 dakika boyunca magnetik karıştırıcıyla birlikte karıştırılmıştır. Ardından süspansiyonlar 3415g 'de 15 dak santrifüj edilmiştir. 10 ml süpernatant etüvde 120 °C' de 4 saat boyunca kurutulmuştur. Çözünürlük yüzdesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Çözünürlük (gkg}^{-1}\text{): } 120^{\circ}\text{C' de kurutulan kuru örnek miktarı} \times 400 / \text{örnek miktarı} \quad (2.16)$$

Ya da,

$$(\text{ilk ağırlık-son ağırlık} \times 40/10) \times 100$$

Sonuçta hangi sıcaklıkta en verimli çözüldüğü tespit edilmiştir.

2.2.4.11 Su ve Yağ Tutma Kapasitesi

Su ve yağ tutma kapasiteleri Chau Cheung ve Wong (1997)'un kaydettiği metotta bazı düzenlemeler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Plazma uygulanmadan önce ve sonrasında tohumlardan elde edilen musilaj örnekleri 1g tartılıp üzerine 20ml su ya da mısır yağı ilave edilip vortekslenmiştir, ardından 25 °C 'de su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra süspansiyonlar 2200g'de 30 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Sonrasında süpernatantlar ölçülmüş, buna göre 100 g musilaj tarafından tutulan su ve yağ tutma kapasiteleri değerlendirilmiştir.

2.2.4.12 FTIR

FTIR bileşenlerin kimyasal yapılarındaki benzerlik ve farklılıkları tespit etmeyi sağlayan bir metodolojidir. Chia tohumu musilajının kızılötesi spektrumu Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi –FTIR- (BRUKER VARTEX 70 ATR, UK) ile gerçekleştirilmiştir. Atmosferik plazma uygulanmış ve uygulanmamış tohumlardan hem liyofilizasyonla hem de sıcak ekstraksiyon olmak üzere 2 metotla elde edilen musilajlar %0,8 (w/w) oranında 2 saat boyunca 70 °C'de ultra saf su ile sulandırılmasının ardından 30 gramı petri kabında 60 °C sıcaklıkta 48 saat boyunca kurutularak bir film tabakası elde edilmiştir. Kurutulmuş film tabakası ardından spesifik fonksiyonel grupların varlığını karakterize edebilmek için transmitans mod ile FT-IR spektrometresinde analiz edilmiştir. Analiz sırasında veriler 4000 ile 600 cm^{-1} dalga sayısı aralığında, tarama değeri 45, çözünürlük değeri 4 cm^{-1} olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veritabanı spesifik dalga sayıları ile değerlendirilerek fonksiyonel gruplar tespit edilmiştir. Bu çalışma ile, moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; yapıdaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri belirlenmiştir (Goh vd., 2016).

2.2.4.13 SEM

Elektronları kullanarak numune yüzeyinden yüksek çözünürlüklü görüntü almaya yarayan sistemdir. SEM, numune yüzeyinin üç boyutlu görüntülerin elde edilmesinde kullanılır. Bu işlemle, musilajın mikromorfolojisi ile ilgili bilgi edinilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla yüzeylerin mikroyapıları Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope, SEM) (FEI QUANTA FEG 250, USA) cihazı ile 20 kV voltajda gerçekleştirilmiştir. Tohuma plazma uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonra olmak üzere her 2 tohumdan soğuk (liyofilizasyon) ve sıcak ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen

musilajlarda SEM görüntüleme yapılmıştır. Bu işlem için Goh vd (2016) 'nın önerdiği metot kullanılmıştır. Bu metoda göre musilaj 1 gece boyunca ultra safsu ile hidrate edilmiş ardından fiksatifte (%3 glutaraldehit, 0,1M phosphate buffer içerisinde %2 formaldehit, pH 7,2) 8 saat boyunca bekletilmiştir. Ardından örnekler kurutulmuş ve yaklaşık 100nm gold ile kaplanmıştır. Ardından FEI QUANTA FEG 250 cihazı ile görüntülenmiştir. İlgili görüntüler fotoğraflanarak morfolojiler hakkında bilgi edinilmiştir. İşlem aynı zamanda plazma uygulanmış ve uygulanmamış tohumlara da uygulanmış, tohumda olası farklılıklar (öncelikli olarak ekzokarp kısmında) gözlemlenmiştir.

2.2.5. İstatistiksel Değerlendirme

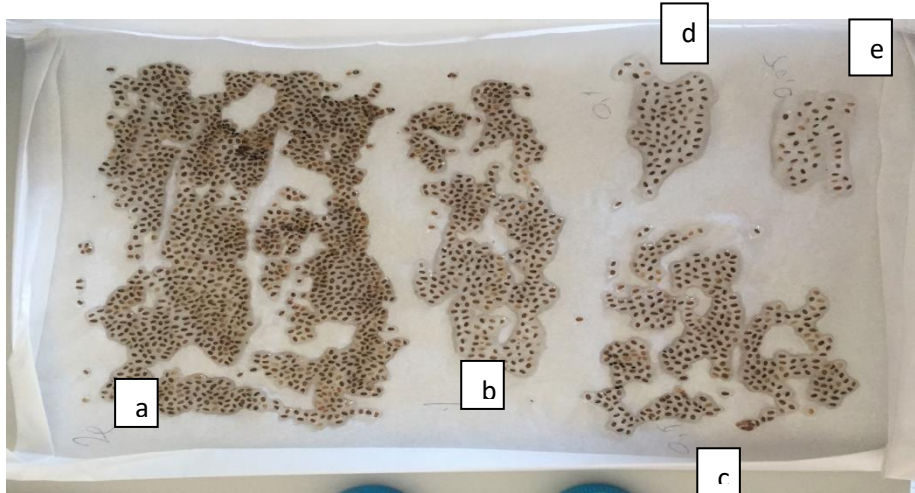
İstatistiksel analizlerin yapılmasında IBM's Statistical Software (SPSS version 21, IBM Corp.) programı kullanılmıştır. Verilere ikili varyans analizi (ANOVA) uygulanarak, farklılıklar % 95 güven aralığında ($P<0.05$) belirlenmeye çalışılmıştır. Varyasyon kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılmasında Tukey's Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Başlıca olarak atmosferik plazma uygulanan ve uygulanmayan tohumlardan 2 farklı yöntemle elde edilen musilajlarda yapılan reolojik ve fizikokimyasal analizlerin sonuçları istatistiki olarak değerlendirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Çeşitli Sulandırılma Oranlarına Göre Chiadan Musilaj Üretimi ve Verim Tespiti

Yapılan araştırma sonucunda chianın 1:10, 1:20, 1:30, 1:40 oranında sulandırılarak çalışıldığı görülmüş fakat hiçbir kaynakta 1:100 oranında sulandırma ile çalışılmadığı tespit edilmiştir. Yapılan ön denemelerde çeşitli sulandırma oranlarına kıyasla 1:100 oranında sulandırmanın da musilaj eldesinde etkili olabileceği gözlemlenmiştir. Sulandırma oranlarının gözlemlendiği yapılan ön denemelerden elde edilen görüntüler Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

- Chia tohumlarının 1:100 oranında ultra saf su ile sulandırılmasının ardından tohumun 80 °C sıcaklıktaki etüvde 2 saat boyunca şişmesi sağlanmış ardından 10 dakika boyunca 9000g ‘de santrifüj edilerek fazla suyun atılması sağlanmıştır. Santrifüjden sonra kalan jel kısım fırın kağıdı üzerine yayılarak şişmiş chia tohumları 50 °C’de 1 gece (18 saat) boyunca kurutulmuştur. Kurumanın ardından chia kağıttan kazınarak ayrılmıştır. Ardından 30 mesh incelikteki elekten tohumların etrafında musilaj kalmadığına emin olana dek elenerek (Her 10 g chia tohumu yaklaşık yarım saat elenmektedir.) musilajı ayrılmıştır. Bu çalışmada 80 g tohum ve sulandırma için 8000 ml ultra saf su kullanılmıştır. Yöntem sonraki çalışmalar için “sıcak ekstraksiyon” olarak adlandırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen musilaj miktarı 0,8275 g olmuştur.



Şekil 3.1. Sulandırma oranlarına göre tohum ve etrafında şişen musilaj görüntüleri, a) 1:10 , b) 1:20, c)1:30, d)1:40, e)1:100

- Liyofilizasyonla yapılacak kurutma için chia tohumları 1:40 oranında sulandırılmış ve 80 °C sıcaklıktaki hot plate üzerinde 2 saat boyunca karıştırılarak şişmesi sağlanmıştır.

Ardından chia-su karışımının tamamı 24 saat boyunca -24 °C’de dondurulmuştur. Donmuş ürün liyofilizatörde 5 gün boyunca -54 °C’de kurutulmuştur (Capitani vd., 2013b). Kuruyan chiadan musilaj 30 mesh aralıklı elekten elenerek alınmıştır. Yöntem sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere soğuk ekstraksiyon olarak adlandırılmıştır. 10 g chia tohumundan 1,7716g musilaj elde edilmiştir.

- Chia tohumlarının 1:30 oranında ultra saf su ile sulandırılmasının ardından tohumun 80 °C sıcaklıktaki etüvde karıştırma olmadan 2 saat bekletilerek şişmesi sağlanmış ardından fırın kağıdı üzerine dökülen şişmiş chia tohumları 50 °C’de 1 gece (18 saat) boyunca kurutulmuştur. Kurumanın ardından chia kağıtdan kazınarak ayrılmıştır. Ardından 30 mesh incelikteki elekten tohumların etrafında musilaj kalmadığına emin olana dek elenerek (Her 10 g chia tohumu yaklaşık yarım saat elenmektedir.) musilajı ayrılmıştır (Munoz vd., 2012). Çalışmada 30 g chia tohumu kullanılmış, sonucunda elde edilen musilaj miktarı 0,6875 g olmuştur.

- Chia tohumlarının 1:10 oranında ultra saf su ile sulandırılmasının ardından tohumun 80 °C sıcaklıktaki etüvde 2 saat bekletilerek şişmesi sağlanmış ardından fırın kağıdı üzerine dökülen şişmiş chia tohumları 50 °C’de 1 gece (18 saat) boyunca kurutulmuştur. Kurumanın ardından chia kağıttan kazınarak ayrılmıştır. Ardından 30 mesh incelikteki elekten tohumların etrafında musilaj kalmadığına emin olana dek elenerek (Her 10 g chia tohumu yaklaşık yarım saat elenmektedir.) musilajı ayrılmıştır. Bu çalışma toplamda 50 g chia tohumu için 500 ml su kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Toplamda 0,8111 g musilaj elde edilmiştir.

- Chia tohumlarının 1:20 oranında ultra saf su ile sulandırılmasının ardından tohumun 80 °C sıcaklıktaki etüvde karıştırma olmadan 2 saat bekletilerek şişmesi sağlanmış ardından fırın kağıdı üzerine dökülen şişmiş chia tohumları 50 °C’de 1 gece (18 saat) boyunca kurutulmuştur. Kurumanın ardından chia kağıtdan kazınarak ayrılmıştır. Ardından 30 mesh incelikteki elekten tohumların etrafında musilaj kalmadığına emin olana dek elenerek (Her 10 g chia tohumu yaklaşık yarım saat elenmektedir.) musilajı ayrılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen musilaj miktarı 0,8756 g olmuştur.

- Chia tohumlarının 1:40 oranında ultra saf su ile sulandırılmasının ardından tohumun 80 °C sıcaklıktaki hot plate üzerinde 2 saat boyunca karıştırılarak şişmesi sağlanmış ardından pH=8 olacak şekilde NaOH ya da HCL kullanılarak ayarlanmıştır. Fırın kağıdı üzerine dökülen şişmiş chia tohumları 50 °C’de 1 gece (18 saat) boyunca kurutulmuştur. Kurumanın ardından chia kağıtdan kazınarak ayrılmıştır. Ardından 30 mesh incelikteki

elekten tohumların etrafında musilaj kalmadığına emin olana dek elenerek (Her 10 g chia tohumu yaklaşık yarım saat elenmektedir.) musilajı ayrılmıştır (Munoz vd., 2012). Bu çalışmada 10 g tohum ve sulandırma için 400 ml ultra saf su kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen musilaj miktarı 0,1994 g olmuştur.

- Chia tohumlarının 1:40 oranında ultra saf su ile sulandırılmasının ardından tohumun 80 °C sıcaklıktaki hot plate üzerinde 2 saat boyunca karıştırılarak şişmesi sağlanmış ardından fırın kağıdı üzerine dökülen şişmiş chia tohumları 50 °C’de 1 gece (18 saat) boyunca kurutulmuştur. Kurumanın ardından chia kağıtdan kazınarak ayrılmıştır. Ardından 30 mesh incelikteki elekten tohumların etrafında musilaj kalmadığına emin olana dek elenerek (Her 10 g chia tohumu yaklaşık yarım saat elenmektedir.) musilajı ayrılmıştır. Bu çalışmada 20 g tohum ve sulandırma için 800 ml ultra saf su kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen musilaj miktarı 0,231 g olmuştur.

Çizelge 3.1. Yapılan denemelerde elde edilen musilaj verimleri

Sulandırma oranı	1.10*	1:20*	1:30*	1:40*	1:100*	1:40 (Liyofili zasyon)	1:40*, 25°C (pH8)	1:40*, 80°C (pH8)
Verim %	1,62	1,46	2,29	1,16	1,03	8,86	2	2

*İşaretili çalışmaların hepsi sıcak ekstraksiyon metodu ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 3.1) dondurarak kurutulan (liyofilizasyon) tohumlardan elde edilen musilaj verimi %8.86 ile en yüksek iken, 1:100 oranında sulandırma yapılan örnekten elde edilen verim %1.03 ile en düşüktür. Liyofilizatörde kurutma ile elde edilen musilaj veriminin en yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışma Tavares vd. (2018) araştırmasında elde edilen sonuçlarla uyumludur. Tavares vd. (2018) ‘nin soğuk ve sıcak ekstraksiyon metodlarının elde edilen chia musilajı veriminde etkisini araştırdığı çalışmada 1:40 oranında sulandırılan chia tohumunun 80 °C’de şişirilmesi ve pH=8 ‘e ayarlanarak ardından 50 °C’de 1 gece boyunca kurutulması, tepside kazınan chianın elenerek musilajın ayrılması yöntemiyle elde ettikleri musilaj verimi %6,42 olmuştur. Bu yöntemle yapılan çalışmamızda elde ettiğimiz verim %2 dir ve diğer çalışmadan düşüktür. Benzer şekilde aynı çalışmada tohumlar 1:10, 1:20, 1:30 ve 1:40 oranında sulandırılıp pH=8’e ayarlandıktan sonra 27°Cde 2 saat hidrate edilen chialardan musilaj pres edilerek alınmış ardından -50°C’de 3 gün kurutulmuştur. Bu çalışmalarının sonucunda sulandırma oranlarına göre verimleri %4,76; %8,46; 8,65 ve 8,31 olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar dondurarak kurutma (liyofilizasyon) uyguladığımız benzer çalışmamızdan elde ettiğimiz %8,86 verim değeri ile uyumludur.

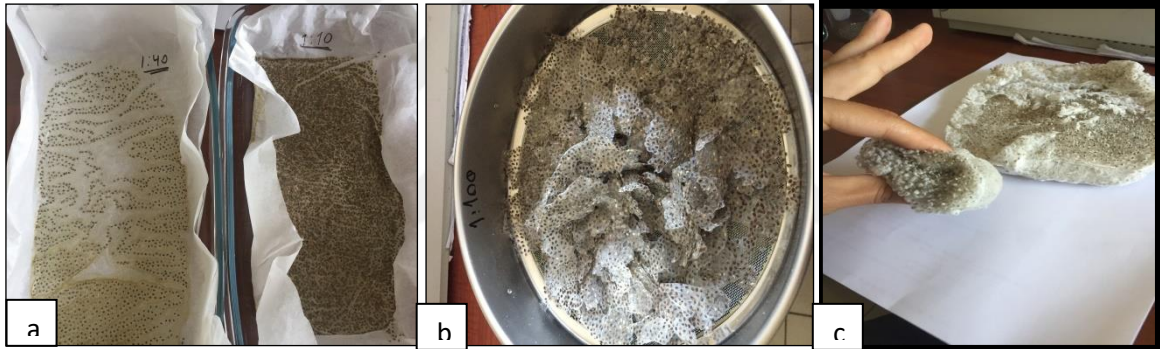
Capitani vd (2015) yaptıkları çalışmada musilaj üretimi için 2 yöntem denemiştir. Bu yöntemlerden birincisinde (MI) 1:10 oranında sulandırılan chianın 4 saat oda sıcaklığında bekletilmesinin ardından 4 gün boyunca -50 °C’de liyofilizasyonla kurutulması ve sonrasında elenerek musilajın elde edilmesi yöntemine ikincisinde (M2) ise, 1:20 oranında sulandırılan chianın oda sıcaklığında 1 saat bekletilmesinin ardından vakum filtrasyonla musilajın ayrılması bu musilajın liyofilizasyon ile kurutulmasına dayanmaktadır. MI yöntemi ile M2 yönteminde elde edilen verimlerin sırasıyla %3,8±0,1 ve 3,7±0,1 olduğu ve değerlerin birbirine yakın olduğu ifade edilmiştir. Yaptığımız musilaj ekstraksiyonu ile ilgili denemelerde 1.yönteme uygun olarak ürettiğimiz musilajın (1:40 sulandırma ile liyofilizasyonla kurutma) verim değeri %8,86 olarak hesaplanmıştır ve Capitani vd (2015) çalışmalarında elde ettikleri verim değerinden yüksektir. Bundan başka Timilsena vd. (2016)’nın chia musilajının fonksiyonel ve moleküler özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında tohumlar 1:20 oranında sulandırılıp 2 saat boyunca 25 °C’de karıştırılarak şişmesi sağlanmıştır. Ardından liyofilizasyon ile kurutulan su:chia solüsyonu 200 µm eleklerden elenerek musilajı ayrılmıştır. Bu çalışmada elde edilen musilaj verimi %5,6 olmuştur. Ardından musilajın saflaştırılması için işlemler uygulanmış ve bu işlemler sonucunda elde edilen musilajın verimi ise %3,8 olarak açıklanmıştır. Bu değerler bizim çalışmamızda (1:40 sulandırma ile liyofilizasyonla kurutma) elde ettiğimiz %8,86 değerinden düşüktür.

Munoz vd. (2012) yaptıkları çalışmada musilaj ekstraksiyonunda verimi chianın sulandırılmasından sonra şişmesinin beklenmesi esnasında uygulanan sıcaklıklara, bu solüsyonun pH’sına ve sulandırma oranına bağlı olarak değerlendirmişlerdir. Buna göre 1:20, 1:30 ve 1:40 oranında sulandırmalardan en verimli musilajın 1:40 oranındaki sulandırmadan elde edildiğini belirtmişlerdir. Sulandırma oranından bağımsız olarak sıcaklık 20 °C’den 80 °C’ye arttıkça ve pH4’ten pH8’e doğru musilaj veriminin arttığı belirtilmiştir. Bu çalışmada musilaj ekstraksiyonu 20-80°C sıcaklıklarda 2 saat boyunca yapılmasının ardından tepsiye dökülen sulu çözelti 10 saat boyunca 50 °C’de kurutulmuştur. Kuruyan musilaj chia tohumdan 40mesh screen incelikte elekten elenerek elde edilmiştir. Bu çalışma sonucuna göre sıcaklık, sulandırma oranları ve pH ayarlaması göz önüne alınarak en iyi verim %6,97 (80°C, pH8, chia:su oranı 1:40) olmuştur. Yapılan diğer çalışmalarda musilaj verimlerini, Marin vd (2008) %15,1, Reyes-Caudillo vd (2008) %6, Ayerza ve Coates (2001) ise %5 olarak elde ettiklerini belirtmişlerdir. Bu Munoz vd. (2012)’nin çalışmasına uygun olarak yürüttüğümüz çalışmada (1:40 sulandırma, pH8 ayarlanarak) bizim elde ettiğimiz verim değeri %2 dir ve

diğer çalışmalara bakarak daha düşük olduğu gör÷lmektedir. Yapılan birçok çalışmada yukarıda özetlendiği üzere birbirinden çok farklı sonuçlar elde edildiği gör÷lmektedir. Bu durumun pH değerini 8'e ayarlarken karıştırma hızına, süreye ve sıcaklığa bağlı olarak değişebileceği öngörülmektedir.

Ayrıca pH'ı 8'e ayarlayarak yaptığımız çalışmalarda chiaların 25°C ve 80 °C'de şişirilmesinin verime etkisi gözlemlenmiş ve aynı verim değerinin elde edilmesiyle sıcaklığın bu metot için verim üzerinde bir farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 3.2'de çalışma esnasında çekilen görüntüler verilmiştir. Chianın su ile şişirilmesinin ardından gerek 50°C etüvde gerekse liyofilizatörde kurutulmasının ardından tohum dışında kuruyarak kalan musilajın elenmeden önceki hali gösterilmektedir. Şekil 3.3'te ise elde edilen 3 musilajın görüntüleri verilmiştir. Burada renk farklılıkları olduğu açıkça gör÷lebilmektedir.



Şekil 3.2. a)1:40 ve 1:10 oranında sulandırılıp kurutulan tohumların kazınmadan önceki görüntüsü, b)Kazınan chia-musilaj tabakasının elenmeden önceki görüntüsü, c)1:40 oranında sulandırılıp liyofilizasyon ile kurutma



Şekil 3.3. Solda, 1:100 oranında sulandırılıp 50°C 'de bir gece kurutma sonunda elenen musilaj; Ortada, 1:40 oranında sulandırıldıktan sonra 5 gün dondurarak kurutulan chiadan elenen musilaj; Sağda, 1:40 oranında sulandırılıp pH=8'e ayarlanan ve 50°C 1 gece kurutularak elenen musilaj görüntüsü

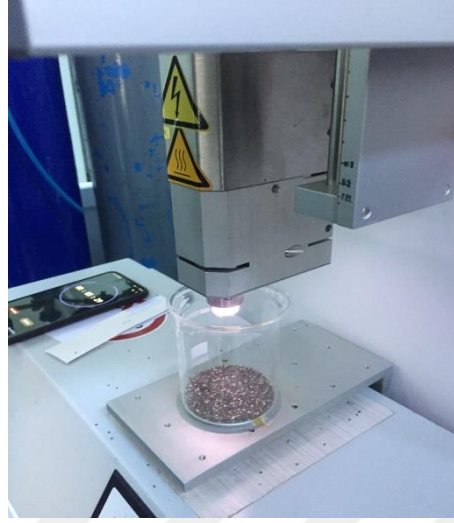
3.2. Chia Tohumunda Yapılan Fizikokimyasal Analizlerin Sonuçları

3.2.1. Chia Tohumunda Ham Kül, Nem, Ham Protein, Yağ, Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Toplam Diyet Lifi Analizleri Sonuçları

Kullandığımız chia tohumunda kül, nem, yağ miktarı, yağ asitleri kompozisyonu, protein miktarı, toplam ham lif miktarı analizleri gerçekleştirilmiştir. Tohuma plazma uygulandıktan sonra tohumlarda çalışılan parametreler yönünden farklılıkların bulunup bulunmadığının belirlenmesi amacıyla, işlem görmemiş tohumlar ile 10 g tohuma 30 saniye, 1 dakika ve 2 dakika Atmosferik Jet Plazma uygulanması ile tohumlarda toplam diyet lifi, yağ miktarı, yağ asitleri kompozisyonu, protein miktarı, nem ve kül analizleri 3 tekrarlı olarak çalışılmıştır. Ardından veriler istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Plazma uygulamasının Kül, Nem, Protein, Yağ ve Toplam Diyet Lifi bileşimlerine etkisine ait sonuçlar Çizelge 3.2 'de verilmiştir. Çizelge 3.3'te ise chia tohumunda bulunan nem, kül, protein, toplam diyet lifi ve yağ analizleri sonuçlarının diğer kaynaklardaki verilerle karşılaştırması özetlenmiştir.

Yağ asitleri kompozisyonunun plazma uygulama süresine göre gösterdiği değişiklikler ise Çizelge 3.4'te belirtilmiştir. Çizelge 3.5'te ise işlem görmemiş chia tohumundan elde edilen yağa ait yağ asitleri kompozisyonu sonuçlarının diğer kaynaklarla kıyaslanması özetlenmiştir.

Ciha tohumuna atmosferik plazma uygulanmasına ait örnek görüntü Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Chia tohumuna plazma uygulanması

Çizelge 3.2. Atmosferik Plazma uygulamasının chia tohumlarında Kül, Nem, Protein, Yağ ve Toplam Diyet Lifi bileşimlerine etkisi

	Rutubet	Toplam Diyet Lifi	Protein	Kül	Yağ
A	7,03±0,01a	30,46±0,006c	17,79±0,053c	4,45±0,01a	42,27±0,024a
B	6,8±0,004b	36,78±0,006b	19,1±0,246b	4,45±0,04a	38,79±0,041d
C	5,98±0,009c	39,5±0,007a	20,08±0,143a	4,42±0,07a	40,87±0,087b
D	5,12±0,004d	30,19±0,003d	19,89±0,073a	4,47±0,15a	40,18±0,015c

A: Kontrol (plazma uygulanmamış chia tohumu), B: 30 saniye plazma uygulanmış chia tohumu, C: 1 dakika plazma uygulanmış chia tohumu, D: 2 dakika plazma uygulanmış chia tohumu. Aynı sütunda farklı harf taşıyan grupların ortalama değerleri birbirinden farklıdır (p<0.05)

Chia tohumunda saptanan Rutubet miktarı %5,12 ile 7,03 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük Rutubet miktarı A grubunda, en yüksek Rutubet miktarı ise D grubunda saptanmıştır. Plazma uygulama süresi arttıkça Rutubet miktarı azalmıştır. Chia

tohumuna plazma uygulamasının Rutubet miktarı dikkate alındığında gruplar arasındaki rakamsal farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Zou vd (2004) nişasta modifikasyonunda plazma uygulaması ile rutubetin azaldığını belirtmişler, bunu su moleküllerinin plazma uygulaması ile ayrılarak oksijen radikallerine dönüşmesine bağlamışlardır. Thirumdas vd (2017) plazma uygulama süresi arttıkça pirinç yüzeyinden ayrılan su miktarının arttığını belirtmişlerdir. Lii vd (2002) benzer şekilde plazma uygulaması ile granüler nişastanın nem miktarının azaldığını belirtmişlerdir. Deeyai vd (2013) plazma uygulaması ile parçalanmış su moleküllerinin nişasta yapısına hapsedildiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamız verilerine göre uygulama süresi arttıkça nem miktarında bir azalma olduğu görülmüştür. Bu durum diğer makalelerle uyumlu sonuç vermektedir.

