

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI BİTKİLERDEN POLİSAKKARİT TEMELLİ
JELLEŞTİRME BİLEŞENİ ELDESİ
VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma ÜSTÜNDAĞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT

Mart 2025

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI BİTKİLERDEN POLİSAKKARİT TEMELLİ
JELLEŞTİRME BİLEŞENİ ELDESİ VE
KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma ÜSTÜNDAĞ
36213220002

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT

Mart 2025

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Bazı Bitkilerden Polisakkarit Temelli
Jelleştirme Bileşeni Eldesi ve
Karakterizasyonu

Tezi Hazırlayan: Fatma ÜSTÜNDAĞ
Yüksek Lisans Tezi



TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında yardım ve desteklerini esirgemeyen her konuda yol gösterici olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT’a,

Çalışmamdaki analizlerin yapım aşamalarında desteklerini esirgemeyen Fırat Üniversitesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı’na

Maddi manevi desteklerini esirgemeyen ve beni yalnız bırakmayan biricik aileme,

Teşekkürlerimi sunarım.



ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlamış olduğum “**Bazı Bitkilerden Polisakkarit Temelli Jelleştirme Bileşeni Eldesi ve Karakterizasyonu**” başlıklı bu çalışmanın akademik kurallar çerçevesinde bilimsel etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığını, yararlandığım ve atıfta bulunduğum çalışmaların tamamını hem metin içinde hem de kaynak olarak gösterdiğimi beyan eder, bunu onurumla doğrularım.

Fatma ÜSTÜNDAĞ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	xi
1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Jelatin.....	5
2.1.1 Yapısı ve özellikleri.....	6
2.1.2 Kullanım alanları	9
2.2 Hidrokolloidler	11
2.2.1 Gamlar ve müsilağlar.....	13
2.3 Ayva Çekirdeği.....	14
2.4 Bamya	17
2.5 Keten Tohumu.....	19
2.6 Konjak Gam.....	21
3. MATERYAL VE METOT	24
3.1 Materyal.....	24
3.1.1 Hammadde	24
3.1.2 Kimyasallar	24
3.2 Metot.....	24

3.2.1 Hammadde ekstraksiyonları	24
3.2.1.1 Ayva çekirdeği müsilağı ekstraksiyonu	24
3.2.1.2 Bamya müsilağı ekstraksiyonu	25
3.2.1.3 Keten tohumu ekstraksiyonu	26
3.2.1.4 Ekstraksiyon verimi (%)	27
3.2.2 Şişme kapasitesi	28
3.2.3 Emülsiyon kapasitesi	29
3.2.3.1 Hammaddelerin emülsiyon kapasitesi	29
3.2.4 Emülsiyon stabilitesi	30
3.2.5 Jel erime noktasının belirlenmesi	31
3.2.6 Jel kuvveti	31
3.2.7 Jel viskozitesi	32
3.2.8 Taramalı elektron mikroskobu (Scanning electron microscopy, SEM)	33
3.2.9 Termal analiz	33
3.2.10 Fourier dönüşümü infrared (FTIR) spektroskopisi	33
3.2.11 İstatiksel analiz	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1 Verim Yüzdesi	35
4.2 Şişme Kapasitesi	37
4.3 Emülsiyon Kapasitesi	39
4.4 Emülsiyon Stabilitesi	41
4.5 Jel Erime Noktası	43
4.6 Jel Kuvveti	45
4.7 Jel Viskozitesi	47
4.8 SEM Morfolojik Yapı	48
4.9 Termal Analiz	53
4.10 FTIR	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	68
EKLER	81
ÖZGEÇMİŞ	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 : Müsilaj verimi (%)	35
Çizelge 4.2 : Jel erime sıcaklığı standart sapma çizelgesi.....	44
Çizelge 4.3 : Tekstür analiz sonuçları.....	45



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 : Farklı sıcaklıklardaki jelatin jellerinin şematik gösterimi: a) Amorf bukleler b) Üçlü heliksler ve bukleler c) Üçlü heliks ve bukle yığınları.....	6
Şekil 2.2 : Jel oluşumunun modeli	8
Şekil 2.3 : Ayva çekirdeği görseli	15
Şekil 2.4 : Bamya görseli	17
Şekil 2.5 : Keten tohumu görseli	20
Şekil 2.6 : Konjak gam görseli	21
Şekil 2.7 : Konjak gam yapısı	23
Şekil 3.1 : Ayva çekirdeği müsilağı eldesi üretim aşamaları.....	25
Şekil 3.2 : Bamya müsilağı eldesi üretim aşamaları.....	26
Şekil 3.3 : Keten tohumu müsilağı eldesi üretim aşamaları	27
Şekil 3.4 : Şişme kapasitesi ölçüm aşamaları	28
Şekil 3.5 : KG-AÇM karışımının şişme kapasitesi çalışmasına bir örnek	29
Şekil 3.6 : KG emülsiyon kapasitesi ölçümü	30
Şekil 3.7 : KG-KTM emülsiyon kapasitesi ölçümü.....	30
Şekil 3.8 : Jel kuvveti ölçüm cihazı.....	32
Şekil 3.9 : Viskozimetre cihaz görseli.....	32
Şekil 4.1 : Çalışmada kullanılan müsilağların verim yüzdesi.. ..	35
Şekil 4.2 : Şişme kapasitesi.	37
Şekil 4.3 : Şişme kapasitesi istatistiksel değerlendirme	38
Şekil 4.4 : Emülsiyon kapasitesi	40
Şekil 4.5 : Emülsiyon kapasitelerinin istatistiksel değerlendirilmesi	40
Şekil 4.6 : Emülsiyon stabilitesi	42
Şekil 4.7 : Emülsiyon stabilitesi istatistiksel değerlendirme.....	42
Şekil 4.8 : Jel erime noktası değerleri	44
Şekil 4.9 : Viskozite değerleri.....	47
Şekil 4.10 : Bamya müsilağı SEM görüntüsü.	49
Şekil 4.11 : Bamya müsilağı SEM görüntüsü.	49
Şekil 4.12 : KG-BM SEM görüntüleri.	49
Şekil 4.13 : KG-BM SEM görüntüleri	49
Şekil 4.14 : Ayva çekirdeği müsilağı SEM görüntüleri	50
Şekil 4.15 : Ayva çekirdeği müsilağı SEM görüntüleri	50
Şekil 4.16 : KG-AÇM SEM görüntüleri.	50
Şekil 4.17 : KG-AÇM SEM görüntüleri.....	50
Şekil 4.18 : Keten tohumu müsilağı SEM görüntüleri.	51
Şekil 4.19 : Keten tohumu müsilağı SEM görüntüleri.....	51
Şekil 4.20 : KG-KTM SEM görüntüleri.	52
Şekil 4.21 : KG-KTM SEM görüntüleri	52
Şekil 4.22 : Jelatin SEM görüntüleri.....	52
Şekil 4.23 : Konjak gam SEM görüntüleri	52
Şekil 4.24 : Bamya müsilağına ait DSC görüntüsü	53
Şekil 4.25 : Ayva çekirdeği müsilağına ait DSC görüntüsü.	55
Şekil 4.26 : Keten tohumu müsilağına ait DSC görüntüsü.	55
Şekil 4.27 : KG-BM numunesine ait DSC görüntüsü.. ..	56
Şekil 4.28 : KG-AÇM numunesine ait DSC görüntüsü	57
Şekil 4.29 : KG-KTM numunesine ait DSC görüntüsü.....	57
Şekil 4.30 : . Jelatin numunesine ait DSC görüntüsü.....	58

Şekil 4.31 : Konjak gam numunesine ait DSC görüntüsü.....	59
Şekil 4.32 : Numunelerin FTIR spektrumu	60



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

ΔH	: Entalpi
cP	: Centipoise
°C	: Santigrat derece
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
μL	: Mikrolitre
mPa.s	: Milipaskal saniye
cm	: Santimetre
ml	: Mililitre
To	: Başlangıç pik
Tp	: Sonuç pik
Tc	: Erime sıcaklığı
V1	: Katının hacmi
V2	: Yatak hacmi
BSE	: Bovine Spongiform Encephalopathy (Sığır süngerimsi ensefalopatisi)
DSC	: Diferansiyel taramalı kalorimetre
J	: Jelatin
KG	: Konjak Gam
KGM	: Konjak galaktomannan
KG-AÇM	: Konjak gam – ayva çekirdeği müsilaj karışımı
KG-BM	: Konjak gam – bamya müsilaj karışımı
KG-KTM	: Konjak gam – keten tohumu müsilaj karışımı
SEM	: Scanning electron microscopy

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI BİTKİLERDEN POLİSAKKARİT TEMELLİ JELLEŞTİRME BİLEŞENİ ELDESİ VE KARAKTERİZASYONU

Fatma ÜSTÜNDAĞ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

84 + xii sayfa

2025

Danışman: Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT

Mevcut çalışmada, hayvansal kaynaklı jelatin yerine geçebilecek bitkisel kaynaklardan polisakkarit temelli jelleştirme ajanı eldesi ve bu yapıların karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Hayvansal jelatine alternatif bitkisel kaynaklardan ayva çekirdeği müsilağı (AÇM), bamya müsilağı (BM), keten tohumu müsilağı (KTM) toz halde elde edilmiştir. Ardından bu toz yapıların konjak gam (KG) ile karışımlarının fiziksel ve fonksiyonel özellikleri belirlenerek, jelatin (J) ile kıyaslanmıştır. Araştırmada, elde edilen müsilağ ve müsilağ karışımlarının şişme kapasitesi, emülsiyon kapasitesi, emülsiyon stabilitesi, viskozite değerleri, jel erime noktası ve jel kuvveti gibi fiziksel özellikleri incelenmiştir. Ayrıca FTIR, DSC analizleri yapılmış ve SEM görüntüleri incelenerek yapısal karakterizasyonları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında ayva çekirdeği, bamya, keten tohumu örneklerinden sırasıyla %6.06-%6-%4.1 oranlarında toz müsilağ verimi elde edilmiştir. Analiz sonuçları KG'nin bitki kaynaklı müsilağların fonksiyonel özelliklerini

arttırdığını göstermiştir. KG-AÇM karışımı, şişme kapasitesini 66.6 ml/g'ye çıkarmış ve %93.75 oranında emülsiyon kapasitesi sergilemiştir. Jel viskozitesinde en yüksek değer jelatin örneğinde (14600 cP) ölçülmesine rağmen bitkisel kombinasyonlar içinde KG-KTM karışımı 9440 cP ile öne çıkmıştır. Jel erime noktası açısından jelatine en yakın sonucu, 38.8 °C ile KG-KTM karışımı yakalamıştır. Ancak termal stabilite açısından ise bitkisel karışımlar, jelatine kıyasla daha geniş sıcaklık aralıklarında dayanıklılık göstermiştir. AÇM'nin KG ile kombinasyonu, %93.75 oranında yüksek bir emülsiyon kapasitesi göstermiş ve bu karışımın jelatine alternatif, bitkisel stabilizatör olarak kullanılabileceği sonucunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, KG ile bitkisel müsila karışımları, tekstürel özellikler açısından jelatinden düşük performans sergilese de, termal stabilite, fonksiyonellik gibi özellikler açısından vegan beslenme ve tüketici beklentilerine uygun, umut vadeden alternatiflerdendir. Bu tür kombinasyonların, gıda endüstrisinde yeni uygulama alanları bulabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jelleştirici Ajan, Bitkisel, Jel, Bamya, Ayva Çekirdeği, Keten tohumu

ABSTRACT

Master Thesis

EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF POLYSACCHARIDE-BASED GELLING AGENTS FROM SOME PLANTS

Fatma ÜSTÜNDAĞ

Inonu University

Graduate School of Nature and Applied Sciences

Department of Food Engineering

84 + xii pages

2025

Supervisor: Assoc. Prof. İncilay GÖKBULUT

In this study, a polysaccharide-based gelling agent was obtained from plant sources as an alternative to animal-derived gelatin, and its characterization was performed. Mucilage powders from quince seed (QSM), okra (OM), and flaxseed (FM) were extracted as plant-based substitutes for gelatin. The physical and functional properties of these powders and their mixtures with konjac gum (KG) were analyzed and compared to gelatin (G). The study examined swelling capacity, emulsion capacity, emulsion stability, viscosity, gel melting point, and gel strength. Additionally, FTIR, DSC analyses, and SEM imaging were conducted for structural characterization. The yields of mucilage powders from quince seed, okra, and flaxseed were found to be 6.06%, 6%, and 4.1%, respectively. Results indicated that KG enhanced the functional properties of plant mucilages. The KG-QSM blend increased the swelling capacity to 66.6 ml/g and exhibited a 93.75% emulsion capacity. Although gelatin showed the highest viscosity (14600 cP), among plant-based mixtures, KG-FM exhibited the highest viscosity (9440 cP). In terms of gel melting point,

KG-FM (38.8°C) was closest to gelatin. However, plant-based blends demonstrated better thermal stability over a wider temperature range. The KG-QSM combination, with a 93.75% emulsion capacity, was found to be a promising plant-based stabilizer alternative to gelatin.

In conclusion, KG-plant mucilage blends, despite having lower textural performance than gelatin, show promising potential for vegan diets and consumer expectations due to their thermal stability and functionality. These combinations could find new applications in the food industry.

Keywords: Gelling Agent, Plant-based, Gel, Okra, Quince Seed, Flaxseed

1.GİRİŞ

Günümüzde; dünya genelinde tüketici tercihlerinin kaliteli, sağlıklı gıda ürünlerine yönelik olması özel gıda endüstrisine talep artışını desteklemekte, bu doğrultuda jelleştirici ajan olarak jelatinin gıda endüstrisinde kullanımı her geçen gün önem kazanmaktadır. Gıda endüstrisinde jelatin esas olarak gıda ürünlerine esneklik, kıvam ve yapı sağlama, su bağlama ve jelleşme özelliği nedeniyle kullanılmaktadır. Yüksek molekül ağırlıklı maddeler ve düşük molekül ağırlıklı sıvılardan oluşan yapılandırılmış (yarı katı) sistemlerden biri olan jeller, akışkanlığın olmaması, şekillerini, kuvvetlerini ve elastikiyetlerini koruyabilme özelliği ile karakterize edilen yapılardır. Jelatinin kimyasal yapısı, α zincirleri (bir polimer/tek zincir), β zincirleri (kovalent olarak çapraz bağlanmış iki α zinciri) ve γ zincirleri (kovalent olarak çapraz bağlı üç α zinciri) gibi farklı polipeptit zincirlerinden oluşur. Bu özellikler, jelle nüfuz eden moleküller arası kuvvetler ve farklı kimyasal bağlar tarafından bir arada tutulan makromoleküllerin üç boyutlu ağından kaynaklanmaktadır. Yumuşak ve çiğnenebilir özelliklerin elde edilmesinde bileşiminde jelatin, pektin gibi hidrokolloidler barındıran yapılar etkili olmaktadır (Erge ve Zorba, 2016).

Jelatin, hayvanların deri ve kemiklerinde bulunan kolajen adı verilen yapının, kısmi hidrolizi ile elde edilen doğal bir proteindir. Jelatin üretimi büyük oranda domuz derisi, sığır derisi, domuz ve sığır kemiği gibi hayvansal kaynaklardan sağlanmakta olup, dünya genelinde %41'i domuz derisinden, %28.5'i sığır derisinden ve %29.5'i sığır kemiğinden elde edilmektedir. Jelatinin özellikle gıda ürünlerinde geniş kullanımı, beraberinde tüketicilerde birtakım endişeleri de gündeme getirmektedir. Özellikle Müslüman ve Yahudi toplumlar için domuz ve domuz kaynaklı ürün tüketiminin yasak olması, Hinduların sığır kaynaklı ürün tüketmemeleri gibi bazı dini kural ve hassasiyetler, ayrıca dünyada vegan/vegetaryen beslenme alışkanlığının artış göstermesi, jelatin tüketimine ilişkin endişeleri arttırmaktadır. Son zamanlarda, BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy) veya “deli dana hastalığı” endişesi ve korkusu da jelatin pazarını olumsuz etkilemiş, jelatin arzını domuz jelatine doğru kaydırmıştır. Bu durumda, Müslüman ve Yahudi toplumları,

sığırdan elde edilmiş gıda jelatini tüketimini tercih etmeye başlanmıştır. Sığır ve sığır eti tüketimi ve kesimi yasak olan Hindistan gibi ülkelerde ise bitkisel kaynaklı gıda jelleştirici ajanına talep artışı ortaya çıkmıştır (Maden ve Özcan, 2021). Bu sorunlar, endüstri ve bilimsel araştırmaları, jelatin üretimi için mevcut hammaddelere alternatif olabilecek farklı bitkisel kaynakların araştırılmasına yöneltmektedir.

Bu çalışmada; hayvansal kaynaklı jelatin yerine bitkisel kökenli konjak gam ile bamya, ayva çekirdeği ve keten tohumu müsilajlarının birlikte kullanımıyla alternatif bir jelleştirici ajan geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda; bamya, ayva çekirdeği ve keten tohumu bileşiminde bulunan polisakkarit temelli jelleştirme bileşenlerinin elde edilmesi ve bu bileşenlerin karakterizasyonunun detaylı olarak incelenmesi hedeflenmiştir. Jelleştirici ajan olarak hayvansal kaynaklı jelatin yerine bitkisel kaynaklı polisakkaritlerin kullanılması vegan besleneneler için de alternatif ürün geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Jelleştirici maddeler, film kaplama, emülgatörler ve bağlayıcılar dâhil olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaları nedeniyle, bitki bazlı polimerler son derece popüler hale gelmiştir. Özellikle de tekstil, kağıt, gıda ve kozmetik endüstrileri büyük ölçüde bitki bazlı polimerlere dayanmaktadır. Günümüzde, biyopolimerler (glukanlar, zamklar ve müsilağlar), üretilen polimerlerin insanlar üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle çevre dostu, ekonomik ve uygulanabilir ürünler geliştirmek için etkili bir bileşen olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca, bakteri, mantar, bitki, yosun ve hayvanlardan elde edilen polisakkarit veya protein müsilağları gibi biyopolimerlerin gıdalarda insanlar için güvenli olduğu düşünülmektedir (Beikzadeh ve diğ, 2020; Chen ve diğ, 2012). Çeşitli bitki kısımlarından (tohum, kabuk, yaprak ve tomurcuk) elde edilen müsilağ genellikle uranik asit birimleri ve galakturonik asit, D-ksiloz, D-galaktoz, L-ramnoz ve D-arabinoz gibi monomer birimleri içeren yüksek oranda dallanmış karbonhidratlardan oluşan yenilebilir ve suda çözünür yapışkan bir maddedir (Amiri ve diğ, 2021). Çoğu bitki, mikrospermi adı verilen bir süreçle tohum kabuğundan müsilağ üretir. Bununla birlikte, bazı bitkiler meyve epikarpından da miksokarpi yoluyla müsilağ üretir (Tosif ve diğ, 2021). Bitki bazlı müsilağ, benzersiz sağlık (antikanser, diyabete kadar uzanan anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibisyonu ve bağışıklık aktivasyonu) faydaları nedeniyle esas olarak farmasötik, fonksiyonel ve diyet takviyeleri oluşturmada aktif bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Lira ve diğ, 2023). Müsilağlar, çeşitli uygulamaları nedeniyle araştırmacıları büyülemiştir (Noor ve diğ, 2024). Müsilağlar; yara iyileşmesi (de Oliveira ve diğ, 2021), ilaç dağıtımı (Gaikwad ve diğ, 2023; Singh ve diğ, 2020), antioksidan potansiyel, anti-enflamatuar potansiyel (de Oliveira ve diğ, 2021), antimikrobiyal potansiyel (Karami ve diğ, 2019), nanopartikül sentezi (Moghaddas ve diğ, 2020) ve doku mühendisliği (Genc ve diğ, 2022) için kullanılırlar. Endüstriyel polisakkaritler, reolojik ve film oluşturma özellikleri nedeniyle sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu polisakkaritler jelleştirici ajan, emülsiyonda stabilizatör, bağ yapıcı, film oluşturuç, yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır. Algler ve bitkiler, zengin bir polisakkarit kaynağı olarak bilinmektedir.

Gıda endüstrisinde esas olarak gıda ürünlerine esneklik, kıvam ve yapı sağlama, su bağlama ve jelleşme özelliği nedeniyle jelatin kullanılmaktadır. Jelatin, hayvanların deri ve kemiklerinde bulunan kolajen adı verilen yapının, kısmi hidrolizi ile elde edilen doğal bir proteindir. Jelatin üretimi büyük oranda domuz derisi, sığır derisi, domuz ve sığır kemiği gibi hayvansal kaynaklardan sağlanmaktadır. Son zamanlarda, BSE veya “deli dana hastalığı” endişesi ve korkusu da jelatin pazarını olumsuz etkilemiş, jelatin arzını domuz jelatinine doğru kaydırmıştır. Ayrıca günümüzde yaygınlaşan vegan beslenme tarzı, tüm hayvansal gıdalardan arındırılmış beslenme düzeni olduğundan gıda sanayinde bitkisel kaynaklara yönelişi arttırmıştır. Tüm bu nedenlerden dolayı hayvansal orijinli ürünlere alternatif olabilecek bitkisel orijinli gıda ve gıda katkı maddesi arayışı sürmektedir.

Bitkisel polisakkaritler arasında önemli bir yere sahip olan pektin, tüm yüksek yapılı bitkilerin orta lamelinde birincil hücre duvarı ve hücrelerarası bölgeler içinde yer alan kompleks yapılı bir heteropolisakkarit olup, gıda uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Pektik maddeler; galaktronik asitten veya galaktronik asidin metil esterlerinden oluşan, yapısında suda çözünen pektinik asit içeren ve belirli koşullar altında asit ve şekerle jel yapı oluşturabilen polisakkaritlerdir. Gıda sanayinde jelleştirici, kıvamlaştırıcı gibi özelliklerinden yararlanılmaktadır. Ticari pektin üretiminde farklı bitki türlerinin kullanıldığı bilinmektedir.

Bamya (*Abelmoschus esculentus*) yapısında yüksek oranda pektin, galaktoz, ramnoz, galakturonik asit gibi polisakkaritleri barındıran bir bitkidir. Bamya ekstraktlarının polisakkarit içeriği, yapışkan dokusundan sorumludur. Bamya müsilajı, esas olarak yapıldığı asidik polisakkaritlere atfedilen viskoz bir görünüme sahiptir (Farhana ve diğ, 2017).

Keten tohumu, yapısında nötr arabinoksilanlar ve asidik rhamnoz içeren polisakkaritlerin bir karışımını ve önemli miktarda suda çözünür polisakaritleri (müsilaj) içeren bir bitkidir. Keten tohumu önemli bir hidrokolloiddir (Puligundla ve diğ, 2022).

Ayva çekirdeğinin bileşimindeki polisakkaritler özellikle ksilozun eşsiz kolloidal özelliği, düşük üretim maliyeti ve kolay ekstrakte edilmesi ayva çekirdeğini önemli bir müsilaj kaynağı yapmaktadır (Jouki ve diğ, 2014)

2.1 Jelatin

“Jelatin” terimi, esas olarak hayvanların bağ dokularında bulunan ve doğal olarak oluşan yapısal bir protein olan kolajenin kısmi hidrolizi yoluyla elde edilen bir grup protein fraksiyonunu ifade eder. Bol miktarda bulunan hayvansal proteinler arasında en yaygın olanı kolajendir ve jelatinin öncüsü olarak bilinen bu protein, en sık kullanılan biyopolimerdir (Joy ve diğ., 2024). Jelatin, gıda bileşeni olarak kullanılmasının yanı sıra ilaç üretimi, biyomedikal sektöründeki gelişmeler ve çeşitli gıda dışı endüstrilerde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu popülerlik, jel, emülsiyon ve stabilizatör oluşturma ve takviye edildiği bileşenlerin dokusunu modüle etme potansiyelinden kaynaklanmaktadır (Karim ve Bhat, 2008). Gıda endüstrisinde esas olarak gıda ürünlerine esneklik, kıvam ve yapı sağlama, su bağlama ve jelleşme özelliği nedeniyle jelatin kullanılmaktadır.

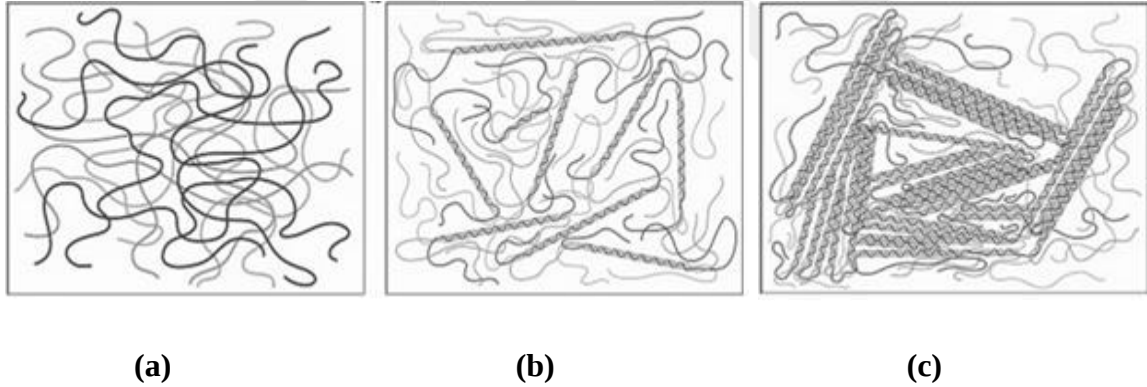
Hayvanlar aleminin yüksek molekül ağırlıklı fonksiyonel bir proteini olan kolajenin hidrolitik bozunması ile elde edilen jelatin, hidrofilik, ısıyla geri dönüşümlü bir biyopolimerdir. Birkaç yıldır, jelatinin ticari değeri, sunduğu üstün fonksiyonel ve teknolojik özellikleri nedeniyle önemli bir artış göstermiştir (Joy ve diğ., 2023). Bu fonksiyonel biyopolimer gıda, ilaç, kozmetik ve fotoğraf uygulamaları alanında potansiyel kullanıma sahiptir. Gıda teknolojisi uygulamaları için, biyolojik bozunma, biyoyumluluk, toksik olmama ve immünojenik olmama gibi dikkat çekici özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Said ve diğ., 2021). Jelatinin tekno-fonksiyonel özellikleri, kaynağından ve türünden büyük ölçüde etkilenmektedir. Domuz ve sığır derisi ve kemiğini içeren memeli kaynağı genellikle ticari jelatin üretimi için kullanılmaktadır ve bu jelatin viskozitesi, jel gücü ve kayda değer erime noktası nedeniyle genellikle ideal olarak kabul edilir (Yang ve diğ., 2022).

Nişasta, aljinat, pektin, agar ve karragenan gibi karbohidratlar, jellerin tipik olarak önemli ölçüde yüksek erime sıcaklıklarına sahip olduğu ve vücut sıcaklığının altında çözünemediği diğer jelleştirici maddelerdir. Jelatinin normal fizyolojik sıcaklığın altında erime kabiliyeti gibi ayırt edici özellikleri, lezzet ve aroma salınımını artıran benzersiz bir “ağızda erime” doku hissini oluşturur (Gómez-Guillén ve diğ., 2011). Bu spesifik özellik, jelatin tatlıları da dahil olmak üzere jelatinle yapılan ürünlerin temel tanımlayıcı özelliklerinden birini temsil eder ve alternatif biyopolimer malzemelerle çoğaltılması açısından çeşitli zorluklar doğurur. 2027 yılına kadar 6.67 milyar ABD dolarına yükselmesi beklenen küresel jelatin endüstrisi, yaklaşık 5 milyar ABD doları piyasa

değerine yaklaşarak genişlemeye devam etmektedir (Asiamah ve diğ, 2024). Jelatin, doğada serbest formda bulunmayan bir protein olup, yalnızca omurgalı hayvanların kollajen içeren dokularından elde edilebilir. Bitkisel kaynaklardan türetilmesi mümkün değildir ve “bitkisel jelatin” olarak adlandırılan maddeler ile jelatin arasında kimyasal bir benzerlik ya da ilişki bulunmamaktadır (GMIA (2012)).