Chia tohumunda saptanan toplam diyet lifi düzeyi %30,19 ile 39,5 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük toplam diyet lifi düzeyi D grubunda, en yüksek toplam diyet lifi düzeyi ise C grubunda saptanmıştır. Tespit edilen toplam diyet lifi miktarı kontrol grubuna göre B ve C gruplarından sırasıyla arttığı görülmüştür. Bu durum örneklerin plazma uygulaması sonucu azalan rutubet miktarına bağlanmaktadır. D grubunda tespit edilen toplam diyet lifi miktarı bir önceki grupların aksine azalma göstermiştir. Bu durum plazma uygulama süresinin tohumda tespit edilebilen toplam diyet lifi miktarını etkilemiş olabileceğine bağlanmaktadır. 2 dakika plazma uygulaması tohumun yapısında olumsuz etkiye sebep olmuş olabilir. Chia tohumuna plazma uygulamasının toplam diyet lifi dikkate alındığında gruplar arasındaki rakamsal farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Chia tohumunda saptanan Protein miktarı %17,79 ile 20,08 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük protein miktarı A grubunda, en yüksek protein ise C grubunda saptanmıştır. C ve D grupları arasındaki rakamsal farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Kontrol grubuna göre; 30 saniye, 1 dakika ve 2 dakikalık plazma uygulamaları sonucu tohumlarda tespit edilen protein miktarında artış gözlemlenmiştir. Bu durum azalan rutubet miktarına bağlanmaktadır. Gruplar arasındaki protein miktarındaki rakamsal farklılıklar istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Chia tohumunda saptanan kül miktarı %4,42 ile 4,47 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük kül miktarı C grubunda, en yüksek kül miktarı ise D grubunda saptanmıştır. A grubuna göre; chia tohumuna 30 saniye (B) ve 1 dakika (C) ve 2 dakika (D) plazma uygulamasının kül miktarı dikkate alındığında gruplar arasındaki rakamsal farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Chia tohumunda saptanan yağ miktarı %38,79 ile 42,27 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük yağ miktarı B grubunda, en yüksek yağ miktarı ise A grubunda saptanmıştır. A grubunda saptanan yağ miktarı, chia tohumuna plazma uygulaması sonucu B, C, D gruplarındaki yağ miktarları dikkate alındığında rakamsal farklılıklar istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Yukarıdaki veriler incelendiğinde %nem değerinin uygulama süresine bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Azalan nem miktarına bağlı olarak tohumda tespit edilen % kül, protein, yağ ve toplam diyet lifi oranlarının da arttığı görülmüştür. Burada dikkat çekilmesi gereken husus genel olarak bakıldığında analizleri yapılan parametrelerin plazma uygulama süresine paralel olarak başlıca nem miktarının azalmasıyla orantılı şekilde tohum içindeki oranının arttığı ve uygulama süresinin bu parametrelerin tespit edilebilirliğinde herhangi önemli değişiklik yapmadığı yönündedir.

Çizelge 3.3. Chia Tohumu Kimyasal Bileşimi Analiz Sonuçları ve Diğer Çalışmalar, %

Parametre	Elde ettiğimiz sonuçlar (2020)	Coelho ve Salas-Mellado (2014)	Ayerza (2013)	Munoz vd. (2013)	Capitani vd (2013a)	Erdoğan ve Geçgel (2019)
Nem	7,03	6,2±0,517	5,7	-	7±0,4	5,8
Kül	4,47	4,3±0,035	-	-	4,8±0,1	4,8
Protein	17,79	18,3±1,613	19	20,7	29,3±0,4	16,5
Yağ	42,27	32,4±0,214	34,2	41	32,7±0,8	30,7
Toplam diyet lifi	30,46	22,2±0,323	23,19	34,4	27,6±0,1	34,4

Tabloda verilen değerler ortalama ±standart sapma şeklindedir.

Bu sonuçlar ışığında çalışmalarımızda kullandığımız chia tohumuna yapılan analiz sonuçlarının diğer kaynaklarda tespit edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.4. Chia Tohumuna 30s, 1dak ve 2 dak Plazma Uygulamasının Yağ Asidi Kompozisyonuna Etkisi

	Miristik	Palmitik	Palmitoleik	Stearik	Oleik	Linoleik	Linolenik	Araşidik
A	0,077±0,0 005a	6,014±0,0 002d	0,112±0d	2,795±0,0 026d	5,784±0,0 076d	16,572±0, 002bc	68,32±0,0 04a	0,17±0,00 1d
B	0,046±0,0 008c	6,351±0,0 053c	0,152±0,00 09c	3,063±0,0 312c	6,037±0,0 037c	16,538±0, 0146c	67,53±0,0 03b	0,22±0,00 1c
C	0,043±0,0 003d	6,437±0,0 025b	0,164±0,00 18b	3,2±0,003 8b	6,082±0,0 051b	16,655±0, 0192b	67,06±0,1 02b	0,25±0,00 2a
D	0,054±0,0 01b	6,718±0,0 021a	0,172±0,00 47a	3,268±0,0 027a	6,241±0,0 151a	16,853±0, 063a	66,33±0,2 76c	0,23±0,00 5b

A: Referans (plazma uygulanmış chia tohumu), B: 30 saniye plazma uygulanmış chia tohumu, C: 1 dakika plazma uygulanmış chia tohumu, D: 2 dakika plazma uygulanmış chia tohumu. Aynı sütunda / satırda farklı harf taşıyan grupların ortalama değerleri birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

Çizelge 3.5. Chia tohumu yağ asitleri kompozisyonunun diğer kaynaklarla karşılaştırılması

Yağ asitleri	Çalışmamızda kullandığımız chiadan elde edilen veriler	Ciftci vd (2012)	Ayerza ve Coates (2011)
Doymuş yağ asitleri (SFA)			
Palmitik asit (C18:0)	6,014	7,1	6,69
Stearik asit (C18:0)	2,8	3,24	2,67
Araşidik asit (C20:0)	0,17	0,24	-
Lignoserik asit(C24:0)	0,07	-	0,14
Behenik asit (C22:0)	0,06	0,08	0,09
Kaproik asit (C6:0)	0,04	-	-
Miristik asit (C14:0)	0,07	0,06	0,03
Pentadekaenoik asit (C15:0)	-	0,04	0,03
Margarik asit (C17:0)	-	0,06	0,06

Çizelge 3.5. Chia tohumu yağ asitleri kompozisyonunun diğer kaynaklarla karşılaştırılması (devamı)

Yağ asitleri	Çalışmamızda kullandığımız chiadan elde edilen veriler	Ciftci vd (2012)	Ayerza ve Coates (2011)
Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA)			
Palmitoleik asit (C16:1)	0,112	0,20	0,09
Eikosenoik asit (C20:1)	0,13	0,16	0,09
Oleik asit (C18:1) - ω -9	5,78	10,53	10,55
Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA)			
Linolenik asit (C18:3) - ω -3	68,32	59,76	62,02
Linoleik asit (C18:2) - ω -6	16,57	20,37	17,36

Çizelge 3.4'te gözlemlendiği üzere, Chia tohumunda saptanan miristik asit düzeyi %0,077 ile 0,043 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük miristik asit düzeyi C grubunda, en yüksek miristik asit düzeyi ise A grubunda saptanmıştır. A grubunda saptanan miristik asit miktarının B,C,D gruplarındaki miristik asit miktarına göre daha yüksek olması, istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Chia tohumunda saptanan palmitik asit düzeyi %6,71 ile 6,01 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük palmitik asit düzeyi A grubunda, en yüksek palmitik asit düzeyi ise D grubunda saptanmıştır. Plazma uygulama süresi arttıkça, kontrol grubuna göre palmitik asit yüzdesinin arttığı anlaşılmaktadır. Tüm gruplarda saptanan palmitik asit miktarı birbirinden farklıdır ve bu fark istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu artışın plazma uygulamasına bağlı olarak nem miktarındaki azalmayla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Chia tohumunda saptanan palmitoleik asit düzeyi %0,172 ile 0,112 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük palmitoleik asit düzeyi A grubunda, en yüksek palmitoleik asit düzeyi ise D grubunda saptanmıştır. Plazma uygulama süresi arttıkça tespit edilen palmitoleik asit yüzdesi artmıştır. A grubunda tespit edilen palmitoleik asit miktarının B, C, D gruplarındaki palmitoleik asit miktarına göre daha düşük olması ve her gruptan elde edilen

veriler arasındaki farklılık istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu artışın plazma uygulamasına bağlı olarak nem miktarındaki azalmayla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Chia tohumunda saptanan stearik asit düzeyi %2,79 ile 3,26 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük stearik asit düzeyi A grubunda, en yüksek stearik asit düzeyi ise D grubunda saptanmıştır. A grubu stearik asit miktarının B, C, D gruplarındaki stearik asit miktarına göre daha düşük olması ve tüm gruplarda elde edilen verilerin birbiriyle olan farklılığı istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Chia tohumunda saptanan oleik asit düzeyi %5,78 ile 6,24 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük oleik asit düzeyi A grubunda, en yüksek oleik asit düzeyi ise D grubunda saptanmıştır. Plazma uygulama süresi arttıkça oleik asit yüzdesi artmıştır. Bu artışın plazma uygulamasına bağlı olarak nem miktarındaki azalmayla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Tüm gruplarda saptanan oleik asit miktarındaki farklılık ve A grubu oleik asit miktarının B, C, D gruplarındaki oleik asit miktarına göre daha düşük olması istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Chia tohumunda saptanan linoleik asit düzeyi %16,54 ile 16,85 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük linoleik asit düzeyi B grubunda, en yüksek linoleik asit düzeyi ise D grubunda saptanmıştır. A grubu linoleik asit miktarının B, C, D gruplarındaki linoleik asit miktarına göre daha düşük olması istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Chia tohumunda saptanan linolenik asit düzeyi %68,32 ile 66,33 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük linolenik asit düzeyi D grubunda, en yüksek linolenik asit düzeyi ise A grubunda saptanmıştır. A grubunda saptanan linolenik asit miktarının B, C, D gruplarındaki linolenik asit miktarına göre daha yüksek olması, istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Chia tohumuna plazma uygulamasının yağ asitleri miktarı dikkate alındığında B ve C grupları arasındaki rakamsal farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Chia tohumunda saptanan araşidik asit düzeyi %0,17 ile 0,25 arasında bir dağılım göstermiştir. En düşük araşidik asit düzeyi A grubunda, en yüksek araşidik asit düzeyi ise C grubunda saptanmıştır. A grubunda saptanan araşidik asit miktarının B, C, D gruplarındaki araşidik asit miktarına göre daha düşük olması istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.5' ten de anlaşılacağı üzere chia tohumu yağ asitleri kompozisyonunda farklı çalışmalarda birbirinden farklı veriler bulunabilmektedir. Fakat başlıca olarak dikkat edilmesi gereken husus, tüm çalışmalarda yağ asitleri kompozisyonu çoktan aza doğru sırasıyla linolenik asit (C18:3) > linoleik asit (C18:2) > oleik asit (C18:1) > palmitik asit (C16:0) > stearik asit (C18:0) şeklinde özetlenebilir (Ixtiana vd, 2011; Coelho ve Salas-Mellado, 2014).

Chia tohumunun bileşenlerinde değişikliğe neden olabilecek birçok faktör bulunmaktadır. Bitkinin ekim alanı, iklim değişiklikleri, hasat yılı, toprak koşullarına bağlı olarak chia tohumunun toplam yağ oranı %25- 40 oranları arasında değişebilmektedir (Mohd Ali vd., 2012). Ayerza ve Coates (2011) farklı ülke ve farklı koşullarda yetiştirilen chia tohumunun bileşenlerinde farklılıkları araştırmışlardır. Buna göre, yükseltinin artmasıyla protein içeriğinin, sıcaklığın artmasıyla da çoklu doymamış yağ asitlerinin azaldığını bildirmişlerdir. Ayerza (2010) ise, düşük rakımda yetiştirilen chia tohumu yağlarının yüksek rakımda yetişenlere göre daha fazla doymuş yağ asiti içerdiğini bildirilmiştir. Chia tohumlarının erken hasat edilmesiyle α -linolenik asit içeriğinin %23 oranında kayba uğradığı, linoleik asit ve lignin seviyelerinde ise artış olduğu belirtilmiştir (Peiretti ve Gai 2009). Buna ek olarak yaptığımız çalışma sonucu elde ettiğimiz ω -3/ ω -6 oranı 3,69'tur. Bu değer birçok bitkisel yağ içeriğinden büyüktür. Örneğin Kanola yağında bu oran 0,45; zeytinyağında 0,13; soya yağında ise 0,15'tir. Chia tohumu sahip olduğu yüksek oranda omega-3 yağ asitleri (ω -3) (100g tohumda en az 0,1 g ω -3), yüksek diyet lifi içeriği (100g tohumda yaklaşık 3 g) ve yüksek protein içeriği ile fonksiyonel bir ürün olarak da son yıllarda ilgi çekmektedir.

Ayerza (2013), iki farklı chia genotipinin nem, protein ve yağ içeriklerinin %5,4-5,7; %18,8-19,0; %32,1-34,4 olduğunu ifade ederken; genotiplerdeki palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik ve linolenik asit düzeylerinin %6,2 - 6,5; 3,65 - 4,1; 6,65 - 6,80; 17,5 - 18,4; 63,3-64,5 olduğunu tespit etmişlerdir.

Grancieri vd (2019) chia tohumlarının bitkisel protein bakımından iyi bir kaynak olduğunu belirtmişlerdir. Tohumun yaklaşık %18-24 düzeyinde protein içerdiğini ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar protein içeriğinin bölgelere göre farklılık gösterdiğini, Brezilya kökenli chia tohumunun %18,18 ham protein, Meksika kökenli chia tohumunun ise %24,11 ham protein içerdiğini tespit etmiştir.

Munoz vd (2012) chia musilajının hidrasyonu ile ilgili yaptıkları araştırmada 100mg musilajın 2,7 g su absorbe ettiğini bildirmişlerdir. Bu kendinin 27 katı suyu absorbe edebildiği

anlamına gelmektedir. Diğer tahıllarla kıyaslandığında yulaf 5,5 g su/g lif; buğday 6,6 g su/g lif miktarında su absorpsiyonu yaptığı göz önüne alınacak olursa, chia musilajının bu tahıllara göre oldukça fazla su tutabildiği görülmektedir (Adams vd., 1986).

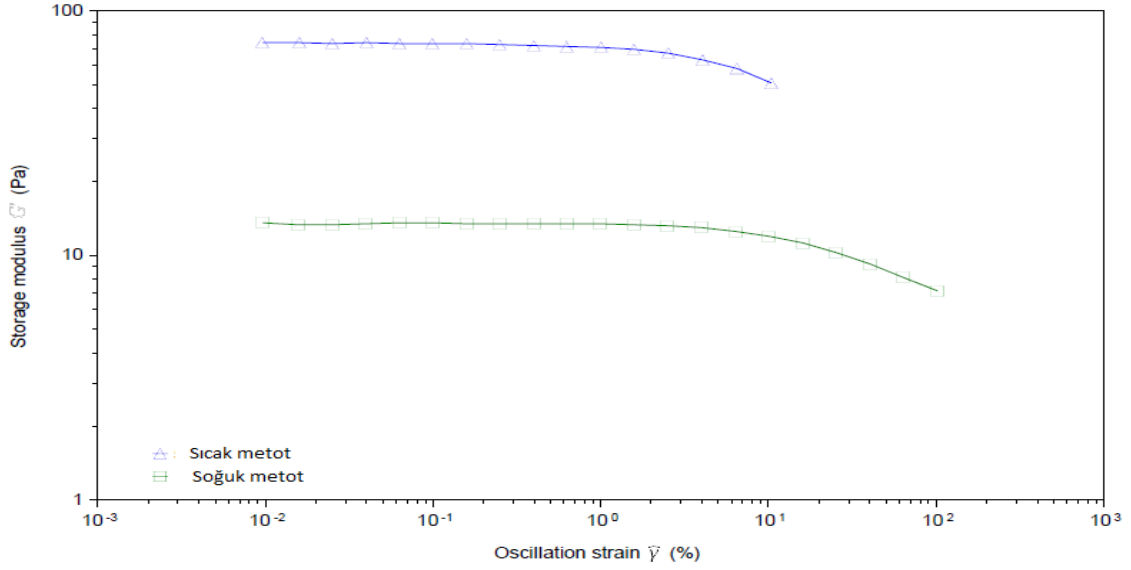
3.2.2. Chia Musilajında Reoloji Analizleri Sonuçları

Polimerik çözeltilerin reolojik davranışlarının tespit edilmesi, onların endüstriyel olarak değerlendirilebilmesinde, prosesinde oldukça önemli veriler sağlamaktadır. Viskozite parametresi akışkanlarda doğrudan bir kalite kriteri olmasının yanında, akışkanın homojenizasyon, emülsifikasyon, polimerizasyon gibi prosesler sırasında yapıdaki temel değişikliklerle ilgili önemli bilgi vermektedir (Nery, Cruz ve Druzian, 2013).

Üretilen tüm musilajlar kütlece %1 oranında sulandırılmış ve oluşturulan jellerin reolojik özellikleri incelenmiştir.

3.2.2.1 SAOS (Small Amplitude Oscillatory Shear)

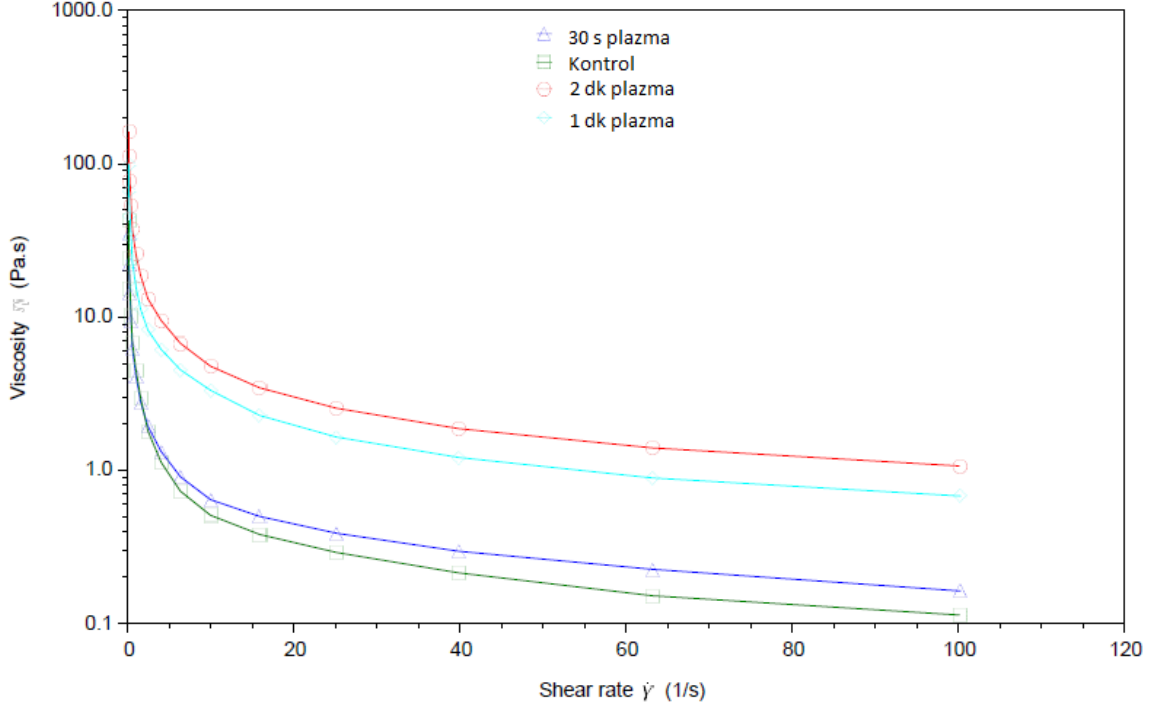
İlk olarak Oscillation Amplitude testi uygulanmıştır. Amplitude testinde strain değerinin sabit olduğu bölgenin tespiti Şekil 3.5'te verilmiştir. Bu çalışma ile lineer viskoelastik alan belirlenmiştir. Bu testte lineer viskoelastik bölgedeki strain değeri %1 olarak tespit edilmiştir. Frequency sweep testi bu alanda çalışılmıştır. Ardından Frequency sweep (Oscillation Frequency) testi yapılmıştır. Bu testte Strain değeri %1'e ayarlanmış, Angular Frequency aralığı 0,1'den 100 rad/s 'ye ayarlanmıştır.



Şekil 3.5. Sıcak ve soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajların kütlece %1'lik jellerinde Amplitude testi

3.2.2.1.1 Yatışkan Kayma (Steady Shear) Reolojik Özellikleri

Çalışma konusu olan chia tohumlarından elde edilen musilajların reolojik karakterizasyonu amacıyla ilk olarak yatışkın kayma (steady shear) halindeki viskozite değerleri 20 °C'de incelenmiştir. Plazmanın etkisinin incelendiği ve sıcak metotla (1:100 sulandırma ile 80°C'de 2 saat şişirilen tohumların 1 gece 50°C'de kurutulması yöntemiyle) elde edilen musilajların kütlece %1'lik jellerine ait steady shear reogramı Şekil 3.6' da; plazmanın etkisinin incelendiği ve soğuk metotla elde edilen musilajlardan oluşturulan %1'lik jellere ait reogramlar Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

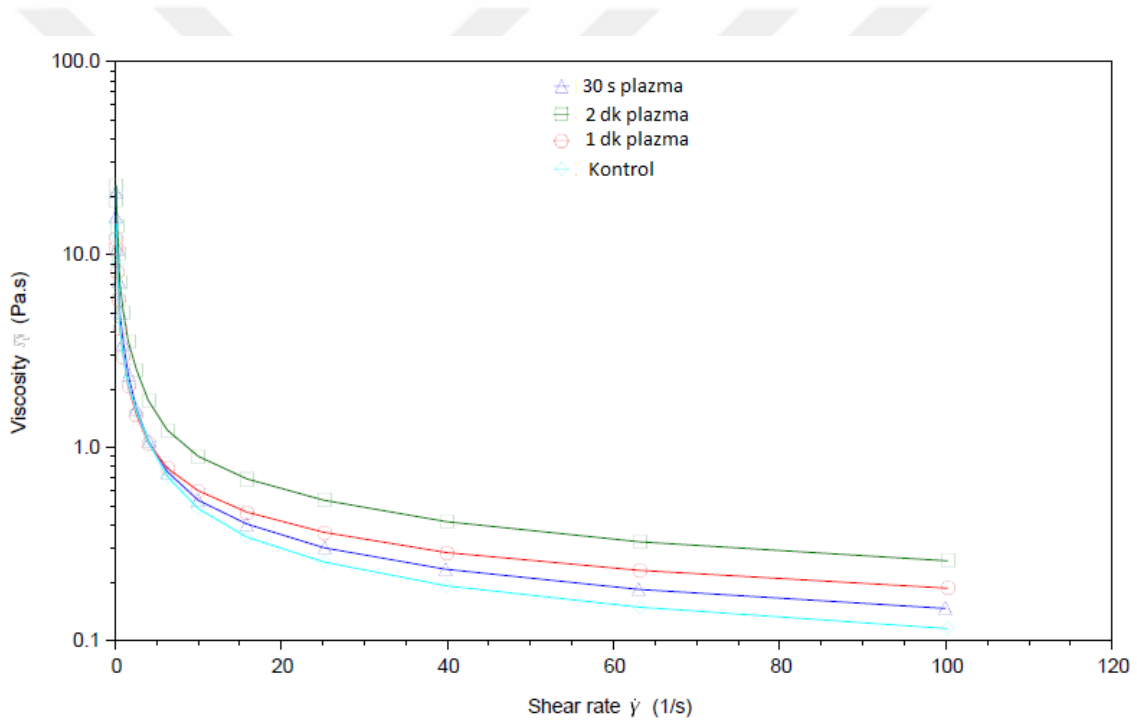


Şekil 3.6. Plazma uygulanmamış tohum (kontrol) ve 10 g chia için sırasıyla 30s, 1 dak ve 2dak plazma uygulanan tohumlardan sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilajların kütlece %1'lik jellerine ait steady shear reogramı

Açıkça görüldüğü üzere artan shear rate ile birlikte tüm örnekler için viskozite azalmaktadır. Bu durum jellerin kayma ile incelen (shear thinning) davranış göstermesiyle açıklanabilir. Diğer bir deyişle, başlangıçta düzensiz olan moleküller uygulanan stres arttıkça akış yönüne doğru yönelmeye ve dizilmeye başlamaktadır. Yapılan analize göre, jellerin shear-thinning akış gösterdiği ve Herschel-Bulkley (Denklem 2.7) reolojik modeline uygun olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, chia musilajı jelleri non-Newtonian akışkanlardır. Non-Newtonian akışkanların genel akış davranışları ve pseudoplastik akışa örnek Şekil 3.8'de verilmiştir. Çalışmamızda musilaj jellerinin Şekil 3.6'da elde edilen grafikten yola çıkarak Şekil 3.8'den de anlaşılacağı üzere non-Newtonian akışkanlardan pseudoplastik akışa örnek olduğu görülmektedir.

Şekil 3.6'da plazma uygulamasının sıcak metotla elde edilen musilajın viskozite özelliklerine etkisi incelendiğinde her 10 g tohum için yapılan 30 s, 1 dak ve 2 dak'lık plazma uygulaması ile tohumdan elde edilen musilajın viskozite özelliğinin kontrole göre arttığı görülmektedir. Tohumun plazma uygulaması sonucu viskozite değerinin kontrol örneğinden daha yüksek olması bu işlem ile musilajın modifiye edilebileceği yönünde önemli bir veri sunmaktadır.

Benzer şekilde, Şekil 3.7’de plazma uygulanmamış ve sırasıyla 30s, 1dak ve 2 dak plazma uygulanmış chia tohumlarından soğuk ekstraksiyon yöntemiyle üretilen musilajın kütlece %1’lik hazırlanan jellerinde artan kayma oranı (shear rate) ile tüm örneklerde viskozite değerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Buna göre jellerin kayma ile incelen (shear thinning) akış davranışı gösterdiği anlaşılmaktadır. Yapılan analize göre, jellerin shear-thinning akış gösterdiği ve Herschel-Bulkley reolojik modeline uygun olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, bu yöntemle üretilen musilaj jellerinin de non-Newtonian akışkan olduğu söylenebilir. Non-Newtonian akışkanların genel akış davranışları ve pseudoplastik akışa örnek Şekil 3.8’de verilmiştir. Çalışmamızda musilaj jellerinin Şekil 3.7’de elde edilen grafikten yola çıkarak Şekil 3.8’den de anlaşılacağı üzere non-Newtonian akışkanlardan pseudoplastik akışa örnek olduğu görülmektedir.

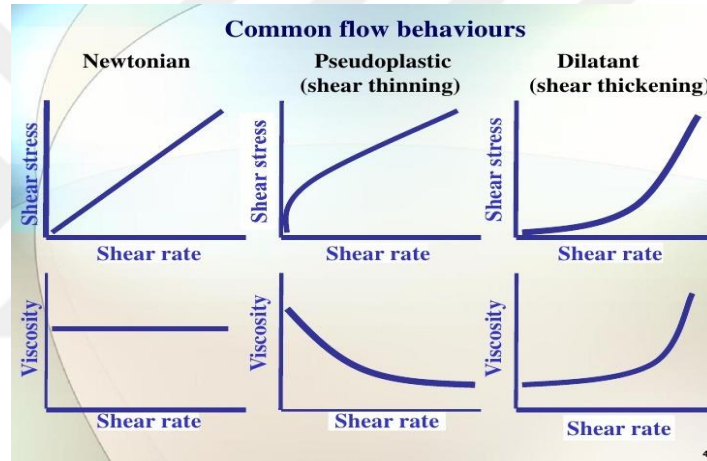


Şekil 3.7. Plazma uygulanmamış tohum (kontrol) ve 10 g chia için sırasıyla 30s, 1 dak ve 2dak plazma uygulanan tohumlardan liyofilizasyon yöntemiyle (soğuk ekstraksiyon) elde edilen musilajların kütlece %1’lik jellerine ait steady shear reogramı

Şekil 3.7’de plazma uygulamasının soğuk metotla elde edilen musilajın viskozite özelliklerine etkisi incelendiğinde 2 dakika plazma uygulamasının kontrol örneğe göre viskozite özelliğinin daha iyi olduğu görülmektedir. Her 10 g tohum için yapılan 30 saniye ve 1 dak’lık plazma uygulaması ise tohumdan elde edilen musilajın viskozite özelliğinin 30 s uygulama için önemli ölçüde değişmediği fakat viskozitenin bir miktar arttığı, 1 dak

uygulama için ise viskozite artışı olduğu görülmektedir. Tohumun 2 dakika plazma uygulaması sonucu viskozite değerinin kontrolden daha yüksek olması bu işlem ile musilajın modifiye edilebileceği yönünde önemli bir veri sunmaktadır.

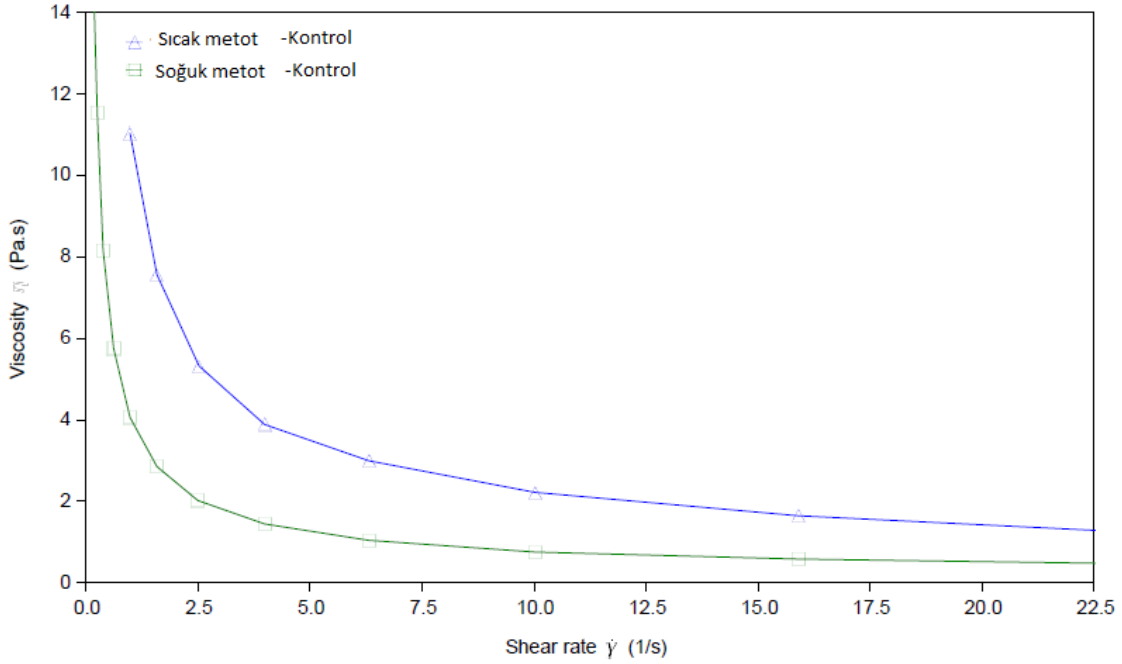
Musilajların büyük çoğunluğu pseudoplastik akış sergilemektedir. Samavati ve Skandri (2014)'ye göre pseudoplastiklik oryantasyon etkisinin bir sonucudur. Kayma oranı (shear rate) arttıkça rastgele dizilmiş halde olan polimer molekülleri akış yönünde sıralanmaya başlar. Bu da komşu polimer zincirleri arasında etkileşimin azalmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple akışkan, kesme incilmesi akış davranışı (shear thinning) sergilemekte ve viskozite polimer zincirlerinin arasındaki etkileşime bağlı olarak azalmaktadır (Goh vd. 2016; Koocheki vd., 2013; Nussinovitch ve Hirashima, 2013, Xiu vd, 2011).



Şekil 3.8. Non-Newtonian akışkanların genel akış davranışları

Şekil 3.9'da sıcak ve soğuk ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen kontrol musilajlarının elde edildiği yöntemlere göre artan kayma ile viskozitelerinin incelendiği reogram verilmiştir. Elde edilen grafikten anlaşılacağı üzere 1:100 oranında sulandırma yapılarak 80°C'de 2 saat şişirilen tohumların 50°C'de bir gece kurutulmasıyla elde edilen (sıcak ekstraksiyon) tohum musilajlarının, 1:40 oranda sulandırma yaparak 80°C'de 2 saat şişirildikten sonra liyofilizasyon ile kurutulması sonucu elde edilen (soğuk ekstraksiyon) musilajlarından hazırlanan %1'lik jellerin artan shear rate ile yukarıdaki sonuçlara benzer şekilde azalan viskozite gösterdikleri, diğer bir deyişle shear thinning akış davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Yöntemlerden sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilajın soğuk ekstraksiyon ile elde edilen musilaja göre daha iyi viskoz özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu veri yapılan diğer çalışmalara önemli bir katkı sağlamıştır.

Literatürde chia musilajının çeşitli konsantrasyonlardaki jellerinde yapılan steady shear çalışmalarında viskozite özelliklerinin karşılaştırılması açısından çoğunlukla liyofilizasyon ile kurutulan tohum musilajının sıcak ekstraksiyon yöntemine üstünlük sağladığı belirtilmektedir. Ancak sıcak ekstraksiyonla üretimde 1:100 oranında sulandırma yapılmasına rastlanmamıştır. Bu yöntemin liyofilizasyonla kurutmaya üstünlük sağladığının gösterildiği bu çalışma literatüre yeni bilgiler katması açısından önem arz etmektedir.



Şekil 3.9. Sıcak ve soğuk ekstraksiyon yöntemleriyle üretilen musilajların %1'lik jellerinin viskozite reogramı

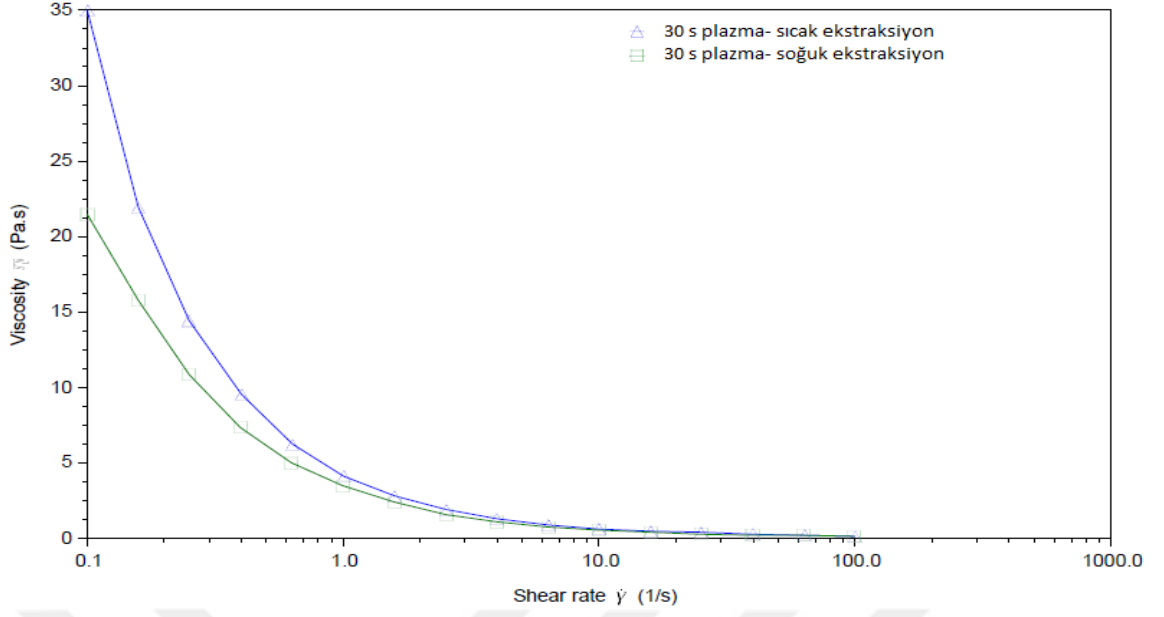
Capitani vd (2015) 'nin chia musilajının sulu dispersiyonlarının reolojik özelliklerini incelediği çalışmada musilaj üretimi için 2 yöntem denenmiştir. Bu yöntemlerden biri (M1) 1:10 oranında sulandırılan chianın 4 saat oda sıcaklığında bekletilmesinin ardından 4 gün -50 °C'de liyofilizasyonla kurutulması ve sonrasında elenerek musilajın elde edilmesi yöntemine diğeri ise (M2), 1:20 oranında sulandırılan chianın oda sıcaklığında 1 saat bekletilmesinin ardından vakum filtrasyonla musilajın ayrılması bu musilajın liyofilizasyon ile kurutulmasına dayanmaktadır. Buna göre M2 yönteminden elde edilen müsilajın musilaj dispersiyonlarındaki viskozitenin M1 ile elde edilen musilaj jelinden daha iyi olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada her iki yöntemde de kurutma için freeze-drying (liyofilizasyon) yöntemi kullanılmıştır.

Tavares vd (2018) nin chiada soğuk ekstraksiyon (1:10, 1:20, 1:30 ve 1:40 oranında sulandırma ile 27⁰C’de 2 saat şişirilen tohumdan liyofilizasyonla musilaj eldesi) metodunun reolojik özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada, %1, %2, %3, %4 ve %5 lik konsantrasyonlarda hazırladığı musilaj jellerinin viskozitelerinin artan konsantrasyonlarla arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca sıcak ekstraksiyonla (1:40 oranda sulandırma yaparak 80⁰C’de 2 saat şişirildikten sonra 50⁰Cde bir gece kurutulmasıyla elde edilen musilaj) hazırlanan musilajdan oluşturulan jelin viskozite değerinin soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajdan oluşturulan jelden önemli derecede daha yüksek olduğu ifade edilmektedir. Yaptığımız çalışma sonuçları Tavares vd (2018) ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Brütsch vd (2019) çalışmalarında chia musilajını etüv kurutma, dondurarak kurutma ve rotary evaporasyon yöntemleriyle kurutarak elde etmişler ve kurutulmuş musilajları %0,02 oranında sulandırarak shear, frequency ve amplitude sweep testleri yaparak reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Buradaki sonuçlara göre tüm örnekler kesme incilmesi akış davranışı (shear thinning) sergilemişlerdir. Brütsch ve arkadaşları dondurarak kurutulan örneklerden elde edilen musilajın %2 (w/w) konsantrasyonlu jelinin viskoelastik özelliklerinin etüvde kurutma yöntemiyle elde edilen musilajdan hazırlanan %2 (w/w) konsantrasyonlu jellerinkinden daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. İki kurutma yönteminin musilaj jellerine etkisinin incelendiği bu çalışma sonuçları, çalışmamızda kullandığımız etüv kurutma (sıcak ekstraksiyon) ve dondurarak kurutma (soğuk ekstraksiyon) yöntemleri ile elde ettiğimiz sonuçlardan farklılık göstermektedir. Bu durum etüv kurutma yönteminin Brütsch ve arkadaşlarının çalışmasında 1:20 oranında sulandırılan tohumlardan, bizim çalışmamızda ise 1:100 oranında sulandırılan tohumlardan musilaj elde edilmesi farklılığından kaynaklanabilir.

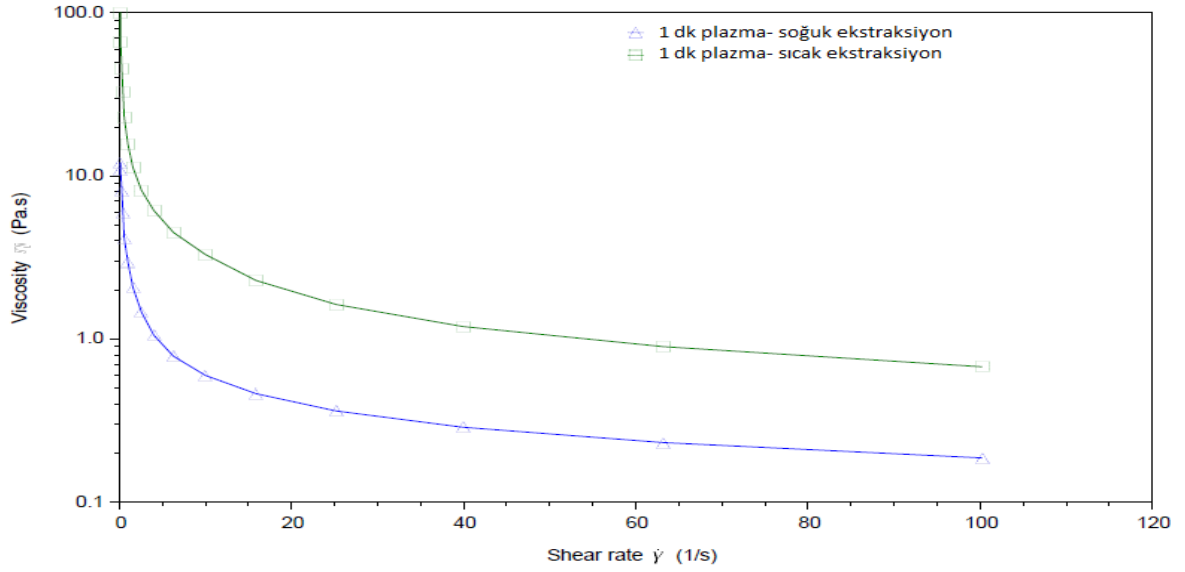
Timilsena vd. (2016) çalışmalarında dondurarak kurutma ile elde ettikleri musilaj ile %0,02; %0,05; %0,2; %0,5; %1; %2; %3 oranlarında jeller hazırlayarak viskozite özelliklerini incelemişler, her konsantrasyonda kayma ile incelen akış olduğunu belirtmişler, viskozitenin ise artan konsantrasyonla arttığını ifade etmişlerdir. Çalışma sonuçlarımızın Timilsena ve arkadaşlarının sonuçları uyumlu olduğu görülmektedir.

Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de tohuma sırasıyla 30 saniye, 1 dakika ve 2 dakika plazma uygulamasının her iki yöntemle elde edilen musilajların steady shear viskozite özelliklerine etkilerinin incelendiği karşılaştırmalar verilmiştir.



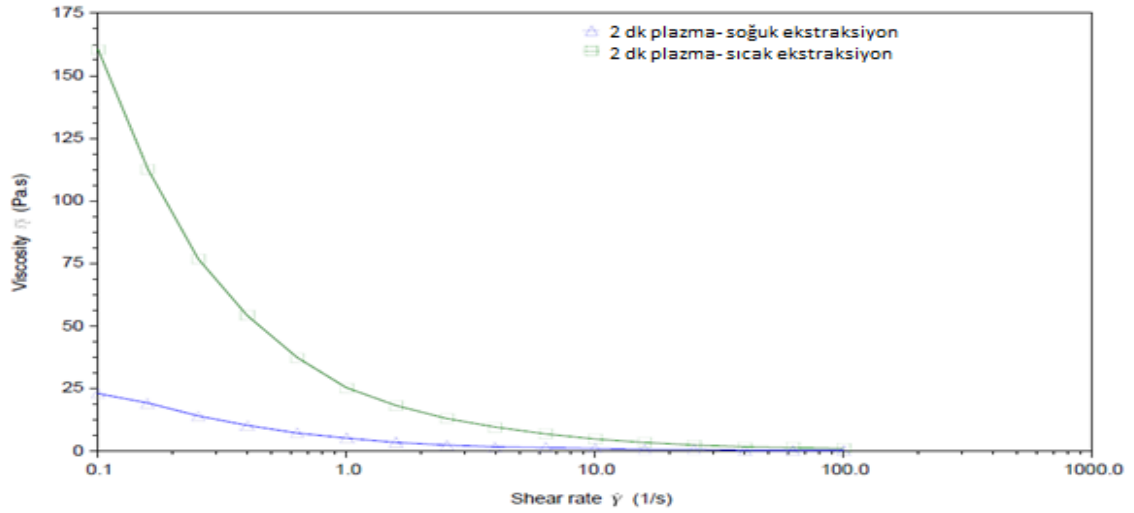
Şekil 3.10. Chia tohumuna 30 saniye plazma uygulamasının musilaj üretim yöntemlerine göre viskoziteye etkisinin karşılaştırılması

30 saniye plazma uygulamasının her iki yöntemle üretilen musilajlarda artan kayma ile viskozite değerlerini arttırdığı Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de belirlenmiştir. Şekil 3.10 da ise bu yöntemlerin plazma uygulanmamış tohumlardan elde edilen musilaj jellerine benzer şekilde sıcak ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen musilajda daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 3.11. Chia tohumuna 1 dakika plazma uygulamasının musilaj üretim yöntemlerine göre viskoziteye etkisinin karşılaştırılması

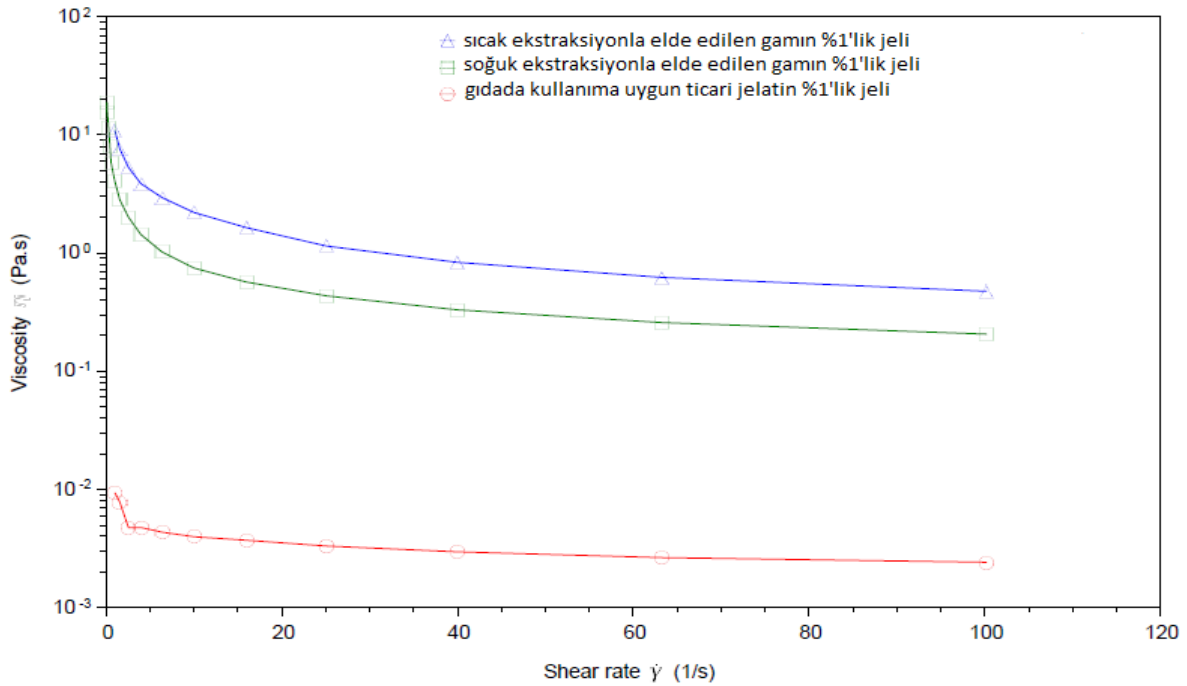
Şekil 3.11'de tohuma 1 dakika plazma uygulaması sonucu sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilaj jelinin soğuk ekstraksiyonla elde edilene göre viskozite özelliklerinin daha iyi olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 3.12. Chia tohumuna 2 dakika plazma uygulamasının musilaj üretim yöntemlerine göre viskoziteye etkisinin karşılaştırılması

Şekil 3.12'de tohuma 2 dakika plazma uygulaması sonucu sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilajın jelinin soğuk ekstraksiyonla elde edilene göre viskozite özelliklerinin daha iyi olduğu gözlemlenmektedir.

Şekil 3.13'te hem sıcak hem soğuk ekstraksiyonla üretilen musilajlardan hazırlanan %1'lik jellerin ticari olarak gıda amaçlı kullanılan jelatin ile kıyaslaması verilmiştir.



Şekil 3.13. Sıcak ve soğuk ekstraksiyonla üretilen musilajlar ile ticari olarak gıda amaçlı kullanılan jelatinden hazırlanan %1'lik jellerin viskozite karşılaştırması

Timilsena vd (2016) çalışmasında chia musilajından hazırlanan %0.5 (w/w)' lik jelin viskozite değerini 1,84 Pa.s olarak belirtmişlerdir. Bu değer, aynı konsantrasyonlarda hazırlanan guar musilaj, locust bean musilaj, tragacanth (ağaç sakızı), musilaj arabic ve musilaj ghattiyi içeren diğer gıda musilajlarından daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Parija, Misra ve Mohanty, 2001; Torio, Saez ve Merca, 2006). Chia musilajının oluşturduğu yüksek viskozite değerleri sulu ortamlarda moleküller arası zincir dolaşıklığı oluşturan 4-O-metil glukoronik asit varlığına bağlanmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda musilaj su solüsyonlarının kayma gerilimi değerleri kıvam katsayısı (K) ve akış davranış indeksi (n) değerlerini bulmak üzere Herschel-Bulkley modeline uyarlanmıştır (Çizelge 3.6). R^2 değerleri 0,98 ve 0,99 aralığında bulunması modelin akış davranışına tam uyduğunu göstermektedir. Kıvam katsayısının artması akışkanın daha viskoz özellik gösteriyor olduğunu ifade eder (Hussain vd., 2020; Tezel, 2018). Kıvam katsayısı olan K değerleri incelendiğinde sıcak ve soğuk metot için %1 'lik jellerde sırasıyla 0,352-13,628 ve 0,769-1,9282 değer aralıklarında olduğu görülmektedir. K değerinin en

yüksek tespit edildiği müsilağın, 2 dakika plazma uygulanan tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen müsilağ olduğu gözlenmiştir. Yield stres değeri ise (τ_0) liyofilizasyon ile üretilen müsilağların %1'lik jellerinde 1,446 ile 2,694 arasında iken, etüv kurutma ile elde edilen müsilağların %1'lik jellerinde 3,078 ile 12,08 arasında değişmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere sıcak ekstraksiyonla elde edilen müsilağların jellerinde hareketi sağlamak için uygulanması gereken minimum stres soğuk ekstraksiyonla elde edilenlere göre daha fazladır. Bu metotla elde edilen müsilağların daha viskoz özellik gösterdiğini ifade etmektedir. Model parametrelerinden olan akış davranış indeksi n ; bütün örneklerde 1 değerinin altında bulunmuştur. Bunda moleküler ağırlığı yüksek olan müsilağ hidrokolloidinin akış yönü doğrultusunda hizalanması ve konfigürasyon durumunun akış yönüne paralel hale gelerek akmaya karşı direncin azalması rol oynamaktadır. Tüm örneklerin akış davranış indekslerinin (n) 1'in altında olması, örneklerin shear thinning akış davranış özellik gösterdiğini ifade eder. Akış davranış indeksi azaldıkça akışkanların Non-Newtonian ve shear thinning davranışları artmaktadır (Tezel vd., 2019).

Çizelge 3.6. Herschel-Bulkley modeline uygun olarak elde edilen kıvam katsayısı (K), akış davranış indeksi (n), R^2 ve yield stress (τ_0) değerleri

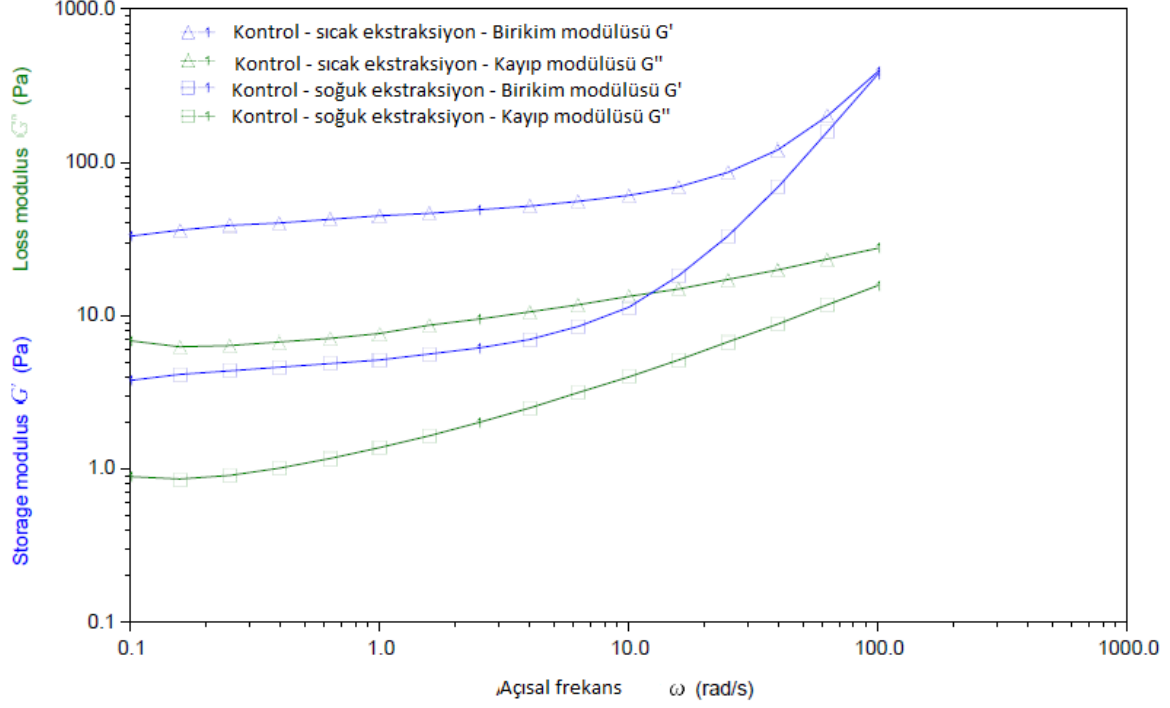
		K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	τ_0 (Pa)
Sıcak Ekstraksiyon	Kontrol	0,352	0,669	0,983	3,884
	30s	1,075	0,5532	0,996	3,078
	1 dak	11,429	0,367	0,998	4,849
	2 dak	13,628	0,419	0,999	12,08
Soğuk ekstraksiyon	Kontrol	0,769	0,597	0,996	2,440
	30s	1,199	0,452	0,989	1,606
	1 dak	1,255	0,566	0,998	1,446
	2 dak	1,9282	0,537	0,996	2,694

K : kıvamlılık indeksi; n : akış davranış indeksi; R^2 : saptama katsayısı, τ_0 : yield stress (akma gerilimi)

3.2.2.1.2 Viskoelastik Özellikler

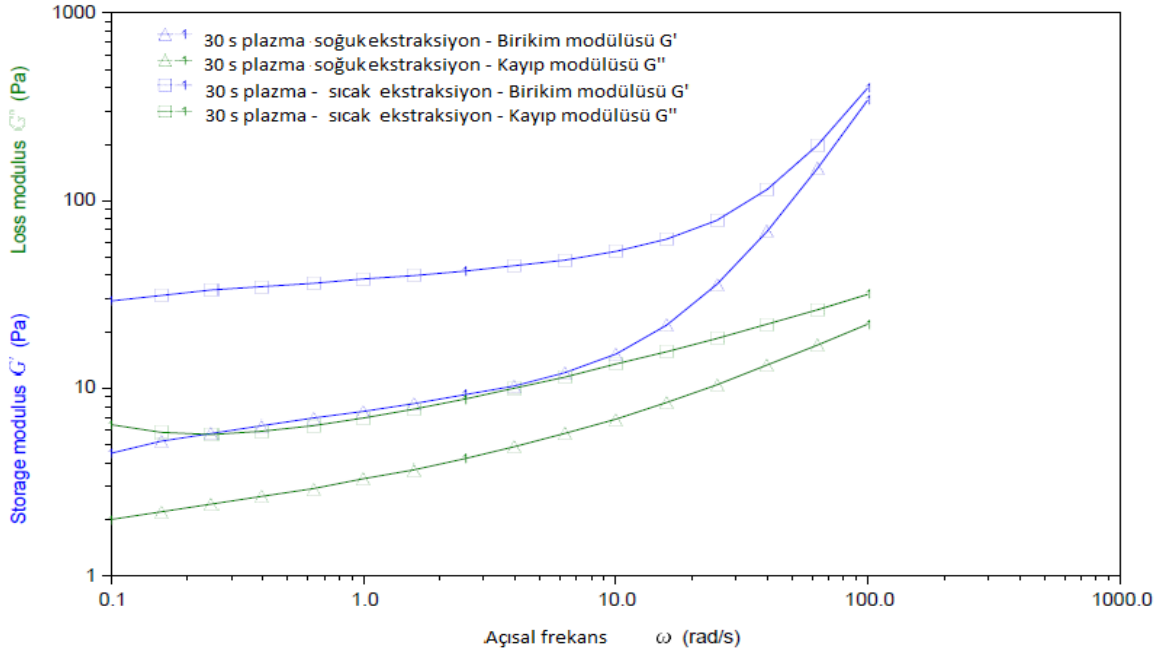
Kütüce %1 olacak şekilde hazırlanan jellerin viskoelastik özellikleri frekans tarama testiyle araştırılmış olup musilajın elde edildiği metoda göre G' ve G'' değerlerinin frekansa bağlı değişimi kontrol (plazma uygulanmayan tohumlardan elde edilen musilajlar) örnekleri için Şekil 3.14'te, sırasıyla 30 s, 1 dak ve 2 dak plazma uygulanan tohumlardan iki metotla elde edilen musilajların kütüce %1'lik jellerine ait reogramlar Şekil 3.15, Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'de verilmiştir. Bu testlerde, G' (birikim/storage modülü) değeri G'' (kayıp/loss modülü) değerinden yüksek çıkması halinde karışımın zayıf jel oluşturduğu bilinmektedir. Viskozite değerleri 20 ila 60 °C aralığında sıcaklık tarama testine tabi tutulmuş ve sonuçlar Şekil 3.18'de verilmiştir.