2.1.1 Yapısı ve özellikleri

Jelatin, yaklaşık olarak 20–200 kDa aralığında değişen bir moleküler ağırlığa sahip olup, bileşiminde %50.5 karbon, %25.2 oksijen, %17 nitrojen ve %6.8 hidrojen bulunmaktadır. Bu biyopolimer, ağırlığının 5 ila 10 katı kadar suyu absorbe edebilme kapasitesine sahiptir. Çözünme özellikleri itibarıyla, 40 °C'nin üzerinde suda çözünür ve sıcaklık 35–40 °C aralığına düştüğünde kolloidal bir çözelti oluşturarak jel formuna geçer. Jelatin, hidrofilik özellikleri ve sıcaklık ile uyumlu yapısal değişkenliği sayesinde gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Işık ve diğ, 2024). Şekil 2.1’de farklı sıcaklıklardaki jelatin jellerinin şematik gösterimi gösterilmektedir.



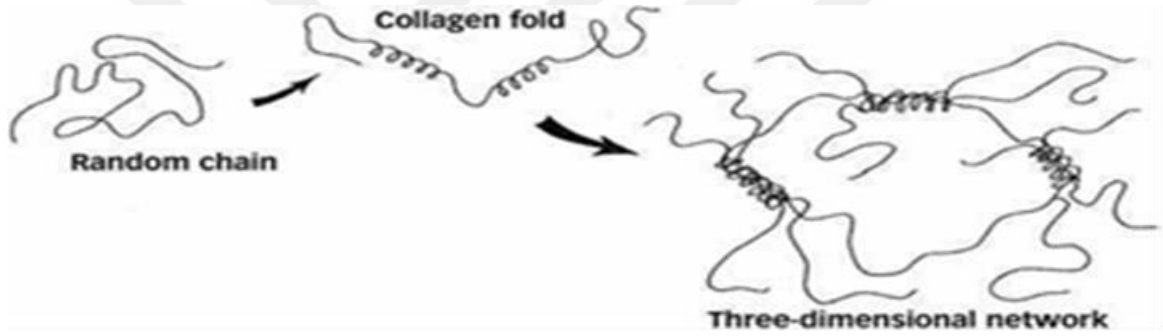
Şekil 2.1: Farklı sıcaklıklardaki jelatin jellerinin şematik gösterimi: a) amorf bukleler b) üçlü heliksler ve bukleler c) üçlü heliks ve bukle yığınları (Coppola ve diğ, 2012).

Jelatin, bileşiminde %85-92 oranında protein içerirken, geri kalan kısmı mineral tuzlar ve sudan oluşmaktadır. Bu yapısı sayesinde jelatin; su tutucu, kıvam artırıcı, jelleştirici, dağıtıcı ve taşıyıcıları olan çok yönlü bir hidrokolloid olarak öne çıkar. (Tekle, 2022). Jelatin, su ile karıştığında fiziko-kimyasal olarak ideal kolloidal kaplamalar oluşturan yapılar meydana getirir. Jelatin, gıda işleme ve formülasyonlarında çok yönlü işlevsel görevler üstlenir ve işlevsel özellikler temel olarak iki grup incelenebilir (Schrieber ve Gareis, 2007). İlk grup, jelleşme ile doğrudan elde edilen özellikleri kapsar ve bu özellikler arasında jel kuvveti, jelleşme süresi ve erime sıcaklıkları, viskozite, kalınlaşma,

doku oluşturma ve su bağlama kapasitesi bulunmaktadır. Bu özellikler, jelatinin jelleşme oranlarında kilit rol oynamaktadır. İkinci grup ise jelatinin yüzey aktivitesiyle ilgili özellikleri içermektedir. Bu yeteneği, jelatinin emülsiyon oluşumu ve stabilizasyonundaki işlevi, koruyucu kolloid fonksiyonu, köpük oluşumu ve stabilizasyonu, film oluşumu ve kesme/kohezyon ile ön plana çıkmaktadır. Bu yüzey aktif özellikleri, jelatinin gıda maddesi emülgatörü, köpük stabilizatörü ve film oluşturucu olarak sınıflandırılmasını mümkün kılmakta ve geniş bir uygulama yelpazesinde tercih edilmesini sağlamaktadır (Schrieber ve Gareis, 2007).

Jelleşme gücünün analitik ölçüsü, Bloom değeri olarak adlandırılmaktadır. Bu parametrenin ölçüm süreci, 9 Haziran 1925 tarihinde patenti alınan (ABD Patenti No. 1 540 979) "Tutkalların, Jelatinlerin ve Benzerlerinin Jöle Gücünü Test Etme Makinesi"ni geliştiren Amerikalı bilim insanı Oscar T. Bloom'un ismiyle anılmaktadır. Bloom değeri; standart koşullar altında, standart ve termostatlı bir jelin yüzeyine belirli bir derinliğe kadar basmak için belirli bir pistonun gereken gram cinsinden ağırlığını ifade etmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Bloom değeri, jelatin jelinin sertliği veya direncini ifade eden bir ölçüttür ve bu nedenle endüstriyel uygulamalarda jelatinin sınıflandırılmasında kritik bir kalite özelliği olarak öne çıkmaktadır. Jelatinin çiçeklenme artışı (bloom değeri), aynı zamanda pazar değeri üzerinde olumlu bir etki yaratarak ürünün ticari çekiciliğini artırmaktadır (Erge ve Zorba, 2016). Ticari jelatin türlerinin Bloom değerleri 50 ile 300 gram Bloom arasında değişiklik göstermektedir. Yüksek Bloom değerine sahip jelatinler, karakteristik olarak daha yüksek erime ve jelleşme noktalarına sahip olmanın yanı sıra, nihai ürünlerde daha kısa jelleşme süreleri sağlamaktadır. Bu tür jelatinlerin renkleri genellikle daha açık olup, kokuları ve tatları daha nötr bir profile sahiptir. Ayrıca, yüksek jelleşme gücü, nihai ürünlerde arzu edilen jel sertliğini elde etmek amacıyla daha az miktarda jelatin kullanımını mümkün kılmaktadır. Bu özellikler yüksek Bloom değerine sahip jelatinlerin, çeşitli uygulamalarda tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır (Schrieber ve Gareis, 2007). Jel mukavemeti, "Bloom testi" adı verilen bir yöntemle belirlenmekte olup, standart jelatinlerin Bloom değerleri, 50 ila 300 gram arasında değişim göstermektedir. Bu bağlamda, 200 ila 300 gram aralığı yüksek Bloom olarak, 100 ila 200 gram aralığı orta Bloom olarak ve 50 ila 100 gram aralığı düşük Bloom olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflama, jelatinlerin fiziksel özellikleri ve uygulama alanları açısından önemli bir referans noktası sunmaktadır.

Viskozite, jelatinin en önemli ikinci kalite özelliği olarak, erime sıcaklığı üzerindeki sıcaklıklarda belirlenmektedir. Standart olarak, viskozite değeri, 60 °C'de ve %6.67 konsantrasyonunda hazırlanan 100 ml jelatin çözeltisinin U-tüp viskozimetredeki akış süresinin hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Jel oluşumu, viskozite ve doku gibi özellikler, esas olarak sistemin yapısı, moleküler boyutu ve sıcaklığı tarafından belirlenen birbiriyle son derece ilişkili parametrelerdir. Jelatin, farklı uzunluklarda polimer zincirlerinin bir karışımını içermektedir. Bu durum, gerçek çözeltilerin oluşumunu engelleyerek kolloidal çözeltilerin (sollerin) meydana gelmesine yol açar. Soğutulduğunda, bu soller jellere dönüşürken, ısıtıldıklarında ise yeniden sollere geri dönüşüm göstermektedirler. Bu dinamik, jelatinin çeşitli uygulamalarındaki işlevselliğini ve kullanılabilirliğini artıran önemli bir özelliktir (Ledward, 2000). Şekil 2.2'de jel oluşumunun modeli (soğutulduktan sonra solden jele) gösterilmektedir.



Şekil 2.2 : Jel oluşumunun modeli (soğutulduktan sonra solden jele)(Schrieber ve Gareis, 2007).

Jelleşme noktası, jelatin solüsyonunun jel formuna dönüştüğü sıcaklık olarak tanımlanırken; erime noktası ise jelatin jelinin çözelti haline geçtiği sıcaklık olarak ifade edilmektedir. Hem erime hem de jelleşme sıcaklıkları, özellikle ilaç kapsülü üretimi gibi birçok uygulamada önemli bir kalite kriteri olarak değerlendirilmektedir. Araştırmalar, jelatin bloom değerinin ve konsantrasyonunun artışıyla birlikte erime ve jelleşme sıcaklıklarının da yükseldiğini ortaya koymaktadır. Çeşitli ürünlerin üretiminde, jelatin jeli oluşturmak amacıyla kullanılan jelatin solüsyonu, iki ana yöntemle, direkt ve indirekt olarak hazırlanabilmektedir. İndirekt solüsyon hazırlama yönteminde, jelatin partikülleri soğuk suya eklenerek ıslanması sağlanmakta, bu sayede yumuşak bir yapı elde edilmektedir. Oluşan karışım, 50-60 °C sıcaklıkta sürekli karıştırılarak ısıtıldıktan sonra, jelatin solüsyonu hazır hale gelmektedir. Diğer yandan, daha yaygın olarak tercih edilen direkt solüsyon hazırlama metodu, hazırlama süresini kısalttığı için daha fazla

kullanılmaktadır. Bu yöntemde, kullanılacak su 60-80 °C'ye ısıtılır ve hızlı bir karıştırma uygulanarak toz haldeki jelatin yavaş yavaş eklenmektedir. Tüm jelatin eklendikten sonra karıştırmaya devam edilerek, tamamen homojen bir solüsyon elde edilmektedir. Bu yöntemler, jelatin jeli üretiminde verimliliği ve kalitesi artıran önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır.

2.1.2 Kullanım alanları

Jelatin, sahip olduğu fonksiyonel ve teknolojik özellikler sayesinde başta gıda sanayi olmak üzere ilaç, tıp, kozmetik ve fotoğrafçılık gibi birçok alanda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Gıda endüstrisinde jelatin; jelleşme, emülsifikasyon ve stabilizasyon gibi işlevleri nedeniyle sıkça kullanılmaktadır. İlaç ve tıp alanında ise, kapsüller ve tabletlerin üretiminde önemli bir bileşen olarak yer almakta; kozmetik sektöründe ise, cilt bakım ürünleri ve diğer formülasyonlarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Fotoğrafçılıkta ise film ve kağıt kaplamalarında kritik bir rol oynamakta, görüntüleme süreçlerinde önemli bir fonksiyon üstlenmektedir (Erge ve Zorba, 2016). Jelatin; ayrıca yapıştırıcı, kıvam artırıcı, köpük önleyici ve emülgatör gibi çeşitli fonksiyonları da yerine getirmektedir. Jelatin genellikle kıvam artırıcı veya jelleştirici olarak kullanılmakta; ayrıca yenilebilir ambalaj materyali olarak veya fonksiyonel katkıların mikroenkapsülasyonunda kaplama materyali olarak kullanımına yönelik çeşitli denemeler gerçekleştirilmektedir. Bu durum, jelatinin çok yönlü kullanım potansiyelini ve endüstriyel uygulamalarındaki önemini vurgulamaktadır. Jelatinin sağladığı bu geniş uygulama yelpazesi, hem endüstriyel hem de ticari değerini artırmakta ve farklı sektörlerdeki kullanım alanlarının çeşitlenmesine olanak tanımaktadır (Tekle, 2022). Jelatin, çok çeşitli uygulamalarla birden fazla işlevi yerine getiren özel ve benzersiz bir hidrokolloid olarak tanımlanmaktadır. Jelatinin başlıca kaynakları arasında domuz derileri, sığır kemikleri ve sığır postu yer almaktadır. Jelatin ikamesi, son yıllarda ortaya çıkan ve kazancı yüksek olan sağlıklı, helal ve koşer gıda pazarlarının etkisiyle önemli bir konu haline gelmiştir.

Jelatin üretimi büyük oranda domuz derisi, sığır derisi, domuz ve sığır kemiği gibi hayvansal kaynaklardan sağlanmakta olup, dünya genelinde %41'i domuz derisinden, %28.5'i sığır derisinden ve %29.5'i sığır kemiğinden elde edilmektedir. Jelatinin özellikle gıda ürünlerinde geniş kullanımı, beraberinde tüketicilerde birtakım endişeleri de gündeme

getirmektedir. Özellikle Müslüman ve Yahudi toplumlar için domuz ve domuz kaynaklı ürün tüketiminin yasak olması, Hinduların sığır kaynaklı ürün tüketmemeleri gibi bazı dini kural ve hassasiyetler, ayrıca dünyada vegan/vejetaryen beslenme alışkanlığının artış göstermesi, jelatin tüketimine ilişkin endişeleri arttırmaktadır. Son zamanlarda, BSE veya “deli dana hastalığı” endişesi ve korkusu da jelatin pazarını olumsuz etkilemiş, jelatin arzını domuz jelatine doğru kaydırmıştır. Bu durumda, Müslüman ve Yahudi toplumları, sığırdan elde edilmiş gıda jelatini tüketimini tercih etmeye başlamıştır. Sığır kesiminin ve sığır eti tüketiminin yasak olduğu Hindistan gibi ülkelerde, bitkisel kaynaklı jelleştiricilere olan talep artmıştır (Maden ve Özcan, 2021). Jelatin yerine geçen ürünler, vejetaryen, helal ve koşer pazarlarının ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla uzun yıllardır varlığını sürdürmektedir. Dini konuların yanı sıra, sığır süngerimsi ensefalopatisi (BSE) gibi prionlar ve bu prionlarla ilişkili potansiyel kontaminasyon riski de önemli bir husustur. Prionlar, anormal protein katlanmalarından kaynaklanan ve nörolojik hastalıklara yol açabilen enfektif ajanlardır. Bu tür kontaminasyon riskleri, özellikle gıda güvenliği açısından ciddi endişelere yol açmakta ve tüketici sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Dolayısıyla, BSE gibi prion kaynaklı hastalıkların önlenmesi, yalnızca dini ve etik boyutları değil, aynı zamanda halk sağlığı açısından da büyük bir önem taşımaktadır. Bu durum, gıda üretiminde ve işlenmesinde daha güvenli ve etkili yöntemlerin geliştirilmesini gerektirmektedir. Özellikle 1980'lerde sığır süngerimsi ensefalopatisi (deli dana hastalığı) ortaya çıktığında, Avrupa'da bu alana yönelik ilgi önemli ölçüde artmıştır. Bu dönemde, enfekte olmuş hayvan parçalarından elde edilen jelatinin kullanımıyla ilgili endişeler de belirgin hale gelmiştir. Ayrıca jelatin, bazı gıdalara tekstürel özelliklerini iyileştirmek amacıyla eklenirken, aynı zamanda taşış sebebi olabilmektedir. Örneğin, jelatin yoğurda, ürünün sürekliliğini arttırmak ve sineresis (su ayrılması) miktarını azaltmak amacıyla katılmaktadır. Ancak, Türkiye de dahil olmak üzere birçok ülkede, yoğurda jelatin ilave edilmesi taşış olarak kabul edilmektedir. Bu durum, gıda güvenliği ve tüketici sağlığı açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir (Çebi, 2018). Çoğu ticari jelatin, domuz veya inek derisinden elde edildiğinden, bu durum alternatif ikameler bulma ve kullanma konusunda ciddi bir ilgi oluşturmuştur. Hem akademik hem de endüstriyel alanlarda, memeli jelatininin benzersiz işlevsel özelliklerinin çoğunu veya tamamını taklit edebilecek jelatin alternatifleri geliştirme çabaları sürmektedir. Helal ve koşer jelatine yönelik öngörülebilir talebin artışı, endüstrilerin artık memeli jelatininin işleme yardımcı maddesi veya bileşeni olarak kullanılmadığı jelatinsiz

ürünler geliştirmeye yönelmesine sebep olmuştur. Memelilerden elde edilen jelatininin yerine gecebilecek yeni jelleştirici maddelerin arayışı, balık jelatini üretimi için çeşitli bilimsel yayınların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Gómez-Guilén ve diğ, 2011). Bunun yanı sıra, nişasta, modifiye nişasta, pektin, karragenan ve agar gibi bitki kaynaklı hidrokoloidlerin jelatin alternatifleri veya ikameleri olarak geliştirilmesine dair birçok patent de yayımlanmıştır. Bu gelişmeler, gıda endüstrisinin değışen tüketici taleplerine yanıt verme kapasitesini ve jelatin alternatifleri konusundaki araştırma çalışmalarının artan önemini ortaya koymaktadır. Jelatin alternatifleri üzerine yapılan çalışmalar, hem gıda güvenliğı hem de çeşitli tüketici taleplerini karşılama açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu durum, endüstriyi ve bilimsel araştırmaları, jelatin üretimi için mevcut hammaddelere alternatif olabilecek farklı bitkisel kaynakların araştırılmasına yönelmektedir. Dolayısıyla, bu alanda yürütölen araştırmalar, gıda sektörünün sürdürölebilirliğı ve sağılık açısından daha güvenilir ürünlerin geliştirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Teknolojik açıdan bir hidrokolloid olarak sınıflandırılan jelatin, bu grup içinde pektin, karagenan, arap zımkı, ksantan gam, guar zımkı ve keğıboynuzu zımkı gibi diğör önemli hidrokolloidler ile benzerlik göstermektedir. (Schrieber ve Gareis, 2007).

2.2 Hidrokolloidler

Hidrokolloidler, suda dağııldıklarında viskoz dispersiyonlar ve/veya jeller oluşturma yetenekleri ile karakterize edilen heterojen bir uzun zincirli polimerler (polisakaritler ve proteinler) grubudur. Bu polimerlerde bulunan çok sayıda hidroksil (-OH) grubunun mevcudiyeti, su moleköllerini bağılama afinitelerini belirgin bir şekilde artırarak onları hidrofilik bileşikler haline getirir. Gıdalarda hidrokolloidlerin yaygın bir şekilde kullanılmasının en önemli nedeni, gıdaların reolojisini değıştirme yetenekleridir. Bu değışiklik, akış davranışı (viskozite) ve mekanik katı özelliğı (yapı) olmak üzere iki temel özellik sayesinde meydana gelir. Bu iki özellik gıda sisteminin yapısının ve/veya viskozitesinin modifikasyonu ve duyuasal özelliklerini değıştirmeye yardımcı olur. Bu nedenle, hidrokolloidler, belirli işlevleri gerçekteştirmek amacıyla gıda üretiminde önemli katkı maddeleri olarak yer almaktadır. Ayrıca, hidrokolloidlerin sağıladığı bu işlevsellik, gıda ürünlerinin kalitesini artırmakta ve tüketici beklentilerini karşılamada önemli bir rol oynamaktadır (Saha ve Bhattacharya, 2010).

Özellikle gıda sektörü olmak üzere, birçok endüstriyel alanda kullanılan jellerin ve jelleştirme ajanlarının önemli bir kısmını hidrokolloidler oluşturmaktadır. Gıda endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan maddeler arasında yer alan hidrokolloidlerin çeşitli işlevleri bulunmaktadır; bunlar arasında koyulaştırıcı, jelleştirme maddesi, emülsiyon yapıcı, dengeleyici, yağ ikame maddesi, temizleyici, pıhtılaştırıcı ve bulutlanma maddesi sayılabilir. Ayrıca hidrokolloidler; yenilebilir filmlerin üretimi, tatların kapsüllenmesi ve kristalleşmenin engellenmesi gibi alanlarda da uygulamaları mevcuttur. hidrokolloidlerin sağlık alanında da artan uygulama potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir; bu bağlamda, düşük kalorili diyet lifleri sağlamaları gibi özellikleri dikkat çekmektedir. Bu değerlendirme, farklı gıda ürünleri için talepleri karşılamak amacıyla hidrokolloidlerin keşif eğilimleri ve ilerlemeleri üzerine odaklanmaktadır. (Li ve Nie, 2016; Sağır, 2016).

Hidrokolloidlerin yaygın olarak kullanıldığı temel özellikler kalınlaştırma ve jelleştirme işlevleridir. Hidrokolloidler, kalınlaştırma veya viskoziteyi arttırmak amacıyla suda dağılma özelliğine sahiptirler. Suyu kalınlaştırma özelliği, tüm hidrokolloidlerin ortak bir karakteristiği olup, genel kullanımlarının başlıca nedenlerinden birini teşkil etmektedir. Kalınlaşma derecesi, hidrokolloidlerin türüne ve kimyasal doğasına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bazı hidrokolloidler, oldukça yüksek bir konsantrasyonda düşük viskozite sağlarken, çoğu hidrokolloid %1'in altındaki konsantrasyonlarda yüksek viskozite değerleri elde etmektedir. Bu farklılıklar, hidrokolloidlerin çeşitli gıda sistemlerinde uygulanabilirliğini etkileyerek, farklı ürünlerin formülasyonlarında esneklik sağlamaktadır. (Glicksman, 1982).

Birçok hidrokolloidin, dünya genelinde kabul edilen gıda katkı maddesi kategorisine dâhil olduğu aşîkârdır. Çorbalar, et suları, salata soslari ve çeşitli sos formülasyonları, istenen viskozite ve ağız hissini elde etmek için hidrokolloidler içermektedir. Ayrıca, dondurmalar, reçeller, jöleler, jöleli tatlılar, kekler ve şekerlemeler gibi pek çok gıda ürününde de istenen dokunun oluşturulmasında hidrokolloidlerin önemli rolü bulunmaktadır. Gıda formülasyonlarının viskozitesinin ve dokusunun ayarlanmasındaki kritik rolleri göz önüne alındığında, farklı hidrokolloidleri tek başına veya kombinasyon halinde kullanan çeşitli gıda sistemlerinde pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, hidrokolloidlerin gıda endüstrisindeki çok yönlü

uygulamalarını ve etkilerini daha iyi anlamaya katkı sağlamaktadır. (Saha ve Bhattacharya, 2010).

2.2.1 Gamlar ve müsilaajlar

Gamlar ve müsilaajlar hidrokolloid yapıda olmaları, yarı saydam renkte olmaları gibi benzer özellikler taşıyalar da farklı yapılardır. Gamlar; bitkilerin dış etki ile zarar görmesi, zedenlenmesi, yaralanması gibi ekstrem durumlarda bitkinin ürettiği, müsilaajlar ise bitki metabolizmasının normal olarak ürettiği bileşenlerdir. Her ikisi de monosakkaritlerin polimerleridir ve genellikle üronik asitlerle bağ yapmış durumdadırlar. Sulu faz içerisindeki bitkiden müsilaaj oluşumu bitkinin yapısında bulunan polisakkarit, glikoprotein, protein gibi makromoleküllerin sulu ortamda dağılması ile açıklanmaktadır (Jania ve diğ., 2009). Müsilaajlar gam ve pektinlere kimyasal yapı olarak benzemekte, fiziksel açıdan ise farklılık göstermektedir. Müsilaajlar fiziksel olarak kolloidal kaygan bir yapı oluşturur. Günümüzde özellikle hidrokolloid yapıda olan müsilaajlar konusunda çalışmalar göze çarpmaktadır. Pereira ve diğ. (2019) tarafından kolloidal özelliklere sahip tohum müsilaajlarının gıda sanayinde emülsifiyer ve kalınlaştırıcı ajan olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, tohumların müsilaaj bileşenlerinin diyet lif fonksiyonlarından dolayı insan sağlığına faydalı olabileceği rapor edilmiştir. Tohum müsilaajları polisakkarit yapıda olup eklendikleri gıdalara kıvam arttırıcı, tekstürel özelliği geliştirici, emülsifiye edici gibi yapısal özellikler kazandırmakta ve ayrıca doğal diyet lif kaynağı olduklarından gıdaların besinsel özelliklerini de arttırmaktadırlar. Bu özelliklerinden dolayı müsilaajlar gıda endüstrisinde kullanılan önemli hidrokolloidlerdendir. Müsilaajlar, bitkilerin tohum, yaprak, kök, kabuk gibi birçok farklı bölümlerinde mevcut yapılardır.

Müsilaajlar genellikle gamlar ile karıştırılmaktadır ancak bu iki kavram birbirinden farklıdır. Gamlar patolojik ürünler olup suda çözünürken müsilaajlar fizyolojik ürünler olup suda çözünen sümüksü kitleler oluşturur. Müsilaajlar ise bitkinin yaprak (sinameki), tohum zarı (keten tohumu, psilyum), kök (hatmi), kabuk (karaağaç) ve orta lamel (aloe) gibi birçok farklı kısımlarında bulunur (Vardar ve diğ., 2021).

Müsilaaj, birçok bitki parçası sulu ortama bırakılıp bekletildiğinde zamanla ortamda oluşan kıvamlı kalın yüksek viskoziteli sıvı bileşendir. Jania ve diğ. (2009)'ı gamları suda çözünebilen patolojik ürünler olarak, müsilaajları ise suda çözünebilen sümüksü fizyolojik ürünler olarak tanımlamaktadır. Müsilaaj, tohumun en dış tabakası olan mukus

epidermisinde yeralan, suda çözünebilen bir liftir. Müsilajın bileşimi, tohumun kaynağına bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, genellikle çeşitli polisakkaritlerin ve az miktarda proteinin karışımlarından oluşur. Yüksek su tutma kapasitesine ve şişme kinetiklerine sahip olan müsilaj, su varlığında üç boyutlu bir ağ yapısı oluşturma potansiyeli taşımaktadır (Yılmaz ve diğ, 2022). Müsilaj, meyvenin etrafında jöle benzeri bir yapı geliştirir ve nemi korur ve tohumların tamamen kurumasını önler ve bu nedenle bir nemlendirici ajan ve aynı zamanda bir enerji deposu görevi görür (Tosif ve diğ, 2021). Günümüzde; film kaplama, emülgatör, bağlayıcı ve yağ ikame maddesi olarak gıda endüstrisindeki geniş uygulamaları nedeniyle biyopolimerlerin farkındalığı dikkat çekmektedir. Güvenlik, bulunabilirlik ve düşük maliyet nedeniyle farklı gıda endüstrilerinde aktif bileşenler olarak kullanılmak üzere bitki bazlı müsilaj talebi artmaktadır (Singh ve Barreca, 2020).

Pereira ve diğ. (2019) tarafından kolloidal özelliklere sahip tohum müsilajlarının gıda sanayinde emülsifiyer ve kalınlaştırıcı ajan olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, tohumların müsilaj bileşenlerinin diyet lif fonksiyonlarından dolayı insan sağlığına faydalı olabileceği rapor edilmiştir. Tohum müsilajları polisakkarit yapıda olup eklendikleri gıdalara kıvam arttırıcı, tekstürel özelliği geliştirici, emülsifiye edici gibi yapısal özellikler kazandırmakta ve ayrıca doğal diyet lif kaynağı olduklarından gıdaların besinsel özelliklerini de arttırmaktadırlar. Bu özelliklerinden dolayı müsilajlar gıda endüstrisinde kullanılan önemli hidrokolloidlerdendir.

2.3 Ayva Çekirdeği

Ayva (*Cydonia oblonga* Miller), binlerce yıldır Orta Asya ve Orta Doğu'da yetiştirilen *Rosaceae* familyasına ait, meyveleri büyük (10-12 cm çapında), çok çekirdekli, asimetrik şekilli, değişik boyutlarda ve farklı kokulu bir meyvedir (Fatima ve diğ, 2024). Şekil 2.3'te ayva çekirdeği gösterilmektedir.



Şekil 2.3 : Ayva çekirdeği görseli.

Bu meyvenin birincil kullanım alanı reçel ve jöle yapımıdır. İranlı halk şifacıları ayvayı çok çeşitli hastalıkları tedavi etmek için kullanmışlardır. Meyvelerinin ishali hafiflettiği ve yapraklarının yatıştırıcı olarak kullanıldığı, ayrıca, çekirdeklerinin emülgatör görevi görerek saç sabitleyici kremler yapmak için kullanıldığı rapor edilmektedir (Fatima ve diğ, 2024).