Şekil 3.14'te görüldüğü üzere her iki metotla elde edilen musilaj jellerinde de G' değeri G'' değerinden yüksek çıkmıştır bu durum her iki örnek için de jel yapma kabiliyetlerinin iyi olduğunu göstermektedir. Burada sıcak metotla elde edilen G' ve G'' değerlerinin soğuk metotla elde edilen musilaja ait G' ve G'' değerlerinden yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumda sıcak metotla ekstrakte edilen musilajdan hazırlanan jel daha kuvvetlidir. Ancak, G' değeri frekansla çok arttığı için plazma uygulaması soğuk metotla elde edilen musilajda daha zayıf jel oluşumuna sebep olmuştur. Hem G' hem de G'' değerleri artan frekansla artmıştır.



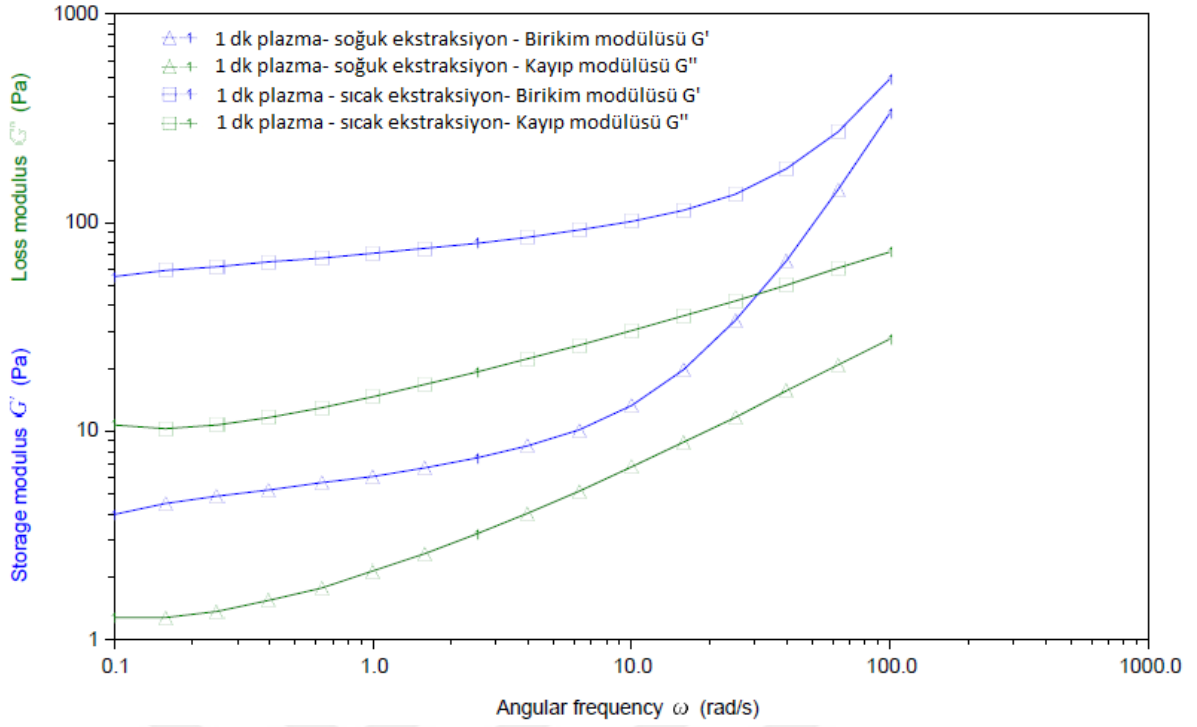
Şekil 3.14. Plazma uygulanmamış tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerinin 0,1-100 rad/s açısal hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri

Şekil 3.15'te 30 saniye plazma uygulanan chia tohumlarından sıcak ve soğuk ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen musilajlara ait %1'lik jellerin G' (birikim modülüs) ve G'' (kayıp modülüs) değerlerinin frekansa bağlı değişimi verilmiştir. Benzer şekilde G' değeri G'' değerinin üzerinde çıkmıştır ve musilajın zayıf jel oluşturduğu söylenebilir. Bunun yanında sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilajlara ait modülüs değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Tohuma 30 s plazma uygulamasının ardından sıcak metotla elde edilen musilajdan hazırlanan jelin soğuk metotla elde edilene göre daha kuvvetli olduğu gözlemlenmektedir.



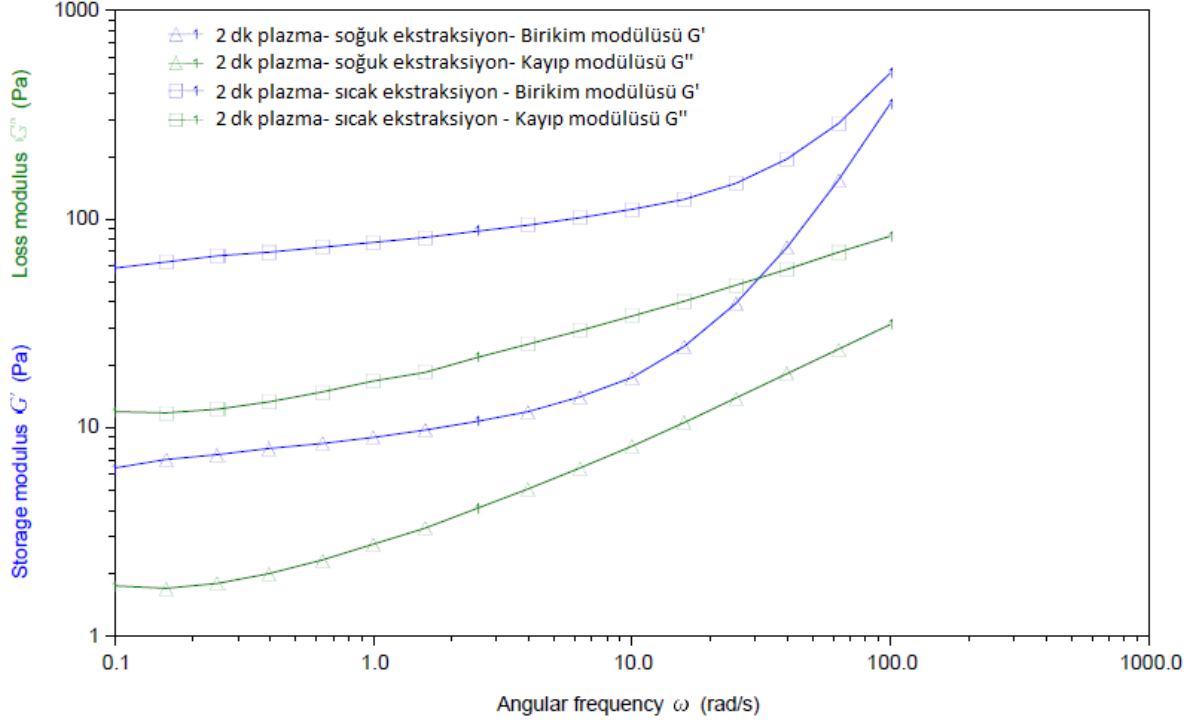
Şekil 3.15. 30 saniye plazma uygulanan tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerin 0,1-100 rad/s açısal hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri

Şekil 3.16'da 1 dakika plazma uygulanan chia tohumlarından sıcak ve soğuk ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen musilajlara ait %1'lik jellerin G' (birikim modülüs) ve G'' (kayıp modülüs) değerlerinin frekansa bağlı değişimi verilmiştir. Benzer şekilde G' değeri G'' değerinin üzerinde çıkmıştır ve musilajın zayıf jel oluşturduğu söylenebilir. Bunun yanında sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilajlara ait modülüs değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcak metot musilajlarının daha güçlü jel oluşturma kabiliyetine sahiptir. Bununla birlikte liyofilizasyonla elde edilen musilaj jellerinde G' daha fazla artış gösterdiği için daha zayıf jel elde edildiğini ifade etmektedir.



Şekil 3.16. 1 dakika plazma uygulanan tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerin 0,1-100 rad/s açısal hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri

Şekil 3.17'de 2 dakika plazma uygulanan chia tohumlarından sıcak ve soğuk ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen musilajlara ait %1'lik jellerin G' (birikim modülüsü) ve G'' (kayıp modülüsü) değerlerinin frekansa bağlı değişimi verilmiştir. Benzer şekilde G' değeri G'' değerinin üzerinde çıkmıştır ve musilajın elastik özelliği iyi, yani zayıf jel oluşturduğu söylenebilir. Bunun yanında sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilajlara ait modülüs değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcak metot musilajlarının daha güçlü jel oluşturma kabiliyeti olmuştur. Bununla birlikte liyofilizasyonla elde edilen musilaj jellerinde G' daha fazla artış gösterdiği için daha zayıf jel elde edildiğini ifade etmektedir.



Şekil 3.17. 2 dakika plazma uygulanan tohumlardan sıcak ve soğuk metotla üretilen musilajların %1'lik jellerin 0,1-100 rad/s açıl hız aralığındaki birikim ve kayıp modülüs eğrileri

Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'ye bakıldığında plazma uygulanmamış tohumlardan ile 30 saniye, 1 dakika ve 2 dakika sürelerde plazma uygulanan tohumlardan elde edilen musilajların %1'lik jellerinin hepsinde frekansla birlikte G' değerinin G'' değerinden fazla olması musilajın jel yapma kabiliyetinin iyi olduğunu göstermektedir. Frekansa bağlı olarak G' değerinin çok fazla artması zayıf jel anlamına gelmektedir. Buna göre, sıcak metotla oluşturulan jel frekansla birlikte diğer metot kadar artış göstermediği için daha kuvvetlidir. Bununla birlikte liyofilizasyonla elde edilen musilaj jellerinde G' daha fazla artış gösterdiği için daha zayıf jel elde edildiğini ifade etmektedir. Ayrıca grafiklerden plazma uygulamasının soğuk metotla elde edilen musilaja daha fazla zarar verdiği ve daha zayıf jel oluşumuna neden olduğu yorumu yapılabilir.

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler üssel modele (Denklem 2.6) uyarlanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.7'de verilmiştir. R^2 değerleri 0,904 ve 0,991 aralığında bulunmuştur. K' değerinin en yüksek tespit edildiği musilajın 2 dakika plazma uygulanan tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj olduğu tespit edilmiştir. Bu durum bu karışımda elastiki yapının daha iyi sağlandığının göstergesidir.

Çizelge 3.7. Farklı kurutma yöntemleriyle elde edilen musilajların %1'lik jellerinde birikim ve kayıp modülüs parametrelerine olan etkisi

Kurutma yöntemi	Plazma uygulama süreleri	G'			G''		
		K'	n'	R^2	K''	n''	R^2
	Kontrol (plazma uygulanmamış)	44,64	0,1221	0,9918	8,3364	0,1635	0,9041
Sıcak ekstraksiyon	30s	38,60	0,12	0,9878	7,4646	0,214	0,9438
	1 dak	72,50	0,1253	0,9878	15,715	0,244	0,9563
	2 dak	78,60	0,1331	0,9925	17,796	0,2405	0,9584
	Kontrol (plazma uygulanmamış)	5,628	0,2074	0,9072	1,5428	0,345	0,9488
Soğuk ekstraksiyon	30s	3,79	0,239	0,9816	3,4312	0,2622	0,9866
	1 dak	4,6954	0,2618	0,9431	1,9233	0,4176	0,9657
	2 dak	9,5637	0,1961	0,9516	3,0833	0,3559	0,9524

G' : birikim modülüs; G'' : kayıp modülüs; R^2 : saptama katsayısı

Özetle, tüm örnekler için artan frekansla birlikte hem G' hem de G'' değerleri artmıştır. Örneklerin tümünde G' değeri G'' değerinden yüksek olduğu için zayıf jel özellik göstermiştir. Müsilaj elde edilmesinde kurutma işlemindeki farklılıklar jel özelliklerinde farklılıklar yaratmıştır.

Brütsch vd (2019) çalışmalarında etüv kurutma, dondurarak kurutma ve rotary evaporasyonla kurutma olmak üzere 3 farklı kurutma yöntemi kullanarak chia müsilajı elde etmişler ve liyofilizasyonla elde edilen müsilajların jellerinde ağ yapının stabilitesinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Liyofilizasyon ile elde edilen müsilajlarda donma sırasında oluşan su kristalleri jelin ağ yapısında kararlılığın azalmasına sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde çalışmamızda etüv kurutma ve liyofilizasyon yöntemlerinin SAOS analizleri sonuçlarında yarattığı farklılıkların bir sebebi olarak bu durum değerlendirilebilir.

Brütsch vd (2019) çalışmalarında etüv kurutma, dondurarak kurutma ve rotary evaporasyonla kurutma metotları ile elde ettikleri musilajların %2'lik jellerinin viskoelastik özelliklerini incelemişler, kurutma yönteminden bağımsız olarak her bir rehidrate örneğin viskoelastik özellik gösterdiğini ifade etmişlerdir. G' ve G'' değerlerinin yüksekten aza doğru sıralanışı dondurarak kurutma, rotary evaporasyon, etüv kurutma ile elde edilen musilaj jellerine ait olduğunu belirtmişlerdir. Düşük frekans değerlerinde G' değeri her örnek için G'' dan yüksek çıkmıştır. Bu durum örneklerin zayıf jel özelliği gösterdiğini ifade etmektedir. Hem G' hem de G'' artan frekansla artmış ve bir noktada G'' G' değerinden yüksek değerler almaya başlamıştır. G'' değerinin G' değerini geçtiği çakışma noktaları evaporasyon, dondurarak kurutma ve etüv kurutma için sırasıyla 1rad/s, 5rad/s ve 11 rad/s' dir. En yüksek çakışma noktası etüv kurutmada gözlemlenmiştir. Dolayısıyla en stabil jel yapısı bu örnekte olduğu söylenebilir.

Bunun yanında bu çalışma sonuçlarında etüv kurutma musilaj jellerinin G' değerinin dondurarak kurutma musilaj jelinden yüksek olması çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlardan farklılık göstermektedir. Buradaki farklılığın etüv kurutma ile elde edilen musilajın 1:20 oranında sulandırılan tohumlardan elde edilirken, çalışmamızda bu oranının 1:100 olmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Araştırmacılar musilaj elde edilme yöntemlerinin musilajın fonksiyonel özelliklerinde farklılıklar yarattığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre tohumun sulandırma oranının da musilaj fonksiyonelliğini etkileyebilmekte olduğu görülmektedir.

Plazma uygulamasının modifikasyonda etki mekanizması birkaç yolla olabilmektedir (Zou vd., 2004). Bunlar;

- Plazma üretimi için aktif veya soy gazların kullanımıyla oluşan serbest radikaller, çapraz bağlanmaya ve daha sonraki reaksiyonlar için aktif bölgelerin oluşumuna yol açabilir.
- Depolimerizasyon gerçekleşebilir. (Su moleküllerinden kopan OH* radikalleri ile oksijen gazından oluşan OH radikalleri glikozidik bağları koparabilir.)
- Depolimerize olmuş zincirler kendi aralarında çapraz bağlanma yapabilirler.
- Plasma etching: yüzey enerjisi artar, materyalin hidrofilik doğası artabilir, böylece polimere hidrofilik kısımlar dahil olabilir.
- Plazmanın oluşturduğu reaktif türlerle polimer etkileşimi sonucu yapıya fonksiyonel gruplar dahil olabilir.

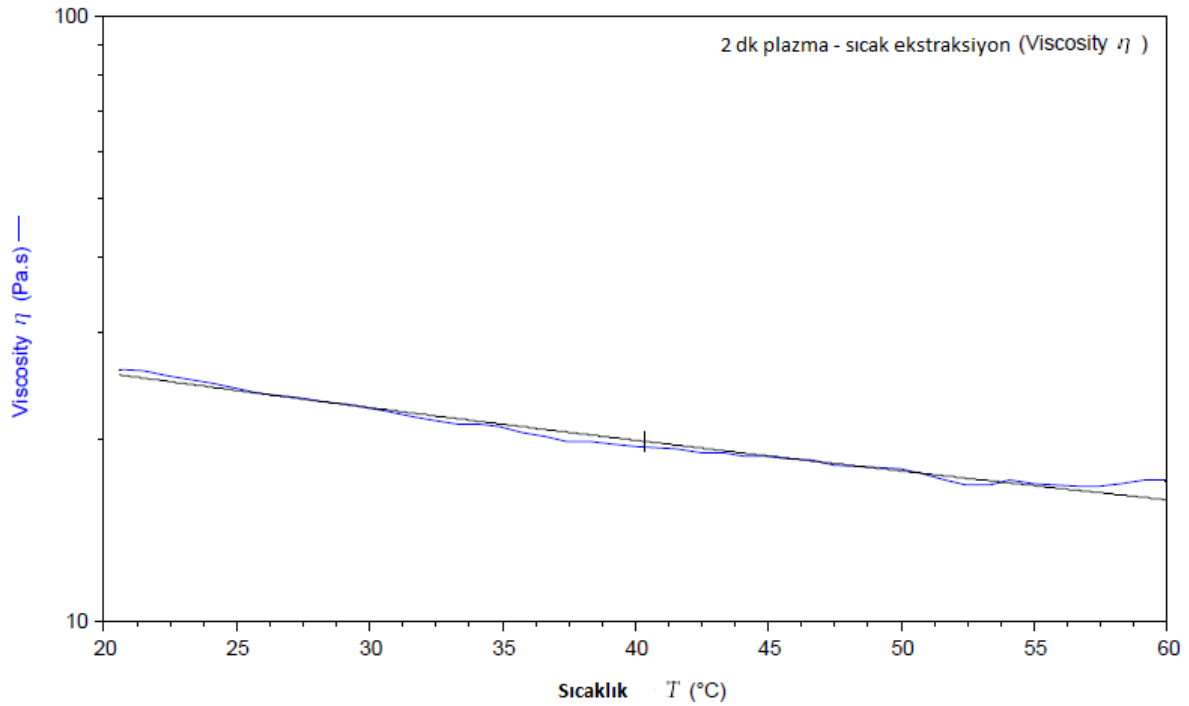
Bunun yanında Argon gazı ile plazma uygulaması sonucu modifikasyonun gerçekleşmesi şu yollarla olabilir:

- Argon plazma uygulanır.
- Plazma çok miktarda yüksek enerjili elektron üretir.
- Elektronlar Argon atomlarıyla etkileşir ve onları hareketli (Ar- , Ar*) kılar.
- Enerjisi yüksek Ar* ile enerji transferi başlar, hidroksil grubundaki H atomuna enerji transferi olur, alfa-D-Glukoz ünitelerindeki OH grupları dehidrate olur ve su açığa çıkarak çapraz bağlanmalar gerçekleşir.
- Ar* ve ortam neminin plazma etkisinden gelen H₂O₂, OH⁻, H₂O⁺, H₃O⁺, O₂⁻ (süperoksit anyonu) ile depolimerizasyon ve oksidasyon gerçekleşebilir.

Wongsagonsup vd. (2014) çalışmalarında işlem görmemiş nişasta ve pişirilmiş nişastaya plazma uygulamışlar, G'[>]G'' (kuvvetli jel) sonuç veren örneklerde plazma etkisiyle ağırlıklı çapraz bağlanma etkisinin olabileceğini ifade etmişler, G''[>]G' sonuçlarının alındığı örneklerde ise ağırlıklı olarak plazmanın depolimerizasyon etkisinin olabileceğini ifade etmişlerdir.

Buna göre, çalışmamızda viskozitenin plazma uygulaması ile artması, plazma etkisiyle baskın olarak polimerler arası çapraz bağlanmaların bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda sıcak ve soğuk ekstraksiyon sonuçlarına göre, sıcak ekstraksiyon musilajlarının daha kuvvetli jel oluşturması sıcak ekstraksiyon jellerinde plazmanın depolimerizasyon etkisinden daha çok çapraz bağlanmaların gerçekleşmiş olmasıyla açıklanabilir.

En iyi vikoelastik sonuçların alındığı 2 dakika plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen müsülajda viskozite değerlerinin 20 °C ile 60 °C arasında değişiminin gözlemlendiği çalışma Şekil 3.18’de verilmiştir. Buna göre sıcaklık arttıkça viskozitenin azaldığı fakat bu azalmanın hafif bir şekilde olduğu görülmektedir. Viskozite değerinin 20 °C ‘de en yüksek olduğu, sıcaklık artışıyla birlikte azaldığı, en düşük değerine 60 °C ‘de ulaştığı görülmektedir. Buna göre musilajda viskozite parametresinin sıcaklığa bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sebebi sıcaklık artışıyla birlikte jelde termal degradasyonların gerçekleşmesine bağlanabilir (Abbes vd., 2015). Viskozite değerlerinin Arrhenius modeline (Denklem 2.13) uyarlanmasıyla elde edilen A sabiti 0,4568; R² değeri ise 0,98’dir.



Şekil 3.18. En iyi sonuçların alındığı 2 dakika plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilajda viskozitenin sıcaklıkla değişim eğrisi

3.2.2.2 LAOS (Large Amplitude Oscillatory Shear)

Son yıllarda üretim prosesi sırasında gerçekleşen yüksek deformasyonlara karşı reolojik davranışın karakterize edilebilmesi için LAOS çalışmalarına yoğunlaşmaya başlanmıştır. Literatürde chia musilajından hazırlanan jellerin doğrusal olmayan viskoelastisitesi üzerindeki etkileri belirlenmemiş ve gerinime karşı elde edilen stres dalga formunda meydana gelen değişiklikler tespit edilmemiştir. Bunun yanında lineer bölgede

viskoziteyi arttıran atmosferik plazma uygulamasının lineer olmayan bölgede yarattığı etki araştırılmamıştır. Elde edilen veriler gıdalarda kıvam artırıcı, stabilize edici ajan olarak kullanımı mümkün olabilecek chia musilajının kullanımında önemli bilgiler sağlayacaktır.

Şekil 3.19 ve Şekil 3.20 'de sırasıyla soğuk ve sıcak metotla elde edilen musilajlardan hazırlanan %1'lik jellerin gerinim noktalarına karşılık elastik (G') ve viskoz (G'') modülüs değerlerinin değişimine ait grafikler verilmiştir. Bu grafiklere göre hepsinde G' değeri G'' dan yüksek çıkmıştır. Jeller ilk başta elastik özellik gösterirken yüksek deformasyonlarda belli bir strain değerinden sonra G'' değerleri G' değerlerinden yüksek olmuştur. Bu da jellerin bir süre sonra viskoz özelliklerinin baskın geldiğini göstermektedir. Bu çakışma noktalarındaki strain değerleri soğuk ekstraksiyon musilajlarında kontrol, 30 s, 1 dak ve 2 dak plazma uygulanmış tohum musilajlarının %1 lik jelleri için sırasıyla 54; 15,2; 15,2 ve 28,6'dır. Benzer şekilde G' ve G'' eğrilerinin çakışma noktalarındaki strain değerleri sıcak ekstraksiyon musilajlarında kontrol, 30 s, 1 dak ve 2 dak plazma uygulanmış tohum musilajlarının %1 lik jelleri için sırasıyla 11; 11; 8,04 ve 15,2'dir. Çakışma noktası gıda polimerleri arasında moleküler bağlanmaların kopmaya başladığı nokta olarak değerlendirilebilir. Buna göre soğuk ekstraksiyon müsilaj jelleri daha yüksek strain değerlerine daha dayanıklıdır denebilir.

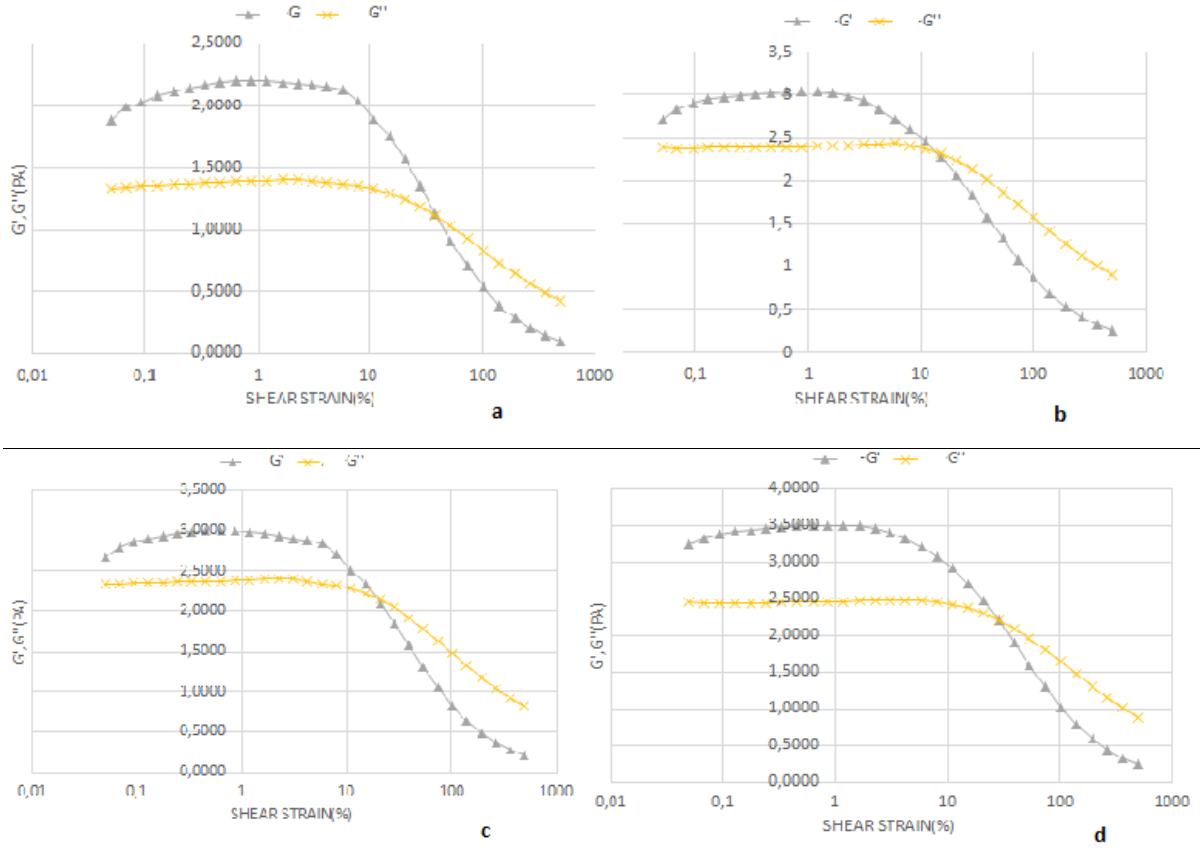
Grafiklere bakıldığında tüm örnekler Gerinim incilmesi (strain thinning) reolojik davranışı göstermektedir. Bu davranış süspansiyonlar ve biyopolimer çözeltileri için tipiktir. Zayıf moleküler etkileşimlerin bir sonucudur ve genellikle karmaşıklıkların oluşabileceği zayıf ilişkili sistemler için gözlemlenir. Büyük genliklerin varlığı deformasyonlara ve oluşturulan yapının tahrip olmasına ve agrega parçacıklarının akış yönüne uygun olarak yeniden şekillenmesine neden olur (Yıldırım-Maviş, 2019).

Örnekler SAOS bölgesinde yeteri kadar deforme olmadığı için elastik karakterleri baskın gelmiştir. Bundan farklı olarak yüksek gerinim değerlerinde G' değeri G'' değerine yaklaşmıştır. G'' değerinin G' değerinin üzerine çıktığı strain noktası soğuk ekstraksiyon örneklerinde %54 ile en yüksek kontrol örneğinde olmuştur. Bunun diğerlerinden yüksek olmasının nedeni kontrol örneğinin salınım akışına diğerlerinden daha yüksek direnç göstermesi olabilir. Sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilajlarda G' değerinin G'' değerleri ile çakıştığı strain noktası %15,2 ile en yüksek strain değeri 2 dakika plazma uygulanan tohum musilajında olmuştur. Bu durumda soğuk ekstraksiyonla üretilen musilajların LAOS bölgesinde deformasyona uğraması daha yüksek gerinim değerlerinde olmaktadır.

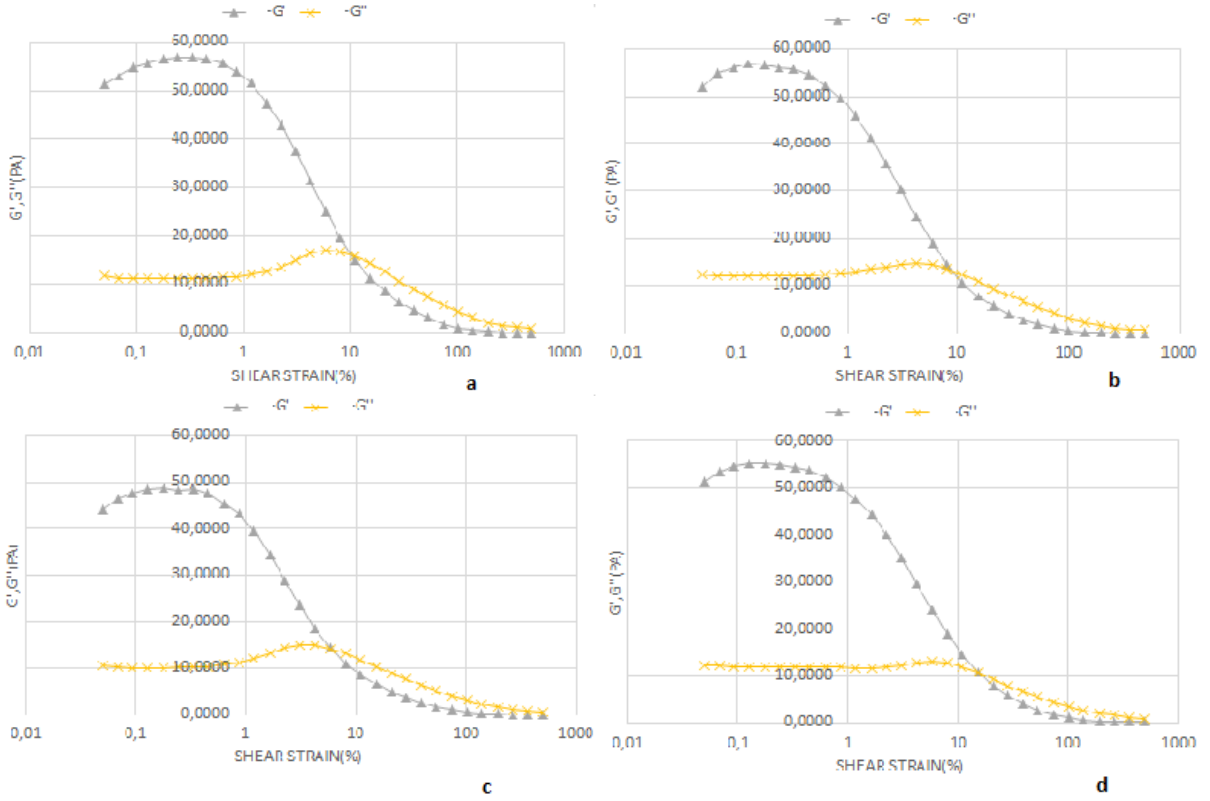
Plazma uygulamasının musilajlar üzerindeki etkisinde SAOS ve LAOS analizleri için farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Plazma uygulaması tüm musilajların lineer viskoelastik bölgede viskozitelerini arttıran etki yapmıştır. Lineer bölgede sıcak ekstraksiyon musilajlarının soğuk ekstraksiyon musilajlarından daha güçlü jel yapma kabiliyeti olmuştur. Lineer olmayan viskoelastik bölgede ise soğuk ekstraksiyon kontrol örneğinin deformasyona en dayanıklı örnek olduğu tespit edilmiştir. Plazma uygulaması musilajın LAOS bölgesindeki davranışını etkilemiş ve deformasyona dayanıklılığını azaltmıştır.

Sıcak ekstraksiyon musilajlarından hazırlanan jellerin lineer viskoelastik alanları soğuk ekstraksiyonla hazırlanan musilajlarınkiler göre daha kısadır. Sıcak ekstraksiyon musilajlarında lineer viskoelastik alan %1,2-%1,7 gerinim değerleri arasında son bulmaktayken, soğuk ekstraksiyonda %8,04-%11 gerinim değerleri arasında son bulmaktadır. Bu durum musilajların üretildiği metoda bağlı olarak lineer bölgenin farklı gerinim değerlerinde sonlanacağına dair bilgi vermektedir. G' ve G'' a ait keskin düşüş değerlerinin görülmesi akışkanın güçlü gerinime bağlı olarak yapısal değişiklikler yaşamasını ifade eder. Daha uzun lineer viskoelastik bölge, moleküller arası kuvvetler ve polisakkarit zincirler arasındaki dolanma ve çekici kuvvetler tarafından oluşturulan daha elastik ve esnek yapısal ağ ile ilgilidir (Guerrero vd, 1998). Bu durumda SAOS analizlerinde daha az viskozite, G' ve G'' değerleri sergileyen soğuk ekstraksiyon musilajları LAOS bölgesinde sıcak ekstraksiyona kıyasla daha elastik yapı sergilemişlerdir. Ayrıca bu veriler üretim metoduna bağlı olarak lineer bölgenin farklı gerinim değerinde sonlanabileceğini ifade etmektedir.

Sıcak ekstraksiyon musilajlarında LAOS analizlerinde G' değerlerindeki keskin düşüşler, kısa lineer viskoelastik bölge, soğuk ekstraksiyon musilajlarında G' ve G'' değerlerindeki hafif eğim ve daha uzun lineer viskoelastik bölge üretim metodlarının musilajlarda yapısal farklılıklara sebep olduğunu doğrulamaktadır. Plazma uygulaması her üretim metodu kendi içinde değerlendirildiğinde elastik ve viskoz grafiklerin alanlarında belirgin değişiklikler yaratmazken, lineer viskoelastik alanın sonlandığı gerinim değerlerinde farklılıklar gözlemlenmiştir.



Şekil 3.19. Chia müsilağı jellerinin gerinim noktalarına karşı elastik modülüs (G') ve viskoz modülüs (G'') değerlerinin değişimi. Soğuk ekstraksiyonla üretilen müsilağların %1'lik jelleri a) kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma



Şekil 3.20. Chia müsilağı jellerinin gerinim noktalarına karşı elastik modülüs (G') ve viskoz modülüs (G'') değerlerinin değişimi. Sıcak ekstraksiyonla üretilen müsilağların %1'lik jelleri a) kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma

Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de müsilağlara ait Lissajous-Bowditch eğrileri verilmiştir. Burada üst sırada verilen eğriler elastik bileşene, alt sıra eğrileri viskoz bileşene aittir. Bu çalışmada farklı gerinim değerlerindeki tepkilere ait eğriler farklı renklerle ifade edilmiştir.

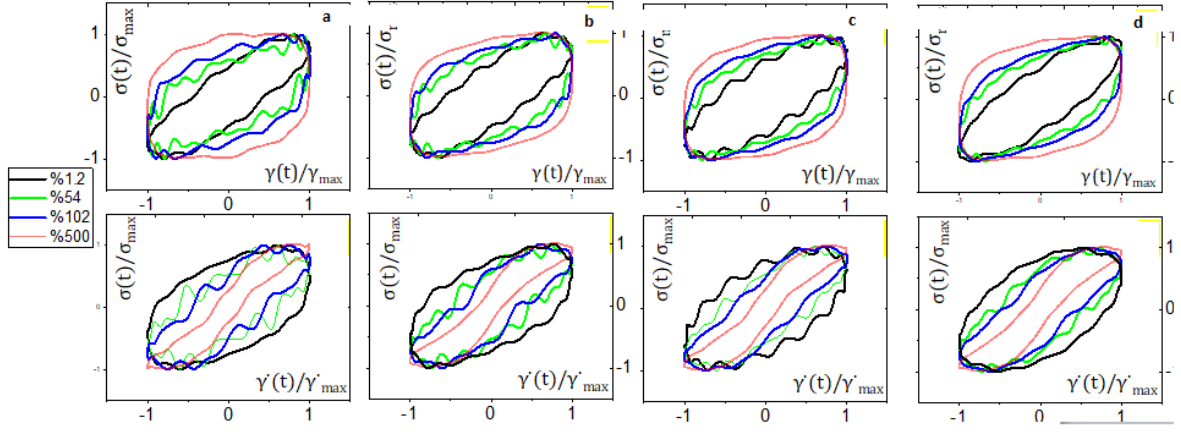
Çizilen grafiklerde eğriler, gerilim-gerinim düzleminde gerilimin elastik bileşeni, ve gerilim-gerinim oranı düzleminde gerilimin viskoz bileşeni göstermektedir (Hyun vd., 2011). Üst sırada görülen halkalar orijine ne kadar yakınsa örnek o kadar elastik özellik göstermekte, halka ne kadar genişlerse örnek o kadar viskoz özellik göstermektedir. Gerilim-gerinim düzleminde dar eliptik şekiller, Gerilim-gerinim oranı düzleminde ise dairesel şekiller lineer viskoelastik bölgeyi ifade eder. Şekillerden görüldüğü üzere düşük gerinim değerlerinde üst sırada (elastik bileşen) halkalar daha elips şeklinde ve kapalıyken, gerinim değeri arttıkça halkalar açılmakta ve viskoz özellik baskın hale gelmektedir. Elastik bileşenin enerji alanının daha fazla alan içine yayılması viskoz karakterin arttığını gösterir (Yıldırım-Maviş, 2019). Elastik perspektifteki döngüler ne kadar geniş ve kalın olursa, akış sırasında harcanan enerji o kadar yüksek olur ve sonuç olarak, geri dönüşü olmayan yapı bozulmasını düşündüren daha

viskoz davranışlar ortaya çıkar. Ağ daha zayıf olduğunda, bu geçiş daha erken gerçekleşir ve bu nedenle Lissajous eğrileri daha geniş ve daha şişman hale gelir. Bu aynı zamanda belirli malzemenin yapısına iletilen enerjinin önemini de göstermektedir. Enerji miktarı ne kadar büyük olursa, ağ ve yapı bozulması o kadar büyük olur (Yazar vd, 2017). Bu durumda soğuk ekstraksiyonda 2 dakika plazma uygulanan tohum musilajı en geniş eliptik yörüngeler içerdiğinden en az elastik özelliğe sahip viskoelastik davranış sergilemektedir. Sıcak ekstraksiyonla elde edilen eğrilerin alanlarının birbirlerine çok yakın değerlerde olduğu anlaşılmıştır. Bu durumda, gerinim değeri arttıkça yapı elastik özelliği azalır viskoz özellik göstermeye başlamıştır.

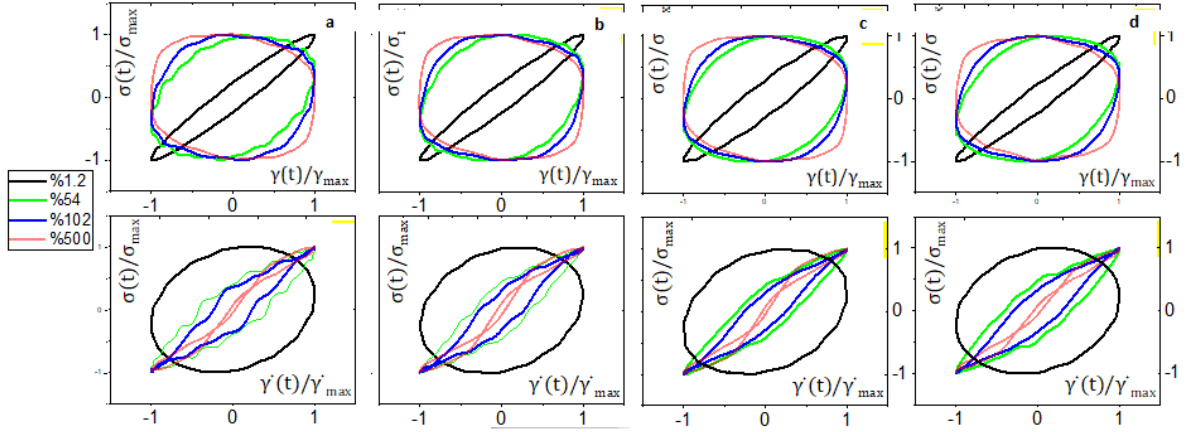
Plazma uygulanmış tohumların kontrole oldukça benzemesi yapıda önemli bir değişiklik olmadığını ifade edebilir. Siyah çizgilerle gösterilen %1,2 gerinim değerine ait elipslerin orijine oldukça yakın ve düzgün olması bu strain değerinde yapının iyi bir elastik özellik gösterdiğini ifade ederken, gerinim değeri %54 ve üzerindeki değerlerde genişleyen elipslerle yapı gittikçe az elastik özellik göstermeye başlamıştır.

Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de görüldüğü üzere genel olarak elastik ve viskoz özelliklerin temsil edildiği halkalar artan soğuk plazma uygulaması ile daha düzgün eliptik hal almaktadır. Bu durum jel kuvvetinin plazma uygulaması ile daha kuvvetli hale geldiğini göstermektedir.

Lissajous eğrileri ayrıca musilaj örneklerinin hem elastik hem de viskoz bileşenlerinin gerilime güçlü bir şekilde bağlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.21. Soğuk ekstraksiyon müsilağlarının %1'lik jellerinin elastik (üst sıra) ve viskoz (alt sıra) bileşenine ait Lissajous-Bowditch eğrileri. a) Kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma



Şekil 3.22. Sıcak ekstraksiyon müsilağlarının %1'lik jellerinin elastik (üst sıra) ve viskoz (alt sıra) bileşenine ait Lissajous-Bowditch eğrileri. a) Kontrol, b) 30 s plazma, c) 1 dak plazma, d) 2 dak plazma

3.2.3. Chia Musilağı Jellerinde Renk Analizi Sonuçları

Renk, tüm maddelerde olduğu gibi gıdalarda da fikir sahibi olunmasında ilk özelliktir. Gıdaların besin değeri ve diğer özellikleri ne kadar üstün olursa olsun eğer rengi beğenilmiyorsa tercih edilmeme nedeni olup, gıdanın lezzeti, besin değeri ve kalitesiyle ilişkilendirilmektedir.

L, a, b renk sistemi üç koordinat düzeneğinden oluşmaktadır. L koordinatı rengin açıklık, parlaklık değerini tanımlar. L* değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında olup a koordinatları kırmızı (+a) / yeşil (-a) ve b koordinatları ise sarı (+b) / mavi (-b) eksenlerindeki

pozisyonları temsil etmektedir (Erdoğdu, 2019). Soğuk ve sıcak ekstraksiyon metotlarından elde edilen musilajların %1'lik jellerine ait renk istatistik sonuçları Çizelge 3.8, Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10'daki gibidir.

Çizelge 3.8. Soğuk ve sıcak metotla elde edilen %1'lik jellerin renk analiz sonuçları

Örnek	L* değeri	
	Soğuk ekstraksiyon	Sıcak ekstraksiyon
Chia tohumu musilajının %1'lik jeli (Kontrol)	89,89±0,07a	77,17±0,04a
30 s plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	86,97±0,02b	75,24±0,01b
1 dakika plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	81,3±0,02c	56,07±0,01c
2 dakika plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	76,16±0,01d	52,59±0,01d

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ($p < 0,05$; $n=3$)

Çizelge 3.8'deki değerlere bakıldığında ortalamalar arası farklar önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). CIE L*,a*,b* renk sisteminde L* değeri ile rengin parlaklığı (siyah (0) ve beyaz (100)) ifade edilmektedir (Çelik ve Çakmakçı, 2020). Plazma uygulanan tohumlarda genel olarak L* değerinin (parlaklık) plazma uygulama süresiyle doğru orantılı olarak düştüğü gözlemlenmektedir. Plazma uygulanmayan tohumda en yüksek L* değeri gözlemlenirken en düşük L* değeri ise 2 dakika plazma uygulaması yapılan tohum musilajından elde edilen jelde gözlemlenmiştir. Soğuk ekstraksiyon metodundan elde edilen musilaj jellerinde en yüksek L* değeri 89,89 ile plazma uygulanmamış tohum musilajından elde edilen jelde, en düşük L* değerinin ise 76,16 ile 2 dakika plazma uygulanan tohum musilajından elde edilen jelde olduğu görülmüştür. Plazma uygulaması sonrası elde edilen musilaj jellerinin L* değerlerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu görülmüştür. Benzer şekilde sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilaj jellerinde plazma uygulama süresi arttıkça L* değerinin azaldığı görülmüştür. Bu metotla elde edilen musilajlarda plazma uygulanan tohumlardan elde edilen musilaj jellerinin L* değerlerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğu görülmüştür. Sıcak

ekstraksiyon ile elde edilen musilaj jellerinde en yüksek L*değeri 77,17 ile plazma uygulanmamış tohum musilajından elde edilen jelde, en düşük L* değeri ise 52,59 ile 2 dakika plazma uygulanan tohumlardan elde edilen musilaj jeline olduğu görülmüştür. Kullanılan iki musilaj elde etme yöntemine bakılacak olursa hem plazma uygulanmamış hem de uygulanmış tohumların musilaj jellerinde L* değerlerinin soğuk ekstraksiyon metodunda daha yüksek olduğu görülmüştür. Soğuk ekstraksiyon metodundan elde edilen musilaj jellerinin parlaklık değerlerinin sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj jellerinden daha parlak olduğu, ayrıca tohuma uygulanan plazma işleminin L*değeri açısından sıcak ekstraksiyonla üretilen musilaja göre daha az etkilendiği görülmektedir.

Sıcak ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen musilajların soğuk ekstraksiyonla elde edilene göre L* değerinin daha düşük olması ve her iki metotla elde edilen musilajların plazma uygulama süreleri arttıkça L* değerinde gözlemlenen azalma yani elde edilen jellerde beyazdan kahverengiye dönen renkler gözlemlenmesi uygulamalarda artan sıcaklıklarla ilgilidir. Plazma uygulaması arttıkça uygulama sırasında ısı açığa çıkarken, sıcak ekstraksiyonda da tohum 80°C sıcaklığa maruz bırakılmaktadır. Bu durum artan sıcaklıkla beraber enzimatik esmerleşme ile polisakaritlerin özelliklerinin etkileniyor olmasına bağlanabilir (Hussain vd, 2020; Qian vd, 2012).

Çizelge 3.9. Soğuk ve sıcak metotla elde edilen %1'lik jellerin renk analiz sonuçları

Örnek	a değeri	
	Soğuk ekstraksiyon	Sıcak ekstraksiyon
Chia tohumu musilajının %1'lik jeli	0,17±0d	1,07±0,01d
30 s plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	0,37±0c	3,03±0,03c
1 dakika plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	1,23±0,01b	4,3±0b
2 dakika plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	1,83±0,03a	5,04±0,01a

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir. ($p < 0,05$; $n=3$)

Çizelge 3.9'daki değerlere bakıldığında ortalamalar arası farklar önemli bulunmuştur ($p<0,05$). CIE L*,a*,b* renk sisteminde a* değeri ile kırmızılık (+60) ve yeşillik (-60) ifade edilmektedir (Çelik ve Çakmakçı, 2020). Elde edilen tüm a* değerlerinin pozitif olduğu, buna göre kırmızılık değerini ifade ettiği söylenebilir. Her iki metotla üretilen musilajlardan hazırlanan jellerde a* değerinin (bu ölçümlerde kırmızılık değeri) plazma uygulaması ile birlikte süreyle doğru orantılı şekilde arttığı görülmüştür. Her iki metotla üretilen musilaj jellerinde a* değeri plazma uygulanmamış tohumlardan (kontrol) elde edilen musilaj jellerinin plazma uygulamasıyla elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Soğuk ekstraksiyon metoduyla elde edilen musilaj jellerinde a* değeri 0,17 ile kontrol grubunda en küçük, 1,83 ile ise 2 dakika plazma uygulanmış tohumda en yüksek olduğu görülmektedir. Benzer şekilde sıcak ekstraksiyon ile üretilen musilajların jellerinde a* değeri 1,07 ile plazma uygulanmamış tohum musilajından hazırlanan jelde en küçük değerini alırken 5,34 ile 2 dakika plazma uygulanan tohum musilajı jeline en yüksek değerini almıştır. Her iki metotla üretime bakıldığında hem soğuk hem sıcak ekstraksiyon musilajlarında a* değerinin plazma uygulaması ile birlikte arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak önemli bulunduğu görülmekteyken ($p<0,05$), soğuk ekstraksiyon metotundan elde edilen tüm örnekler için musilaj jellerinin sıcak ekstraksiyon metotundan elde edilen tüm örnekler için musilaj jellerinden daha düşük a* değerine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca kontrol gruplarındaki a* değerlerinin soğuk metot jeli için 0,17; sıcak metot için ise 1,07 olduğu görülürken; 2 dakika plazma uygulaması sonucu elde edilen musilajların jellerinde a* değerleri sırasıyla 1,83 ve 5,34 olduğu görülmektedir. Her iki metotla elde edilen musilaj jellerinden a* değerinin arttığı gözlemlense de, elde edilen verilere göre soğuk metotla elde edilen musilaj jellerinin sıcak metotla elde edilen musilaj jellerine göre plazma uygulamasından daha az etkilendiği görülmektedir.

Çizelge 3.10. Soğuk ve sıcak metotla elde edilen %1'lik jellerin renk analiz sonuçları

Örnek	b değeri ⁽¹⁾	
	Soğuk ekstraksiyon	Sıcak ekstraksiyon
Chia tohumu musilajının %1'lik jeli	0,74±0,01d	8,01±0d
30 s plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	1,23±0c	12±0,06c

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. ($p<0,05$; $n=3$)

Çizelge 3.10. Soğuk ve sıcak metotla elde edilen %1'lik jellerin renk analiz sonuçları (devamı)

b değeri ⁽¹⁾		
Örnek	Soğuk ekstraksiyon	Sıcak ekstraksiyon
1 dakika plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	3,39±0,01b	16,74±0,01b
2 dakika plazma uygulanmış tohum musilajı %1 lik jeli	5,02±0a	20,59±0,01a

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ($p<0,05$; $n=3$)

CIE L*,a*,b* renk sisteminde b* değeri ile sarılık-mavilik (mavi (-60) ve sarı (+60)) ifade edilmektedir (Çelik ve Çakmakçı, 2020). Çizelge 3.10'dan anlaşılacağı üzere ölçülen tüm b* değerlerinin pozitif olduğu, buna göre ağırlıklı olarak sarılık değerlerinin ön planda olduğu söylenebilir. Her iki metotla üretilen musilajlardan hazırlanan jellerde b* değerinin (bu ölçümlerde sarılık değeri) plazma uygulaması ile birlikte süreyle doğru orantılı şekilde arttığı görülmüştür. Her iki metotla üretilen musilaj jellerinde b* değeri plazma uygulanmamış tohumlardan (kontrol) elde edilen musilaj jellerinin plazma uygulamasıyla elde edilenlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Soğuk ekstraksiyon metoduyla elde edilen musilaj jellerinde b* değeri 0,74 ile kontrol grubunda en küçük, 5,02 ile ise 2 dakika plazma uygulanmış tohumda en yüksek olduğu görülmektedir. Benzer şekilde sıcak ekstraksiyon ile üretilen musilajların jellerinde b* değeri 8,01 ile plazma uygulanmamış tohum musilajından hazırlanan jelde en küçük değerini alırken 26,59 ile 2 dakika plazma uygulanan tohum musilajı jelinde en yüksek değerini almıştır. Her iki metotla üretime bakıldığında hem soğuk hem sıcak ekstraksiyon musilajlarında b* değerinin plazma uygulaması ile birlikte arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak önemli bulunduğu görülmekteyken ($p<0,05$), soğuk ekstraksiyon metotundan elde edilen tüm örneklere ait musilaj jellerinin sıcak ekstraksiyon metotundan elde edilen tüm örneklere ait musilaj jellerinden daha düşük b* değerine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca kontrol gruplarındaki b* değerlerinin soğuk metot jeli için 0,74, sıcak metot için ise 8,01 olduğu görülürken; 2 dakika plazma uygulaması sonucu elde edilen musilajların jellerinde b* değerleri sırasıyla 5,02 ve 26,59 olduğu görülmektedir. Her iki metotla elde edilen musilaj jellerinden b* değerinin arttığı gözlemlense de, elde edilen

verilere göre soğuk metotla elde edilen musilaj jellerinin sıcak metotla elde edilen musilaj jellerine göre plazma uygulamasından daha az etkilendiği görülmektedir.

Timilsena vd (2016) yaptıkları çalışmada musilajı 1:20 oranındaoda sıcaklığında sulandırdıktan sonra liyofilizasyon ile elde etmişlerdir. Ardından chia musilajının renk parametrelerini incelemişler ve L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 85.7, 0.67, 8.5 olarak bulmuşlardır. Çalışmamızda liyofilizasyonla elde ettiğimiz musilajın %1'lik jellerinde yaptığımız renk analizinde bulduğumuz değerler sırasıyla 89,89; 0,17; 0,74'tir ve sonuçların bu çalışma ile uyumlu olduğuna dair fikir vermektedir.