Ayva çekirdeği, kahverengi renkte olup oval şekilli, yaklaşık 7 mm uzunluğunda ve 5 mm genişliğindedir. Çeşitli araştırmalar, ayva ve yan ürünlerinin (kabuk ve çekirdek), fenolik asit, antioksidan ve flavonoid açısından zengin bir kaynak olduğunu ortaya koymaktadır (Demir, 2019). Ayva çekirdeği elde edilen müsilajın doğal olmasıyla insan sağlığına, atıkların değerlendirilmesiyle de ülke ekonomisine faydalı olan, önemli bir hidrokolloid kaynağıdır. Bileşimindeki polisakkaritler özellikle ksilozun eşsiz kolloidal özelliği, düşük üretim maliyeti ve kolay ekstrakte edilmesi ayva çekirdeğini önemli bir müsilaj kaynağı yapmaktadır (Demir, 2019). Ayva çekirdeği müsilajı, glukuronik asit ve ksiloz (glukuronoksilan) bazlı biyomalzemedan oluşur ve daha fazla hidrolize polisakkaritler içeren bir selülozik fraksiyonlar kümesidir (Milani ve diğ, 2020). Glukuronoksilan, ayva (*Cydonia oblonga*) dahil olmak üzere farklı bitkilerin tohumlarından ekstrüde edilen ucuz ve biyouyumlu bir polisakkarit hidrojelidir. Çekirdek su ile temas ettiğinde suda çözünmeyip, şişmekte ve hızla yapışkan ve tatsız bir sıvı oluşturmaktadır. Ayrıca, sıcaklık, iyonik mukavemet veya pH gibi çevresel uyaranlara yanıt olarak farklı ilaçların sürekli salınımı için matris görevi görebilen akıllı uyaranlara duyarlı bir biyomalzemedir. Normalde suda veya bazik tamponlarda, ayrıca asidik koşullar, organik çözücüler veya tuz çözeltileri altında şişer (Hussain ve diğ, 2018). Ayva çekirdekleri suya batırıldığında elde edilir ve çekirdeğin etrafında şeffaf bir jel oluşur. Bu antioksidan hidrokolloid, benzersiz kolloidal özellikleri, yüksek viskozitesi, düşük üretim

maliyeti ve kolay ekstraksiyonu nedeniyle bir jelleştirici ajan olarak ilgi görmektedir (Jouki ve diğ, 2014)

Ayva çekirdeği müsilağı, selüloz ve suda çözünen polisakkaritlerin bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Kısmen-O-asetillenmiş (4-O-metil-D-glukurono)-D-ksilanın olağanüstü yüksek konsantrasyonda glukuronik asit birimleri ile ayva çekirdeğinin müsilağındaki suda çözünen birincil polisakkarit olduğu rapor edilmektedir (Hussain ve diğ, 2024). Ayva çekirdeğinden ekstrakte edilen müsilağın yaklaşık bileşimi; nem (%7.41), kül (%6.53), yağ (%1.87), protein (%2.67) ve yüksek karbonhidrat konsantrasyonundan (%81.52) ibaret olduğu bildirilmektedir (Fatima ve diğ, 2024). Ayva çekirdeği müsilağı; gıda endüstrisinde, gıda muhafazasında kaplama olarak, yenilebilir filmler oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır (Jouki ve diğ, 2014). Kıvam arttırıcı ve jelleştirici özelliklere sahip olan ayva çekirdeği müsilağı süt ve yoğurt gibi ticari ürünleri stabilize etmekte, ayrıca süt ve süt ürünlerindeki yararlı bakterilerin büyümesini arttırmaktadır (Fatima ve diğ, 2024). Gürbüz (2016), ayva çekirdeği jeli tozunun, uygun oranda stabilizatör olarak ilave edilmesinin yoğurdun yapısını iyileştirdiği ve ticari stabilizatörlere alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Son zamanlarda, petrokimyasal bazlı polimer filmler, çevresel kaygılar, yüksek maliyet ve petrol ürünlerinin düşük bulunabilirliği nedeniyle biyolojik olarak parçalanabilen yenilebilir filmlerle ikame edilmiştir. Ayrıca biyofilmler, gıda ve çevre arasında bir bariyer görevi görerek gıdanın raf ömrünü artıran daha iyi mekanik özelliklere sahiptir. Ayva çekirdeği müsilağı biyolojik olarak parçalanabilen filmler geliştirmek için mükemmel bir alternatif olabilir. Ayva çekirdeği müsilağı ve sodyum aljinat farklı oranlarda bir araya getirilerek oluşturulan kompozit hidrojellerin iç cevizlerin raf ömrünü artırmak için kaplama olarak kullanıldığı bir çalışmada taze ceviz içlerinin kalitesi başarılı bir şekilde korunmuş ve depolama sırasında bozulmaları önlenmiştir (Yousuf ve Maktedar, 2022). Ayva çekirdeği müsilağı, ambalaj ve gıda endüstrisinde iyi bir potansiyel sunmaktadır. Elde edilen filmler gıdanın tazeliğini koruyarak raf ömrünü arttırmaktadır. Müsilağı, armut gibi meyvelerin enzimatik esmerleşmesini durdurabilmekte ve gıdaların lezzetini arttırabilmektedir. Gelecekte müsilağı, ortalama ömrü artırmak ve endüstriyel düzeyde gıda malzemelerinin tazeliğini korumak için pahalı kaplamaların yerini alabilecektir. Müsilağı, kimyasal bazlı kremler yerine yara iyileşmesi için etkili bir şekilde kullanılabilmektedir. Ayva çekirdeğinin literatürde yara iyileşmesi (Tamri ve diğ, 2014), ilaç dağıtımı (Ashraf ve diğ, 2018), nanopartikül sentezi (Beğici, 2023), su arıtma (Ghahremani ve diğ, 2021), sızıntı suyu ön

arıtımı (Kanani ve diğ, 2021), proteinlerin koaservasyonu (Ghadermazi ve diğ, 2021), kanser tespiti (Darvishi ve diğ, 2021) ve hidrojel sentezi (Ashraf ve diğ, 2018) için kullanıldığı bildirilmektedir. Ayva çekirdeği müsilajı çevre dostu biyopolimerler (Yılmaz ve diğ, 2023), nanoemülsiyonlar (Hosseini ve diğ, 2017) ve kompozit aerogeller (Ahmadzadeh-Hashemi ve diğ, 2023) üretmek için kullanılmıştır. Ayrıca önemli ölçüde öksürük kesici ve balgam söktürücü aktivite göstermektedir (Lataran ve diğ, 2023).

Ayva çekirdeklerinden elde edilen müsilaj, yenilebilir kaplamalar, filmler ve ambalaj malzemeleri geliştirmek için biyolojik olarak parçalanabilen, biyouyumlu ve toksik olmayan bir malzemedir. Müsilaj filmlerin farklı malzemelerle modifiye edilmesi, filmlerin mekanik özelliklerini artırmakta, raf ömrünü uzatmakta ve tazeliğini korumaktadır. Ayva çekirdeğinden elde edilen müsilaj dikkate değer bir jelleşme ve bağlayıcı biyomateryal olarak ilaç kontrollü salınımı geliştirebilir.

2.4 Bamya

Anavatanının Asya ve Hindistan olduğu düşünülen, ancak Afrika'dan Asya'ya, Güney Avrupa'ya ve Amerika'ya yayılmış olan tropikal ve subtropikal bir bitki olan bamya (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), *Malvaceae* familyasının en yaygın bilinen ve kullanılan türlerinden biridir. Şekil.2.4'te bamya gösterilmiştir.



Şekil 2.4 : Bamya görseli.

FAO'nun 2013 verilerine göre, dünyada en büyük bamya üretim alanına sahip ülkeler: Hindistan (530.785 ha), Nijerya (385.000 ha) ve Sudan (22.092 ha)'dır. Bamya üretiminde ise Hindistan %72,90 ile birinci sırada yer alırken, Nijerya %12,60'lık, Sudan %3,00'lük paya sahiptir (Ulu ve diğ, 2016). FAO'nun 2023 yılı verilerine göre ise dünya

genelinde bamya için, tahmini olarak 2.949.566 hektarlık hasat alanı kullanılmıştır (FAOSTAT, 2023)

Geçmişte *Hibiscus esculentus* L. olarak da bilinen bu bitki, Türkiye’de “bamya” ismiyle tanınmaktadır. Bamya, ülkemizde sulama imkânı olan hemen her bölgede yetiştirilebilir. Ancak vejetasyon süresinin en kısa olduğu Erzurum, Kars ve Ardahan platolarında yetiştirilmesi zordur. Akdeniz ve Ege bölgelerinin alçak havzalarında yaygın olarak yetiştirilen bamya, Karadeniz Bölgesi’nde ise sürekli yağış alan ve bulutluluk oranı yüksek olan Kuzey Anadolu Dağları’nın kuzeye bakan yamaçları dışında, özellikle güney yamaçlardaki düşük rakımlı havzalarda üretilebilir (Elmacı, 2011). TÜİK verilerine göre, 2024 yılında ülkemizde toplam 28.152 ton bamya üretilmiştir (TÜİK, 2024).

Ekonomik açıdan değerli bir sebze olan bamya, protein, A vitamini, C vitamini, demir, kalsiyum ve diyet lifi bakımından oldukça zengin bir içeriğe sahiptir (Öncü Glaue, 2018). Bamya polisakkaritleri ağırlıklı olarak pektinlerdir ve şekerler-galaktoz, ramnoz ve galakturonik asitten oluşmaktadır (Soğancı, 2020). Bamya ekstraktlarının yapışkan dokusundan polisakkarit içeriği sorumlu tutulmaktadır (Farhana ve diğ. 2017). Bamya müsilağı, esas olarak yapıldığı asidik polisakkaritlere atfedilen viskoz bir görünüme sahiptir. Bu polisakkaritler asidik veya alkali çözeltilerde ve hidro alkollü çözeltilerde çözünmektedir. Suda ekstrakte edildiklerinde oldukça viskoz bir solüsyon oluşturan bamya müsilağı, monosakkaritler D-galaktoz, L-ramnoz, proteinler ve minerallerle ilişkili galakturonik asitten oluşan doğal polisakkaritlerin bir karışımıdır. Bamya zamkı polisakkaritlerinin ana bileşenleri mannoz, rhamnoz, glukuronik asit, glikoz, arabinoz, galakturonik asit, galaktoz ve ksilozdur (Dantas ve diğ, 2021). Su ile ekstrakte edilen bamya polisakkaritlerinin çeşitli bir gıda bileşeni olarak kullanılabileceği önerilmektedir. Bamya müsilağı doğal olarak tüketilebilir ve potansiyel sağlık yararları nedeniyle kendisi doğal bir fonksiyonel gıda olarak kabul edilmektedir.

Bamya müsilağı, proteinler ve minerallerle ilişkili monosakkaritler D-galaktoz, L-ramnoz ve galakturonik asitten oluşan doğal polisakkaritlerin bir karışımıdır. Adetuyi ve Dada (2014), bamya müsilağındaki Zn ve Ca içeriğinin tüm bamya meyvesinin mineral içeriğinden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu müsilağılardaki polisakkaritler, immünomodüle ve anti-inflamatuar gibi bazı önemli biyolojik aktiviteler göstermektedir (Elkhalifa ve diğ, 2020; Chukwuma ve diğ, 2018; Kuruwita Arachchige ve diğ, 2018; Trakoolpolpruek ve diğ, 2019). Bamya müsilağı özellikle in vitro ve in vivo çalışmalarla

antitümör, antioksidan, antimikrobiyal, hipoglisemik ve antiülserojenik kapasitelerin yanı sıra kolesterol ve safra asitlerini bağlama ve karaciğerden toksinleri uzaklaştırma yeteneği gibi işlevsel sağlık özelliklerini göstermiştir (Peng ve diğ, 2019; Wang ve diğ, 2018; Nie ve diğ, 2019). Bamya müsilağının işlevsel özellikleri üzerine yapılan çalışmaların çoğu ayrıca tip 2 diyabetin biyokimyasal faktörlerini kontrol etmedeki potansiyel biyolojik aktivitesine odaklanmaktadır. Matazu ve diğ. (2018) müsilağ açısından zengin bamya tohumları ve kabukları ile bir nutrasötik formülasyon geliştirerek, antidiyabetik ve antioksidan özellikleri değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, lipid profili, kan glikoz seviyeleri ve glikozlanmış hemoglobin değerlerindeki iyileşmeler, formülasyonun güçlü bir antidiyabetik ajan olarak kullanılabilieceğini ortaya koymuştur.

Bamya müsilağının gıdaların stabilite, doku ve görünümünü iyileştirme kapasitesine sahip olduğunu ve ayrıca jelleştirici madde ya da doku değiştirici olarak da işlev görebileceği bildirilmektedir (Noorlaila ve diğ, 2015; Dantas ve diğ, 2021).

Yuenan ve diğ. (2014) dondurma formülasyonuna bamya polisakkaritleri ekleyerek yaptıkları çalışmada, viskozitenin önemli ölçüde arttığını ve karışım içerisindeki buz kristallerinin büyümesinin azaldığını gözlemlenmiştir. Bu etkiler, tatmin edici bir duysal algı elde edilmesi açısından kritik öneme sahip faktörler olarak değerlendirilmiştir.

Farhana ve diğ. (2017) yaptığı çalışmada, bamya pektininine konjak glukomannan (KG) ekleyerek, jel özellikleri, jel dayanımı, viskozite ve erime noktası analizlerini değerlendirmişlerdir. Bamya posası, bamya yapraklarına kıyasla daha yüksek viskozite göstermiştir, ancak en yüksek jel dayanımı bamya yapraklarında gözlemlenmiştir.

Kalkan ve Maskan, (2023) yaptığı çalışmada elde edilen bulgular, bamya müsilağının gıda formülasyonlarında koyulaştırıcı, stabilizatör ve emülgatör olarak umut vadeden bir katkı maddesi olabileceğini ortaya koymuştur. Müsilağın emülgatör rolü, %1.2 bamya müsilağı eklenmesiyle fıstık ezmesinin stabilitesini %97.19 oranına kadar arttırdığı tespit edilmiştir.

2.5 Keten Tohumu

Keten familyasına ait olan keten tohumunun Latince adı *Linum usitatissimum* olarak bilinmektedir. Şekil 2.5'te keten tohumu gösterilmektedir.



Şekil 2.5 : Keten tohumu görseli.

Mezopotamya kökenli keten tohumu, M.Ö. 6000’li yıllardan bu yana yetiştirilmektedir. Keten, tarihsel olarak çeşitli alanlarda kullanım bulmuş olup, keten lifi kumaş yapımında, keten tohumu yağı ise boyama, kurutma ve parlatma ajanı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, keten tohumu unu hayvan yemi olarak da yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Bu çok yönlü kullanım alanları, ketenin hem tarih boyunca hem de günümüzde önemini koruyan bir tarımsal ürün olmasını sağlamıştır (Çimen, 2023). Keten tohumu, yaklaşık %40-45 oranında yağ %20-25 oranında protein ve %28 oranında diyet lifi içermektedir. Bu bileşenler, keten tohumunun besin değeri açısından önemli bir profil sunduğunu göstermekte ve beslenme ile sağlık alanlarında dikkate değer bir kaynak olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Yüksel ve diğ, 2018). Keten tohumunun fonksiyonel özelliklerinde en önemli rolü içerdiği proteinler üstlenmektedir. Keten tohumu proteinleri, emülsifikasyon, jel oluşturma, köpük oluşturma ve stabilizasyon gibi fonksiyonel özellikleri sayesinde gıda endüstrisinde etkili bir kıvam arttırıcı, stabilizatör ve emülgatör olarak kullanılabilmektedir (Erkoç ve diğ, 2021).

Müsilaj, keten tohumu kütesinin %3-10’unu oluşturmakta olup, suda çözünebilen yüksek moleküler ağırlıklı heteropolisakkaritlerden meydana gelmektedir (Çimen, 2023). Keten tohumu gamları, tohumun sıcak su ile muamele edilmesinin ardından alkolle çöktürme ve dondurarak kurutma işlemlerinin uygulanması ile ekstrakte edilebilmektedir. Keten tohumu müsilajı, yaklaşık olarak 2:1 oranında asidik ve nötr karakterde iki farklı polisakkarit bileşenden oluşmaktadır. Keten tohumu müsilajı, L-ramnoz, L-fruktoz, L-galaktoz ve D-galaktronik asitten oluşan %17 asidik bir fraksiyon ile L-arabinoz, D-ksiloz, D-galaktoz ve D-galaktronik asitten meydana gelen %83 nötr bir fraksiyona sahiptir

(Puligundla ve Lim, 2022). Asidik fraksiyon, %25.3 oranında L-ramnoz, %11.7 oranında L-galaktoz, %8.4 oranında L-fruktoz ve %9.1 oranında D-ksiloz içerirken; nötr fraksiyon 2 %20 oranında L-arabinoz ve %76 oranında D-ksiloz/D-galaktozdan oluşmaktadır. Bu yapılar arasında, yüksek moleküler ağırlığa sahip arabinoksilanlar nötr fraksiyonun ana bileşenlerini teşkil eder ve yüksek konsantrasyonlarda kayma inceltici akış davranışı göstermektedir. Asidik fraksiyon ise pektin benzeri bileşikler içermekte olup, daha düşük moleküler boyutlarda ve Newtonian akış davranışı sergilemektedir. Keten tohumu müsilağı, içeriğindeki D-galaktronik asitler nedeniyle anyonik bir polisakkarit olarak sınıflandırılmaktadır (Çimen, 2023). Yang ve diğ. (2021), yaptığı bir çalışmada; viskoelastik özelliklere sahip gıda maddesi olarak kullanılmak üzere keten tohumu müsilağı, konjak glukomannan ve agarın çeşitli oranlarda bir araya getirildiği hidrokolloid jeller hazırlanmıştır. Elde edilen hidrojelilerin fizikokimyasal özellikleri; su çözünürlük indeksi, şişme kapasitesi, frekans taraması sonuçları ve mikro yapıları açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, keten tohumu gamının oranının azalmasıyla bileşik jelin su çözünürlük indeksi değerinde bir artış eğilimi olduğunu göstermiştir.

2.6 Konjak Gam

Güneydoğu Asya ülkelerinde yetiştirilen *Araceae* familyasına ait *Amorphophallus* cinsindeki konjak bitkisine ait yumruların kurutulması ile elde edilen beyaz renkte kokusuz bir polisakkarittir. Şekil 2.6’da konjak gam görseli verilmiştir.



Şekil 2.6 : Konjak gam görseli.

Konjak gam başta gıda ve ilaç sanayi olmak üzere birçok sanayi alanında kullanılmaktadır. Çin ve Japonya’da konjak bitkisinin kullanımı çok eskiye dayanmakta olup fonksiyonel gıda ve bitkisel ilaç olarak kullanılmışlardır. Konjak gam, yapısından çokça bulunan glikomannan sayesinde gıdalarda kıvam arttırıcı, tekstür geliştirici özelliğe

sahiptir. Tek başına kullanılabileceği gibi diğer hidrokolloidler ile kombine edilerek de kullanılabilir. Konjak gam, kıvam arttırma, jelleştirme, kolaylıkla çözünbilme gibi özelliklerinden dolayı günümüzde gıda sanayinde kullanılmaktadır (Çetin Abay, 2017). Konjak gamı, suda özel bir teknik gerektirmeksizin kolayca çözünabilen bir hidrokolloiddir. Çözünme sırasında suyun sıcaklığı, konjak gamının çözünürlüğünü etkilemez. Ancak, topaklanmayı önlemek için, konjak gamı suya yavaşça ilave edilmeli ve tamamen çözününceye kadar sürekli karıştırılmalıdır. Konjak gamın çözelti içinde oluşturduğu kıvam üzerinde tuz konsantrasyonu etkili olmamakla birlikte, pH değeri belirleyici bir rol oynamaktadır. Gamın çözeltideki konsantrasyonunun ve çözündüğü suyun pH değerinin artmasıyla viskozite de artmaktadır. Bu özellikleri dolayısıyla konjak gam, çeşitli uygulamalarda istenilen kıvamı ve viskoziteyi sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılan bir bileşen olarak öne çıkmaktadır (Çetin Abay, 2017).

Konjak gam galaktomannanı, hafif dallanmış bir d-glukoz (G) ve d-mannoz (M) omurgasından oluşan, -1,4 bağlantılı Şekil 2.7’de gösterilen polisakkarit yapısına sahiptir ve galaktomannan zinciri boyunca -1,6-glikozil birimleri içermektedir. Mannoz moleküllerinin C-3 konumunda kısa yan dallar bulunabilir ve ayrıca şeker birimlerinin C-6 konumunda rastgele asetil grupları yer alabilir. Asetil gruplarının yoğunluğu değişkenlik gösterebilir, genellikle her 9 ile 20 şeker biriminde bir asetil grubu bulunmaktadır. M (d-mannoz): G (d-glukoz) oranı, konjak gam galaktomannanının elde edildiği kaynağa bağlı olarak çeşitlilik gösterir. Örneğin, A. konjak bitkisinden elde edilen asetillenmiş konjak gam galaktomannanının yaklaşık 1.6:1 M:G molar oranına sahip olduğu rapor edilmiştir. Bu farklılık, konjak gam galaktomannanının moleküler yapısının kaynak ve üretim sürecine göre değişken olabileceğini göstermektedir (Koroskenyi ve diğ, 2001). Konjak gam galaktomannan (KGM) omurgası, %5-10 oranında asetil ikame gruplarına sahip olup, bu ikameli grupların varlığı, KGM’nin sulu çözeltide çözünürlüğüne katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, KGM, alkali işlemlerle asetil gruplarını kaybederek kolaylıkla termal olarak kararlı bir jel yapısına dönüşebilir. Jelleşme süreci ayrıca ısı uygulamasıyla da teşvik edilmektedir. Bu nedenle, alkali eklenmesi, sadece KGM’nin çözünürlüğünü artırmakla kalmaz, aynı zamanda deasetilasyon sürecini de kolaylaştırır ve bu durum, KGM'nin jelleşme kapasitesini güçlendirmektedir (Behera ve Ray, 2016). Konjak gam, gıda endüstrilerinde büyük ilgi gören yeni geliştirilmiş vejetaryen jelleştiricilerden biridir.

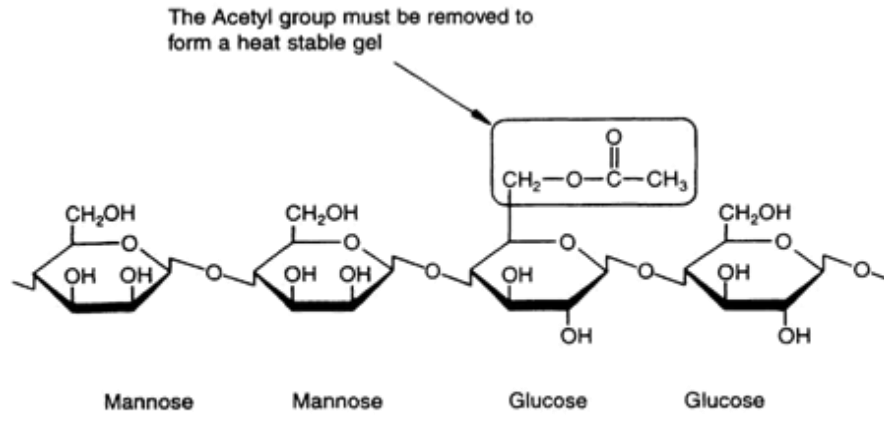


Figure 8.4 Glucomannan structure.

Şekil 2.7 : Konjak gam yapısı (Thomas, 1997).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Hammadde

Bamya, keten tohumu ve ayva çekirdeği Elazığ ilindeki yerel bir aktardan temin edilmiştir. Jelatin ve konjak gam hammadde halindeki ürünlerin satıldığı bir mağazadan temin edilmiştir. Hammaddeler, kullanım öncesinde -18 °C’de saklanmıştır.

3.1.2 Kimyasallar

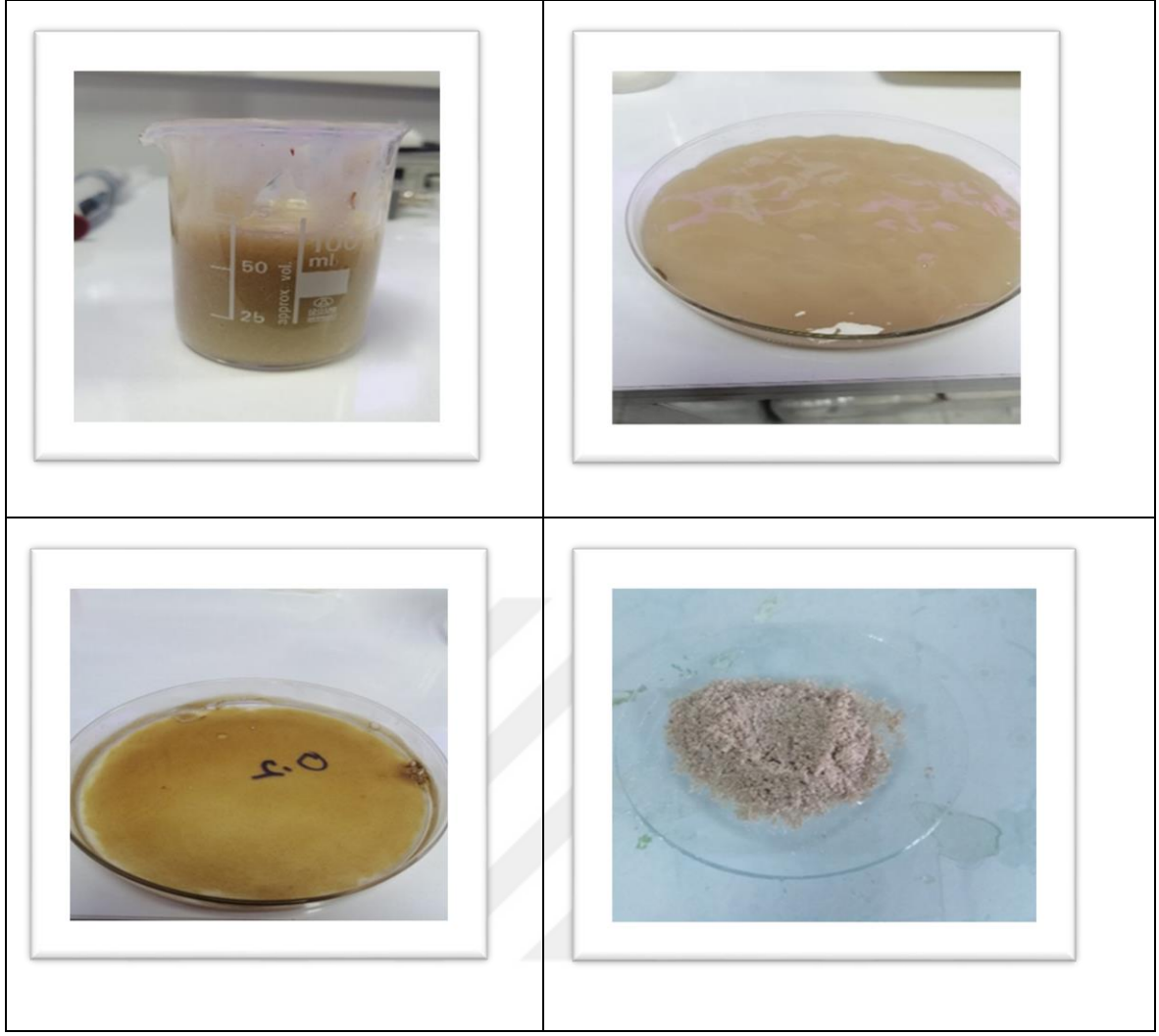
Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar (etanol, aseton) Sigma Aldrich (USA) firmasından temin edilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Hammadde ekstraksiyonları

3.2.1.1 Ayva çekirdeği müsilağı ekstraksiyonu

Ayva çekirdeği müsilağı, Erdoğan (2020)’ın kullandığı yönteme göre elde edilmiştir. Ayva çekirdeği (10 gram) ve distile su (100 ml) çözeltisi, 45 °C’de su banyosunda (Nüve, NB 20) 15 dakika süreyle karıştırılarak bekletilmiştir. Karışım, bir blenderden geçirilmiş ve beyaz müslin bezden süzülerek 100 ml süzüntü elde edilmiştir. Elde edilen süzüntü, homojenizatör (WiseTis marka) ile 13.000 rpm hızda 3 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Homojenize edilen karışım, 4.000 rpm hızda 12 dakika süreyle santrifüj (Nüve NF 800 R) edilmiştir. Elde edilen süpernatant, cam petrilere konularak 40 °C’de 36 saat boyunca etüvde (Nüve marka) kurutulmuştur. Kurutulan müsilağ, havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Ayva çekirdeği müsilağı eldesi üretim aşamaları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

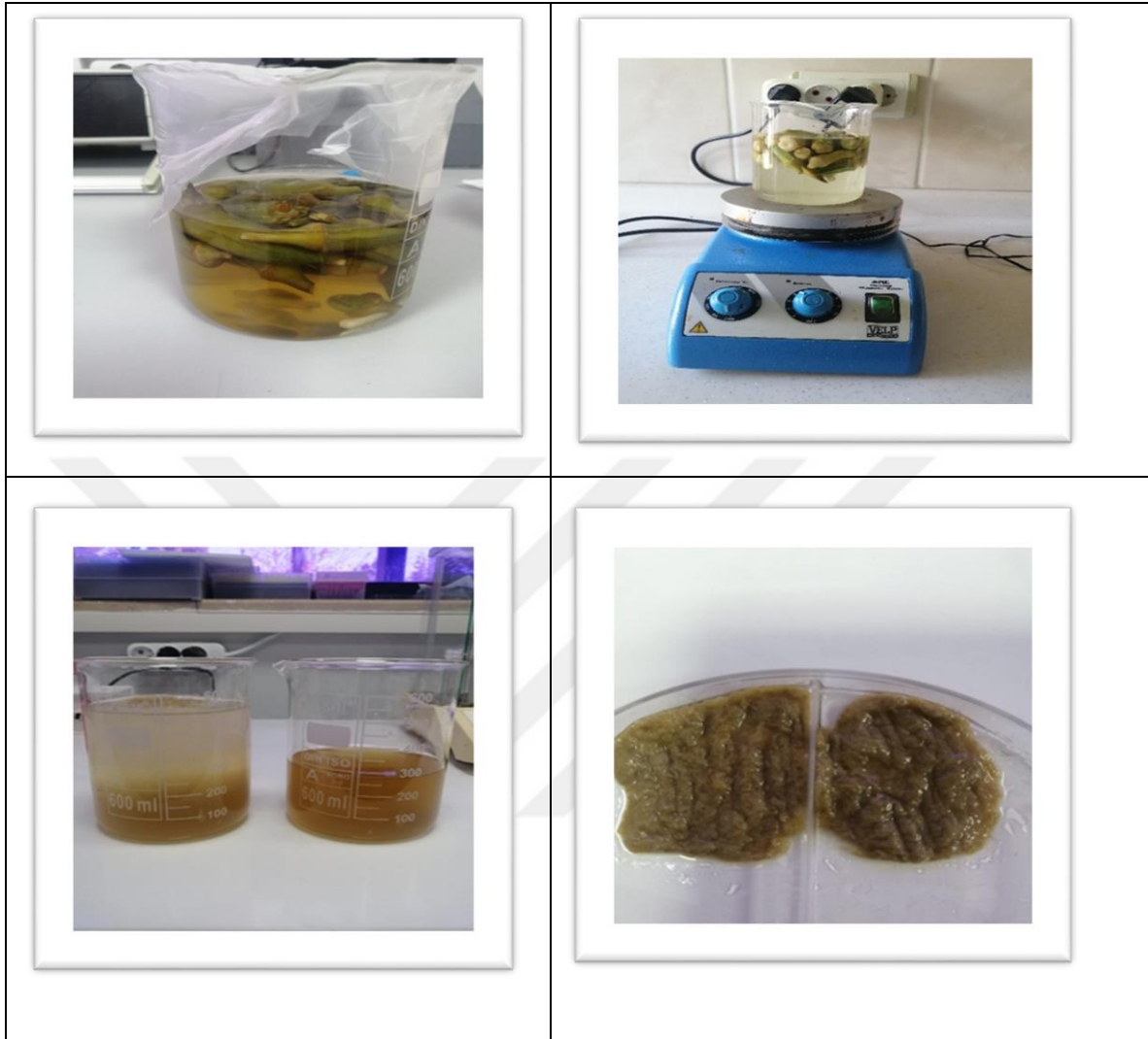


Şekil 3.1 : Ayva çekirdeği müsilajı eldesi üretim aşamaları.

3.2.1.2 Bamya müsilaj ekstraksiyonu

Yöresel pazardan temin edilen bamyalar öncelikle temizlenmiş ve kullanım anına kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Ameena ve diğ. (2010) tarafından geliştirilen yöntem, Kalkan ve Maskan (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın bulguları doğrultusunda değerlendirilmiş ve belirli modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. 80 gram bamya örneği, 280 ml distile su (7:2, su:bamya) ile birlikte 45 °C sıcaklıkta ve 4000 rpm hızla 120 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda (DaihanSMHS-6, Velp Are) karıştırılmıştır. Bu işlem sonucunda 275 ml süzüntü elde edilmiştir. Elde edilen süzüntüye eşit hacimde saf aseton eklenerek müsilaj çökeltiştir. Sonuç olarak, tartılan çökelti müsilaj olarak belirlenmiştir. Elde edilen müsilaj örnekleri, gece boyunca liyofilizatörde (Buchi L-200) kurutularak toz formuna dönüştürülmüş elde edilen toz örnekler -18°C'de saklanarak

stabiliteleri korunmuştur. Şekil 3.2’de bamyı müsilajı eldesi üretim aşamaları gösterilmiştir.

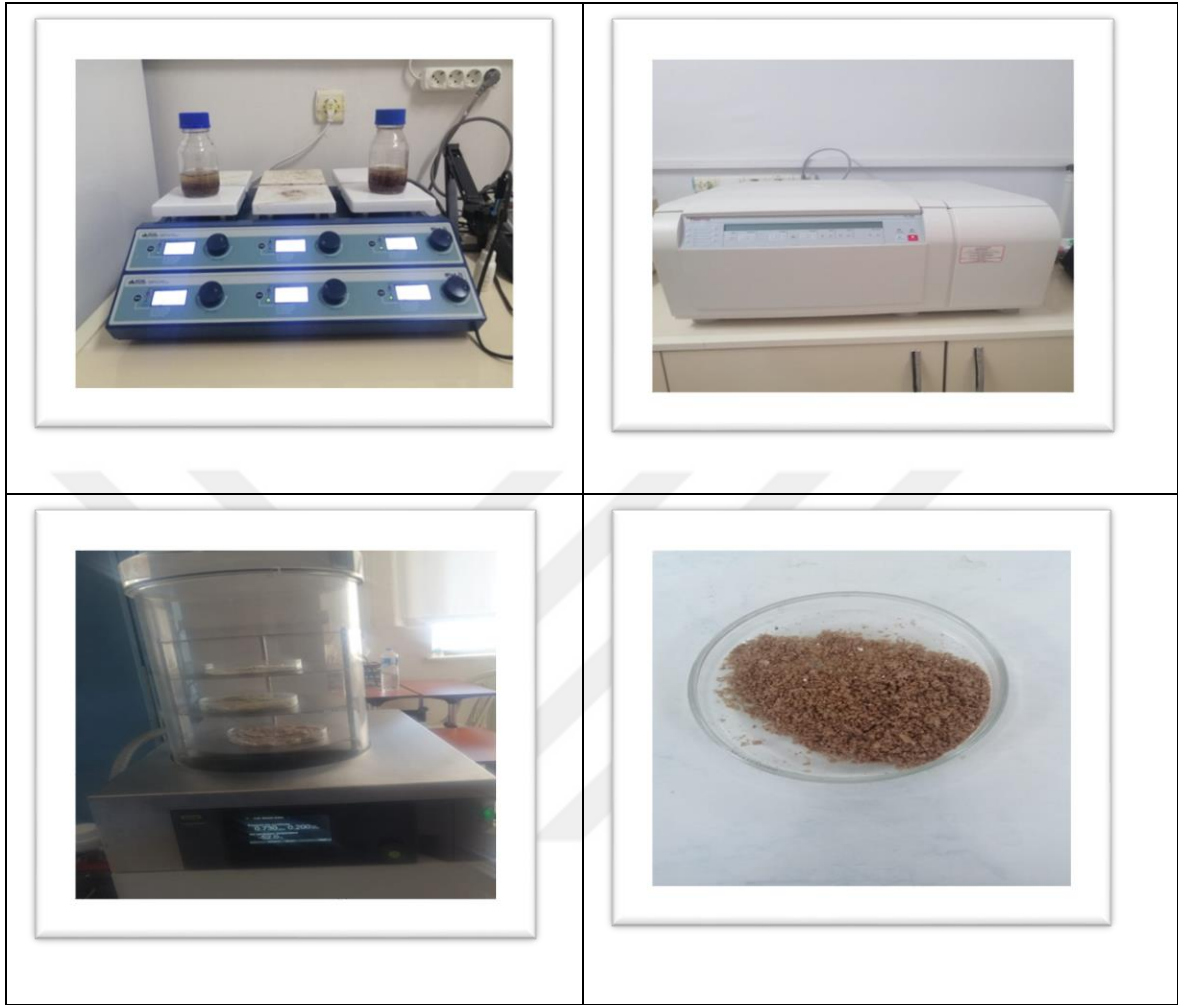


Şekil 3.2 : Bamyı müsilajı eldesi üretim aşamaları.

3.2.1.3 Keten tohumu ekstraksiyonu

Keten tohumu müsilajı üretimi Yang ve diğ. (2021) tarafından geliştirilen yöntemle yapılmıştır. 10 gram keten tohumu üzerine 100 ml distile su (85 °C) eklenmiştir. Elde edilen karışım, 85 °C’de 170 rpm hızla 3 saat boyunca karıştırılmıştır. Sonrasında, karışım beyaz müslin bezden süzülerek 80 ml süzöntü elde edilmiştir. Bu süzöntü, 4000 rpm hızda 10 dakika boyunca santrifüj (Thermo Scientific SL 16R) edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında çökelen müsilajlı tabaka, 3 katı hacmindeki %95 saflıkta etanol ile çöktürülmüştür. Bu işlemler sonucunda müsilaj elde edilmiştir. Elde edilen müsilaj, liyofilizatörde (Buchi L-200) kurutularak toz haline getirilmiş ve toz müsilaj elde

edilmiştir. Toz formuna gelen müsilağ -18°C'de muhafaza edilmiştir. Keten tohumu müsilağı eldesi üretim aşamaları Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : Keten tohumu müsilağı eldesi üretim aşamaları.

3.2.1.4 Ekstraksiyon verimi (%)

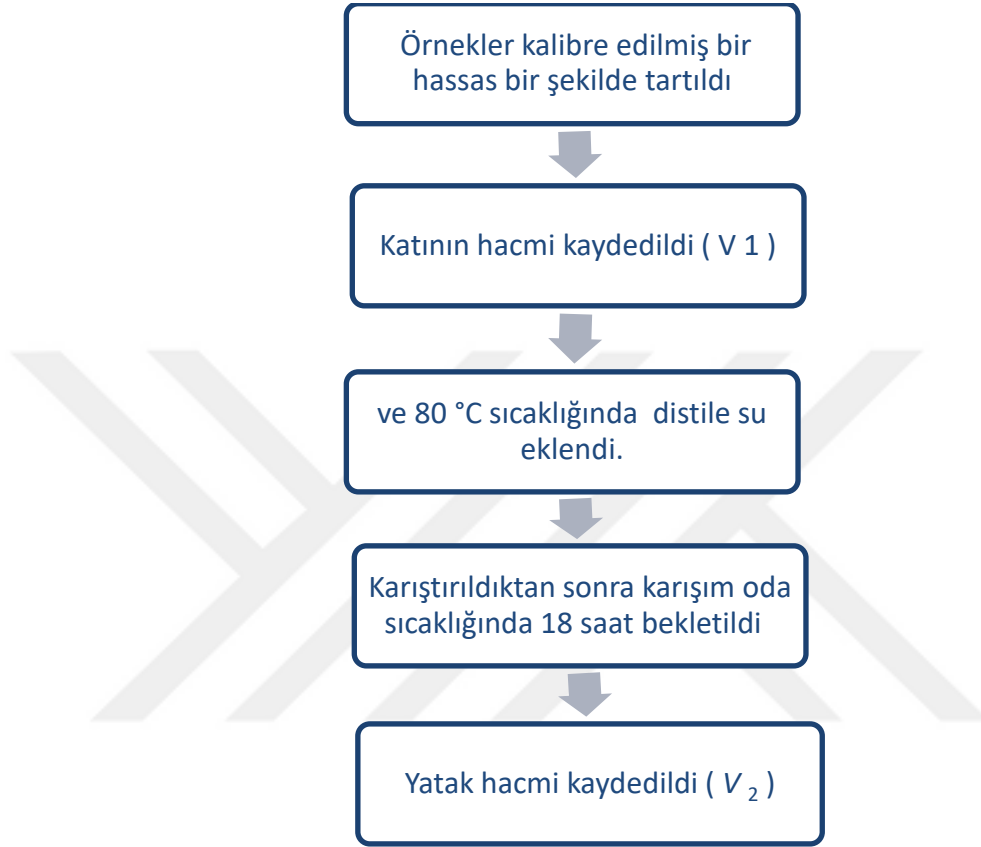
Verim yüzdesi, ekstraksiyon sürecinde kullanılan kuru (toz) ekstrakt örneklerinin miktarı ile ekstraksiyon sonrası elde edilen kuru, suda çözünür müsilağ/polisakkarit miktarı temel alınarak hesaplanmıştır (Samavati, 2013). Yüzde verim (mg/g kuru ekstrakt) Eşitlik (3.1)'deki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\% \text{Verim} = (\text{Kuru Müsilağ Ağırlığı} / \text{Bitki Kuru Ağırlığı}) \times 100$$

Eşitlik (3.1)

3.2.2 Şişme kapasitesi

Bu çalışmada kullanılan jelatin, konjak gam ile bitki müsilajlarına ait karışımların şişme kapasitesi değerleri, Sangeethapriya ve Siddhuraaju (2014)'nın çalışmalarındaki yöntemle göre Şekil 3.4'te de şematize edilen aşamalarla belirlenmiştir.



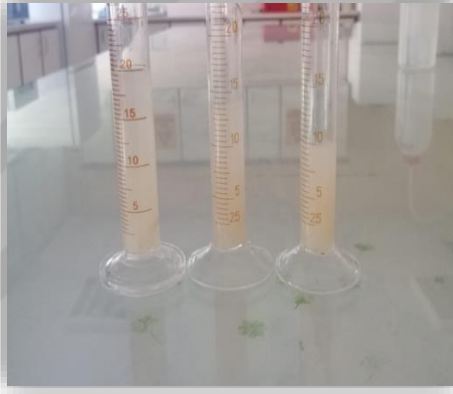
Şekil 3.4 : Şişme kapasitesi ölçüm aşamaları.

Eşitlik (3.2)' deki denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\text{Şişme kapasitesi}(ml/g) = \frac{(V_2 - V_1)}{\text{Kuru Ağırlık}} \quad \text{Eşitlik (3.2)}$$

Ayva çekirdeği ve keten tohumu müsilajlarının konjak gam ile hazırlanan karışımlarının şişme kapasite değerlerinin ölçümü için; 0.1: 0.1, 0.2: 0.1, 0.1:0.2 (g/g) oranlarında 3 ayrı karışım oluşturulmuştur. Bu karışımların her birinden hazırlanan örnekler 3 ayrı cam mezüre konulmuş ve üzerlerine 10, 15, 20 ml'lik 80 °C sıcaklığında distile su ilave edilmiştir. Bölüm 3.2.2'de tarif edilen yöntem ve formülle şişme kapasitesi ölçülmüştür. Şekil 3.5'te KG-AÇM karışımının şişme kapasitesi çalışmasına bir örnek gösterilmiştir.

Bamya örnekleri için belirtilen oranlarda şişme ve jelleşme gözlemlenmemiştir. Farhana ve diğ. (2017) gerçekleştirdiği çalışmada, bamya müsilağının tek başına jel oluşturamadığı gözlemlenmemiştir; bu nedenle, konjac glukomannan (KGM) olarak bilinen başka bir polisakkarit kullanılmıştır. Kullanılan konsantrasyonlar ağırlık bazında belirlenmiş olup, sırasıyla %5.0 bamya müsilağı ve %1.6 KGM kullanılmıştır. Bu çalışmada ise Farhana ve diğ. (2017) çalışmasına istinaden konjak gum ve bamya müsilağının 0.2 g KG-0.5 g BM ve 0.3 g KG-0.5 g BM örnekleri Bölüm 3.2.2’ de tarif edilen yöntem ve formülle çalışılarak şişme kapasitesi ölçülmüştür. Ancak sadece 0.3 g KG-0.5 g BM örneğinde şişme ve jelleşme gözlemlenmiştir.



Şekil 3.5 : KG-AÇM karışımının şişme kapasitesi çalışmasına bir örnek.

3.2.3 Emülsiyon kapasitesi

3.2.3.1 Hammaddelerin emülsiyon kapasitesi

Bu çalışma kapsamında hazırlanan örneklerin emülsiyon kapasitesi ölçümü, Thanatcha ve Pranee (2011)’de tarif edilen yöntemle yapılmıştır. Emülsiyon kapasitesi ölçümü için, bitkisel kaynaklardan elde edilen müsilağlar-konjak gam karışımı ve jelatin kullanılmıştır. Deneylerde, her bir jel yapıcı ajan için yağ-su karışımı hazırlanarak emülsiyon oluşturulmuştur. Deneylerde kullanılan emülsiyon sistemi, %50 yağ ve %50 su fazından oluşmuştur. Konjak gamın ve jelatinin emülsiyon kapasitesi ölçümü için sırasıyla 0.2 g-2 g örnek tartılmıştır. Örneklerin üzerine 20 ml distile su ve 20 ml ayçiçek yağı ilave edilmiş ve elde edilen emülsiyonlar, homojenizatör (WiseTis marka) kullanılarak 3 dakika boyunca karıştırılmıştır. Bu işlem emülsiyonun stabilize olmasını sağlamıştır. Oluşturulan

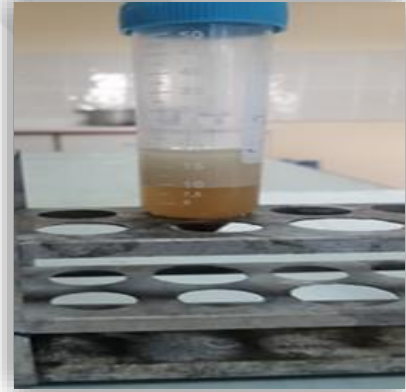
emülsiyonlar, 24 saat boyunca dinlendirilmiş ve emülsiyon kapasitesi, emülsiyon fazının toplam karışım içindeki yüzdesi olarak hesaplanmıştır. Emülsiyon kapasitesini ölçmek için hazırlanan emülsiyonlar, 4000 rpm’de 30 dakika santrifüj (Nüve NF 800 R) edilmiştir. Santrifüj sonrası üst fazdaki yağ miktarı ölçülerek emülsiyon fazının kapasitesine dair veriler elde edilmiştir. Daha sonra emülsifiye edilmiş katmanın miktarı ve tüm katmanın miktarı ölçülerek, Eşitlik (3.3) ‘teki denkleme göre emülsiyon kapasitesi hesaplanmıştır.

$$\text{Emülsiyon kapasitesi \%} = \frac{\text{Emülsiye edilmiş katmanın yüksekliği} \times 100}{\text{Tüm katmanın yüksekliği}} \quad \text{Eşitlik (3.3)}$$

Ayva çekirdeği, bamya ve keten tohumu müsilaajlarının konjak gam ile hazırlanan karışımlarının emülsiyon kapasite değerlerinin ölçümü için; 0.1: 0.1, 0.2: 0.1 , 0.1: 0.2 (g/g) oranlarında 3 ayrı emülsiyon karışımı oluşturulmuştur. Oluşturulan emülsiyonların, emülsiyon kapasiteleri yukarıda anlatıldığı şekilde ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de örneklere (KG ve KG-KTM) ait emülsiyon kapasitesi ölçümleri gösterilmiştir.



Şekil 3.6 :KG emülsiyon kapasitesi ölçümü.



Şekil 3.7 : KG-KTM emülsiyon kapasitesi ölçümü.

3.2.4 Emülsiyon stabilitesi

Numunelerin emülsiyon stabilitesi, Noorlaila ve diğ. (2015) tarafından tarif edilen yönteme göre belirlenmiştir. Emülsiyon stabilitesin ölçümünde kullanılacak örnekler, emülsiyon kapasitesi ölçümünde kullanılan yöntemle hazırlanmıştır. Hazırlanan örnek üzerine 20 ml distile su ve 20 ml ayçiçek yağı eklenerek hazırlanan emülsiyon örnekleri, 80 °C’de 30 dakika boyunca ısıtılmıştır. Daha sonra, numuneler 4000 rpm’de 10 dakika

süreyle santrifüj (Nüve NF 800 R) edilmiştir. Emülsiyon stabilitesi, Eşitlik (3.4) kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Emülsiyon Stabilitesi } \% = \frac{\text{Isıtıldıktan sonra emülsiyon tabakanın yüksekliği} \times 100}{\text{Tüm tabakanın yüksekliği}} \quad \text{Eşitlik (3.4)}$$

Ayva çekirdeği, bamya, keten tohumu konjak gam karışımlarının emülsiyon stabilite ölçümü için; 0.1: 0.1, 0.2: 0.1, 0.1: 0.2 (g/g) oranlarında 3 ayrı emülsiyon karışımı oluşturulmuştur. Oluşturulan emülsiyonların, emülsiyon stabilite değerleri yukarıda anlatıldığı şekilde ölçülüp ve hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

3.2.5 Jel erime noktasının belirlenmesi

Farhana ve diğ. (2017)'de anlatılan yöntem ile jel erime noktası tayini yapılmıştır. Bu çalışmada hazırlanan örnekler distile su ilave edilerek oluşturulan jeller, kapaklı cam tüplere aktarılmıştır. Test tüpleri, jel oluşumu sırasında ortaya çıkan gazın toplanması için bir miktar boşluk bırakılarak doldurulup ve kapatılmıştır. Hazırlanan çözeltiler, buzdolabında (7 °C) 18 saat süreyle bekletilmiş ve ardından tüplerin üst boşlukları altta olacak şekilde su banyosuna (10 °C) ters olarak yerleştirilmiştir. Su banyosu (Nüve, NB 20), yaklaşık 60 saniyelik aralıklarla ılık su (~45 °C) eklenerek kademeli olarak ısıtılmıştır. Jelin tamamen eridiği sıcaklık, üst boşluktaki gaz akışının yukarı doğru hareketi izlenerek belirlenerek, erime noktası olarak tespit edilmiştir.

Ayva çekirdeği, bamya, keten tohumu müsilağlarının konjak gam ile hazırlanan karışımlarının jel erime noktası ölçümü için; 0.1: 0.1, 0.2: 0.1, 0.1: 0.2 (g/g) oranlarında 3 ayrı emülsiyon karışımı oluşturulmuştur. Oluşturulan emülsiyonların, jel erime noktası değerleri yukarıda anlatıldığı şekilde belirlenmiştir.

3.2.6 Jel kuvveti

Bölüm 3.2.2'de açıklanan yöntemle hazırlanan örnekler, 100 ml'lik cam beherlere yerleştirildikten sonra tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Analiz, Lloyd Instruments LF Plus Testing Machine kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, testte 1.27 cm çapında silindirik bir prob kullanılmıştır. Test parametreleri, test hızı 1.00 mm/s ve yük hücresi kapasitesi 5 kN olarak ayarlanmıştır. Elde edilen kuvvet (g)-zaman (s) verileri kullanılarak, bloom değeri, modulus (elastikiyet modülü), kopma noktası (break-çığnenebilirlik), work, çığnenebilirlik ve geri kazanım gibi tekstürel parametreler hesaplanmıştır. Ölçümler 25

°C'de gerçekleştirilmiştir. Tekstür analizi, her bir ölçüm için yedi tekrarlı olarak yapılmıştır. Şekil 3.8 de jel kuvveti ölçüm cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.8 : Jel kuvveti ölçüm cihazı.

3.2.7 Jel viskozitesi

Bu çalışma kapsamında hazırlanan örneklerin jel viskozite değerleri, Brookfield DV-II+ marka cihazla Sakeer ve diğ. (2018)'de tarif edilen yöntemle 50 rpm (6 numaralı başlık ile) 25 ± 0.2 °C'de ölçümle gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.9'da çalışmanın gerçekleştirildiği viskozimetre cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.9 : Viskozimetre cihaz görseli.

3.2.8 Taramalı elektron mikroskobu (Scanning electron microscopy, SEM)

Ayva çekirdeği, bamya, keten tohumu müsilaajları ve bu müsilaajların jelatin ve konjak gam ile hazırlanan karışım örneklerinin morfolojik yapısı Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM, Leo EVO-40 VPX Carl ZeissSMT, Cambridge, UK) kullanılarak incelenmiştir. Örnekler altın-paladyum ile kaplanmış ve farklı büyütme oranlarında SEM görüntüleri elde edilmiştir

3.2.9 Termal analiz

Termal analiz Zhang ve diğ. (2023) tarafından modifikasyonlarla açıklanan yöntemle göre bir diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC 4000, PerkinElmer, MA, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Beş miligram katı toz (kuru bazda) alüminyum bir tavaya tartılmış ve 10 µL deiyonize su eklenmiştir. Tava hava geçirmez şekilde kapatılmış ve DSC numune yükleme saplamasına aktarılmıştır. Gece boyunca 4 °C'lik bir buzdolabında saklandıktan sonra tava, referans olarak boş bir alüminyum tava kullanılarak örnekler -50 °C ve 200 °C sıcaklık aralıkları arasında 10 °C/dak ısıtma hızında taranmıştır. Yüksek saflıktaki azot gazı altında kontrollü bir şekilde sıcaklık uygulaması aşağıda verildiği gibi uygulanmıştır. Ayva çekirdeği müsilaajı (AÇ) ve Konjak gam-Ayva çekirdeği müsilaajı (KG-AÇM) 10 °C/dakika hızında -50 °C'den 200°C'ye ısıtılmıştır. Bamya (B) ve Konjak gam-Bamya müsilaajı (KG-B) 10 °C/dakika hızında 20 °C'den 200°C'ye ısıtılmıştır. Jelatin (J) ; 10 °C/dakika hızında 20 °C'den 200 °C'ye ısıtılmıştır. Konjak gam (KG); 10 °C/dakika hızında 20 °C'den 200 °C'ye ısıtılmıştır. Tg, camısı geçiş üzerine ısı kapasitesindeki değişim nedeniyle taban çizgisindeki kaymanın orta nokta sıcaklığı olarak tanımlanmıştır. Termogramlardan başlangıç (To), pik (Tp), sonuç erime sıcaklığı (Tc) ve entalpi (ΔH) belirlenmiştir.