Hussain vd (2020) çalışmalarında 1:10 oranında sulandırdıkları tohumları 80 °C' de 4 saat beklettikten sonra kurutarak musilajı ekstrakte etmişler (sıcak ekstraksiyon) ve buradan L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 49,76; 2,89; 9,90 olarak bulmuşlardır. Sıcak ekstraksiyonla elde ettiğimiz kontrol musilajında bu değerler 77.17, 1.07, 8.01 şeklindedir. L^* değeri çalışmamızda daha yüksek bulunmuşken, a^* ve b^* değerleri yaklaşık değerler içermektedir. L^* değeri beyazlık parametresidir. Çalışmamızda 80 °C sıcaklıkta 2 saat beklettiğimiz örnekleri araştırmacılar 4 saat bekletmişlerdir. Dolayısıyla L^* değeri farklılığı buradan kaynaklanmış olabilir.

Elde edilen musilajların %1'lik jellerinde gerçekleşen bu renk değişimlerinin oksidasyonun neden olduğu kimyasal değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Plazma uygulamasında reaktif oksijen türlerinin kaynak olarak kullanıldığı oldukça bilinen bir durumdur (Kim vd., 2015). Dolayısıyla bu uygulamanın oksidasyona sebep vererek renk parametrelerini etkilemiş olabileceği düşünülen ilk ihtimaldir. Bunun yanında kahverengiye dönük renk yüksek sıcaklık nedeniyle enzimatik esmerleşmenin olması ve polisakkaritlerin yapısının değişmesi sebep olabilir (Qian vd., 2012).

Plazmanın yaydığı ışık ve sıcaklık ile plazma etching (aşındırma) etkisi ayrıca renk parametrelerinde farklılıklar yaratmış olabileceği düşünülmektedir.

Gıdalarda (örneğin dondurma üretiminde) kullanılan musilajların renklerinde özellikle beyazlık parametresinin yüksek olması istenen bir özelliktir (Misra vd., 2018). Bir çok gıda uygulamasında beyazlık değerinin endüstriyel olarak kabul edilebilir olması için 76 ve üzerinde olması beklenmektedir (ExperChem., 2018). Bununla birlikte bu musilajların düşük konsantrasyonlarda gıdaya katıldığını göz ardı etmemek gereklidir. Bunlara dayanarak beyazlık parametresinin yüksek olması istenen bir durumdur. Çalışmamızda soğuk

ekstraksiyon metodunda beyazlığın (W) kontrol grubunda 89,86; 30 saniye plazma uygulanan tohumlardan elde edilen musilaj jelinde ise 86,90 olduğu görülmüş ve beklenen değerleri karşıladığı tespit edilmiştir.

3.2.4. Chia Musilajının Emülsifiye Etme Yeteneği (EA) ve Emülsiyon Stabilitesinin (ES) Belirlenmesi

Çalışmada reolojik olarak en iyi sonuçların alındığı örnek olan 2 dak plazma uygulanmış tohumdan etüv kurutma ile elde edilen musilajda ve kontrol olarak kullanılan plazma uygulanmamış tohum musilajında analizler gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 3.11’de gösterilmiştir. Çalışma ile ilgili görsel Şekil 3.23’te verilmiştir.

Çizelge 3.11. 2 dak plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilaj ve kontrol musilajında emülsifiye etme yeteneği ve emülsiyon stabilitesi

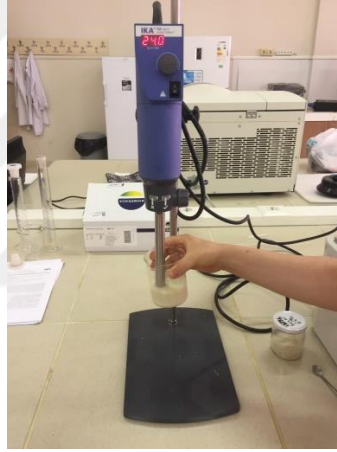
	Emülsifiye etme yeteneği(%)	Emülsiyon stabilitesi(%)
Kontrol (Plazma uygulanmamış tohum musilajı)	59,25	59
2 dakika plazma uygulanmış tohumdan etüv kurutma yöntemiyle elde edilen musilaj	59	59

Emülsifiye etme yeteneği birbirine karışmayan sıvıların çözünebilirliğine ya da düzgün dağılımına olanak sağlayan ajanların yeteneklerini ölçerken emülsiyon stabilitesi ise emülsiyonun sürdürülebilirliğini ve dağılmaya karşı direnç yeteneğini ölçmektedir (Alfredo vd, 2009). Yaptığımız çalışmada kontrol ve plazma uygulanan tohum musilajının emülsifiye etme yeteneği sırasıyla %59,25 ve %59 olarak bulunmuştur. Plazma uygulamasının emülsifiye etme yeteneği üzerinde belirgin bir değişiklik yaratmadığı görülmüştür. Emülsiyon stabilitesi sırasıyla 59 ve 59 olarak ölçülmüştür. Emülsiyon stabilitesinin yüksek olduğu ve plazma uygulamasının bu özellikte değişikliğe sebep olmadığı görülmüştür.

Chavan vd (2019) çalışmalarında chia tohumu musilajının emülsifiye etme yeteneğini %61 olarak bulmuştur. Bu sonuç bulduğumuz değerle uyumludur.

Birçok suda çözünen polisakkarit su/yağ emülsiyonlarında stabilizör olarak görev alabilmekteyken sadece birkaçı protein gibi hidrofobik grup içermesine bağlı olarak

emülgatör olarak görev alabilir (Garti ve Leser, 2001). Munoz vd (2012) chia musilajının kompozisyonunu belirledikleri çalışmada protein oranını %4,43 olarak bulmuşlardır. Protein varlığı emülsifiye etme yeteneğini arttırmaktadır. Ancak bu protein oranı sürekli fazda %0,03 gibi bir değere tekabül eder ve de bu değer proteinin emülsifiye etme yeteneğini destekleyecek kadar yüksek değildir ve göz ardı edilir. Emülsiyonlarda proteinin bu etkisini görmek için %0,2-10 (w/w) oranında proteine ihtiyaç vardır. Chia musilajından hazırlanan emülsiyonlarda emülsiyon stabilitesinin yüksek olması çözünür polimerin hızlı bir şekilde viskoziteyi arttırması, buna bağlı olarak ayrışma gerçekleşmeden polimer zincirin bir ağ oluşturması ve damlacıkların bu ağ tarafından yakalanarak hapsedilmesiyle stabil bir emülsiyon sağlanmasına bağlanmaktadır. Chia musilajının yüksek emülsiye etme yeteneği ve emülsiyon stabilitesi onun emülsiyon oluşumu gerektiren ve raf ömrü uzun olan gıdalarda kullanımının mümkün olabileceğini göstermektedir.



Şekil 3.23. Emülsiyonun 24000 rpm'de homojenizasyon işlemi

3.2.5. Chia Musilajı Çözünürlüğü

Çalışmada reolojik olarak en iyi sonuçların alındığı örnek olan 2 dak plazma uygulanmış tohumdan etüv kurutma ile elde edilen musilajda ve kontrol olarak kullanılan plazma uygulanmamış tohum musilajında analizler gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 3.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. 2 dak plazma uygulanmış sıcak ekstraksiyon musilajı ve kontrol musilajında musilaj çözünürlüğü

	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C
Kontrol (Plazma uygulanmamış musilaj) (%) tohum	64	83	89	55
2 dakika plazma uygulanmış tohumdan etüv kurutma yöntemiyle elde edilen musilaj (%)	43	45	55	52

Analiz sonuçlarında kontrol grubu musilajı 20, 40, 60, 80 °C'lerde sırasıyla %64, %83, %89 ve %55 çözünürlük gösterirken, 2 dakika plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen musilajda bu değerler sırasıyla %43, %45, %55, %52 dir. Musilaj çözünürlüğü önemli ölçüde düşüş göstermekle birlikte çözünürlük değerleri kontrol grubuna benzer şekilde sıcaklık 60 °C olana dek artmış ve bu derecenin üzerindeki sıcaklıklarda sıcaklık artışının çözünürlükte önemli olumlu bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Chia musilajının çözünürlük değerleri guar musilaj ve ksantan musilajdan yüksek bulunmuştur (Sciarini vd, 2009).

Musilaj hidrofilik özellikte çok fazla üronik asit içermektedir. Plazma uygulaması hidrofilik karakteri etkileyebilir. Buna bağlı olarak çözünürlükte azalmalar gerçekleşmiş olabilir.

Avustralya chia tohumunda yapılan bir çalışmada musilajın çözünürlüğünün sıcaklık (20,40,60,80°C noktalarında) ve pH ile olan ilişkisi araştırılmış ve en iyi çözünürlük değeri pH>5 olan jellerde 60 °C'de elde edilmiştir (Timilsena vd, 2016). Benzer şekilde Capitani vd. (2013a) çalışmasında chia musilajı çözünürlüğü araştırılmış ve 60 °C üzerindeki sıcaklık değerlerinde çözünürlüğün azaldığı belirtilmiştir.

Hussain vd (2020) çalışmalarında 25 °C ve 80 °C 'de 4 saat beklettikleri tohumları kurutarak musilaj elde edip (sıcak ekstraksiyon) çözünürlüğünü araştırdıkları çalışmada sonucu sırasıyla %60,01 ve %60,52 olarak bulmuşlardır. Bu veriler sonuçlarımızla uyumludur.

Kullanılan yüksek sıcaklık değerleri bir noktadan sonra çözünmeyen bileşiklerin oluşumuna böylece moleküller arası interaksiyonun azalmasına ve çözünlüğü azalmasına sebep olabilir (Korir vd, 2018). Aynı zamanda plazma uygulaması üründe sıcaklığı arttırmaktadır, süreye bağlı olarak çözünlüğü azalmasına neden olabilir.

Chia musilajının, pH aralığının çoğunda (>1,8) makromoleküle anyonik özellikler kazandıran önemli miktarda üronik asit içeriğine sahip hidrofilik bir heteropolisakkarit olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte chia musilajı, sulu ortamlarda moleküller arası ilişkiler oluşturan 4-O-metil glukoronik asit varlığı sebebiyle düşük konsantrasyonlarda yüksek vizkozite ve çözünlüğe sahiptir (>%85). Ayrıca musilaj 244 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda stabil kalabilmektedir (Timilsena vd., 2016). Bu durum gıda formülasyonlarında umut verici bir özellik yaratmaktadır.

3.2.6. Chia Musilajının Su ve Yağ Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi

Çalışmada reolojik olarak en iyi sonuçların alındığı örnek olan 2 dak plazma uygulanmış tohumdan etüv kurutma ile elde edilen musilajda ve kontrol olarak kullanılan plazma uygulanmamış tohum musilajında analizler gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 3.13'te gösterilmiştir.

1 gram musilajın tuttuğu su miktarı plazma uygulanmamış tohum musilajında daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde yağ tutma kapasiteleri bu iki örnekte çalışılmış ve plazma uygulanmış tohum musilajında yağ tutma kapasitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.13. 2 dak plazma uygulanmış sıcak ekstraksiyon musilajı ve kontrol musilajında su ve yağ tutma kapasitesi

	1 g musilajın su tutma kapasitesi (g)	1 gram musilajın yağ tutma kapasitesi (g)
Kontrol (Plazma uygulanmamış tohum musilajı)	200g	32,2g
2 dakika plazma uygulanmış tohumdan etüv kurutma yöntemiyle elde edilen musilaj	170 g	24g

Kontrol örneğinin su tutma kapasitesi 200g su/g musilaj olarak tespit edilirken plazma uygulanan örnek musilajı 170g su/g musilaj olarak tespit edilmiştir. Plazma uygulaması

sonucu elde edilen musilajın su tutma kapasitesinin kontrol grubuna göre %15 azaldığı tespit edilmiştir. Bunun yanında yağ tutma kapasiteleri ise kontrol grubunda 32,2 g yağ/g musilaj iken plazma uygulaması sonucu bu rakam 24g yağ/g musilaj olarak tespit edilmiştir. Yağ tutma kapasitesi kontrol grubuna göre yaklaşık %25 azalmıştır. Plazma uygulamasının su ve yağ tutma kapasitelerini azalttığı görülmektedir.

Galla ve Dubasi (2010) su ve yağ tutma kapasitelerinin ürün içeriği, protein konfigürasyonu, hidrasyon pozisyonlarının sayısı gibi birçok faktöre bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Chia musilajının yüksek su ve yağ tutma kapasitesi musilajın yüksek oranda protein ve lif içermesiyle ve bunların su bağlama yeteneğinin olmasıyla yakından ilişkilidir. Chia musilajı süngerimsi ya da delikli görünümüyle su ve yağı tutma konusunda oldukça iyidir. Bu tarz bir yapı jelatin ve guar musilajda görülmemektedir. Örneğin Capitani vd (2013a) çalışmasında guar musilajın ise su ve yağ tutma kapasiteleri sırasıyla 24,83g ve 0,87g olarak tespit edilmiş, jelatinin ise 7,20 g/g ve 1,05g/g musilaj olarak tespit edilmiştir. Diğer bir çalışmada ksantan musilajın yağ tutma kapasitesi 4-6g yağ/g musilaj olarak belirtilirken Arabic musilaj ise 8-9 g yağ/g musilaj olarak belirtilmiştir (Segura-Campos vd, 2014). Bu durum chia musilajının su ve yağ tutma kapasitelerinin guar musilaj ve jelatine, yağ tutma kapasitesinin ksantan musilaj ve Arabic musilaja kıyasla üstün olduğunu ortaya koymaktadır.

Chia musilajı akışkan fazlarda kalınlaştırıcı ajan olarak görev yaparak yağ/su emülsiyonlarında yağ damlacıklarının hareketini engellemektedir (Capitani vd, 2013b). Chavan vd (2019)'un yaptığı çalışmada chia tohumu musilajının su tutma kapasitesi 266,6gsu/g musilaj olarak tespit edilmiş yağ tutma oranı ise 58,56g yağ/g musilaj olarak bulunmuştur. Coorey vd (2014)'nin yaptıkları çalışmada su tutma kapasitesi 266,55g/g, yağ tutma kapasitesi 58.61g/g musilaj olarak bulunmuştur. Bu çalışma sonuçları Capitani vd (2013b)'nin çalışma sonuçlarıyla benzer özellik gösterirken bizim elde ettiğimiz sonuçlar bu verilerden daha düşüktür. Segura-Campos vd (2014)'nin çalışmasında su ve yağ tutma kapasiteleri ise sırasıyla 103,2g/g ve 25,79g/g olarak bulunmuştur. Bu çalışmada su tutma kapasitesi elde ettiğimiz her iki veriden de düşük olmakla birlikte yağ tutma kapasitesi plazma uygulanmış tohum musilajında elde edilen veri olan 24g yağ/g musilaj ile benzerlik göstermektedir.

Bulbul vd (2019) ksantan musilaj kullandıkları çalışmalarında çeşitli güç ve sürelerde vakum plazma uygulamışlar ve yağ tutma kapasitesinin 50W 15 dakika uygulamada artarken, 50 W 20 dakika, 60 W 15 dakika ve 60 W 20 dakika uygulamalarında azaldığını tespit

etmişlerdir. Yağ tutma kapasitesinin artış gösterdiği 50 W 15 dakika uygulamasını plazma uygulanan örneklerin yüzey alanının artmasına böylece yağ tutma kapasitelerinin artmasına bağlamışlardır. Ayrıca bu artışın nonpolar yan zincirlerin ve ksantan musilajın içerdiği alanin gibi hidrofobik fraksiyonların, yağın hidrokarbon ünitelerini kolayca bağlayabilmiş olmasıyla açıklanmıştır.

Bazı gıdaların üretiminde su tutma kapasitesi gıdanın yapısını geliştirmek ve proses sırasında su kaybını önlemek açısından önemlidir. Su tutma kapasitesi özelliği kuru madde tarafından tutulan su miktarını ifade ettiğinden gıda tekstüründe önemli bir role sahiptir (Gyawali ve İbrahim, 2016; Niu vd., 2019). Benzer şekilde yağ tutma kapasitesi yağın önemli bir flavor tutucu olması ve gıdanın ağızda yarattığı hisse belirleyici rol oynadığı için önemsenmektedir. Literatürde su ve yağ tutma kapasiteleri birçok kaynakta farklı değerlerde bulunmuştur. Bu durum kullanılan chia tohumlarının ve bunlardan elde edilen musilajlarda protein ve lif içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanabilir (Ragab, Babiker ve Eltinay 2004; Chavan vd. 2019). Plazma uygulamasıyla su ve yağ tutma kapasitelerinin azalmış olduğu gözlemlense de guar musilaj ve jelatinden daha fazla kapasitede olduğu açıkça görülmektedir ve bu chia musilajının bu anlamda ticari musilajlar arasında önemli bir yeri olabileceğini göstermektedir.

3.2.7. FTIR Analiz Sonuçları

Sıcak ve soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajlarda kontrol örneklerine ait infrare spektrumları Şekil 3.24 ve Şekil 3.25’de verilmiştir. Kaydedilen en önemli bağlar şu şekildedir:

3600-3000 cm^{-1} arasında değişen karakteristik bantlar, karbonhidratların kaba yapısını oluşturan hidroksil (OH) gerilmesini temsil etmektedir. 3000-2800 cm^{-1} arasındaki geniş bantlar, aromatik halkaların ve metil grubunun (CH_3) –C-H gruplarının simetrik ve asimetrik gerilmesiyle ilişkilidir (Cerqueira vd, 2011; Timilsena vd 2016). Tohum musilajları genel olarak makromoleküle anyonik karakter veren üronik asitleri içerirler (Wang, Ellis ve Ross-Murphy, 2003). 1595-1422 cm^{-1} ‘deki bantlar, üronik asitlerin karboksil grubunun ($-\text{COO}^-$) simetrik gerilmesiyle ilişkilidir. Bunların dışında 1800-1500 cm^{-1} arasındaki bölge tipik olarak karboksilik asit varlığının tespitinde gözlemlenmektedir (Munoz vd., 2012, Timilsena vd., 2016). 1750 ve 1155 cm^{-1} ’deki bantlar piranoz halkasında bulunan C=O ve C-O-C deki bükülme titreşimini temsil etmektedir (Cerqueira vd, 2011; Toğrul ve Arslan, 2003). 1035 cm^{-1}

¹'deki bantlar piranoz halkasındaki gerilim titreşimlerine (Fonseca vd., 2011; Garcia-Salcedo, 2018) ve polisakkarit bileşiklerin karakteristik özelliği olan C-O-H bükülmesine işaret etmektedir (Toğrul ve Arslan, 2003). 883 cm⁻¹'deki bant, glukopiranoz ve ksilopiranoz birimlerine atfedilen β -anomerik C-H deformasyonunu ve glikozidik bağları temsil etmektedir (Cerqueira vd, 2011; Kong ve Yu, 2007). 3290 cm⁻¹, 2924 cm⁻¹ ve 1200-990 cm⁻¹ etrafındaki bağlar birçok polisakkarit için geneldir ve O-H geriliminden, CH₂ grubunun ve sakkaritlerin C-H geriliminden kaynaklanmaktadır (Faria vd., 2011; Freitas vd., 2009; Garcia-Salcedo, 2018; Misra vd., 2018).

Soğuk ekstraksiyon musilajlarına ait spektrum Şekil 3.27, sıcak ekstraksiyon musilajlarına ait spektrum Şekil 3.28'de verilmiştir. Bu bilgiler ışığında, her bir ekstraksiyon metodu kendi grubunda olmak üzere, plazma ile muamele edilmiş hem sıcak hem soğuk ekstraksiyon tohum musilajlarına ait fonksiyonel grupların gerilim titreşimleri kontrol gruplarına yakından benzemektedir. Plazma ile muamele sonucunda musilajların infrare spektrumlarında elde edilen absorbans pikleri herhangi bir kayma olmadan kontrol grubuyla benzer kalmıştır.

Bunun yanında, sıcak ve soğuk ekstraksiyon ile musilaj üretimi infrare spektrumunda az da olsa farklılık yaratmıştır. Kontrol örneklerinin kıyasına bakıldığında, sıcak ve soğuk ekstraksiyon musilajlarında sırasıyla 3290 cm⁻¹ ve 3278 cm⁻¹ bantları gözlemlenmiştir. Bu bantlar hidrosil grubunun -OH gerilmesi kaynaklıdır. Sıcak ekstraksiyonla üretilen musilajlarda plazma uygulama süresi arttıkça bu bandın yoğunluğu azalmaktadır (Şekil 3.28). -OH gruplarının azalması α -D-glukoz üniteleri arasındaki çapraz bağlanma gerçekleşmesi sebebiyle olabilir. Başka bir ihtimale göre ise plazma etkisiyle havada H₂O₂ yaratılması ile tohumda bulunan H₂O moleküllerinin (tohum nemi azalmıştır) H₃O⁺ iyonlarını oluşturmasıyla ilgili de olabilir. (Bulbul vd., 2019; Zou vd., 2004). Diğer bir deyişle sıcak ekstraksiyonda O-H bağınının azalması baskın olarak çapraz bağlanmaların olabileceğini, böylece glikozidik bağlanmanın artmış olmasını ifade edebilir. Bununla beraber -OH gruplarının soğuk ekstraksiyon musilajlarında ise plazma uygulaması ile birlikte arttığı görülmektedir (Şekil 3.27). Soğuk ekstraksiyon numunelerinde O-H bağının artması baskın olarak depolimerizasyonun etkisinin gözlemlenmiş olmasından kaynaklanabilir.

Sıcak ekstraksiyonla elde edilen kontrol musilajının soğuk ekstraksiyona göre (bantlar sırasıyla, 2927 cm⁻¹ ve 2924 cm⁻¹) daha düşük reaksiyon verdiği görülmüştür (Şekil 3.26). Benzer şekilde soğuk ekstraksiyonla elde edilen kontrol musilajına ait spektrumda plazma

uygulandıktan sonraki musilajlara bakarak 2924cm^{-1} bandında daha kuvvetli spektrum verdiği görülmüştür. Tüm musilajlar içinde bu bant bir tek soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajda daha belirgindir. Bu bant -C-H gruplarının simetrik ya da asimetrik gerilim titreşimleriyle ilgilidir. Dolayısıyla bu bant hem sıcak ekstraksiyon kontrol musilajı ve plazma uygulaması sonrası elde edilen musilajlarda hem de soğuk ekstraksiyon kontrol musilajı ve plazma uygulaması sonrası elde edilen soğuk ekstraksiyon musilajlarında belirgin bir şekilde gözlemlenememiştir. Hem sıcak ekstraksiyon yöntemi hem de plazma uygulaması sonucu bu bant tespiti güçleşmiştir.

Soğuk ekstraksiyonda güçlü bir bant olmasa da 1741 cm^{-1} bandı gözlemlenmektedir. Bu bant karboksilik asidin -C=O gerilimi ile ilgilidir. Sıcak ekstraksiyonda bu bant gözlemlenememiştir. Bu bantın varlığı oksidasyona bağlı karbonil bileşiklerinin meydana gelmesiyle ilgili olabilir (Zou vd., 2004).

Bundan başka soğuk ekstraksiyon yöntemi ile üretimde 1594 cm^{-1} ve sıcak ekstraksiyon ile üretimde 1625 cm^{-1} de gözlemlenen bantlar mannozun halka gerilimine bağlanabilir (Freitas vd., 2009).

Soğuk ekstraksiyon ile üretimde 1415 cm^{-1} de bant gözlemlenmekteyken, sıcak ekstraksiyonla üretimde 1411.7 cm^{-1} olacak şekilde kayma gözlemlenmiş, 1411.7 cm^{-1} pikinin yoğunluğunda ise azalma tespit edilmiştir. Bu pikler üronik asitlerin karboksilat grubunu temsil etmektedir.

Soğuk ekstraksiyonda gözlemlenen 1035 cm^{-1} ve sıcak ekstraksiyondaki 1031 cm^{-1} bandı 1->4 glikozidik bağların C-O-C gerilmesini temsil ettiği görülmektedir. Şekil 3.26'ya göre sıcak ekstraksiyon musilajına ait spektrumda bant yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum sıcak ekstraksiyon musilajlarında soğuk ekstraksiyon musilajına göre daha çok bağ oluştuğunu ifade edebilir. bunun bir sonucu olarak sıcak ekstraksiyon musilajlarına ait jellerde daha yüksek viskoziteye sebep olmuş olabilir.

Soğuk ekstraksiyonda gözlemlenen 883 cm^{-1} ve sıcak ekstraksiyondaki 887 cm^{-1} bandı genel olarak sakkaritlere atfedilmektedir. Glukopiranoz ve ksilopiranoz ünitelerinin glikozidik bağları ile β -anomerik C-H deformasyonunu ifade etmektedir.

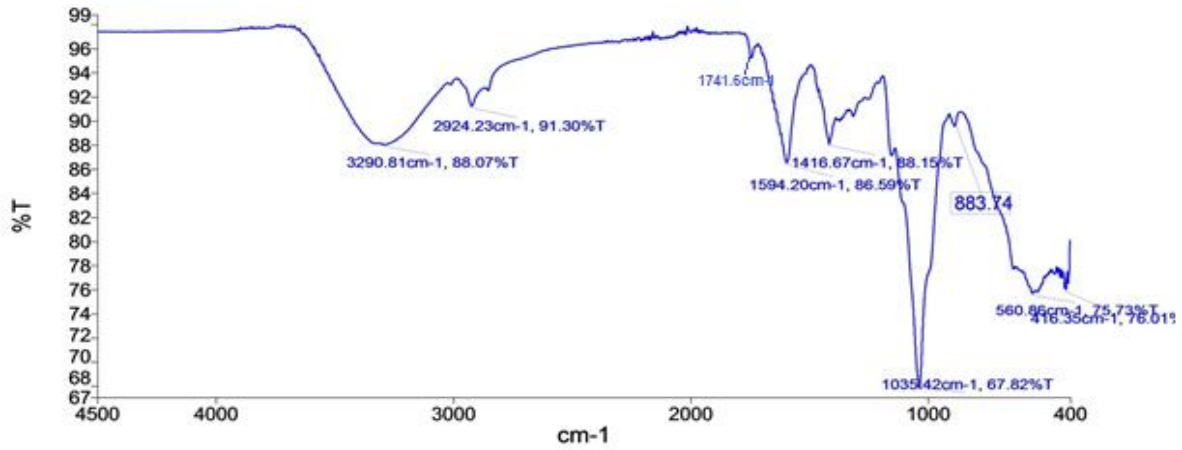
Tüm bu bilgilerden yola çıkarak soğuk ekstraksiyon yöntemi tohum musilajında en az zarara yol açan yöntem olduğu söylenebilir. Plazma uygulaması ve sıcak ekstraksiyonla

üretimde infrare spektrumlarında bazı bantların kuvvetlerinde farklılıklar olduğu ya da piklerde kayma olduğu tespit edilmiştir.

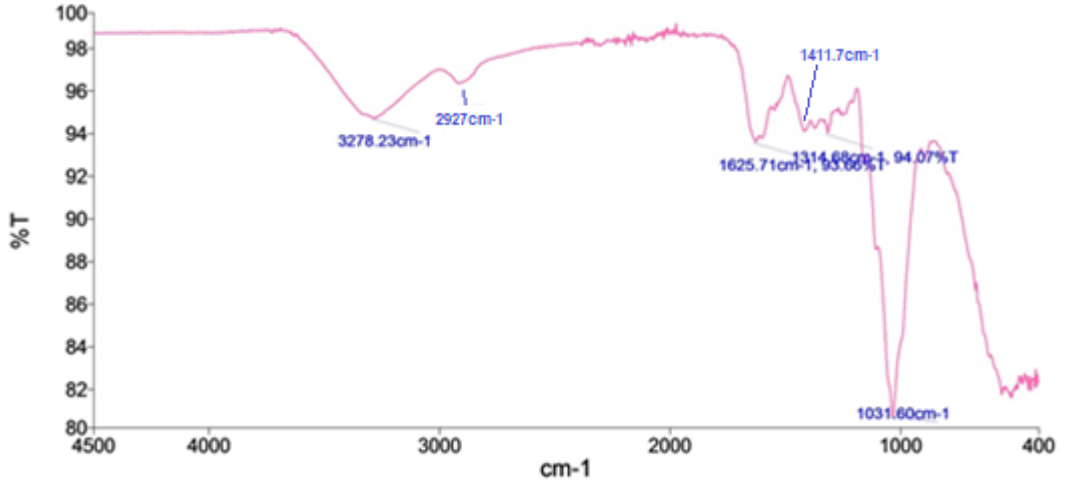
Chia musilajının ana zinciri olan polisakkarit zincirinin plazma uygulaması sonucu önemli bir değişikliğe sebep olmadığı tespit edilmiştir. Plazma uygulamasının ardından elde edilen musilajlarda ise kontrol musilajlarıyla benzer spektrumlar elde edildiği görülmüştür. Ayrıca yeni bir kimyasal grubun oluşmadığı görülmektedir.