3.2.10 Fourier dönüşümü infrared (FTIR) spektroskopisi

Müsilaajların bileşim hakkında detaylı bilgi veren, polisakkaritlerin içerdiği bağları aydınlatmaya yarayan, bamya, ayva çekirdeği, keten tohumu ve bunların konjak gam ile karışım örneklerinden elde edilen polisakkaritlerin karakterizasyonu FTIR analizleri ile belirlenmiştir. Örneklerin FTIR spektrumu, bir kristal elmas ATR elemanı ve bir Spectrum 10 Yazılımı (Perkin Elmer) ile donatılmış Perkin Elmer spektrometresi (Spectrum 100, Perkin Elmer, Waltham, MA, ABD) kullanılarak incelenmiştir. Analiz her bir örnek için

(oda sıcaklığında) 1 cm^{-1} çözünürlükte, 500 ila 4000 cm^{-1} aralığında toplanan üç tarama üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.2.11 İstatiksel analiz

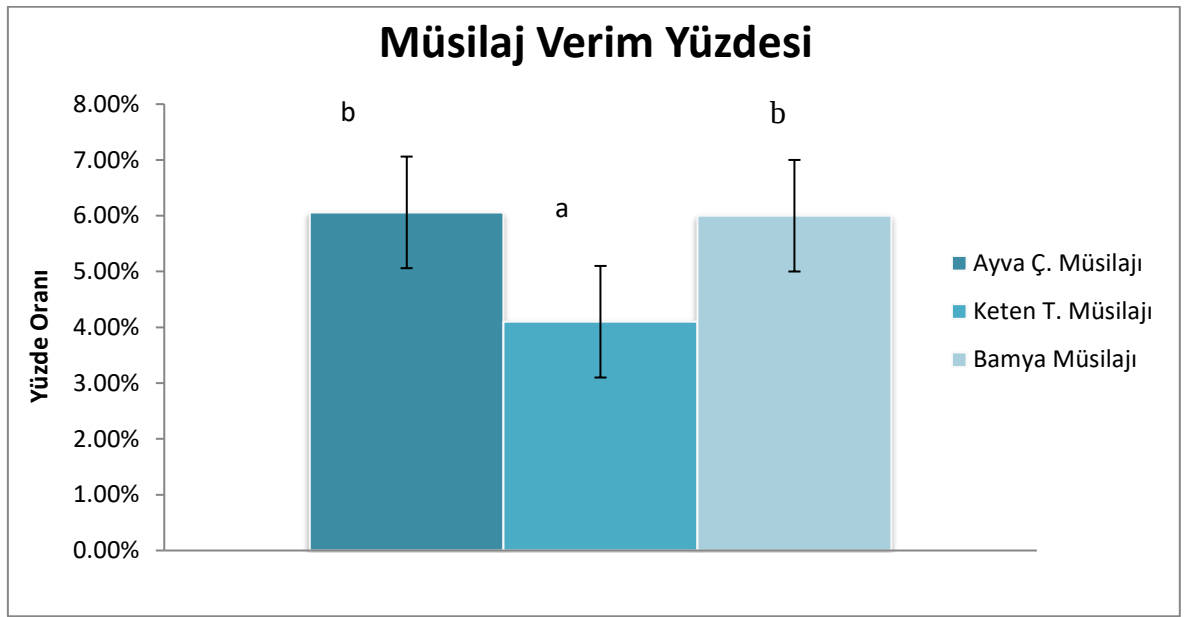
Bu tez kapsamında yapılan istatistiksel analizler, SPSS 30.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizinde tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) yöntemi uygulanmış ve gruplar arasındaki farkları tespit etmek için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır ($p<0.05$).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Verim Yüzdesi

Bu çalışmada; ayva çekirdeği, bamyada, keten tohumundan elde edilen müsilağın verim yüzdesi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Çalışmada; ayva çekirdeğinden %6.06 ve bamyadan %6, keten tohumundan ise %4.1 oranında verim ile müsilağın tozu elde edilmiştir.



Şekil 4.1 : Çalışmada kullanılan müsilağların verim yüzdesi.

Çizelge 4.1 : Müsilağ verimi (%)

	Ayva Çekirdeği Müsilağı	Bamya Müsilağı	Keten Tohumu Müsilağı
Verim Yüzdesi (%)±S.S	6.06±0.7 ^b	6±0.2 ^b	4.1±0.5 ^a

*Çizelgede farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.1’de gösterilen Bamya müsilağı ve keten tohumu müsilağı verim yüzdeleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p < 0.05). Bamya müsilağ verimi (%6), keten tohumu müsilağına göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bamya ve ayva çekirdeği aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p > 0.05). Keten tohumu (KTM) ve ayva çekirdeği (AÇM) müsilağlarının verim yüzdeleri aralarındaki fark

istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayva çekirdeğ'nin müsilaaj verimi (%6.06) keten tohumu (%4.1) müsilaaj verimine göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar; ayva çekirdeği ve bamya bitkisinin, keten tohumuna kıyasla daha yüksek bir müsilaaj verimine sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen %6.06'lık verim oranı, ayva çekirdeği ve bamya için daha yüksek oranda suda çözünür polisakkarit elde edildiğini gösterirken, keten tohumunun nispeten daha düşük bir müsilaaj verimine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum verim farklarının özellikle keten tohumu müsilaajı ile diğer iki grup arasında belirgin olduğunu göstermektedir.

Ayva çekirdeği müsilaaj verimi konusunda yapılan çalışmalarda %5 ila %10 arasında değişen oranlar rapor edilmiştir. Moghbel ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada ayva çekirdeğinin müsilaaj verimi %6 ile %18.5; Yousuf ve Maktedar (2023) yaptıkları çalışmada ise %13.18 ile %21.45 arasında bulunmuştur. Şimşek, (2020) çalışmasında, ayva çekirdeği müsilaajının ekstraksiyon verimini %6.28 olarak hesaplamıştır. Bu çalışmada elde edilen %6.06'lık verim, literatürdeki verilerle uyumlu olup, standart bir su ekstraksiyonu ile elde edilebilecek ortalama bir verim olarak değerlendirilebilir. Diğer çalışmalarda, özellikle sıcaklık ve pH ayarlarının optimize edilmesi yoluyla ayva çekirdeğinden daha yüksek verim oranları elde edilmiştir.

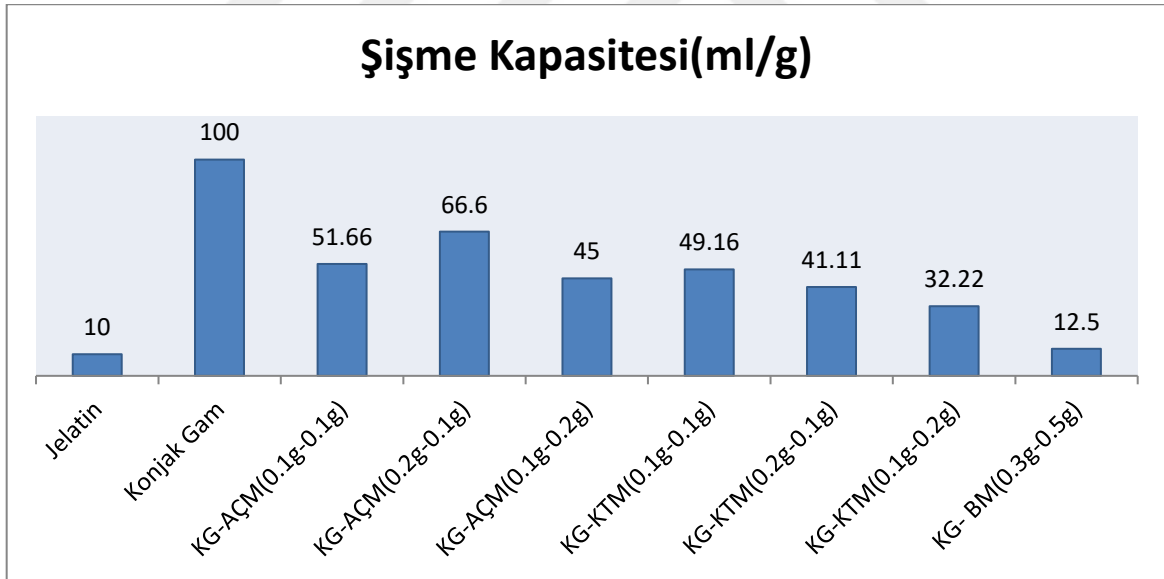
Literatürde, bamya bitkisinden elde edilen müsilaaj verimi genellikle %6 ile %12 arasında değişmektedir. Örneğin, Archana ve diğ. (2013) bamya müsilaajı üzerine yaptığı bir çalışmada %8.36; Ameena ve diğ. (2010) yaptığı çalışmada ise %11.2 oranlarında verim elde edilmiştir. Noorlaila ve diğ. (2015)'nin yaptığı çalışmada bamya müsilaaj tozu verimi %1.46 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan yöntemle göre %6 verim elde edilmiştir. Bu oran, bamyanın sahip olduğu müsilaaj miktarı açısından makul kabul edilebilecek bir değerdir. Ancak, diğer çalışmalarla kıyaslandığında biraz daha düşük olduğu görülmektedir. Bu fark, ekstraksiyon süresinin, sıcaklığın veya kullanılan çözücünün farklı olmasından kaynaklanabilir.

Keten tohumu, doğal müsilaaj kaynağı olarak literatürde geniş bir şekilde incelenmiştir. Keten tohumu müsilaajı tohum ağırlığının yaklaşık %8'ini oluşturur ancak verim oranı müsilaaj çıkarma yöntemlerine bağlı olarak değişmektedir. Keten tohumundan elde edilen müsilaaj verimi, genellikle %3 ila %7 arasında değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Basiri ve diğ. (2018) yaptığı çalışmada, keten tohumundan %3.1; Barbary ve diğ. (2009) yaptığı çalışmada ise sıcaklığa bağlı olarak %3 ile %8 arasında; Cui ve diğ.

(1994) yaptıkları çalışmada %6-7 verim oranı elde edilmiştir. Yang ve diğ. (2023) yaptığı çalışmada ise %15 oranında müsilaaj verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Lorenc ve diğ. (2022)'nin çalışmasında keten tohumunun müsilaaj verimi, keten tohumu çeşidine ve ekim alanına bağlı olarak %3.5-15.0 arasında değiştiği söylenmiştir. Aynı çalışmada sıcak su ekstraksiyon yöntemi ile keten tohumu müsilaaj veriminin %9 oranında olduğu söylenmiştir. Bu çalışmada elde edilen %4.1'lik verim, literatürdeki bu oranlarla uyumlu olmakla birlikte, optimum koşullarda daha yüksek verimler elde edilebileceği görülmektedir. Ekstraksiyon süresinin artırılması, sıcaklığın arttırılması veya ön işlem olarak ıslatma gibi ek tekniklerin uygulanması, keten tohumu müsilaaj verimini artırabilir.

4.2 Şişme Kapasitesi

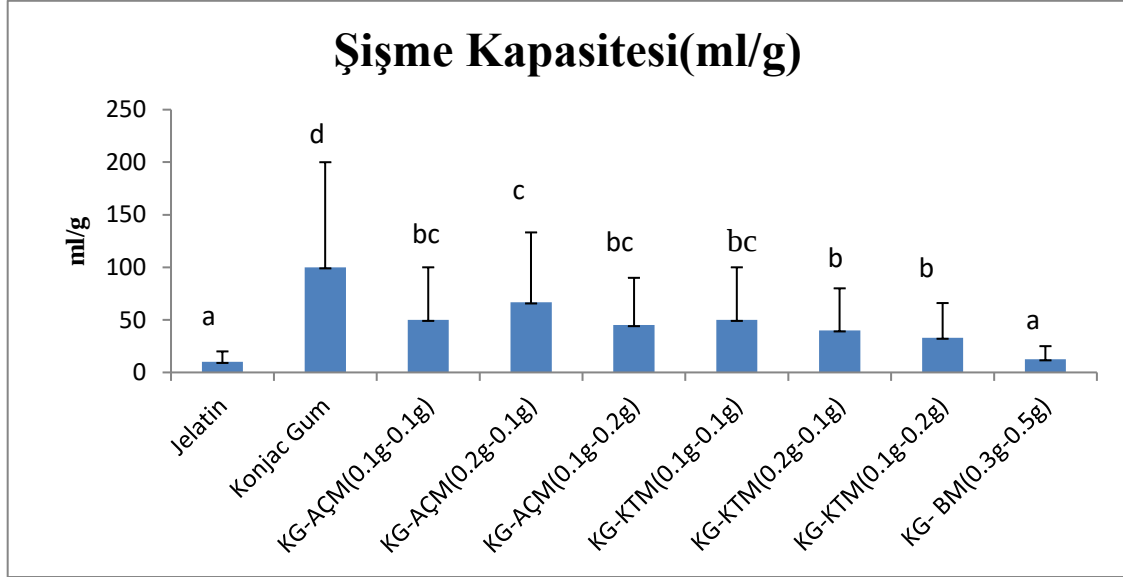
Bu çalışmada; Jelatin , Konjak Gam, Konjak Gam-Ayva Çekirdeği Müsilaajı (KG-AÇM), Konjak Gam-Bamya Müsilaajı (KG-BM), Konjak Gam-Keten Tohumu Müsilaajı (KG-KTM) karışımlarının su ile temas ettiğinde gösterdikleri şişme kapasitesi değerlendirilmiştir. Şişme kapasitesi değerleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Şişme kapasitesi.

Jelatin, 2 gramlık örnekte 10 ml/g gibi düşük bir şişme kapasitesi göstermiştir. Bu sonuç, jelatinin sınırlı bir şişme kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Konjak gam (KG) ise 0.2 gramlık bir örnekte 100 ml/g gibi oldukça yüksek bir şişme kapasitesine ulaşmıştır. Bu özellik, konjak gamın gıda endüstrisinde jelleştirici veya kalınlaştırıcı olarak kullanılmasının nedenlerinden biridir.

Şişme kapasitesi değerlerine ilişkin istatistiksel değerlendirme sonuçları Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Konjak gam, yüksek şişme kapasitesi ile öne çıkarken diğer örnekler ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$).



*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

Şekil 4.3 : Şişme kapasitesi istatistiksel değerlendirme.

Konjak gam-ayva çekirdeği müsilajı (KG-AÇM) karışımlarının farklı su miktarlarında şişme kapasitesi gözlemi yapılmıştır. KG-AÇM karışımı, su miktarına ve örnek oranına göre değişken şişme kapasiteleri göstermiştir. 0.2:0.1 (g/g) örnek oranında 10 ml su ile 66.6 ml/g gibi yüksek bir şişme kapasitesi elde edilmiştir. Bu, ayva çekirdeği ile kombine edilen konjak gam'ın, belirli koşullar altında su emme kapasitesini artırdığını göstermektedir. Ayrıca, 0.1:0.2 (g/g) örnek oranı ve 10 ml su kullanıldığında 45 ml/g şişme kapasitesi ölçülmüştür. Bu, ayva çekirdeği kombinasyonunun konjak gamın su ile şişme kapasitesine katkıda bulunduğunu göstermektedir. Literatür çalışmalarında doğrudan konjak gam ve ayva çekirdeği karışımının şişme kapasitesini ele alan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Konak ve diğ. (2023)'nin hazırladığı çalışmada, Türk eriştmesine %40 oranında eklenen ayva tohumu müsilajının eriştinenin hem hacimini hem de su emilim kapasitesini arttığı gözlemlenmiştir.

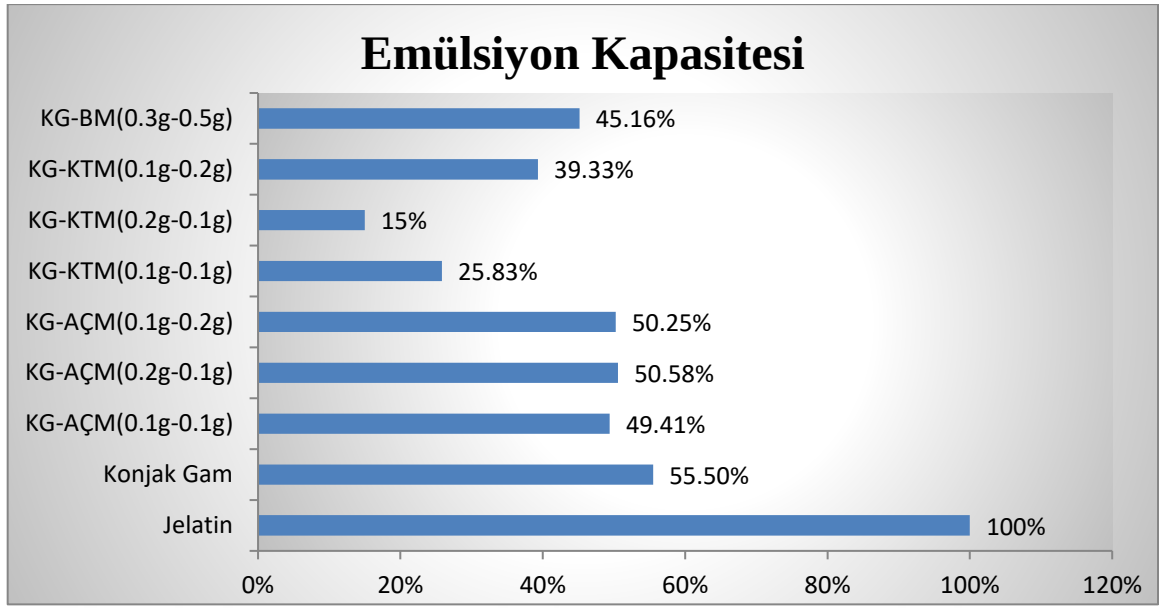
Konjak gam-keten tohumu müsilajı (KG-KTM) karışımında, 0.2:0.1 (g/g) örnek oranında ise 41.11 ml/g şişme kapasitesi elde edilmiştir. Keten tohumu ile kombine edilen Konjak Gam, su emme kapasitesinde farklı sonuçlar göstermektedir. KG-KTM'nin 0.1g-

0.2g oranında 32.22 ml/g şişme kapasitesine sahip olması, keten tohumunun belirli oranlarda daha düşük bir şişme kapasitesi sağladığını ortaya koymaktadır. Yang ve diğ. (2022) yaptığı çalışmada, keten tohumu müsilağı ve Konjak glukomannan çeşitli oranlarda konsantrasyonu hazırlanmış ve bu örneklerin su tutma kapasiteleri ölçülmüştür. Ölçüm sonucunda F4K6 (Keten tohumu müsilağı :4, Konjak glukomannan oranı: 6) ve F6K4 sırasıyla %23.33 ve %24.96 oranlarında su tutma kapasitesi değerleri göstermiştir. Buna karşılık, F10 (Keten tohumu müsilağı) ve F2K8 numuneleri sırasıyla %10.48 ve %10.06 oranlarında su tutma kapasitesi göstermiştir. Jiang ve diğ. (2019) hazırladığı çalışmada ise keten tohumu müsilağı ve konjak glukomannanın 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20 0:90 oranlarında karışımı hazırlanmıştır ve şişme gücü sırasıyla 32.57-29.21-29.84-31.57-30.70 – 33.29 – 26.80 -26.55 – 30.01 – 30.07 – 8.03 olarak ölçülmüştür. Kajla ve diğ. (2015)'nin yaptığı çalışmada keten tohumu müsilağının, 16–30 g su/1 g toz müsilağ oranlarında su bağlama kapasitesinin olduğu söylenmiştir. Kaushik ve diğ. (2017) yaptığı çalışmada, 30 °C'de çıkarılan keten tohumu müsilağının 25.89 g/g maksimum su emme kapasitesine; 90 °C'de çıkarılan keten tohumu müsilağının ise 12.13 g/g su emme kapasitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

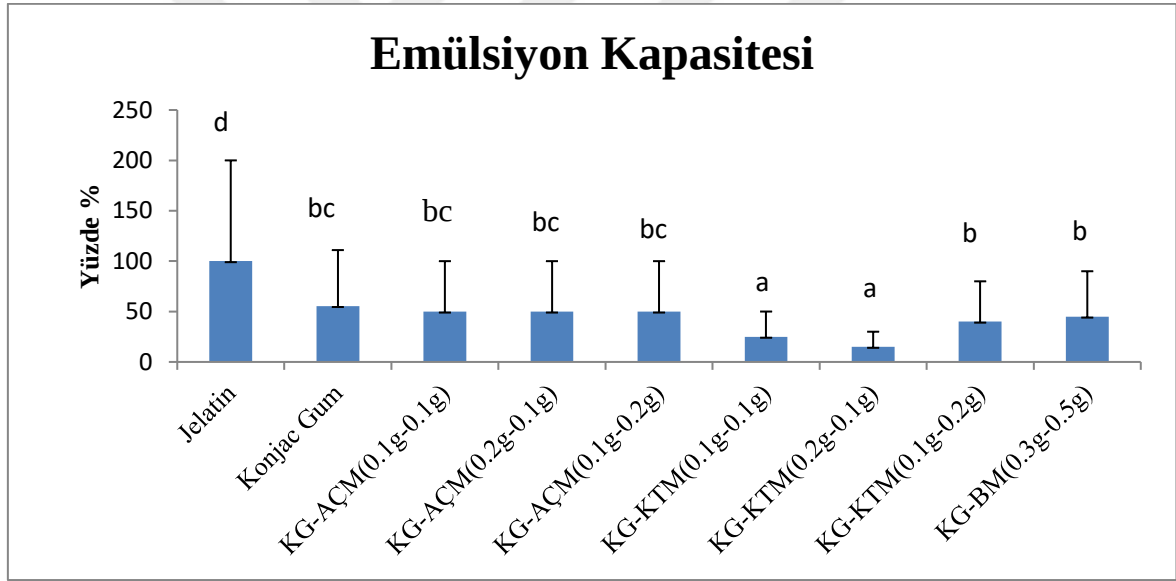
Konjak gam-bamya müsilağı (KG-BM) karışımı, bamya ile kombinasyonda 0.3 g-0.5 g örnek oranında 12.5 ml/g gibi düşük bir şişme kapasitesine sahiptir. Bu sonuç, bamyanın su emme kapasitesini diğer kombinasyonlara göre daha az artırdığını göstermektedir. Bamya ile kombine edilen Konjak Gam, genel olarak diğer varyantlara kıyasla daha düşük bir şişme kapasitesi göstermiştir. Bu, bamya müsilağının Konjak Gam'ın şişme kapasitesine katkı sağlamadığını göstermektedir. Kalkan ve Maskan, (2023) yaptığı çalışmada, bamya müsilağının şişme kapasitesi (SC) 55.44 ml/g-30.5 ml/g aralığında değiştiğini raporlanmıştır. Ayrıca 52.5 °C'den yüksek bir sıcaklığın şişme kapasitesini olumsuz etkilediği söylenmiştir. En düşük ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresinde minimum şişme kapasitesinin 30.5 ml/g olarak hesaplanmıştır.

4.3 Emülsiyon Kapasitesi

Bu çalışmada jelatin, Konjak gam, keten tohumu (KG-KTM), ayva çekirdeği (KG-AÇM), ve bamya (KG-BM) müsilağ kombinasyonlarının emülsiyon kapasiteleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : Emülsiyon kapasitesi.



*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

Şekil 4.5 : Emülsiyon kapasitelerinin istatistiksel değerlendirilmesi.

Jelatin, yüksek emülsiyon kapasitesi ile öne çıkarken diğer örnekler ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$). Şekil 4.5'te emülsiyon kapasitelerinin istatistiksel değerlendirilmesi gösterilmiştir. Konjak gam ve ayva çekirdeği müsilağı orta seviyede stabilite sağlamaktadır. Ketan tohumu ve bamya ise daha düşük emülsiyon kapasitesine sahiptir. Ancak konjak gam ile kombinasyonu, emülsiyon stabilitesini destekleyici rol oynamıştır.

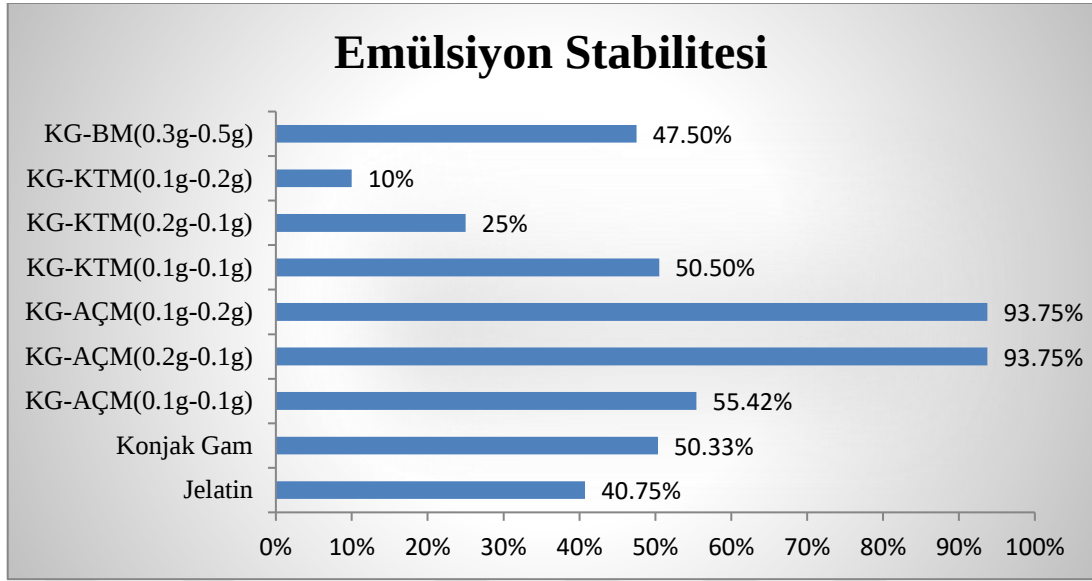
Zhang ve diğ. (2020) yaptığı çalışmada; jelatinin yüksek yüzey aktivitesine sahip olup, yağ-su arayüzünde emülsiyon stabilizasyonu amacıyla kullanılabildiğini, amfifilik yapıları sayesinde su fazından yağ-su arayüzüne doğru göç etme eğilimi gösteren jelatin moleküllerinin, polipeptit zincirlerindeki hidrofobik bölgeler arasındaki hidrofobik etkileşimler yoluyla arayüzde organize bir tabaka oluşturabildiğini ve bu arayüz tabakasının emülsiyon içerisindeki yağ damlacıklarının bir araya gelmesini engelleyerek emülsiyon stabilitesini artırdığını söylemiştir.

Kalkan ve Maskan (2023) yaptığı çalışmada, bamya müsilağı emülsiyon kapasitesi % 47.05 olarak tespit edilmiştir. Archana ve diğ. (2013)'nin çalışmasında ise bamya müsilağının emülsiyon kapasitesi %50-%54.75 aralığında ölçülmüştür. Noorlaila ve diğ. (2015)'nin yaptığı çalışmada ise bamya müsilağının emülsiyon kapasitesi çalışmada kullanılan bamyaların olgunluk derecelerine bağlı olarak %81.89-%85.83 arasında ölçülmüştür.

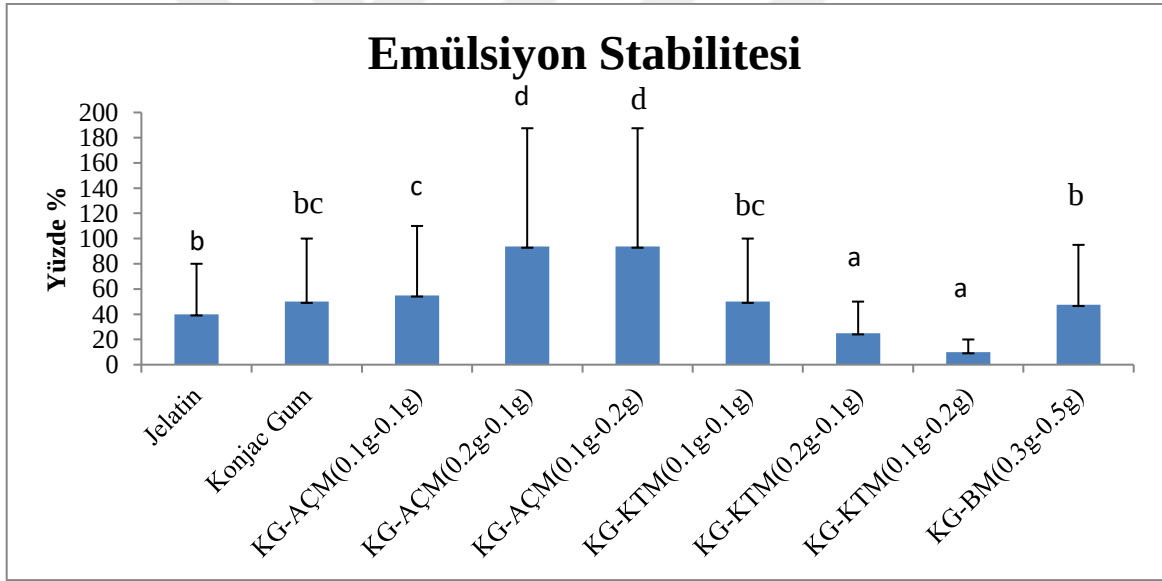
Yaygın bir emülsiyon stabilizatörü olan ksantan gama göre ayva çekirdeği müsilağının emülsiyon stabilize etme performansını değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada, ksantan gam için 0.3 w/v ve ayva çekirdeği müsilağı için 0.5 w/v üzerindeki konsantrasyonların 5 ay sonra bile fiziksel olarak kararlı emülsiyonlar ürettiği belirlenmiştir (Kirtil ve Oztop, 2016). Ayva çekirdeği müsilağı, yüzey aktif özellikleri nedeniyle daha düşük viskoziteler için karşılaştırılabilir stabilizasyon gücü sağlayan emülsiyon kalınlaştırıcı stabilizatlara iyi bir alternatif olarak değerlendirilmiştir. Ayva çekirdeği müsilağı, adsorbe eden bir biyopolimerdir (Ritzoulis ve diğ, 2014) ve amfifilik özelliği, koyulaştırıcı özelliklerinin yanı sıra ona emülsifikasyon yetenekleri de kazandırmaktadır (Kirtil ve Oztop, 2016). Lorenc ve diğ. (2022)'nin yaptığı çalışmada 70 °C ve 90 °C 'de sıcaklıklarda elde edilen keten tohumu müsilağın emülsiyon kapasiteleri %43-46 olarak ölçülmüştür.

4.4 Emülsiyon Stabilitesi

Bu çalışmada hazırlanan örneklere ait emülsiyon stabilite değerleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 : Emülsiyon stabilitesi.



*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

Şekil 4.7 : Emülsiyon stabilitesi istatistiksel değerlendirme.

Şekil 4.6’da verilen emülsiyon stabiliteelerini değerlendirdiğimizde, aşağıdaki bulgular ortaya çıkmaktadır.

Ayva çekirdeği müsilağı (AÇM) kullanılarak hazırlanan KG-AÇM karışımları, emülsiyon stabilitesi açısından en yüksek sonuçları vermektedir. Şekil 4.7’ye göre özellikle KG-AÇM(0.2-0.1) ve KG-AÇM(0.1-0.2) kombinasyonları %93.75 stabilite ile öne çıkmakta ve istatistiksel olarak diğer kombinasyonlarla arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).

Emülsiyon stabilitesi istatistiksel değerlendirmesi Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Bu yüksek stabilite oranı, ayva çekirdeği müsilağının, diğer bileşenlere kıyasla daha etkili bir emülsiyon stabilizatörü olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

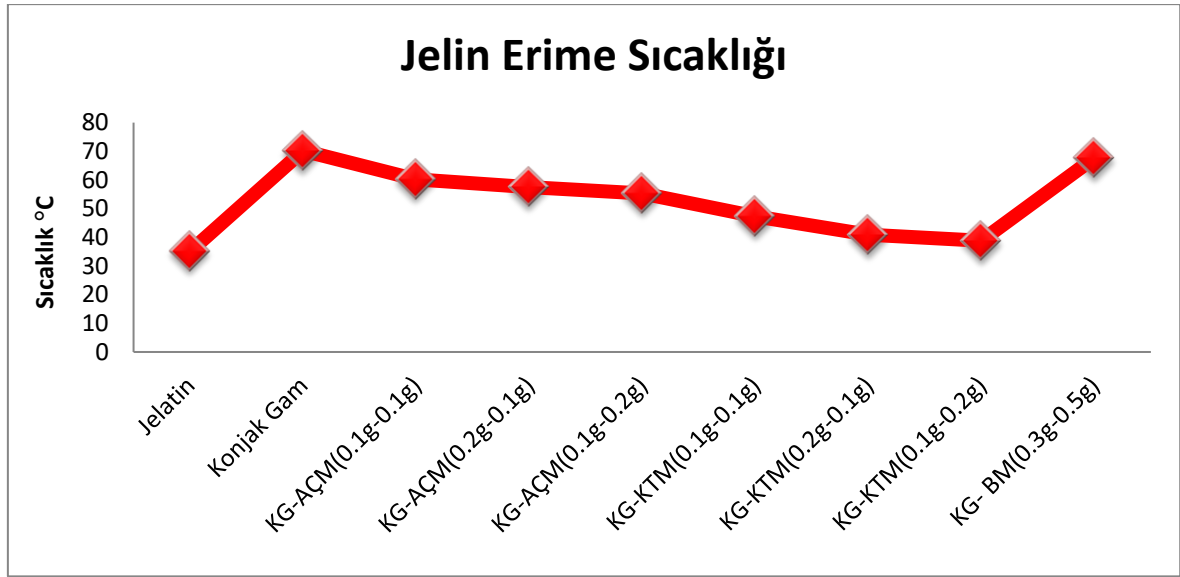
Keten tohumu müsilağı (KTM) içeren KG-KTM karışımları, düşük emülsiyon stabilitesi göstermiştir. KG-KTM(0.1-0.1) karışımı %50.5 stabilite sağlarken, KG-KTM(0.2-0.1) %25 ve KG-KTM(0.1-0.2) %10 stabilite sağlamaktadır. Bu sonuçlar, keten tohumu müsilağının ayva çekirdeği müsilağı kadar etkili bir stabilizatör olmadığını göstermektedir. Keten tohumu müsilağı, viskozite sağlayabilse de, emülsiyon stabilitesini uzun süre koruma konusunda yeterli performansı gösterememiştir. Düşük stabilite oranları, keten tohumu müsilağının emülsiyonlarda yalnızca belirli uygulamalar için uygun olabileceğini ortaya koymaktadır. Kaushik ve diğ. (2017)’nin yaptığı çalışmada keten tohumu müsilağının emülsiyon stabilitesi %69.1–%63.3 olarak gözlemlenmiştir.

Bamya müsilağı kullanılarak hazırlanan KG-BM(0.3-0.5) karışımı %47.5 stabilite sağlamıştır. Bu oran, ayva çekirdeği müsilağının sağladığı stabilite kadar yüksek olmasa da keten tohumu müsilağından daha yüksek bir stabilite sağlamaktadır. Kalkan ve Maskan (2023)’ın çalışmasında bamya müsilağının emülsiyon stabilitesinin, %17 ila %60 arasında değiştiği sıcaklığın ve artan zamanın emülsiyon stabilitesini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Noorlaila ve diğ. (2015)’nin yaptığı çalışmada ise bamya müsilağının 80°C’de 30 dakika ısıtılması ile ölçülen emülsiyon stabilitesi çalışmada kullanılan bamyaların olgunluk derecelerine bağlı olarak %79.87-%84.67 aralığında tespit edilmiştir.

Jelatin, emülsiyon stabilitesinde bitkisel müsilağların gerisinde kalmaktadır. Zhang ve diğ. (2020) yaptığı araştırmada jelatinin, emülsiyon stabilitesi açısından diğer yüzey aktif maddelerden daha zayıf emülgatörler oluşturduğuna değinilmiştir. Bu durumda ayva çekirdeği müsilağı gibi bitkisel alternatifler, özellikle yüksek stabilite gerektiren uygulamalar için daha uygun seçenek olarak görülebilir.

4.5 Jel Erime Noktası

Şekil 4.8’de bu çalışma kapsamında hazırlanan jel formülasyonlarının erime noktaları gösterilmektedir. Her bir formülasyonun jel yapısının sıcaklıkla değişimi incelenmiştir. Jel erime noktalarına ait standart sapma değerleri de Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Jel erime noktası değerleri

Çizelge 4.2 : Jel erime Sıcaklığı standart sapma çizelgesi.

	J	KG	KG-AÇM(0.1g-0.1g)	KG-AÇM(0.2g-0.1g)	KG-AÇM(0.1g-0.2g)	KG-KTM(0.1g-0.1g)	KG-KTM(0.1g-0.2g)	KG-KTM(0.2g-0.1g)	KG-BM(0.5g-0.3g)
Jel Erime Sıcaklığı(°C)±S.S	35.1±0.7 ^a	70.2±1.5 ^d	60.2±1.4 ^{cd}	57.5±1.2 ^c	55.3±1.2 ^c	47.3±2.5 ^b	40.9±1.8 ^{ab}	38.8±1.2 ^{ab}	67.7±1.8 ^d

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

Jelatin, prolin ve hidroksiprolinden zengin bölgeler içermekte olup, bu bölgeler jelleşme sırasında potansiyel bağlanma noktalarının merkezini oluşturmaktadır. Söz konusu bağlanma noktaları, zincirler arası hidrojen bağları ile stabilize edilmekte ve 35-40 °C arasında sıcaklığa duyarlı bir hale gelmektedir. Bu nedenle, jelatin jelleri bu sıcaklık aralığında erimeye başlama eğilimi göstermektedir (Erge ve Zorba, 2016). Bu çalışmada da jelatinin erime sıcaklığı 35.1 °C olarak ölçülmüş olup sonucun literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.

Farhana ve diğ. (2017) yaptığı çalışmada bamya müsilağının erime noktası 49 °C-47 °C olarak gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ise erime sıcaklığı 67.7 °C olarak ölçülmüştür. Bu ölçüm, konjak gam kullanımının bamya müsilağının erime noktasını yükselttiği açıklamaktadır.

Chen ve diğ. (2006) yaptığı çalışmada keten tohumu müsilağının jel erime sıcaklığı 47 °C olarak bildirilmiştir. Mevcut çalışmada KG-KTM kominasyonlarının erime

sıcaklıkları, 38.8°C-40.9°C-47.3°C olarak ölçülmüş ve sonuçların literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.

4.6 Jel Kuvveti

Bu çalışmada kullanılan müsilaaj tozlarının ve jelatinin tekstür analizine ait ortalama değerler Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde, jelatinin bloom, modulus, break ve work değerlerinin diğer müsilaaj jellerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3 : Tekstür analiz sonuçları.

Örnek Adı	Bloom	Modulus	Break	Work
Jelatin	0.186± 0.06 ^d	0.0448±0.00 ^d	0.313±0.03 ^e	2.62±0,8 ^d
KG	0.007±0.00 ^b	0.0006±0.00 ^{bc}	0.020±0.01 ^b	0.22±0,01 ^{bc}
KG-AÇM(0.1-0.1)	0.007±0.00 ^b	0.0006±0.00 ^{bc}	0.031±0.05 ^d	0.15±0,03 ^{ab}
KG-AÇM(0.2-0.1)	0.008±0.00 ^c	0.0009±0.00 ^c	0.035±0.02 ^d	0.25±0,12 ^{bc}
KG-AÇM(0.1-0.2)	0.005±0.00 ^a	0.0002±0.00 ^{ab}	0.009±0.00 ^a	0.14±0,01 ^a
KG-KTM(0.1-0.1)	0.006±0.00 ^{ab}	0.0003±0.00 ^{ab}	0.025±0.02 ^c	0.18±0,03 ^b
KG-KTM(0.2-0.1)	0.006±0.00 ^{ab}	0.0005±0.00 ^b	0.013±0.00 ^b	0.17±0,02 ^b
KG-KTM(0.1-0.2)	0.006±0.00 ^{ab}	0.0003±0.00 ^{ab}	0.576±0.76 ^f	0.47±0,4 ^c
KG-BM(0.3-0.5)	0.005±0.00 ^a	0.0002±0.00 ^a	0.009±0.00 ^a	0.14±0,01 ^a

* Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak anlamlıdır (p < 0.05).

Bloom değeri; belirli bir ürün için, standart koşullar altında, termostatlı bir jel yüzeyine belirli bir derinliğe kadar uygulanan baskıyı tanımlamak amacıyla gram cinsinden gerekli olan ağırlıkla ifade edilir. Bu parametre, jel sertliğini veya direncini gösteren bir ölçüt olup, endüstriyel düzeyde jelatinin sınıflandırılmasında önemli bir kalite göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bloom değerinin artması, daha sert bir jel yapısı anlamına gelip pazar değerinin yükselmesine yol açmaktadır. Bu değer, tekstür analiz cihazı ile yapılan ölçümlerle belirlenir ve 12.7 mm çapında, düz tabanlı bir silindirin, jel yüzeyi üzerinde 4 mm derinliğe inmesi için gereken ağırlık olarak tanımlanır (Erge ve Zorba, 2016).

Modulus (Elastik Modül), besin maddesinde herhangi bir dış etkiden sonra meydana gelen şekil bozukluğunun, etki ortadan kalktığında geri dönüşlü olarak kaybolması, olarak tanımlanır. Bu süreç, besin maddesinin uygulanan kuvveti kaldırıldığında orijinal şekline geri dönme yeteneğini ifade eder (Ertaş ve Doğruer, 2010).

Break (Çiğnenebilirlik), besinin yutulmaya hazır hale gelene kadar harcanan enerji, çiğneme süresi ve çiğneme sayısı ile ilişkilidir ve bu özellik, besinin mekanik özelliklerinin bir göstergesi olarak kabul edilir (Ertaş ve Doğruer, 2010).

Work , malzemeye uygulanan kuvvet sonucu meydana gelen deformasyon sırasında harcanan toplam enerjiyi ifade eder. Jelin bir kuvvet altında ne kadar enerji absorbe edebileceğini gösterir. Yüksek Work değeri, malzemenin enerjiyi daha fazla emdiğini, dolayısıyla daha dayanıklı olduğunu işaret eder.

Bloom değeri açısından yapılan değerlendirmede, jelatin ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak, jelatin dışındaki müsilaj grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Bu sonuç, çalışmada kullanılan müsilaj karışımlarının bloom değeri bakımından benzer özellikler taşıdığını ortaya koymaktadır. Konjak gam (KG) ve ayva çekirdeği müsilajı (AÇM) karışımları için elde edilen bloom değerlerinin, jelatinden çok daha düşük bir kıvama sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, konjak gam ve keten tohumu müsilajı (KTM) karışımlarının bloom değerlerinin, ayva çekirdeği müsilajı içeren karışımlara kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. En düşük bloom değeri ise konjak gam ve bamya müsilajı karışımında gözlenmiştir. Bu düşük değer, karışımın daha nazik bir jel yapısı oluşturmak için tercih edilebileceğini göstermektedir. Chen ve diğ. (2006) yaptığı çalışmada keten tohumu müsilajı "zayıf jel" benzeri özellikler sergilediği bildirilmiştir.

Modulus değerlerinin karşılaştırılması sonucunda, jelatin ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ancak, jelatin dışındaki bitkisel müsilaj grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bitkisel müsilaj karışımlarının modulus değerlerinin oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bitkisel bazlı jellerin daha elastik bir yapıya sahip olduğunu ve uygulanan kuvvetler karşısında kolayca deformasyona uğrayabildiğini göstermektedir. En düşük modulus değeri, konjak gam ve bamya müsilajı karışımında ölçülmüştür. Bu sonuç, söz konusu karışımın daha esnek ve yumuşak bir jel yapısı sunduğunu ifade etmektedir.

Break değerlerinin karşılaştırılması sonucunda, jelatin ile KG-KTM (0.1-0.2) grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ancak, jelatin ile diğer bitkisel jeller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Bu durum, bitkisel bazlı jellerin kırılğan bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. En

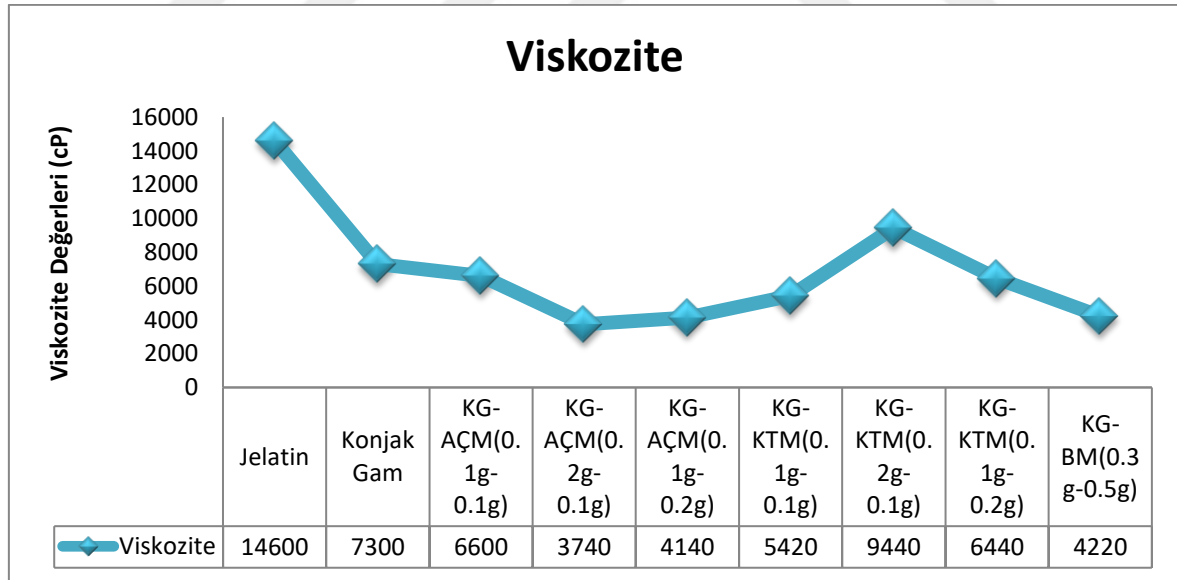
düşük break değeri ise konjak gam ve bamy müsilajı karışımında ölçülmüştür. Bu sonuç, en kırılğan jelin konjak gam ve bamy müsilajı karışımında olduğunu gösterir.

Work değerlerinin karşılaştırılması sonucunda, jelatin ile KG-KTM (0.1-0.2) grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ancak, jelatin ile diğer bitkisel jeller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Bu sonuç, bitkisel bazlı jellerin jelatine kıyasla daha yumuşak yapıda ve kırılğan olduğunu gösterir.

4.7 Jel Viskozitesi

Viskozite; sıvıdaki moleküllerin hareketliliğini belirlerken, jel sıklığı (sertliği) intermoleküler hidrojen bağlar tarafından oluşturulan yapıyı ifade etmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007).

Şekil 4.9’da jelatin, konjak gam ve diğer müsilaj kombinasyonlarının viskozite değerleri (centipoise, cP cinsinden) gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : Viskozite değerleri.

Jelatin en yüksek viskoziteye sahipken, konjak gam ve ayva çekirdeği, bamy, keten tohumu müsilaj kombinasyonları daha düşük viskozite değeri göstermektedir.

Özellikle Konjak gam - Keten tohumu müsilağı (0.2 g-0.1 g) kombinasyonu, jelatine en yakın viskoziteyi sağlamaktadır.

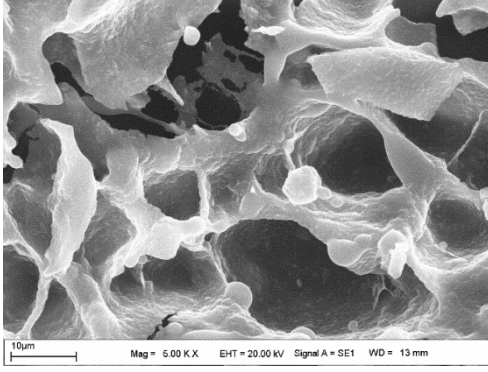
Ahiakpa ve diğ. (2014) yaptığı çalışmada bamya müsilağının viskozitesi (Brabender birimi cinsinden) 53.0 – 366.8 olarak raporlanmıştır. Noorlaila ve diğ. (2015)'nin yaptığı çalışmada bamya müsilağının viskozite değerleri, ölçüm sıcaklığına ve kullanılan bamya olgunluk derecesine bağı olarak 851 mPa.s-44 mPa.s aralığında ölçülmüştür.

Jiang ve diğ. (2019) hazırladığı çalışmada ise keten tohumu müsilağı ve konjak glukomannanın 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20 0:90 oranlarında karışımı hazırlanmıştır ve viskozitelerinin sırasıyla 8086.67 cP-7032.33 cP-6957.67 cP-6111.67 cP-4435.67 cP-4975.50 cP-3984.33 cP-3524.33 cP-3248.67 cP-2653.67 cP-1570.00 cP olarak ölçüldüğü bildirilmiştir.

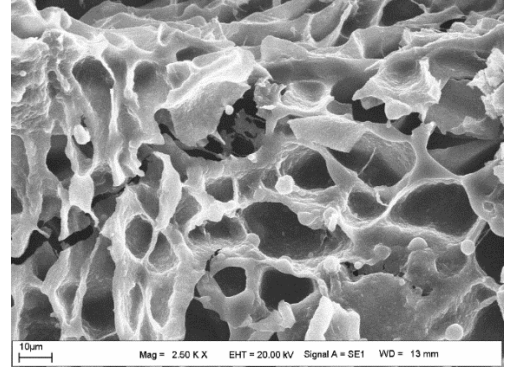
Müsilağlar, hidrofobik ya da hidrojen bağı aracılığıyla polimer zincir yan gruplarının moleküller arası etkileşimi sebebiyle kalınlaştırıcı ve yapı oluşturucu olarak kullanılmaktadır. Polimer zincirlerinin akış yönüne uyum sağlama yetenekleri müsilağ solüsyonlarına psödoplastik bir özellik kazandırmaktadır. Son zamanlarda bitkisel kaynaklı müsilağların ticari hidrokolloidlerle sinerjistik etkisinden yararlanılarak gıda endüstrisindeki uygulamalarında artış meydana gelmiştir (Dello Staffolo vd, 2017).

4.8 SEM Morfolojik Yapı

Polimerik malzemeler için yüzey özellikleri büyük önem taşımaktadır. Malzeme üzerinde gerçekleşecek ilk reaksiyonlar yüzeyde meydana gelecektir. Üretilen yapıların yüzey morfolojilerini belirlemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Gözenek boyutu ve yapısı, doku yapısında hücre tutunması ve büyümesi için önemlidir. İstenen gözenek boyutu uygulama alanına ve hedef hücre tipine bağı olarak değişebilirken, gözenek yapısının açık gözenekli olması gerekir. Bitki müsilağları ve konjak gam katkılmasıyla elde edilen yapıların kesit morfolojileri SEM ile incelenmiştir. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de bamya müsilağına ait morfolojik yapılar görülmektedir.

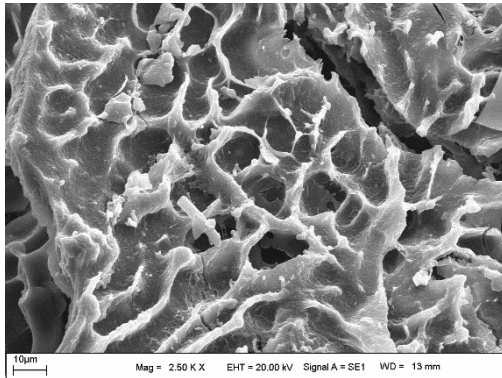


Şekil 4.10: Banya müsilağı SEM görüntüsü.

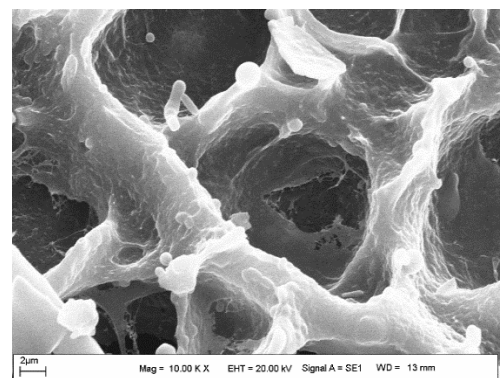


Şekil 4.11: Banya müsilağı SEM görüntüsü.

Banya örneklerinin suyla ekstrakte edildikten sonra, suya geçen kısmının dondurularak kurutulması sonrasında, dondurularak kurutulmuş suyun, yapıyı bozmadan ayrıldığı açıkça görülmektedir. Banya müsilağının suya geçen fraksiyonunda yapı gözenekli, grafen, jelimsi, parlak bir yapıda olduğu görülmektedir. Dondurarak kurutmada suya geçen fraksiyonda organik malzemenin suyunun alındığı kısımda su yapıyı parçalamadan dokudan ayrılmaktadır. Suya geçen fraksiyonda suyun yapıdan ayrıldığı kısımlarda genellikle konik şeklinde gözenekli yapılar olduğu, bu gözenekli yapının homojen olmadığı açıkça görülmektedir. Ayrıca dondurarak kurutmaya bağlı olarak, birimler arasında kırıklar olduğu da görülmektedir. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de Konjak Gam- Banya Müsilağı (KG-BM) karışımına ait SEM görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 4.12 : KG-BM SEM görüntüleri.



Şekil 4.13 : KG-BM SEM görüntüleri.

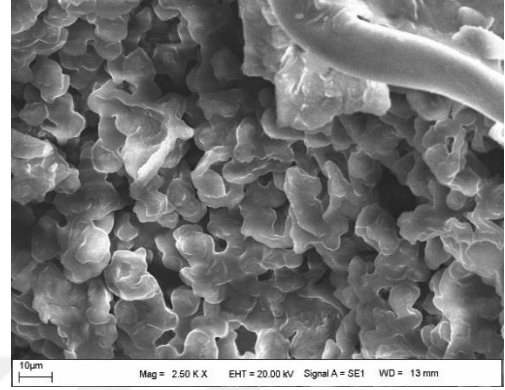
Karışımın grafen yapıda, üst üste yığılmış grafen yada grafen tabakaları gibi dilimli, gözenekli olmayan bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bamyanın gözenekli yapısı açıkça görülmekte ve bunun üzerinde farklı tane boyutlarında KG’ e ait birimler de yer almaktadır. Bu durum, KG-BM kombinasyonunun homojen bir şekilde karışmadığını

göstermektedir. Ancak farklı çaplara sahip yuvarlak yapılar bamya ekstraktına ait görüntülerde yer almamaktadır. Muhtemelen bu bamya örneğine ait yapılar lignindir.

Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te ayva çekirdeği müsilağına (AÇM) ait görüntü verilmiştir.



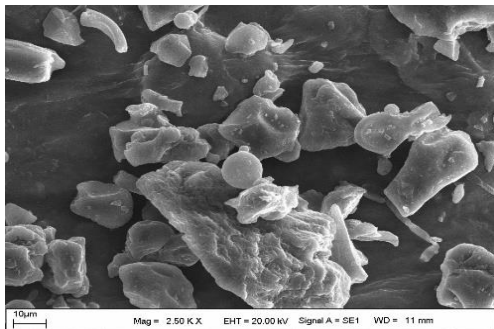
Şekil 4.14 : Ayva çekirdeği müsilağı SEM görüntüleri.



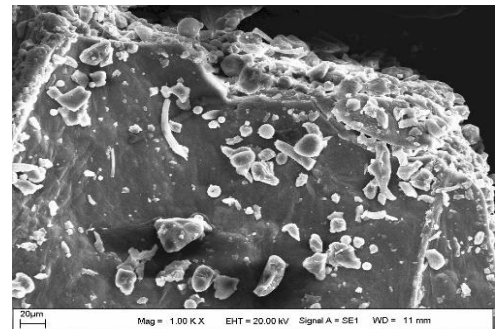
Şekil 4.15 : Ayva çekirdeği müsilağı SEM görüntüleri.

Şekilde ayva çekirdeği müsilağından ayrılmış parçalar fiberler, fibriller şeklinde daha net görülmektedir. Ayva çekirdeğinde suya geçen fraksiyonunda kurutmadan sonra gözenek oluşmaması termal stabilitesinin çok iyi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Yüzeyi fonksiyonel gruplarca zengin ve H bağı ile çok sayıda su molekül, yüzeye absorpsiyonla bağlanmıştır. Yüzeye bağlanan bu su kurutmada ayrıldığında gözeneklerde yer almadığı için gözenek oluşmamıştır.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de Konjak Gam-Ayva Çekirdeği Müsilağına (KG-AÇM) ait SEM görüntüsü verilmiştir.



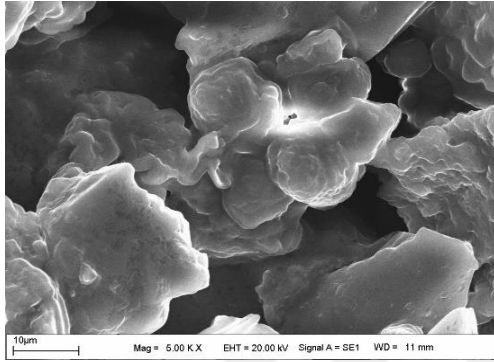
Şekil 4.16 : KG-AÇM SEM görüntüleri.



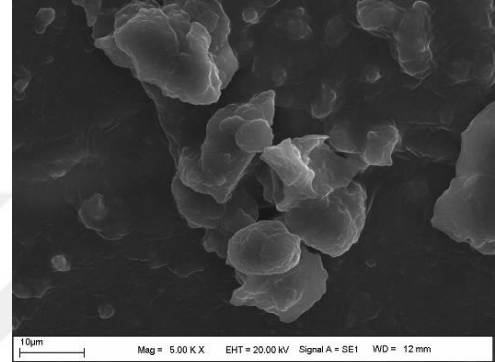
Şekil 4.17 : KG-AÇM SEM görüntüleri.

Farklı çaplarda yuvarlak yapılar lignin olarak düşünülmektedir. KG ile AÇM farklı birimler şeklinde birbirinden ayrı olduğu aşınadır. Ayva çekirdeğine ait müsilağ fibriller şeklinde parlak, tamamen grafen yapıda bir malzeme görünümündedir. Ancak yüzey morfolojisinde bunların parçalarının küçük parçalar şeklinde ayrıldığı göze çarpmaktadır. Kurutmada fibril parçalarının küçük parçalar şeklinde ayrıldığı da göstergesidir.

Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da keten tohumu müsilağına ait görüntüler yer almaktadır. Bu görüntülerde yağ globülleri açıkça görülmektedir.



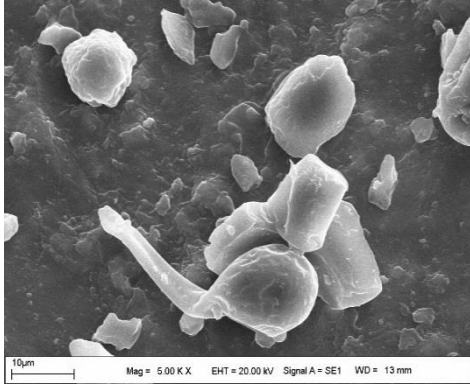
Şekil 4.18 : Keten tohumu müsilağı SEM görüntüleri.



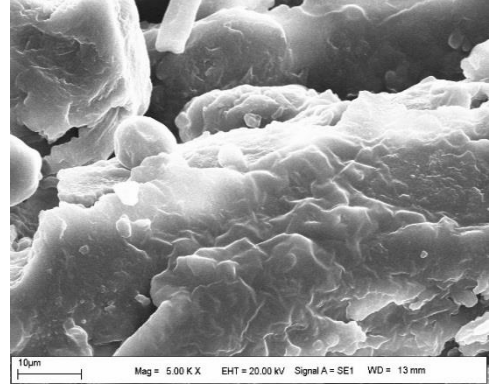
Şekil 4.19 : Keten tohumu müsilağı SEM görüntüleri.

Gözlenen çok parlak yapılar, KTM’nin kimyasal yapısının diğerlerinden farklı olarak daha düşük molekül ağırlıklı ya da ısıya dayanımı daha az yapısal birimlerle kaplı olduğunu göstermektedir. Dondurarak kurutmadan sonra yağ Hidrojen bağıyla ve karboksil grubuyla suyu bağlamış, apolar (suyu sevmeyen) kısım yağlı olarak kalmıştır. Bunun görünüşünden de bu yorum desteklenebilir. Dondurarak kurutmada gözenekli bir yapı olmaması da bu malzemeyi diğerlerinden farklı kılmaktadır. Keten tohumunun suya geçen kısmının amorf grafen ya da grafitik yapıda olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de Konjak Gam-Keten Tohumu Müsilağı (KG-KTM) karışımı görüntüsü yer almaktadır. Görüntüde diğer müsilağ karışımlarında olduğu gibi karışımın dondurularak kurutulduktan sonra heterojen bir faz şeklinde birbirinden ayrıldığı görülmüştür.

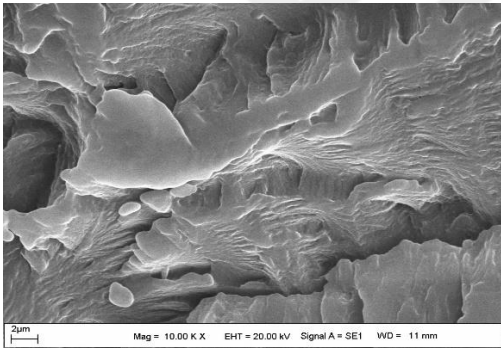


Şekil 4.20 : KG-KTM SEM görüntüleri.

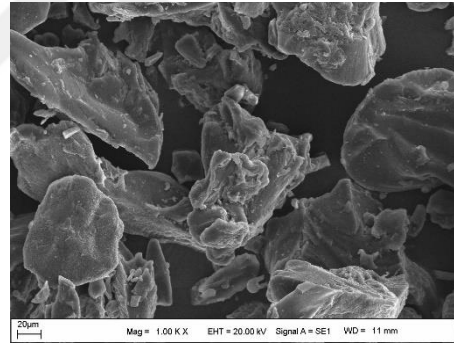


Şekil 4.21 : KG-KTM SEM görüntüleri.

KTM'nin, tane boyutu olarak daha küçük ve grafen yapıda olduğu görülmektedir. KG'nin moleküllerinin daha büyük makromolekül görünümünde olduğu görülmekte. KG'nin termal kararlılığının daha iyi olduğunu söyleyebiliriz. Bunun sebebi, meyve çekirdeklerinin suda çözünen fraksiyonlarının daha küçük molekül ağırlıklı organik bileşikler olması ile yorumlanabilir.



Şekil 4.22 : Jelatin SEM görüntüleri.



Şekil 4.23: Konjak gam SEM görüntüsü.

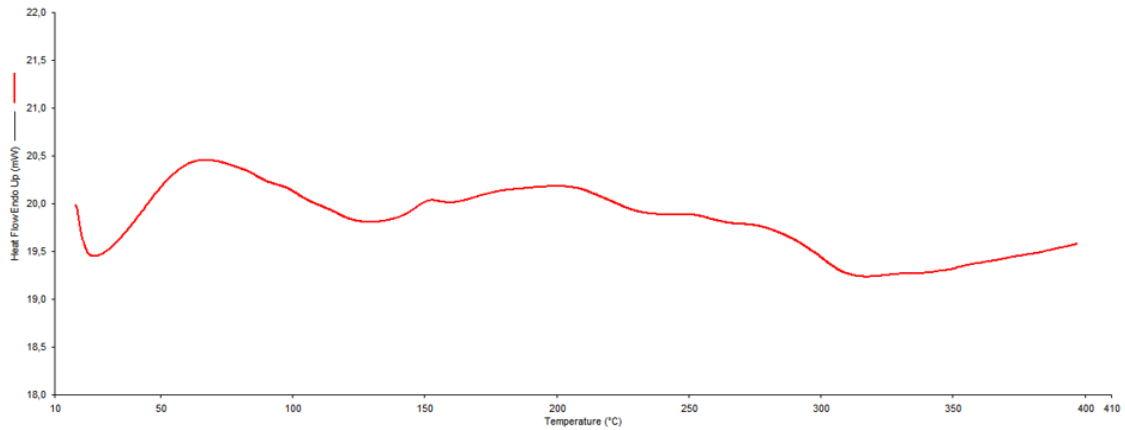
Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'te jelatin ve konjak gamın morfolojik görüntüleri yer almaktadır. Jelatin yapısının amorf grafen grafit yapılar şeklinde olduğu görülmektedir. Ayrıca, homojen bir morfoloji sergilediği, farklı birimler içermediği ve büyük tane boyutuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tipik jelatin jel morfolojisini yansıtmaktadır. Konjak gam moleküllerinin ise daha büyük makromolekül görünümünde olduğu görülmektedir.

4.9 Termal Analiz

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC), termal analizde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir ve örnek ile referans madde arasındaki enerji değişimini sıcaklık fonksiyonu olarak ölçer (Özdalyan ve Karaali, 2002).

DSC, faz değişimleri ve reaksiyon ısılarının ölçümünde etkin bir yöntemdir. Belirli sıcaklık ve koşullarda gerçekleşen faz değişimleri karakteristik ısı değişimleriyle tanımlanır. Bu değişimler, sıcaklık (kalitatif) veya entalpi (kantitatif) olarak belirlenebilir (Certel ve Ertugay, 1992). Erime, bozunma, cam geçişi, kristalizasyon entalpisi, malzeme saflığı gibi parametreleri analiz eder. Numune ve referans malzemeye sabit hızda ısı uygulanarak, sıcaklık değişimlerine karşı oluşan ısı akış farkı ölçülür ve termogram elde edilir. Termogramda cam geçiş (T_g), kristalizasyon (T_c), erime (T_m) ve bozunma (T_d) sıcaklıkları belirlenirken, daha geniş sıcaklık aralıklarında daha karmaşık termal geçişler de incelenebilir (Leyva-Porras ve diğ., 2020). Termal analiz teknikleri, gıda bileşenlerinin ısı işlemleri sırasında geçirdiği değişimleri anlamada önemli veriler sağlar (Özdalyan ve Karaali, 2002).

Çalışmada bamya numunesi için 15 °C ile 400 °C aralığında diferansiyel taramalı kalorimetre ile termal analiz gerçekleştirilmiştir ve bu analize ait DSC termogramı Şekil 4.24'te gösterilmiştir.

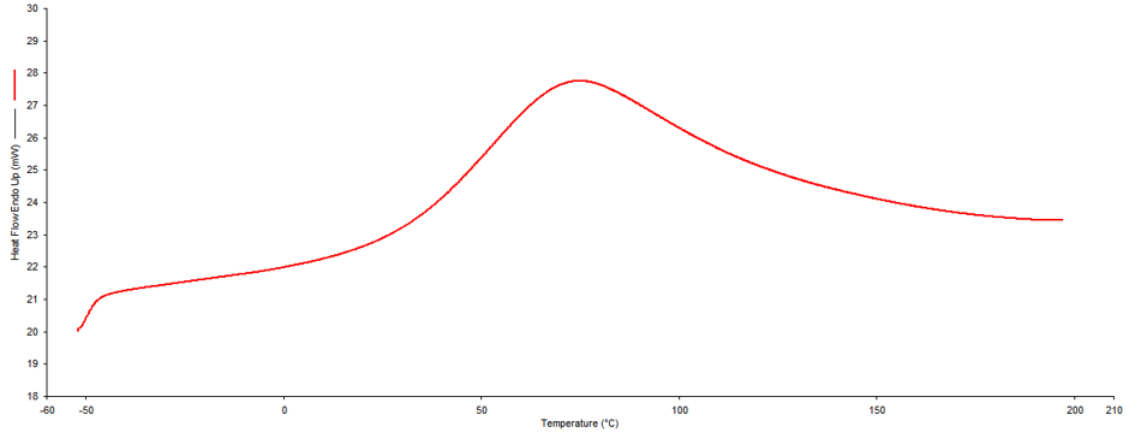


Şekil 4.24 : Bamya müsilajına ait DSC görüntüsü.

Bu termal analiz 19.8 mL/dakika akış hızına sahip azot gazı atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Bu analizde beş farklı endoterm pik görülmüştür. Bamya müsilajının termal kararlılığı, DSC eğrisine göre iki aşamaya ayrılabilen şekilde analiz edilebilir. İlk

aşamada, polisakkarit yapısından hidrojen bağılı nemin desorpsiyonu nedeniyle küçük bir ağırlık kaybı meydana gelir. İkinci aşama, 150 °C ile 310 °C arasında önemli bir ağırlık kaybıyla sonuçlanan polisakkarit yapılarının bozunmasına karşılık gelir. Bu bulgu, polisakkarit fraksiyonlarının bozunmasının temel aşamasının genellikle 210 °C ile 320 °C aralığında gerçekleştiğini belirtir. Bu sonuçlardan yola çıkarak, bamya müsilajının iyi termal direnç gösterdiği sonucuna varılabilir. Bu DSC eğrisinde endoterm piklerden birincisi 20 °C ile 125 °C arasında görülen ve yapısal nemin uzaklaşmasından kaynaklanan endoterm piktir. Bu değişim için gerekli enerji 104.12 J/g'dır. İkinci endoterm 130 °C ile 160 °C arasındadır ve yan grup niteliğindeki glikozit ünitelerinin kopmasından kaynaklanır. Üçüncü endoterm 160 °C ile 240 °C arasında görülür ve hemiselüloz, ve pektin glikozidik bağlarının termal depolimerizasyonu ile bağlantılıdır. Dördüncü endoterm 240 °C ile 270 °C arasında görülür ve selülozun glikozidik bağlarının termal depolimerizasyonundan kaynaklanır. Son endoterm ise 270-310 °C sıcaklık aralığında gözlemlenmiştir ve α -selülozun parçalanmasıyla ilişkilidir. Bu sonuçlara göre, inert bir atmosferde selüloz ayrışmasının sonuçları karbonlu kalıntılar ve potansiyel olarak indirgenmemiş dolgu maddelerinden oluşmaktadır. Genel olarak, çalışma bamya liflerinin termal kararlılığının nispeten düşük olduğunu ve bozunmalarının yüksek sıcaklıklarda gerçekleştiğini ve bu durumun bazı yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanımını sınırlayabileceğini göstermektedir. Bu keşifler, bamya müsilajının keklerde fırın kararlılığını iyileştirme, donma-çözülme döngüleri sırasında kararlılığı artırma, kristal büyümesini engelleme, kapsülleme ve renklendirici maddelerdeki süspansiyonların veya emülsiyonların kararlılığını koruma gibi çeşitli amaçlara hizmet etmek için biyomalzemeler üretimde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu uygulamalar, termal kararlılığın genellikle kritik bir gereklilik olduğu gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde olabileceğini gösterir. Bamya müsilajının benzersiz bileşimi ve yapısı, günümüzde yaygın olarak kullanılabilecek biyopolimerlere uygulanabilir bir alternatif olduğunu gösterir.

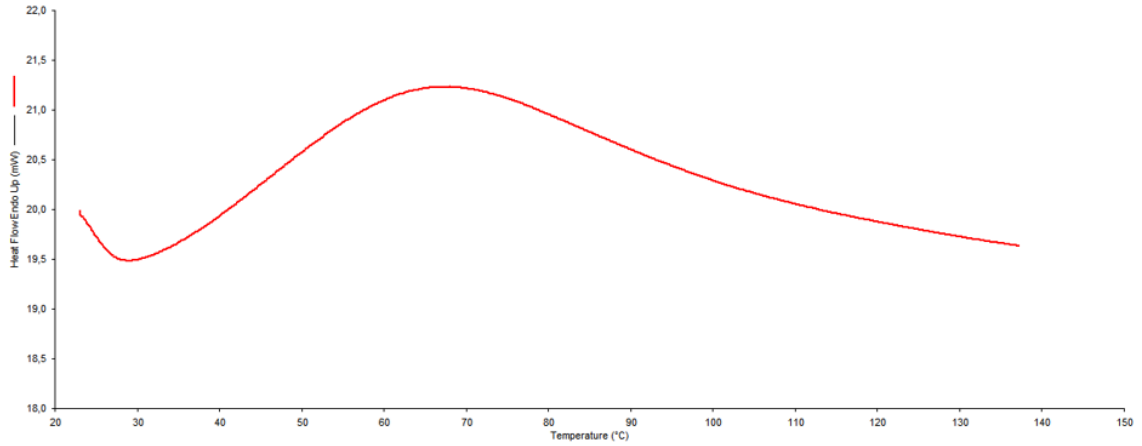
Ayva çekirdeği müsilajına ait DSC analizi -50°C ile 200°C arasında gerçekleştirilmiştir. Ayva çekirdeği numunesine ait DSC termogramı Şekil 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.25 : Ayva çekirdeği müsilajına ait DSC görüntüsü.

Bu aralıkta bamy müsilajında, yaklaşık olarak 40 °C başlayıp 150 °C de biten bir endoterm görülmektedir. Bu geniş endoterm yapıdaki nemin uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Azot atmosferde gerçekleştirilen bu DSC eğrisinde başka bir termal değişim gözlenmemiştir.

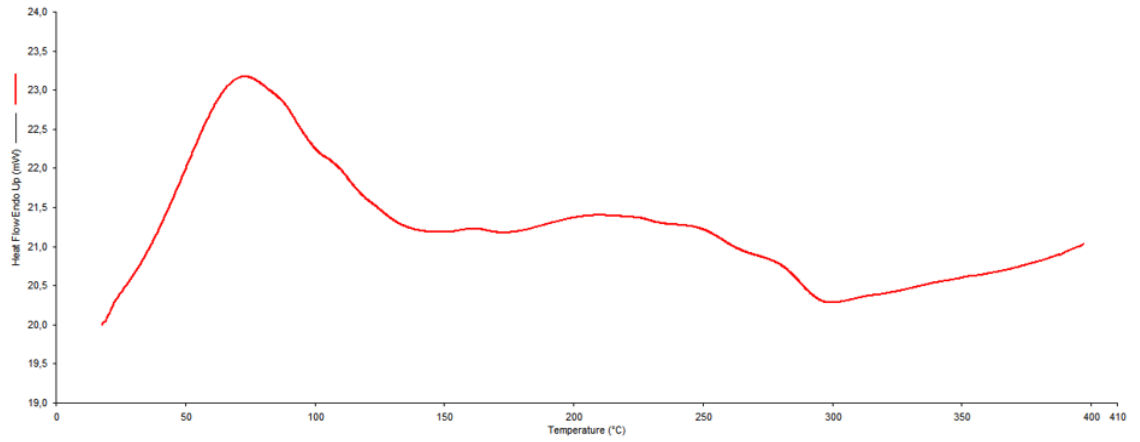
Keten tohumu müsilajına ait DSC analizi 25 °C’den 140 °C’ye kadar azot gazı altında gerçekleştirilmiştir. Bu analize ait termogram şekil 4.26’da verilmiştir.



Şekil 4.26 : Keten tohumu müsilajına ait DSC görüntüsü.

Yapılan analizde 30 °C’den yaklaşık 110 °C’ye kadar devam eden bir endoterm görülmüştür. Bu endoterm yapıdaki –OH gruplarına bağlı olan nemin uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu değişim için gerekli olan geçiş enerjisi 162.16 J/g’dır.

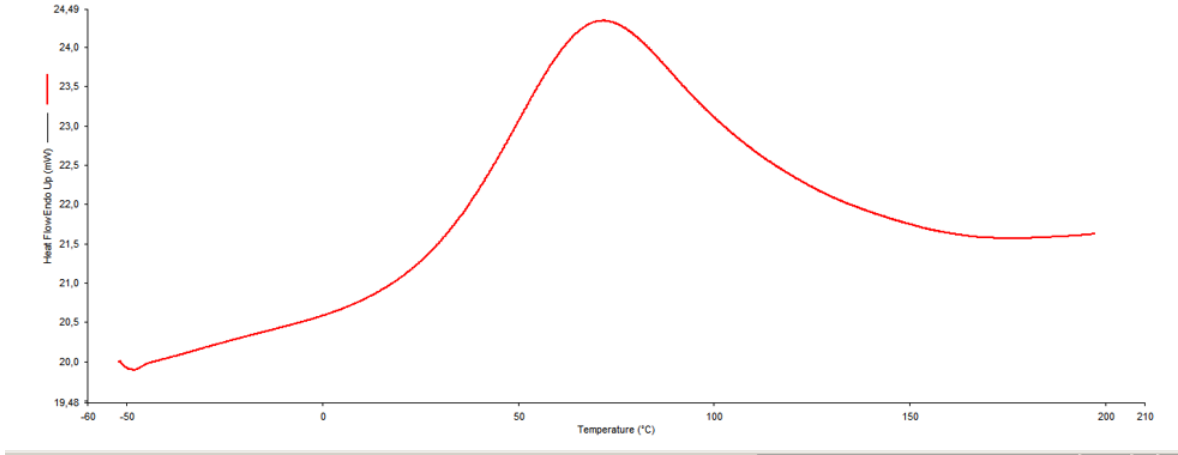
Konjak gam ve bamy a numulererinden hazırlanan KG-BM örneklerinin 20 °C’den 400 °C’ye ısıtılarak elde edilen DSC termogramı Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.27 : KG-BM numunesine ait DSC görüntüsü.

Bu eğriler 19.8 mL/dakika azot atmosferi altında analizlenmiştir. Bu analizler sonusunda elde edilen eğrinin genel yapısı bamy a numunesinin sonucuna benzemekle beraber görülen ilk endoterm pikin genişlediği ve büyük olduğu görülmektedir. Bu ilk endoterm yapıdaki nemden kaynaklanmaktadır ve bamy a numunesinin pikinden büyük olması yapıda bulunan konjak gam yapısında ayrıca nem bağlamasıdır. Bu nedenle ilk endoterm bir toplam endotermidir. Diğer dört endoterm ise genellikle bamy a yapısında bulunan polisakkaritlerden kaynaklanır. İkinci endoterm 130 °C ile 160 °C arasındadır ve yan grup niteliğindeki glikozit ünitelerinin kopmasından kaynaklanır. Üçüncü endoterm 160 °C ile 240°C arasında görülür ve hemiselüloz, ve pektin glikozidik bağlarının termal depolimerizasyonu ile bağlantılıdır. dördüncü endoterm 240 °C ile 270 °C arasında görülür ve selülozun glikozidik bağlarının termal depolimerizasyonundan kaynaklanır. Beşinci endoterm ise 270-310 °C sıcaklık aralığında gözlemlendi ve α -selülozun parçalanmasıyla ilişkilidir. Elde edilen bu DSC yapısı ikili bir yapının kurulduğunu ve istenilen KG-BM yapısının elde edildiğini ispatlamaktadır.

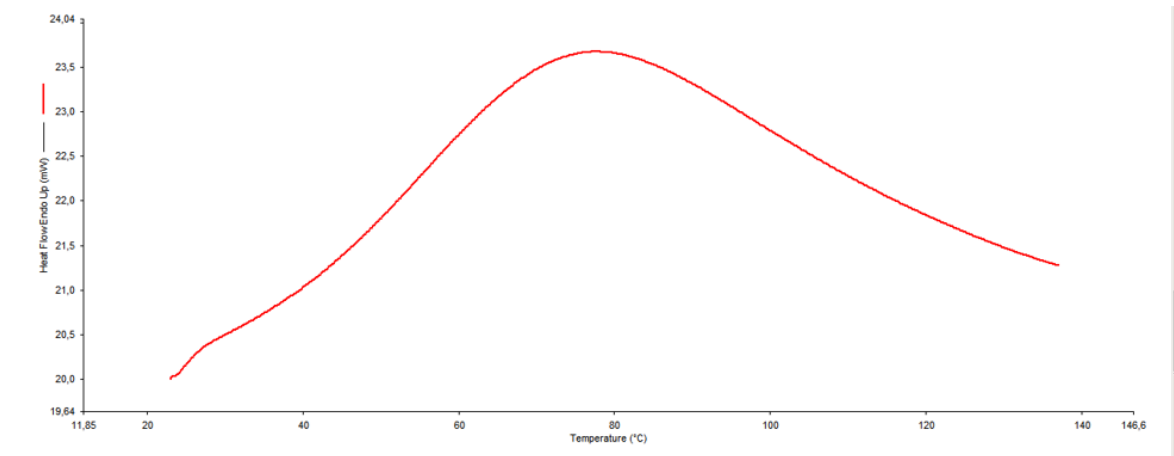
Çalışma kapsamında hazırlanan KG-AÇM numunesine ait olan DSC termogramı şekil 4.28’te verilmiştir.



Şekil 4.28 : KG-AÇM numunesine ait DSC görüntüsü.

Bu termogram incelendiğinde -50 °C'den 200 °C'ye kadar gerçekleşen analizde sadece bir adet endoterm görülmektedir. Bu endoterm yaklaşık 20 °C'den başlayarak 140 °C'ye kadar devam etmiştir. Yapıdaki nemin uzaklaşması için gerekli olan değişimden kaynaklanmaktadır. Bu değişim için yaklaşık olarak 335.56 J/g enerji gerekmektedir. Sadece ayca çekirdeği içeren numunenin Azot atmosferde gerçekleştirilen bu DSC eğrisinde bu geçiş için gerekli enerji yaklaşık 315 J/g olduğu için geri kalan enerji KG yapısından kaynaklanmaktadır. Bu artan enerji gerekliliği ikili yapının kurulduğunu ve istenilen yapının elde edildiğini ispatlamaktadır.

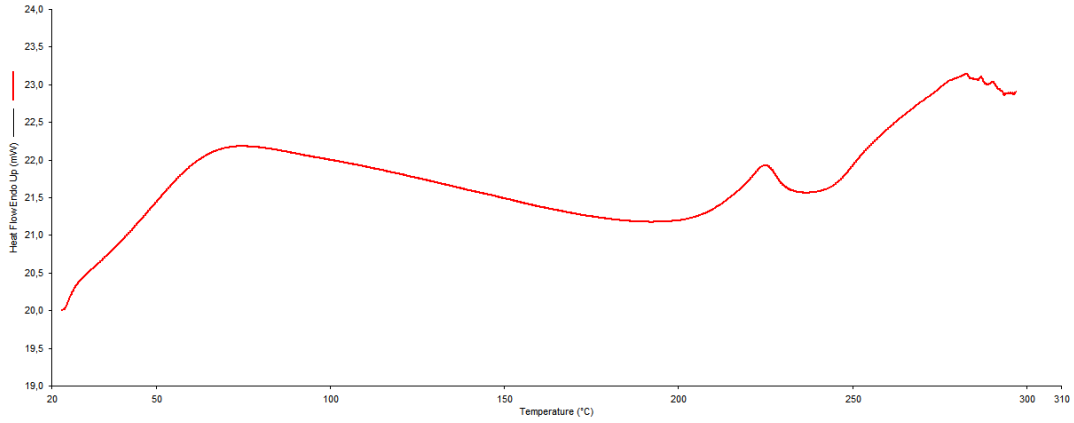
Çalışma kapsamında hazırlanan Konjak Gam-Keten Tohumu Müsilajı (KG-KTM) numunesine ait olan 25 °C'den 140 °C arasındaki DSC termogramı şekil 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4.29 : KG-KTM numunesine ait DSC görüntüsü.

Şekil 4.29’da görülen DSC eğrisi incelendiğinde belirgin bir endoterm görülmektedir. Bu endoterm yaklaşık 30 °C’den başlayarak 140 °C’ye kadar devam etmiştir. Bu endoterm Yapıdaki nemin uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu değişim için yaklaşık olarak 180.66 J/g enerji gerekmektedir. Sadece keten tohumu müsilağı için aynı sıcaklıklar arasında Azot atmosferde gerçekleştirilen DSC eğrisinde bu geçiş için gerekli enerji yaklaşık 162.16 J/g olduğu görülmüştü. Burada görülen fazla enerji KG yapısından kaynaklanmaktadır. Bu artan enerji gerekliliği ikili yapının kurulduğunu ve istenilen yapının elde edildiğini ispatlamaktadır.

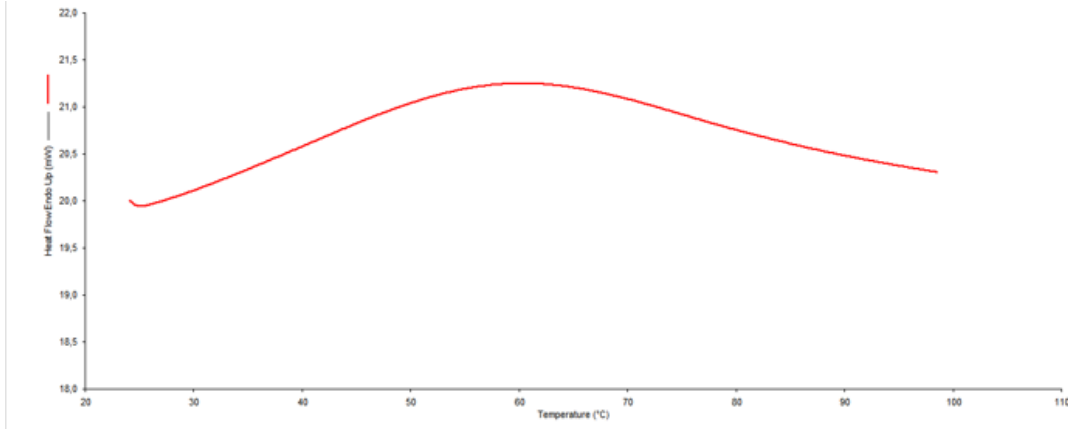
Şekil 4.30’da jelatin numunesine ait 20 °C ile 300 °C arasındaki DSC termogramı görülmektedir.



Şekil 4.30 : Jelatin numunesine ait DSC görüntüsü.

Bu şekilde, saf jelatin için, yaklaşık 70 °C, 230 °C ve 270 °C’de üç endotermik faz geçişi gözlemlendi ve bunlar sırasıyla 250.39, 10.61 ve 20.27 J/g’lık entalpiler ile gerçekleşmiştir. Bu endotermik piklerin birincisi yaklaşık 20 °C ile 180 °C arasındadır ve yapıdaki nemin uzaklaşmasından kaynaklanır. 180 °C ile 240 °C arasındaki endotermik pik muhtemelen jelatin segmentlerinin denatürasyonu ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca 150.3 °C’deki endotermik faz geçiş tepe noktası, cam geçiş sıcaklığıyla örtüşen heliks-bobin geçişiyle ilişkili olabilir. Yaklaşık 270 °C’de başka bir önemli endotermik tepe görüldü; bu, moleküller arası parçalanma ve moleküler yapının degradasyonu nedeniyle gerçekleşmiştir.

Şekil 4.31’de konjak gam numunesine ait 20 °C ile 100 °C arasındaki DSC termogramı görülmektedir.

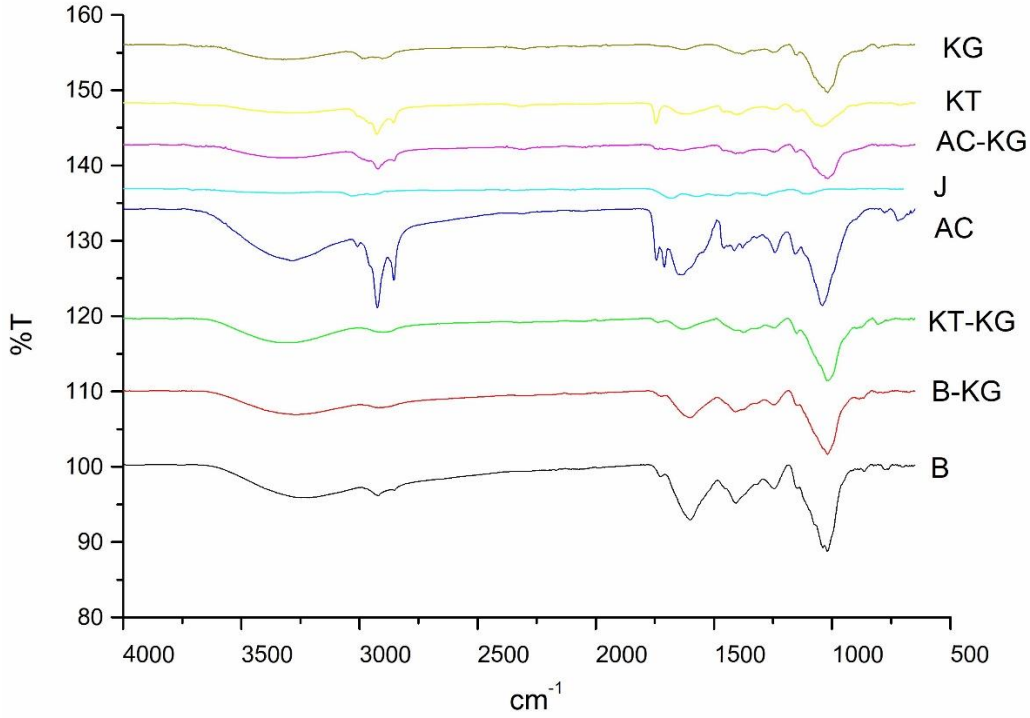


Şekil 4.31 : Konjak gam numunesine ait DSC görüntüsü.

Konjak gam yapısının termal analizinde 20 °C’den 100 °C’ye kadar azot (19,8 mL/dak. akış hızı)atmosferinde bir ısıtma sağlanmıştır. Bu sıcaklık aralığında sadece yapısal nemin uzaklaşmasından kaynaklı bir endoterm söz konusu olmuştur. Bu endoterm 25 °C’den başlayarak 100 °C’ye kadar sürmüştür. Bu endoterm için 118,92 J/g’lık bir enerji gereksinimi olmuştur. Bu sıcaklık aralığında başka bir ısıl değişim gerçekleşmemiştir.

4.10 FTIR

Bu çalışma kapsamında hazırlanan numunelerin FTIR spektrumları Şekil 4.32 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.32 : Numunelerin FTIR spektrumu.

Polisakkaritler, içerdikleri farklı gruplar, farklı zincir yapıları ve diğer bileşiklerle yaptıkları tepkimelere bağlı olarak farklı fonksiyonel özellikler göstermektedir. Bu sebeple ekstraktlardaki bileşim hakkında detaylı bilgi veren, polisakkaritlerin içerdiği bağları da aydınlatmaya yarayan FTIR analizleri yapılmıştır.

Ayva çekirdeği (AÇ) yapısı FTIR spektrumunda selülozik yapı piklerinin baskın olduğu görülmektedir. Çalışılan tüm numunelerin FTIR spektrumunda, görünen temel pikler 3350 cm^{-1} , 2950 cm^{-1} , 2850 cm^{-1} , 1720 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} , 1210 cm^{-1} , 1100 cm^{-1} , 1000 cm^{-1} ve 850 cm^{-1} dalga boylarında olduğu belirlenmiştir. 3350 cm^{-1} piki su, selülozik ve organik yapıdaki -OH gerilmelerine aittir. Ayva çekirdeğinden elde edilen müsilağın kurutma sıcaklığı düşünüldüğünde ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) yapıda su ve selülozik -OH grupların mevcut olduğu ifade edilebilir. Ayrıca 3350 cm^{-1} pikinin ayva çekirdeğinde çıkması bu yapıların daha zengin olduğunu göstermektedir. 2950 cm^{-1} , 2850 cm^{-1} pikleri asimetrik ve simetrik alifatik -CH gerilmelerine aittir. Tüm örneklerin FTIR spektrumları dikkate alındığında ayva çekirdeği, keten tohumu müsilağlarının bu yapılarca diğerlerinden daha zengin olduğu ifade edilebilir. Keten tohumu, ayva çekirdeği ve bamya müsilağlarında organik asidik grupların mevcut olduğu görülmektedir. Öte yandan, 1240 cm^{-1} 'de gözlenen pik, kompleks polisakkaritlerdeki C-O bağlarının gerilme titreşimi olup tüm örneklerde farklı şiddetlerde

olduğu tespit edilmiştir. Standart konjak gam jel yapısında çok düşük şiddette olup diğer örneklerde oldukça yüksek konsantrasyonda mevcuttur. Meyvelerin çekirdek yapısında karbonhidrat varlığı malzemelerin doğal yapısından kaynaklanmaktadır. 1000–1200 cm^{-1} aralığında tespit edilen band, karbonhidratlardaki C-O ve C-O-C yapılarına ait gerilme titreşimidir. Pikin 1000 cm^{-1} 'e yakın olması organik yapının çok daha baskın olduğunu göstermektedir. Proteinle desteklenen 1650 cm^{-1} ve 1550 cm^{-1} 'deki tipik spektral piklerin varlığı müsilağın protein içerdiğinin göstegesini olup tüm tohumların protein içeriği ile uyumludur. Ayva çekirdeği yapısında bulunan protein miktarı derecesinin düşük olduğu görülmektedir. Çekirdeklerin müsilağ örneklerinde görülen –COOH yapısına ait C=O pikinin temel nedeni tüm tohumların filizlenmenin olduğu ruşeym kısmının yağ içeriğinden kaynaklandığı unutulmamalıdır.

Şekil 4.32'deki ayva çekirdeği-konjak gam (AÇ-KG) yapısının FTIR spektrumu belirgin bir şekilde ikili yapıyı doğrulamaktadır. Bu yapı içerisinde her iki yapıdan kaynaklanan karbon hidrat pikleri net olarak belirgindir. Özellikle 3000 cm^{-1} -3500 cm^{-1} 'de –OH piki geniş ve büyük bir bant görünümündedir. Sakarit yapısının yaklaşık 905 ve 1150 cm^{-1} 'lik pikleri C-H ve C-O bağlarından kaynaklanır. Özellikle 2950–2800 cm^{-1} arasında tespit edilen pikler, CH, CH₂ ve CH₃ gruplarından oluşan alifatik C-H bağlarından kaynaklanır. Yine 1000–1200 cm^{-1} aralığında tespit edilen şiddetli bandının, karbonhidratlardaki C-O-C eterik gerilme titreşimidir. Bir diğer önemli pik ise konjak gam yapısındaki asetil gruplarının karbonilinin C=O'sunun gerilmesinden kaynaklanan 1750 cm^{-1} 'deki piktir. Tüm bu bulgular istenilen yapının oluştuğunu doğrular.

Şekil 4.32'deki bamya müsilağ (B) yapısının FTIR spektrumu pikleri bulunmaktadır. 3350 cm^{-1} bölgesinde geniş bir pik bulunması, hidroksil (-OH) gruplarının ve suyun varlığını gösterir. Hidroksil (-OH) grubunun varlığı bamya müsilağının su tutucu özelliğini destekler. 1720 cm^{-1} 'deki karbonil (C=O) pikleri, pektin varlığının göstergesidir. Bu durum bamya müsilağının jelleşme özelliğini doğrular. 1600-1550 cm^{-1} bölgelerinde hafif pikler görülmesi, B'nin yapısında bazı proteinlerin varlığını ve yapısında bulunan protein miktarının derecesinin düşük olduğu göstermektedir. 1240 cm^{-1} ve 1000-1100 cm^{-1} bölgelerindeki güçlü pikler, polisakkaritlerin temel yapı taşları olan C-O ve C-O-C eterik gerilme titreşimidir. Bu durum B'nin yapısında yüksek oranda polisakkarit olduğunu doğrular.

B-KG örneğinin Şekil 4.32'deki FTIR spektrumu incelendiğinde $3200-3600\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde pik bulunması Hidroksil (-OH) gruplarının bamy ve konjak gamın hidrofilik doğası nedeniyle bu bölgede geniş bir bant gözlemlenir. $2800-3000\text{ cm}^{-1}$ bölgesindeki C-H gerilme bantları metil ve metilen gruplarının gerilme titreşimleri gözlemlenir. $1600-1750\text{ cm}^{-1}$ bölgelerindeki karbonil (C=O) pikleri bamy polisakkaritleri ile konjak gam arasındaki etkileşimler nedeniyle bu bölgede pik kaymalarının gözlemlendiğini göstermektedir. $900-1200\text{ cm}^{-1}$ bölgesindeki pikler C-O-C eterik gerilme titreşimidir ve glikozidik pikler polisakkaritlerin karakteristik glikozidik bağlarını doğrulamaktadır. B-KG spektrumu, bamy polisakkaritleri ile konjak gam arasındaki etkileşimleri yansıtmaktadır. Hidrojen bağlarının farklılaşması ve karbonil piklerindeki kaymalar, bu iki bileşenin moleküler düzeyde etkileşime girdiğini gösterir. Bamy'nın yapısında bulunan pektin ve konjak gamın içeriği, karışımın reolojik özelliklerini etkileyebilir.

Doğal bir polisakkarit olan keten tohumu (KT) yapısının FTIR spektrumu incelendiğinde bu yapının tam anlamı ile, saf bir sakkarit yapısı değil, çok bileşenli ve çeşitli bileşenlerin bir arada olduğu kompleks bir yapı olduğu görülmektedir. Protein ve lipid bileşenleri veya bunların parçalarını içerebilirler. Bu parçalar titreşim spektroskopisi ile tanımlanabilir. Bunlar, keten tohumlarında proteinler, lipitler ve karbonhidratlar bulunmaktadır ve spektrumda bu üç bileşenin pikleri bir arada görülür. Proteinler $1680-1540\text{ cm}^{-1}$ aralığında bir çift tipik bant olarak ortaya çıkmıştır. Bunlar, Amid I ve Amid II'nin karbonil C=O gruplarının titreşimlerinden kaynaklanmıştır. Keten tohumu yağının spektrumu, bitki ve hayvan lipitlerinin tipik spektrumudur. Diğer maddelerin spektrumundan açıkça farklıdır. 1743 cm^{-1} 'deki dar bant, trigliseritlerdeki yağ asitlerinin C=O gruplarının titreşimlerinden kaynaklanmıştır. 1160 cm^{-1} 'de tepe noktası olan üç çatalı biçimli bant, karboksilik asitlerin C-O ve C-O-C bağlarının titreşimlerinden kaynaklanmıştır. 1030 cm^{-1} 'de tepe noktası olan geniş yapılandırılmış bant, polisakkaritlerin tipik özelliğidir. Bu bant, lipid bandıyla (1160 cm^{-1}) kısmen örtüşmektedir. Üç numunenin spektrumları, tüm madde sınıflarında görülen CH_n fonksiyonel gruplarının titreşimlerini yansıtan $3010-2800\text{ cm}^{-1}$ aralığında küçük pikler içerir. -OH gruplarının titreşimleri genellikle $3600-3000\text{ cm}^{-1}$ aralığında görülmektedir.

KT-KG örneğinin Şekil 4.32'deki FTIR spektrumu incelendiğinde $3200-3600\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde Hidroksil (-OH) pikleri Keten tohumu polisakkaritleri ve konjak gamın hidrofilik yapısı nedeniyle geniş bir hidroksil grubu emilim bandı olduğunu doğrular. KT-

KG spektrumunda bu bölgedeki geniş pik, bileşenlerin hidrojen bağları yoluyla etkileştiğini gösterir. 2800-3000 cm^{-1} bölgesindeki pikler incelendiğinde C-H gerilme bantlarının KT-KG'nin spektrumunda metil ve metilen gruplarına ait gerilme titreşimleri görülmektedir. 1600-1750 cm^{-1} bölgesi incelendiğinde, keten tohumu polisakkaritleri ve konjak gam içindeki esterleşmiş veya asidik karbonil (C=O) grupları nedeniyle bu bölgede karakteristik pikler oluştuğu görülmektedir. KT-KG spektrumunda bu piklerin hafif kayması, iki bileşen arasındaki etkileşimleri gösterir. 900-1200 cm^{-1} bölgesindeki C-O-C pikleri KT-KG'nin spektrumunda karbon-oksijen gerilme bantları (C-O, C-O-C) belirgin olup, polisakkarit yapıyı doğrulamaktadır. KT-KG spektrumu, keten tohumu polisakkaritleri ile konjak gam arasındaki hidrojen bağları ve olası glikozidik etkileşimleri göstermektedir. Piklerin kayması ve yoğunluk değişimleri, iki bileşenin birbirleriyle uyumlu bir yapı oluşturduğunu göstermektedir.

Konjak gam (KG) numunesinde polisakkarit yapısından kaynaklı hegzoz pikleri bulunmaktadır. Özellikle numunelerin IR spektrumlarında 3000 cm^{-1} ile 3500 cm^{-1} arasında görülen geniş bant piki hegzoz ünitelerine bağlı olan -OH gruplarının gerilme titreşiminden kaynaklanır. Yaklaşık 2950 cm^{-1} ve 2850 cm^{-1} 'deki güçlü pikler sırasıyla asimetrik ve simetrik CH_2 gerilme titreşimlerine ve yaklaşık 1420 cm^{-1} 'de görülen CH_2 bükülme bandına karşılık gelir. 1740 cm^{-1} 'deki keskin pik, saf konjak gam yapısındaki asetil gruplarının karbonilinin C=O'sunun gerilmesinden kaynaklanmaktadır. Su molekülünün düzlem içi deformasyonuna atfedilen 1645 cm^{-1} 'deki bant, ağ ile orta derecede güçlü hidrojen bağı olan su molekülü kümelerini ortaya koymaktadır. Bu bant, bu nedenle hidrasyon zamanında kurulan moleküller arası hidrojen bağlarının varlığını göstermektedir. Ayrıca hegzoz ünitelerinin arasındaki C-O-C bağı yaklaşık 1100 cm^{-1} 'de ve C-O bağıda yaklaşık 1200 cm^{-1} civarında yapıyı doğrulamaktadır.

Jelatin (J) önemli bir proteindir ve FTIR spektrumu Şekil 4.32'de gösterilmiştir. J'in FTIR spektrumu klasik protein yapılarını doğrular niteliktedir. özellikle protein yapılarında görülen amid I için C = O gerilmesi yaklaşık 1640 cm^{-1} 'de, amid II için N-H deformasyonu 1500-1550 cm^{-1} 'de görülmektedir. 1328 cm^{-1} 'deki bant, ağırlıklı olarak prolin yan zincirlerinin sallanma titreşimine atfedilir. N-H gerilmesinden kaynaklanan amid A bandı, çapraz bağlanma derecesine göre 3270-3370 cm^{-1} 'de görülür, amid B için C-H gerilmesi ~2947 cm^{-1} 'de, net olarak görülmektedir. 1540-1400 cm^{-1} ve 1530-1320 cm^{-1} 'de CO_3 bantları vardır. Alifatik C-H pikleri 800 cm^{-1} ile 1000 cm^{-1} arasındadır. Hidroksil grubu (-

OH) gerilmesi $3600\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ arasında geniş bir bant olarak görülür. Tüm bu pikler klasik protein yapısını doğrulamaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hayvansal kaynaklı jelatin yerine geçebilecek, bitkisel kaynaklardan polisakkarit temelli jelleştirme ajanı eldesi ve bu yapıların karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ayva çekirdeği, bamya ve keten tohumundan elde edilen müsilağların konjak gam ile kombinasyonlarının fizikokimyasal ve yapısal özelliklere etkileri değerlendirmiştir. Ayrıca, bitkisel kaynaklı müsilağların, gıda ve diğer endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan hayvansal kaynaklı olan jelatin ile karşılaştırması gerçekleştirilmiştir.

Müsilağ verim yüzdesi açısından değerlendirildiğinde ayva çekirdeği (%6.06) ve bamya örneklerinin (%6), keten tohumu örneğine (%4.1) kıyasla daha yüksek müsilağ verimine sahip olduğu görülmüştür.

Konjak gam'ın üstün şişme kapasitesi 100 ml/g olarak ölçülmüş olup bitkisel müsilağların fonksiyonel özelliklerini artırmada etkili olmuştur. Ayva çekirdeği müsilağı ile yapılan kombinasyon, su tutma kapasitesini belirgin bir şekilde artırarak 66.6 ml/g'ye ulaşmıştır. Jelatin ile karşılaştırıldığında, AÇM, KTM, BM'nin KG ile olan kombinasyonlarının şişme kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, en yüksek emülsiyon kapasitesini jelatin göstermiştir. Ancak AÇM'nin KG ile kombinasyonu, %93.75 oranında yüksek bir emülsiyon kapasitesi göstermiş ve bu karışımın bitkisel stabilizatör olarak jelatine alternatif olarak kullanılabileceği sonucunu ortaya koymuştur. Ayva çekirdeği müsilağının doğal bir ürün olduğu ve performansını daha da artırabilecek endüstriyel kullanım için saflaştırılabileceği gerçeğini göz önünde bulundurulduğunda, diğer emülsiyon stabilizatörlerine değerli bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Bamya ve keten tohumu müsilağlarının emülsiyon stabilitesi daha düşük olsa da, uygun kombinasyonlarla geliştirilebileceği düşünülmektedir. Ayva çekirdeği müsilağı konjak gam kombinasyonu, hem şişme kapasitesi hem de emülsiyon kapasitesi bakımından diğerlerinden fazla öne çıkmıştır.

Jelatin jellerinin erime noktası, literatürle uyumlu olarak 35.1°C olarak ölçülmüştür. Bitkisel müsilağlarla yapılan kombinasyonlarda ise erime sıcaklığında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Bamya müsilağının erime sıcaklığı, literatürde bildirilen 49°C-47°C aralığının

üzerinde, 67.7°C olarak ölçülmüştür. Bu artış, konjak gam ile yapılan kombinasyonun termal stabiliteyi artırdığını göstermektedir. Keten tohumu müsilağı ile konjak gam kombinasyonlarının erime sıcaklıkları 38.8°C-47.3°C arasında değişmiş ve literatürle tutarlılık göstermiştir. Sonuçlar, bu çalışmada kullanılan bitkisel müsilağı kombinasyonlarının termal stabiliteyi artırarak, jelatine kıyasla daha geniş sıcaklık aralıklarında kullanılabilir bir yapı sunduğunu ortaya koymaktadır.

Tekstür analiz sonuçları, jelatinin bloom, modulus, break ve work değerleri KG-AÇM, KG-BM, KG-KTM kombinasyonlarından elde edilen jellerden daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermiştir.

Bloom Değeri: Jelatin, bitkisel müsilağı karışımları ile kıyaslandığında daha sert bir jel yapısı oluşturmuştur. KG-BM karışımı, en düşük bloom değerine sahip olarak daha yumuşak ve nazik bir jel yapısı sergilemiştir.

Modulus: Jelatin, daha katı bir yapıya sahipken, bu çalışmada kullanılan bitkisel müsilağı kombinasyonları elastik deformasyona daha yatkın bir yapı göstermiştir. KG-BM kombinasyonu en düşük modulus değerine sahiptir ve bu kombinasyon, yumuşak ve esnek jel yapıları için uygun olabilir.

Break ve Work Değerleri: Jelatin, KG-KTM (0.1-0.2) kombinasyonu dışında tüm bitkisel müsilağı kombinasyonlarından istatistiksel olarak anlamlı şekilde ($p < 0.05$) daha yüksek değerlere sahiptir. Bu durum, jelatinin dayanıklılık ve enerji absorpsiyonu açısından üstün olduğunu göstermektedir.

Jelatin, bu çalışmada hazırlanan tüm müsilağı kombinasyonlarına kıyasla daha yüksek viskozite değerine sahip bulunmuştur. Ancak, KG-KTM kombinasyonu (0.2g-0.1g), jelatine en yakın viskozite değerini sağlamış ve bu kombinasyonun, viskozitenin kritik olduğu gıda uygulamalarında umut vadeden bir alternatif olabileceği belirlenmiştir. Bamya ve keten tohumu müsilağlarının viskozite değerlerinin literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.

Ayva çekirdeği müsilağının açık gözenekli bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Dokuya katkı maddeleri olarak kullanılan konjak gam ve jelatin entegrasyonlarının sağlanması en önemli faktördür. KG-AÇM kombinasyonu ile üretilen doku yapısının SEM görüntüleri incelendiğinde ayva çekirdeği müsilağının konjak gam yapısına iyi bir şekilde entegre olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; KG-AM, KG-BM, KG-KTM kombinasyonları jelatine kıyasla bazı fizikokimyasal özelliklerde daha düşük performans sergilese de, vegan beslenme ve tüketicilerine uygunluk açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu doğal kaynakların işlevselliklerini optimize ederek, endüstriyel uygulamalardaki yerlerini sağlamlaştırabilir. Özellikle konjak gam ve bamya müsilajı kombinasyonu gibi termal stabiliteyi artıran formülasyonlar üzerine daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir. Jelatin yerine kullanılabilecek bitkisel müsilajların özellikle vegan ürünlerde, düşük viskoziteye veya esnek bir dokuya ihtiyaç duyulan uygulamalarda tercih edilebileceği öngörülmektedir.



KAYNAKLAR

- Adetuyi, F.O. & Dada, I.B.O.** (2014). Nutritional, phytoconstituent and antioxidant potential of mucilage extract of Okra (*Abelmoschus esculentus*), water leaf (*Talinum triangulare*) and Jews mallow (*Corchorus olitorius*). International Food Research Journal 21(6): 2345-2353.
- Ahmadzadeh-Hashemi, S. Varidi, M. & Nooshkam, M.** (2023). Hydro-and aerogels from quince seed gum and gelatin solutions. Food Chemistry: X. 19, 100813.
- Ahiakpa, J. K., Amoatey, H. M., Amenorpe, G., Apatey, J., Ayeh, E. A., & Agbemavor, W. S. K.** (2014). Mucilage Content of 21 accessions of Okra (*Abelmoschus spp* L.). Scientia Agriculturae, 2(2), 96-101.
- Ameena, K., Dilip, C., Saraswathi, R., Krishnan, PN, Sankar, C. & Simi, SP** (2010). Isolation of the mucilages from *Hibiscus rosasinensis* linn. and Okra (*Abelmoschus esculentus* linn.) and studies of the binding effects of the mucilages. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 3 (7), 539-543.
- Amiri, M.S., Mohammadzadeh, V., Yazdi, M.E.T., Barani, M., Rahdar, A., George Z. & Kyzas, G. Z.** (2021). Plant-based gums and mucilages applications in pharmacology and nanomedicine: a review. Molecules 26, 1770.
- Archana, G., Sabina, K., Babuskin, S., Radhakrishnan, K., Fayidh, M. A., Babu, P. A. S., Sivarajan, M. & Sukumar, M.** (2013). Preparation and characterization of mucilage polysaccharide for biomedical applications. Carbohydrate Polymers, 98(1), 89-94
- Ashraf, M.U., Hussain, M.A., Bashir, S., Haseeb, M.T. & Hussain, Z.** (2018). Quince seed hydrogel (glucuronoxylan): evaluation of stimuli responsive sustained release oral drug delivery system and biomedical properties, Journal of Drug Delivery Science and Technology. 45, 455–465.
- Asiamah, E., Atter, A., Ofori, H., Akonor, P.T., Nketia, S., Koivula, H., Lee, Y. & Agyakwah, S.** (2024). Effect of Seasonal variation and farming systems on the properties of Nile Tilapia gelatin extracted from scales. Heliyon, 10, e24504 .
- Aykın, E., & Erbaş, M.** (2016). Farklı kaynaklardan üretilen jelatinin özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. Gıda, 41(3), 179-187.

- Barbary, O.M., Al-Sohaimy, S.A., El-Saadani, M.A., & Zeitoun, A.M.A.** (2009). Extraction, composition and physicochemical properties of flaxseed mucilage. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 14 (3), 605-621.
- Basiri, S., Haidary, N., Shekarforoush, S.S., & Niakousari, M.** (2018). Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yoğurt. *Carbohydrate Polymers*, 187, 59-65
- Beğiç, N.** (2023). Development of silver nanoparticles based on the method using quince seed mucilage for ascorbic acid determination. *Phytochemical Analysis*, 35, 87–92.
- Behera, S.S. & Ray R.C.** 2016. Konjac glucomannan, a promising polysaccharide of *Amorphophallus konjac* K. Koch in health care. *International Journal of Biological Macromolecules* 92 942–956 943.
- Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S.M., Pilevar, Z. & Mortazavian, A.M.** (2020). Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, 280, 102164.
- Certel, M., & Ertugay, Z.** (1992). Mikrokolorimetrisinin Hububat Teknolojisinde Kullanım İmkanları II. Differential Scanning Calorimetry (DSC)'nin Hububat Teknolojisinde Kullanımı. *