Garcia-Salcedo vd (2018) chia musilajı ve ununda yaptıkları FTIR analizinde de yukarıda verilen piklere benzer pikler elde etmişlerdir. Musilaj ile unun FTIR profillerinin birbirine benzer olduklarını belirtmişlerdir.

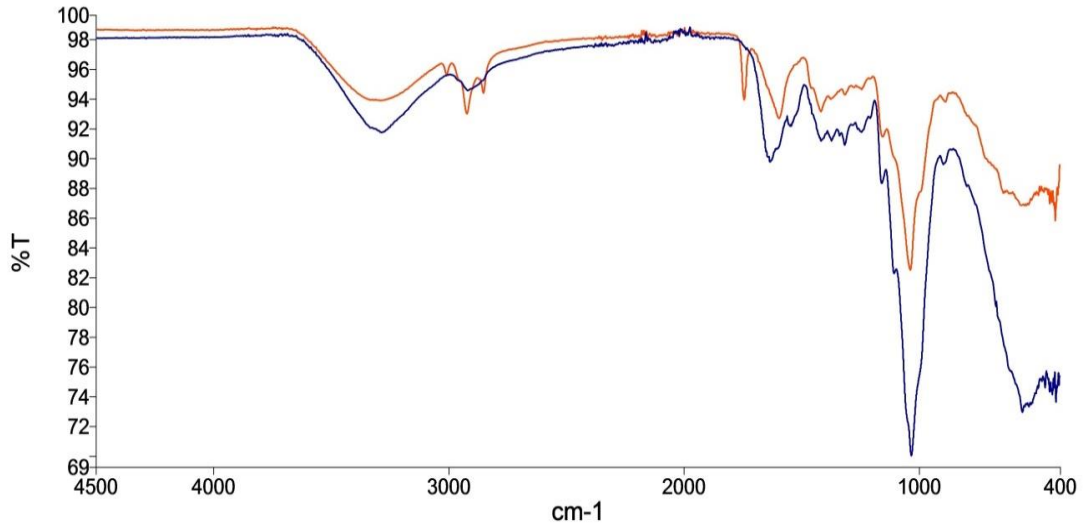
Ayrıca chia musilajının FTIR özelliklerinin diğer yaygın musilajlarla benzer özelliklerde olduğu söylenebilir. Misra vd. (2018) in yaptıkları çalışmada ksantan musilaja 20 ve 30 dakika boyunca atmosferik basınç soğuk plazma uygulanmış ve sonucunda ksantanın ana polisakkarit zincirinin bozulmadan kaldığı sonucuna varmışlardır.



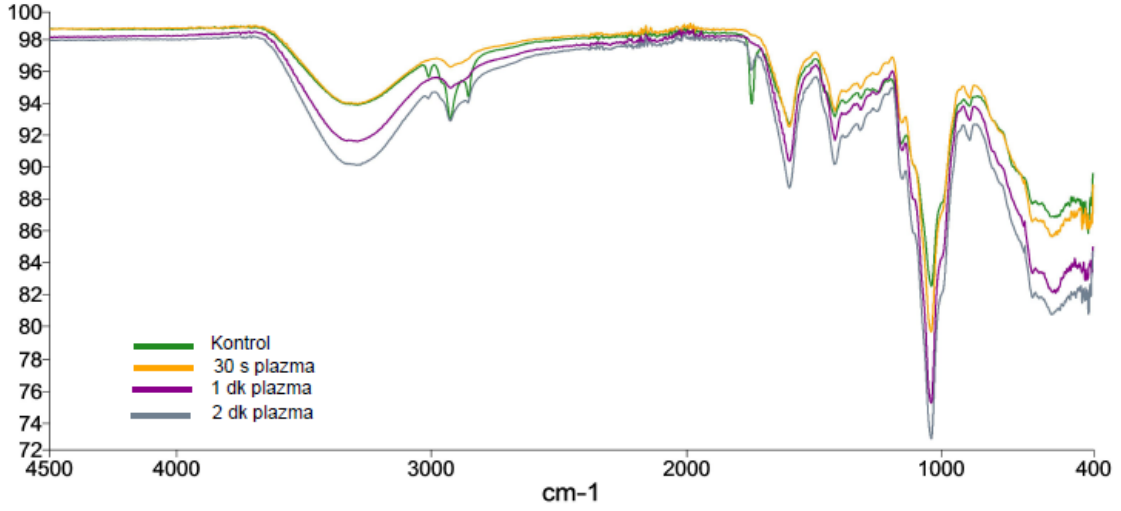
Şekil 3.24. Kontrol. Plazma uygulanmamış tohumdan soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajın FTIR spektrumu



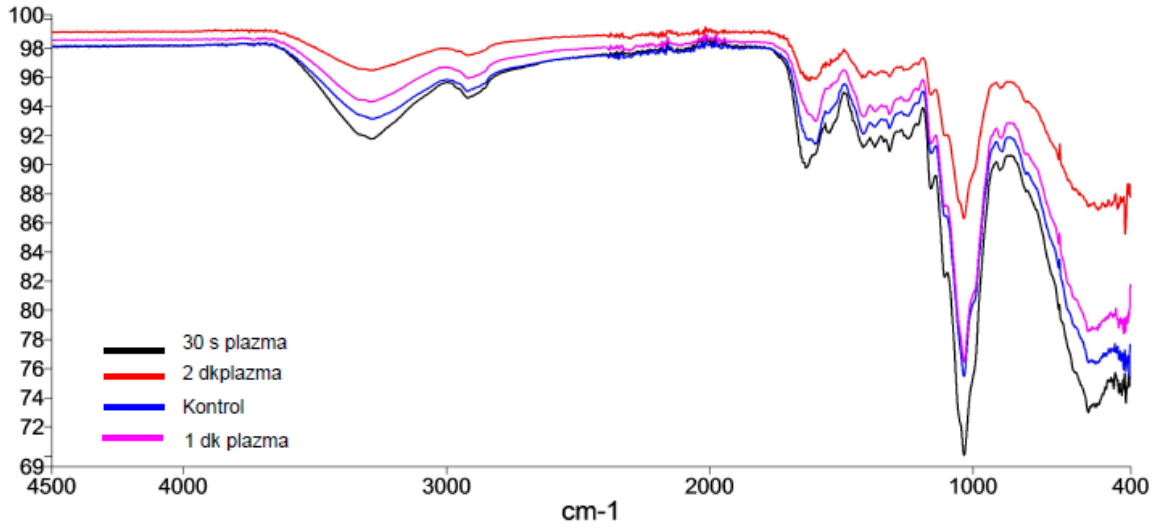
Şekil 3.25. Kontrol. Plazma uygulanmamış tohumdan sıcak ekstraksiyon ile elde edilen musilajın FTIR spektrumu



Şekil 3.26. Kontrol örnekleri kıyasını gösteren spektrum. Kırmızı= plazma uygulanmamış tohumdan soğuk ekstraksiyon ile elde edilen musilaj; Mavi= plazma uygulanmamış tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilen musilaj



Şekil 3.27. Plazma uygulanmış tohumdan soğuk ekstraksiyonla elde edilen musilajın infrare spektrumu



Şekil 3.28. Plazma uygulanmış tohumdan sıcak ekstraksiyonla elde edilmiş musilajın infrare spektrumu

3.2.8. SEM Görüntüleme Sonuçları

Plazma uygulanmış ve uygulanmamış tohumlar ile bunlardan 2 farklı yöntemle üretilen musilajların analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlere ait elektron mikrofotografileri şekillerde gösterilmiştir. Şekil 3.29 tohum yapısında gerçekleşen değişiklikleri, Şekil 3.30 sıcak ekstraksiyon ile elde edilen ve Şekil 3.31 ise soğuk ekstraksiyon ile elde edilen musilaj görüntülerini içermektedir. Esas olarak karbonhidratlardan oluşan ağır makroskopik gözenekli yapısı şekillerde görülebilmektedir. Sıcak ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen

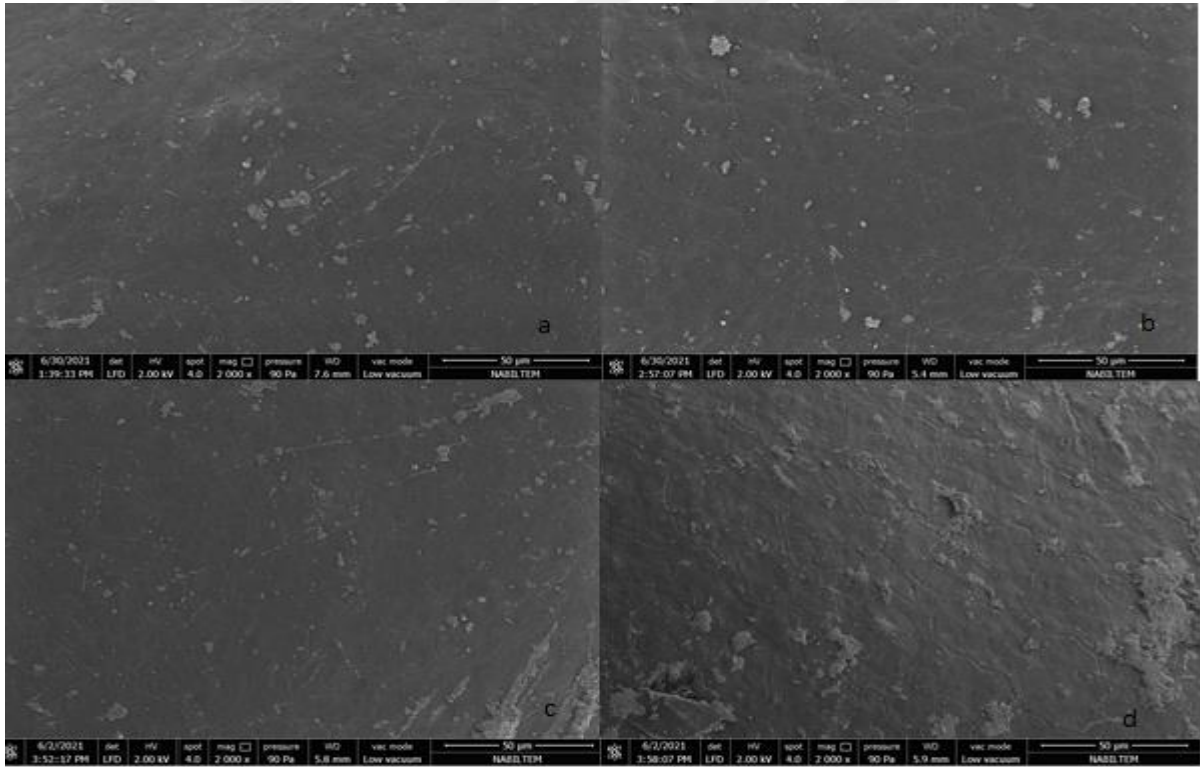
müsilajların en yüksek viskoelastik özellik gösterdiği reolojik çalışmalarda tespit edilmiştir. Şekil 3.29’da görüldüğü üzere tohuma uygulanan plazma tohumun yüzeyinde bir takım deformasyonlara sebep olmuştur. 30 s plazma uygulamasının tohum yüzeyinde belirgin bir aşındırma yaratmamasının yanında plazma uygulama süresi arttıkça bu etkinin arttığı gözlemlenmiştir. Musilajın tohumun en dış tabakası olan testada yer aldığı bilinmektedir. Tohumun dış yüzeyinde oluşan bu deformasyonlar elde edilen musilajda tespit edilen fizikokimyasal özelliklerdeki farklılıkların kaynaklarından biridir. Aynı zamanda müsilajın elde edilme yöntemi de elde edilen musilajın fizikokimyasal özelliklerinde yarattığı değişiklikler açısından oldukça önemlidir. Şekil 3.30 ve Şekil 3.31’ de görüldüğü üzere sıcak ekstraksiyonla elde edilen müsilajın görüntüsü, soğuk ekstraksiyonla elde edilene göre oldukça farklıdır. Soğuk ekstraksiyonla elde edilen müsilajlarda dallanmalar gözlemlenmekteyken, sıcak ekstraksiyon müsilajlarında tabakalar gözlemlenmektedir.

Tavares vd (2018) çalışmalarında musilajı hem liyofilizasyon ile hem de 50°C ‘de kurutarak elde etmiş ve bu yöntemleri sırasıyla CE ve HE olarak adlandırmıştır. Elde ettikleri musilajlarda yaptıkları SEM görüntüleme sonuçlarına göre musilajda oluşan makromoleküler yapının dondurma ve dondurarak kurutma işlemi sırasında yapısını koruduğunu ifade etmişlerdir. HE işlemi ile elde edilen musilajda ise CE metodundan elde edilen musilaja göre kırılma yönü laminer plaka agregalarının oluşumu ve daha az üniform yapının oluştuğu gözlemlenmiştir. CE ile elde edilen musilajın en yüksek gözeneklilik, çözünürlük ve viskoelastik parametreleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Durian meyve tohumundan elde edilen musilajlarda akışkanlık ve kimyasal özellikler üzerinde farklı kurutma tekniklerinin etkisini araştıran Mirhosseini ve Amid (2012), dondurarak kurutma ile elde edilen musilajın diğerleri arasında en yüksek gözeneklilik, çözünürlük ve köpürme kapasitesi olduğunu ifade etmişlerdir.

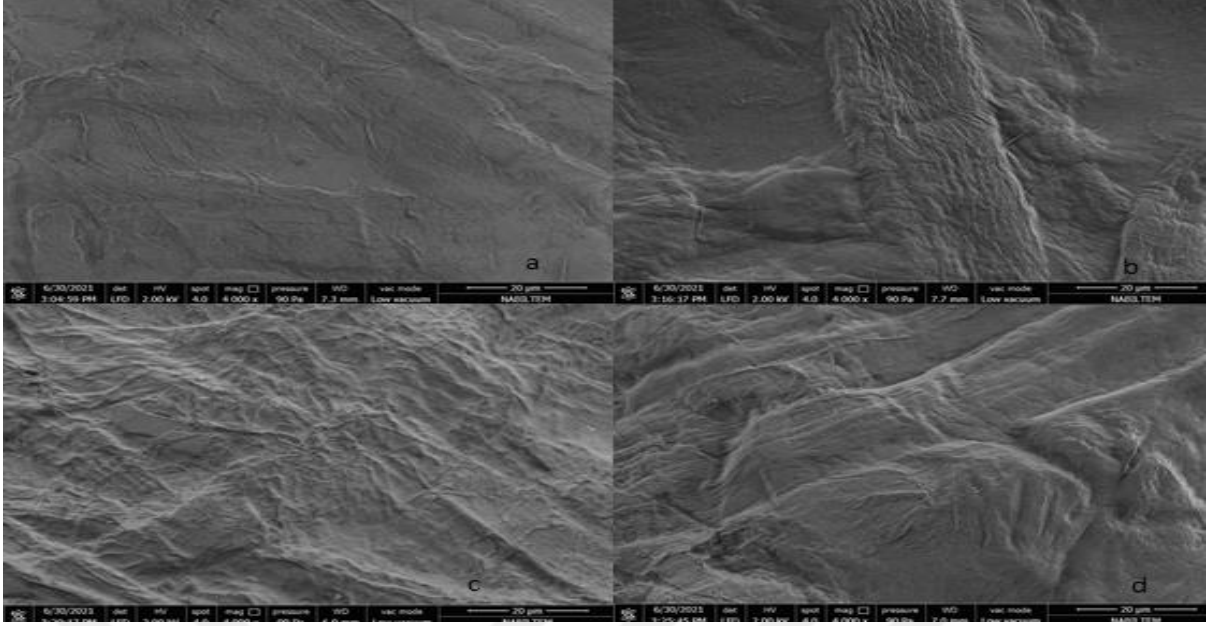
Capitani vd. (2013a) dondurarak kurutma yöntemiyle elde ettikleri musilajların SEM görüntülerinde musilajı oluşturan farklı bileşenler arasındaki ilişki, ona jel oluşumunda olduğu gibi farklı reolojik özellikler sağlayacak açık gözeneklerden oluşan bir ağ yapısı sağlamakta olduğunu vurgulamışlardır. Dondurarak kurutma ile müsilajın görüntüsünü “üstüste binen tabakalara” benzetmişlerdir. Benzer şekilde dondurarak kurutma uyguladığımız musilajda ağ yapısı gözlemlenmekteyken, etüv kurutma uygulanan müsilajlar daha belirgin tabakalar halinde olduğu halinde görülmektedir.

Chen vd (2012) esmer pirince 1kV, 2kV ve 3 kV düşük basınç vakum plazma uyguladıktan sonra SEM görüntülerini almış, kontrol pirinç örneğinin görüntüsü kompakt ve doğal morfolojik yapısında görünmekte iken; 1kV ve 2 kV uygulamaların pirinç yüzeyinde geniş ve sığ aşındırmalar meydana getirdiğini, 3 kV uygulamada ise bu aşınmaların dar ve derin olduğunu belirtmişlerdir.

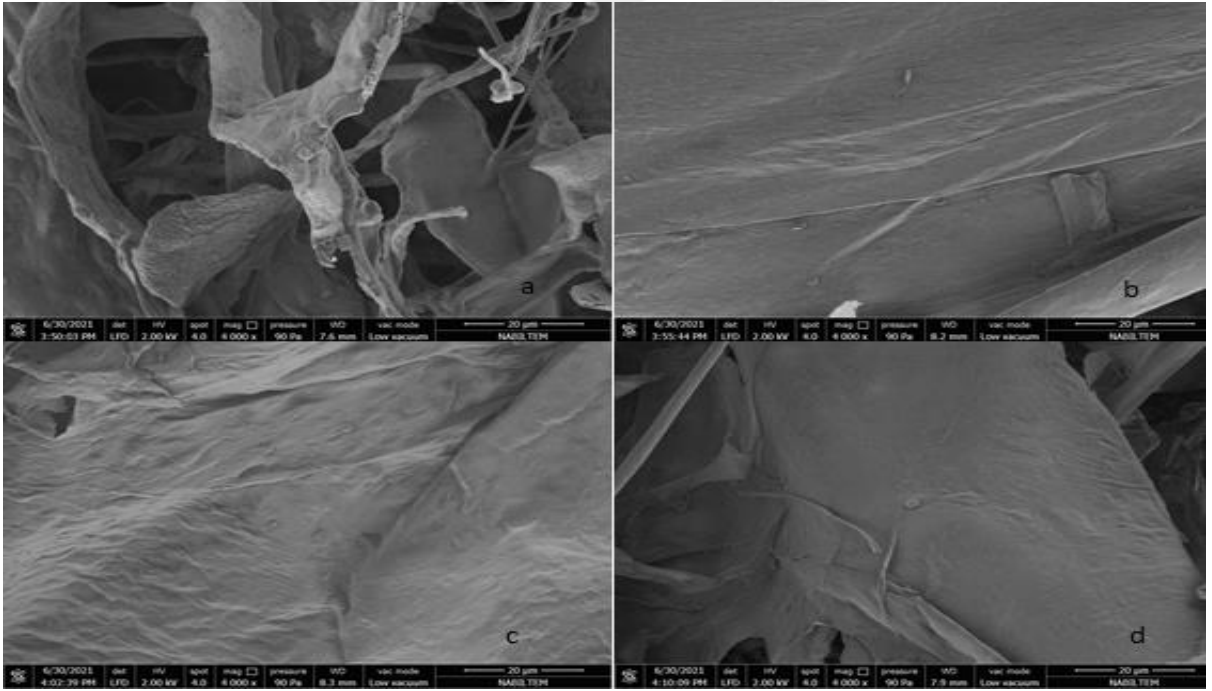
Tüm bu çalışmaların sonuçlarından farklı olarak çalışmamızda en yüksek viskoelastik özellikler gösteren müsilağlar sıcak ekstraksiyonla elde edilen müsilağlardadır. Burada, literatürde uygulaması olmamış 1:100 oranında sulandırma işleminin farklılık yarattığı aşikardır. Dolayısıyla müsilağın elde edilme yönteminin belirleyici olmasının yanında müsilağın çıkarılması için kullanılan sulandırma oranlarının da belirleyici rolü olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.29. Plazma uygulamasının tohum yapısına etkisi a)Kontrol, b) 30s plazma uygulanmış tohum, c) 1 dak plazma uygulanmış tohum, d) 2 dak plazma uygulanmış tohum



Şekil 3.30. Plazma uygulanmış tohum musilajlarından sıcak ekstraksiyonla elde edilen müsilağlar. a)Kontrol, b) 30s plazma uygulanan tohum müsilağı, c)1 dak plazma uygulanan tohum müsilağı, d) 2 dak plazma uygulanan tohum müsilağı



Şekil 3.31. Plazma uygulanmış tohum musilajlarından soğuk ekstraksiyonla elde edilen müsilağlar. a)Kontrol, b) 30s plazma uygulanan tohum müsilağı, c)1 dak plazma uygulanan tohum müsilağı, d)2 dak plazma uygulanan tohum müsilağı

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Chia tohumu son yıllarda hem zengin omega-3 yağ asidi kompozisyonuna sahip olması nedeniyle hem de içerdiği yüksek oranda diyet lifi nedeniyle bir çok araştırmaya konu olmuştur. Chia tohumunun üretildiği coğrafyaya da bağlı olarak toplam diyet lifi, protein, yağ, yağ asitleri kompozisyonu miktar olarak farklılıklar gösterse de genel olarak tohum bir çok tohumdan daha yüksek omega-3 yağ asidi içermektedir. Ayrıca çözünür diyet lifi de bir çok kez reolojik açıdan incelenmiş ve musilajın gıdalarda, koyulaştırıcı, stabilize edici olarak kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Öte yandan plazma teknolojisi tekstil, tıbbi cihaz dezenfeksiyonu, elektronik gibi bir çok alanda kullanımı mevcutken gıda alanında da kullanımı çalışılmaktadır. Plazma teknolojisi mikroorganizmaların dekontaminasyonu başta olmak üzere, yenilebilir film üretimi, nişasta modifikasyonu, enzim inhibisyonu gibi konularda araştırmaların devam ettiği yeni bir teknolojidir. Plazma gıdalardaki etkisini içerdiği iyon bulutu (pozitif yüklü parçacıklar yani elektronlarını kaybetmiş atomlar (iyonlar), negatif yüklü parçacıklar (elektron) ve yüksüz parçacıklar) sayesinde göstermektedir.

Bu çalışmada chia tohumuna plazma uygulanmış, tohumun fizikokimyasal özelliklerindeki değişimler incelenmiş, ardından üretilen müsilajların teknolojik (Reoloji, su ve yağ tutma kapasitesi, emülsifiye etme yeteneği ve emülsiyon stabilitesi, musilaj çözünürlüğü, renk) özellikleri incelenmiş, musilajdaki plazma etkisi FTIR ve SEM yoluyla aydınlatılmaya çalışılmıştır. Ayrıca tohumun da SEM görüntüsü alınarak plazma etkisi incelenmiştir.

Bu çalışmanın ilk bölümünde chia tohumuna 30 saniye, 1 dakika ve 2 dakika olmak üzere 3 farklı sürede atmosferik jet plazma uygulanmıştır. Plazma uygulamasının tohumun fizikokimyasal özelliklerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tohumun yağ miktarı, yağ asitleri kompozisyonu, ham kül miktarı, nem, protein, toplam diyet lifi miktarında istatistiksel olarak önemli bulunan sonuçlar elde edilmiştir. Nem miktarındaki azalma plazma uygulaması sırasında hava akımı ve sıcaklık dolayısıyla tohumun su kaybetmesine bağlı olarak gelişmiştir. Buradan yola çıkarak diğer parametrelerin % oranlarının arttığı öngörülmektedir. Buna ilaveten plazma uygulaması sırasında H₂O moleküllerinin plazma etkisiyle oksijen radikallerine dönüşmesi sebebiyle de nem miktarı azalmış olabilir.

Çalışmanın ikinci bölümünde 3 farklı sürede plazma uygulanan tohumlardan sıcak ve soğuk ekstraksiyon olmak üzere iki farklı ekstraksiyon metoduyla musilaj elde edilmiştir. Hem kontrol hem de plazma uygulanmış tohum musilajlarının hepsinde reolojik analizler (SAOS ve LAOS) çalışılmıştır. LAOS çalışmaları chia musilajının lineer olmayan bölgede değerlendirilmesi açısından bir ilk olmuştur. SAOS analizleri sonuçlarına göre musilajlar shear thinning akış davranışı göstermekte, plazma uygulaması süresi arttıkça da viskozite artmaktadır. Strain değerinin sabit olduğu lineer bölgede sıcak ekstraksiyon musilaj jelleri soğuk ekstraksiyon musilaj jellerinden daha yüksek viskoziteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında tüm örneklerde G' değeri G'' dan yüksek çıkmış, dolayısıyla müsilağın zayıf jel özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Her iki metodla üretilen jellerin tümünde G' ve G'' değerleri 0,1 ve 100 rad/s açısal frekans değerleri aralığında hiç çakışma noktası gözlemlenmemiş, buna göre stabil bir jel elde edildiği anlaşılmıştır. LAOS sonuçlarına göre lineer olmayan bölgede başlıca farklılıkların musilaj üretim metodlarından kaynaklı olduğu görülmüştür. Musilaj jellerinin gerinim incilmesi (strain thinning) akış davranışı gösterdiği tespit edilmiştir. Başlarda G' değerleri her örnek için G'' değerinden yüksek çıkmış yani jeller elastik özellik sergilemişlerdir. G'' değeri G' değerini belli strain değerinden sonra geçmiş ve jeller viskoz özellik sergilemişlerdir. Soğuk ekstraksiyon jellerinde bu çakışma noktası daha büyük strain değerlerinde olmuştur. Dolayısıyla lineer olmayan viskoelastik bölgede soğuk ekstraksiyon müsilağ jelleri sıcak ekstraksiyon müsilağ jellerine göre daha stabildir denebilir.

Elde edilen tüm müsilağ jelleri ve kontrol müsilağ jelleri renk analizine tabi tutulmuş, hem sıcak hem soğuk ekstraksiyon müsilağ jellerinin plazma uygulama süresi arttıkça L^* değerinin düştüğü, a^* ve b^* değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. En açık renkli müsilağ jelleri kontrol gruplarından elde edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü kısmında SAOS analizlerinden elde edilen verilere göre en iyi viskozite değerine sahip müsilağ olan 2 dakika plazma uygulanmış tohum müsilağında ve kontrol müsilağında su ve yağ tutma kapasitesi, müsilağ çözünürlüğü emülsifiye etme yeteneği ve emülsiyon stabilitesi çalışılmıştır. 2 dakika plazma uygulanmış tohum müsilağı ve kontrol müsilağında emülsifiye etme yeteneği sırasıyla %59 ve %59,25; emülsiyon stabilitesi sırasıyla %59 ve %59 dur. Buna göre, sonuçların kontrol müsilağ jelleriyle yakın olduğu görülmüştür. Su tutma kapasitesi ise sırasıyla 170g/ g musilaj ile 200 g/g müsilağ iken; yağ tutma kapasiteleri sırasıyla 24g/g müsilağ, 32,2g yağ/ g müsilağdır. Su ve yağ tutma kapasiteleri

azalmış olsa da guar gam, jelatin, ksantan gam ve Arabic gamdan daha yüksek su ve yağ tutma kapasitesinin olduğu görülmektedir.

Çalışmada müsilaajlarda yapılan FTIR analizlerine göre sıcak ekstraksiyon müsilaajları kontrol grubuyla benzer özellikte iken, soğuk ekstraksiyon müsilaajlarında güçlü bir bant olmasa da 1741 cm^{-1} bandı gözlemlenmekteyken, sıcak ekstraksiyonda bu bant gözlemlenmemiştir. Bu bant karboksilik asidin -C=O gerilimi ile ilgilidir.

Sıcak ekstraksiyon müsilaajlarında O-H bağının (3278 cm^{-1}) azalması plazmanın etkisiyle baskın olarak çapraz bağlanmaların olabileceğini, böylece glikozidik bağlanmanın artmış olmasını ifade edebilir. Soğuk ekstraksiyon müsilaajlarında O-H bağının (3290 cm^{-1}) artması nedeniyle baskın olarak plazmanın depolimerizasyon etkisi gözlemlenmiştir.

SEM analizlerinde ise sıcak ve soğuk ekstraksiyon müsilaajlarının oldukça farklı olduğu görülmektedir. Sıcak ekstraksiyon üst üste binmiş tabakalar şeklinde iken, soğuk ekstraksiyonda bir ağ yapı görüntülenmektedir. Ayrıca tohum yüzeyinde plazma uygulama süresi arttıkça artan bir deformasyon söz konusudur.

Sonuç olarak ekstraksiyon, kurutma ve/veya diğer modifikasyon işlemleri, doğal bitki bazlı biyopolimerlerin kimyasal bileşimini, moleküler yapısını ve reolojik özellikleri etkileyebildiği anlaşılmaktadır.

Çalışma sonuçları planlanan şekliyle ve zamanında tamamlanmıştır. Bu çalışma çevre dostu plazma teknolojisinin endüstriyel uygulamalar için potansiyel oluşturmak üzere gıda endüstrisi ve ilgili gıda düzenleme otoriteleri tarafından benimsenmesini teşvik edecek bilgiler içermektedir. Çalışmadan elde edilenlerden yola çıkarak plazma uygulaması ve farklı metotlar kullanılarak elde edilen müsilaajların model gıdaya uygulanabilirliğinin araştırıldığı yeni çalışmaların planlanması, çeşitli gıdalarda kıvam arttırıcı ve stabilize edici ajan olanaklarının incelenmesi, değişik gazların, uygulama sürelerinin ve plazma sistemlerinin etki mekanizmasını araştıran çalışmaların yapılması, plazma uygulamasının ayrıca proteinler üzerinde etkisinin araştırılması yeni çalışma konuları arasında yer almalıdır.

KAYNAKLAR

- Abbastabar, B., Azizi, M.H., Adnani, A., Abbasi, S. (2015). Determining and modeling rheological characteristics of quince seed gum, *Food Hydrocoll.* 43, 259–264.
- Abbes, F., Masmoudi, M., Kchaou, W., Danthine, S., Blecker, C., Attia, H. and Besbes, S. (2015). Effect of enzymatic treatment on rheological properties, glass temperature transition and microstructure of date syrup. *LWT-Food Science Technology*, 60(1), 339-345.
- Adams, R.G., Evans, A.J., Oakenfull, D.G. and Sidhu, G.S. (1986). Fruit processing wastes as dietary fibre supplements. *Proc Nutr Soc Aust* , 11, 115.
- Alfredo, V., Gabriel, R., Luis, C., David, B. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). *LWT- Food science and technology*, 42, 168-173.
- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo, F. (2000). Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chem.* 68, 159–165.
- Anvari, M. and Joyner (Melito), H. S. (2018). Effect of fish gelatin and gum arabic interactions on concentrated emulsion large amplitude oscillatory shear behavior and tribological properties. *Food Hydrocolloids*, vol. 79, 518-525.
- AOAC (1990). *Animal Feed: Sample Preparation (950.02), Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, 15th edition*, Washington DC.
- AOAC (2005). *AOAC Official Method 923.03- Ash of flour, official methods of analysis, AOAC International, 18th ed.*, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC (2007). *AOAC Official Method 990.03, Protein (crude) in animal feed, combustion method, Official methods of analysis of AOAC International, 18th edition*. Gaithersburg: ASA-SSA Inc.
- AOCS (1998). *AOCS Official Method Ba 6-84, Official methods and recommended practices of the AOCS (7th edn)*. AOCS Press, Champaign, IL.
- Armstrong, D. (2004). Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole seed as novel food ingredient. R. Craig & Sons Ltd. Antrim, Northern Ireland. <https://acnfp.food.gov.uk> Erişim Tarihi: 02.01.2022
- Ayerza, R. (1995). Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 72(9), 1079–1081.
- Ayerza, R., Coates, W. (2001). Chia seeds: New source of omega-3 fatty acids, natural antioxidants and dietetic fiber. Southwest center for natural products research and commercialization, Office of Arid Lands Studies, Tucson, Arizona, USA.
- Ayerza, R. and Coates, W. (2005). Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat, *Nutr. Res.*, 25, 995- 1003.

- Ayerza, R. (2010). Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(10): 1161-1165.
- Ayerza, R. and Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*. 34(2): 1366-1371.
- Ayerza, R. (2013). Seed composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes which differ in seed color. *J. Food Agric.* 25, 495-500.
- Bakker, J., Bridle, P., Timberlake, C. F. (1986). Tristimulus measurements (CIE-LAB 76) of port wine colour. *Vitis*, 25, 67-78.
- Bakla, E. (2018). *Taze havuçların yüzey dekontaminasyonu üzerine atmosferik basınç plazma uygulamasının etkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Bardos, L., Barankova, H. (2010). Cold atmospheric plasma: Sources, processes, and applications. *Thin Solid Films*, 518(23), 6705-6713.
- Bermúdez-Aguirre, D., Barbosa-Cánovas, G., Wemlinger E., Pedrow, P., Garcia-Perez, M. (2013). Effect of Atmospheric Pressure Cold Plasma (APCP) on the inactivation of *Escherichia coli* in fresh produce. *Food Control*, 34: 149-157.
- Betancur-Ancona, D., Lopez-Luna, J., Chel-Guerrero, L. (2003). Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. *Food Chem*, 82, 217-225.
- Bochicchio, R., Philips, TD., Lovelli, S., Labella, R., Galgano, F., Di Marisco, A., Perniola, M., Amato, M. (2015). Innovative crop productions for healthy food: the case of Chia (*Salvia hispanica* L.). In *The sustainability of agro-food and natural resource systems in the mediterranean basin* (1st ed.) (29-45). SpringerOpen.
- Bokhorst-van de Veen, H., Xie, H., Esveld, E., Abee, T., Mastwijk, H., Groot, M.N. (2014). Inactivation of chemical and heat-resistant spores of *Bacillus* and *Geobacillus* by nitrogen cold atmospheric plasma evokes distinct changes in morphology and integrity of spores. *Food Microbiology*, 45, 26-33.
- Bonizzoni, G., Vassallo, E. (2002). Plasma physics and technology; industrial applications. *Vacuum*, 64, 327-336.
- Borneo, R., Aguirre, A., León, A.E. (2010). Chia (*Salvia hispanica* L.) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. *J Am Diet Assoc.* 110:946-949.
- Bozkurt, D. (2014). *Soğuk plazma uygulamasının vitaminler ve polifenol oksidaz (PFO) enzimi aktivitesi üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Ankara.
- Bulbul, V. J., Bhushette, P.R., Zambare, R.S., Deshmukh, R.R., Annapure, U. S. (2019). Effect of cold plasma treatment on Xanthan gum properties. *Polymer Testing*, 79, 1-9.

- Brütsch, L., Stringer, F. J., Kuster, S., Windhab, E., & Fischer, P. (2019). Chia seed mucilage – a vegan thickener: Isolation, tailoring viscoelasticity and rehydration. *Food & Function*. doi:10.1039/c8fo00173a.
- Campos, B. E., Dias-Ruivo, Thiago, da Silva Scapim, M. R., Scaramal-Madrona, G., & Bermusilajasco, R. C. (2016). Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 874–883.
- Capitani, M. I., Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., Tomas M. C. (2013a). Microstructure, chemical and musilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. *J Sci Food Agric*, 93, 3856–3862.
- Capitani, M.I., Nolasco, S.M., & Tomas, M.C. (2013b). Effect of mucilage extraction on the functional properties of chia meals. *Food Industry*. doi:10.5772/53171
- Capitani, M. I., Corzo-Rios, L.J., Chel-Guerrero, L.A., Betancur-Ancona, D.A., Nolasco, S.M., Tomas, M.C. (2015). Rheological properties of aqueous dispersions of Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Journal of Food Engineering*, 149, 70-75.
- Cerqueira, M. A., Souza, B. W. S., Simões, J., Teixeira, J. A., Domingues, M. R. M., Coimbra, M. A., et al. (2011). Structural and thermal characterization of galactomannans from non-conventional sources. *Carbohydrate Polymers*, 83(1), 179–185.
- Chau, C., Cheung, K., Wong, Y. (1997). Functional properties of protein concentrate from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 45, 2500-2503.
- Chavan, V.R., Kale, R.V., Raut, G.S. and Gadhe, K.S. (2019). Studies on extraction and characterization of functional properties and viscosity behavior of chia seed gel. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3): 2969-2972.
- Ciftci, O. N., Przybylski, R., Rudzińska, M. (2012). Lipid components of flax, perilla, and chia seeds. *European Journal of Lipid Science Technology*, 114, 794-800.
- Coelho, M. S., Salas-Mellado, M. (2014). Chemical characterization of chia for use in food products. *J Food Nutr Research*, 2(5):263-269.
- Conrads, H., Schmidt, M. (2000). Plasma generation and plasma sources. *Plasma Sources Science and Technology*, 9(4), 441.
- Coorey, R., Tjoe A. and Jayasena, V. (2014). Gelling properties of chia seed and flour. *Journal of Food Science*, Vol. 79, 859-866.
- Cunha, P.L.R., Paula, R., Feitosa, J. (2007). Purification of guar gum for biological applications, *Int. J. Biol. Macromol.* 41 (3), 324–331.
- Çelik, K, Çakmakçı, S. (2020, Ekim 21-23). *Gıdalarda renk ve renk ölçümü*. Türkiye 13. Gıda Kongresi'nde sunulan bildiri, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale. Erişim adresi: <https://gidakongresi2020.org/kongre-bildiri-ozetleri-kitabi>

- De Montellano, B.R.O. (1978). Aztec Cannibalism: An Ecological Necessity? *Science*, 200, 611–617.
- Deeyai, P., Suphantharika, M., Wongsagonsup, R., Dangtip, S. (2013). Characterization of modified tapioca starch in atmospheric argon plasma under diverse humidity by FTIR spectroscopy. *Chin. Phys. Lett.* Vol. 30, No. 1, 018103.
- Ekezie, F. G. C., Sun, D. W., Cheng, J. H. (2017). A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 46-58.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 411–421.
- Erdoğdu, M. (2019). *Chia (Salvia hispanica L.) tohumu ilave edilmiş köftelerin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Erdoğdu, M., Geçgel, Ü. (2019). Chia tohumu (*Salvia hispanica L.*) ve yağının fizikokimyasal özellikleri ve gıda sektöründe değerlendirilmesi. *Gıda ve yem bilimi teknolojisi dergisi*, 21, 9-17.
- ExperChem. (2018). Xhantan gum TX (Vol,2018). Germany: ExperChem Ltd.
- Faria, S., de Oliveria Petkowicz, C., L., de Moraes, S.A.L, Terrones, M.C.H., de Resende, M.M., et al (2011). Characterization of xhantan gum produced from sugar cane broth. *Carbohydrate Polymers*, 86 (2), 469-476.
- Felisberto, M.H.F., Wahanik, A.L., Gomes-Ruffi, C.R., Clerici, M.T.P.S., Chang, Y.K., & Steel, C. J. (2015). Use of chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1049–1055.
- Fernández, A., Thompson, A. (2012). The Inactivation of Salmonella by Cold Atmospheric Plasma Treatment. *Food Research International* 45: 678-684.
- Fonseca, P. R. M. S., Dekker, R. F. H., Barbosa, A. M., Silveira, J. L. M., Vasconcelos, A. F. D., Monteiro, N. K., et al. (2011). Thermal and rheological properties of a family of botryosphaerans produced by *Botryosphaeria rhodina* MAMB-05. *Molecules*, 16(9), 7488–7501.
- Freitas, F., Alves, V.D., Pais, J., Costa, N., Oliveria, C., Mafra, L., et al. (2009). Characterization of an extracellular polysaccharide produced by a Pseudomonas strain grown on glycerol. *Bioresource Technology*, 100 (2), 859-865.
- Fridman, A. (2008). Plasma chemistry (1-11), New York: Cambridge University Press.
- Gabbett, T., Jenkins, D. ve Abernethy, B. (2010). Physical collisions and injury during professional rugby league skills training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(6), 578-583.

- Galla, N.R., Dubasi, G.R.(2010). Chemical and functional characterization of Gum karaya (*Sterculia urens* L.) seed meal. *Food Hydrocolloids*, 24(5):479-85.
- García-Salcedo, A.J., Torres-Vargas, O.L., Real, A., Contreras-Jiménez, B., Rodríguez-García, M.E. (2018). Pasting, viscoelastic, and physicochemical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) flour and mucilage. *Food Structure*, 16, 59–66.
- Garti, N., & Leser, M. E. (2001). Emulsification properties of hydrocolloids. *Polymers for Advanced Technologies*, 12, 123-135.
- Grancieri, M., Duarte Martino, H.S., Gonzalez de Mejia, E. (2019). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as a source of proteins and bioactive peptides with health benefits: A review. *Comprehensive Reviews Food Science Food Safety*, 18, 480-499.
- Goh, K. K. T., Matia-Merino, L., Chiang, J. H., Quek, R., Soh, S. J. B., Lentle, R. G. (2016). The physico-chemical properties of chia seed polysaccharide and its microgel dispersion rheology. *Carbohydrate Polymers*, 149, 297-307.
- Guerrero, A., Partal, P., & Gallegos, C. (1998). Linear viscoelastic properties of sucrose-ester stabilized oil-in-water emulsions. *Journal of Rheology*, 42, 1375-1388.
- Gunasekaran, S., Ak, M.M. (2000). Dynamic oscillatory shear testing of foods—selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 115–127.
- Gyawali, R. & Ibrahim, S.A. (2016). Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yoghurt. *Trends in Food Science & Technology*, 56, 6176.
- Hernandez, L.M. (2012). *Mucilage from Chia seeds (Salvia hispanica): Microstructure, physico-chemical characterization and applications in food industry* (Doctoral Thesis), Pontificia Universidad Católica De Chile.
- Hussain, N., Ishak, I., Sulaiman, R., Fauzi, N.M. and Coorey, R. (2020). Influence of processing conditions on rheological properties of aqueous extract chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Food Research*, 227-236.
- Hyun, K., Wilhelm, M., Klein, C. O., Cho, K. S., Nam, J.G., Ahn, K. H., Lee, S. J., Ewoldt, R. H. and McKinley, G.H. (2011). A review of nonlinear oscillatory shear tests: analysis and application of large amplitude oscillatory shear (LAOS). *Progress in Polymer Science*, vol. 36, 1697-1753.
- IUPAC- *International Union of Pure and Applied Chemistry, 1979. Determination of oil content (extraction method), method 1.122. Edited by Pauat, C. 6th Edition, France: Permuisilajon.*
- IUPAC- *International Union of Pure and Applied Chemistry, 1987. Standard Methods for The Analysis of Oils, Fats and Derivates, Method 2.301,. 7th Edition, Oxford: Blackwell Scientific Publications.*
- Ixtaina, V.Y., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 286–293.

- Ixtaina, V.Y., Martínez, M.L., Spotorno, V., Mateo, C.M., Maestri, D.M. and Diehl, B.W.K. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *J Food Comp Anal*, 24(2), 166-174.
- Kim, T.H., Lee, J., Kim, H.J., Jo, C. (2015). Plasma-induced degradation of quercetin associated with the enhancement of biological activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (32), 6929-6935.
- Kong, J., Yu, S. (2007). Fourier transform infrared spectroscopic analysis of protein secondary structures. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 39(8), 549–559.
- Koocheki, A., Taherian A. R. and Bostan, A. (2013). Studies on the steady shear flow behavior and functional properties of *Lepidium parfoliatum* seed gum. *Food Res. Int.*, 50, 446-456.
- Korir, P., Salim, C.A.M., Odalo, J.O., Waudu, W., Gitu, L.M. and Yusuf, A.O. (2018). Optimization of extraction condition and characterization of *Malva verticillata* root bark mucilage. *International Journal of Chemistry*, 10(2), 1-9.
- Laroussi, M., Mendis, D.A., Rosenberg, M. (2003). Plasma interaction with microbes, *New Journal of Physics*, 5, 41.1–41.10.
- Larsen, R., Eilertsen, K.E., Elvevoll, E.O. (2011). Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*, 29, 508-518.
- Lii, C.Y., Liao, C.D., Stobinski, L., Tomasik, P. (2002). Behaviour of granular starches in low pressure glow plasma. *Carbohydr Polym*, 49:499–507.
- Lin, K.Y., Daniel, J.R., & Whistler, R.L. (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carbohydrate Polymers*, 23, 13–18.
- Marin, F.M., Acevedo, M.J., Tamez, R.M., Nevero, M.J., Garay, A.L. (2008). WO/2008/0044908 Method for Obtaining Mucilage from *Salvia hispanica* L. Word International Property Organization.
- Mastwijk, H.C., Nierop Groot, M.N. (2010). Cold plasmas used for food processing. *In The Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food*, (1st ed) (174 – 177). Florida: CRC Press.
- McManus, A., Merga, M., & Newton, W. (2011). Omega-3 fatty acids. What consumers need to know. *Appetite*, 57, 80-83.
- Mirhosseini, H., Amid, B. T. (2012). A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Research International*, 46, 387–398.
- Misra, N. N., Tiwari, B., Raghavarao, K., Cullen, P. (2011). Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. *Food Engineering Reviews*, 3, 159- 170.
- Misra, N.N., Patil, S., Moiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J.P., Keener, K.M., Cullen, P.J. (2014). In-Package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. *J. Food Eng.* 125, 131-138.

- Misra, N.N., Yong, H.I., Phalak, R., Jo, C. (2018). Atmospheric pressure cold plasma improves viscosifying and emulsion stabilizing properties of xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 82, 29-33.
- Mohd Ali, N., Yeap, S. K., Ho, W. Y., Beh, B. K., Tan, S. W. and Tan, S. G. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. BioMed Research International. Article ID:171956.
- Montenegro, J., Ruan, R., Ma, H., Chen, P. (2002). Inactivation of E. coli O157:H7 Using a Pulsed Nonthermal Plasma System. *Journal of Food Science*, 67: 646–648.
- Moreira, R., Chenlo, F., Prieto, D. M., & Torres, M. D. (2012). Water adsorption isotherms of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1077–1082.
- Munoz, L.A., Cobos, A., Diaz, O., Aguilera, J.M. (2012). Chia seeds: Microstructure, musilage extraction and hydration. *Journal of Food Engineering*, 108, 216-224.
- Munoz, L.A., Cobos, A., Daz, O., Aguilera, J.M. (2013). Chia seed (*Salvia hispanica*): An ancient grain and a new functional food. *Food Rev Int*, 29:394–408.
- Muranyi, P., Wunderlich, J., Heise, M. (2007). Sterilization efficiency of a cascaded dielectric barrier discharge. *Appl. Microbiol.* 103, 1535-1544.
- Nayani, S., Rao, S. (2020). Extraction of mucilage from chia seeds and its application as fat replacer in biscuits. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 922-927.
- Nelson, C., Berger, T. (1989). Inactivation of microorganisms by oxygen gas plasma. *Current Microbiology*, 18, 275–276.
- Nery, T.B.R., Cruz, A.J.G. ve Druzian, J.I. (2013). Use of green coconut shells as an alternative substrate for the production of xanthan gum on different scales of fermentation. *Polímeros*, 23, 602-607.
- Niu, Y., Xia, Q., Li, N., Wang, Z., Yu, L. (2019). Gelling and bile acid binding properties of gelatin-alginate gels with interpenetrating polymer networks by double cross-linking. *Food Chemistry*, 270, 223-228.
- Nussinovitch, A., and Hirashima, M., (2013). *Cooking innovations: Using hydrocolloids for thickening, gelling and emulsification* (1st ed.). Florida: ABD.
- Olivos-Lugo, B. L., Valdivia-López, M. A., & Tecante, A. (2010). Thermal and physico-chemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Food Science and Technology International*, 16(1), 89–96.
- Parija, S., Misra, M., ve Mohanty, A. K. (2001). Studies of natural gum adhesive extracts: An overview. *Journal of Macromolecular Science Part C: PolymerReviews*, 41(3), 175–197.
- Peiretti, P. G. and Gai, F. (2009). Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *Animal Feed Science and Technology*, 148(2-4), 267-275.

- Perez-Andres, J. M., Alvarez, C., Cullen, P.J., Tiwari, K. (2019). Effect of cold plasma on the techno-functional properties of animal protein food ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 102205.
- Phillips, G.O., Williams, P.A. (2009). An introduction to hydrocolloids, *In The Handbook of Hydrocolloids* (2nd ed) (1–22). New York: ABD.
- Qian, K., Cui, Y.S.W., Wu, Y. and Goff, H.D. (2012). Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. *Food Hydrocolloid*, 28(2), 275-283. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.019>
- Ragab, D.D.M., Babiker, E.E., Eltinay, A.H. (2004). Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. *Food Chem.* 84(2):207-12.
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., Valdivia-López, M.A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry* 107 (2), 656–663.
- Rod, S.K., Hansen, F., Leipold, F., Knochel S. (2012). Cold atmospheric pressure plasma treatment of ready-to eat-meat: Inactivation of *Listeria innocua* and changes in product quality. *Food Microbiology*, 30: 233-238.
- Roth, J.R., Nourgostar, S., Bonds, T.A. (2007). The one atmosphere uniform glow discharge plasma (OAUGDP)—A Platform technology for the 21st Century. *IEEE Trans. Plasma Sci.* 35, 233-250.
- Samavati, V., Skandri, F. (2014). Recovery, chemical and rheological characterization of gum from Assyrian pulm. *Int. J. Biol. Macromol*, 67, 172-179.
- Sarma, K.S.S., (2005). Electron beam technology in industrial radiation processing. *IANCAS Bull.* 4, 128–134.
- Sciarini, L., Maldonado, F., Ribotta, P., Perez, G., Leon, A. (2009). Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. *Food Hydrocolloid*, 23, 306-313.
- Segura-Campos, M. R., Ciau-Solis, N., Rosado-Rubiro, G., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D. (2014). Chemical and functional properties of chia seed (*Salvia hispanica* L.) gum, *Int. J Food Science*, doi: 10.1155/2014/241053.
- Simopoulos, A.P., & Cleland, L.G. (2003). Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio: the scientific evidence. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 92, 1-13.
- Singh, B., Chauhan, G.S., Kumar S. and Chauhan, N. (2007). Synthesis, characterization and swelling responses of pH sensitive psyllium and polyacrylamide based hydrogels for the use in drug delivery (I). *Carbohydr. Polym.*, 67, 190-200.
- Steffe, J.F. (2008). *Rheological methods in food process engineering* (2nd ed). East Lansing: USA.

- Tavares, L.S., Junqueira, L.A., Guimaraes, I.C., Resende, J.V. (2018). Cold extraction method of chia seed mucilage (*Salvia hispanica* L.) effect on yield and rheological behavior. *J Food Sci Technol*, 55, 457-466.
- Tendero, C., Tixier, C., Tristant, P., Desmaison, J., Leprince, P.(2006). Atmospheric pressure plasmas: A review. *Spectrochim. Acta Part B*, 61, 2–30.
- Tezel, G.B., (2018). Flow analyses of highly concentrated xanthan gum fluid. *Int. J. Chem. Technol.*, 2 (2), 135-140.
- Tezel, G.B., Uzuner, S., Akdemir-Evrendilek, G. (2019). Structural and Rheological Properties of Gelatin-Carrageenan Mixtures. *El-Cezerî Journal of Science and Engineering*, Vol 6, No:3, 525-532.
- Thirumdas, R., Sarangapani, C. (2015). Cold Plasma: A novel non-thermal Technology for food processing. *Food Biophysics*, 10, 1-11.
- Thirumdas, R., Kadam, D., Annapure, U. S. (2017). Cold plasma: an alternative technology for the starch modification. *Food Biophysics*, 12, 129-139.
- Timilsena, Y.P., Adhikari, R., Kasapis, S., Adhikari, B. (2016). Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. *Carbohydrate Polymers*, 136, 128-136.
- Ting, I. P., Brown, J. H., Naqvi, H. H., Kumamoto, J., & Matsumura, M. (1990, October 8-12). *Chia: A potential oil crop for arid zones*. Paper presented at the first international conference on new industrial crops and products, California, USA.
- Torio, M.A.O., Saez, J., ve Merca, F.E. (2006). Physicochemical characterization of galactomannan from Sugar palm (*Arenga saccharifera* Labill.) endosperm at different stages of nut maturity. *Philippine Journal of Science*, 135(1), 19.
- TS EN ISO 12966-1. *Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar - Yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografisi - Bölüm 1: Yağ asidi metil esterlerinin modern gaz kromatografisine ilişkin kılavuz bilgileri*. Erişim adresi: <https://intweb.tse.org.tr/>.
- US Department of Agriculture (2004). Seeds, chia seeds, dried. Nutrient Database for Standard Reference, Release 27: Basic Report: 12006. Erişim Adresi: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80400525/data/sr27/sr27_doc.pdf
- Vuksan, V., Whitman, D., Sievenpiper, J., Jenkins, A., Rogovik, A., Bazinet, R., Vidgen E. and Hanna, A. (2007). Supplementation of conventional therapy with the novel grain Salba (*Salvia hispanica* L.) improves major and emerging cardiovascular risk factors in type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 30, 2804-2810.
- Wang, Q., Ellis, P. R., & Ross-Murphy, S. B. (2003). Dissolution kinetics of guar gum powders—II. Effects of concentration and molecular weight. *Carbohydrate Polymers*, 53 (1), 75-83.
- Wongsagonsup, R., Deeyai, P., Chaiwat, W., Horrungsawat, S., Leejariensuk, K., Suphantharika, M., Fuongfuchat, A., Dangtip, S. (2014). Modification of tapioca starch

by non-chemical route using jet atmospheric argon plasma. *Carbohydrate Polymers*, 102, 790-798.

Xiu, A., Zhou, M., Zhu, B., Wang, S., Zhang, J., (2011). Rheological properties of Salecan as a new source of thickening agent. *Food Hydrocoll.* 25 (7), 1719–1725.

Yangıç Yüksel, Ç., Karagözlü, N. (2017). Soğuk atmosferik plazma teknolojisi ve gıdalarda kullanımı. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 14(2):81-86.

Yazar, G., Duvarcı, O., Tavman, S., Kokini, J. (2017). Non-linear rheological behavior of gluten-free flour doughs and correlations of LAOS parameters with gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 74, 28-36.

Yıldırım Maviş, Ç. (2019). *Ekşi Hamurun Doğrusal Olmayan Bölgedeki Viskoelastik Özelliklerinin Belirlenmesi* (Doktora tezi), Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Zou, J.J., Liu, C. J., Eliasson, B. (2004). Modification of starch by glow discharge plasma. *Carbohydrate Polymers*, 55, 23–26.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ ESERLER

ÖZGEÇMİŞ

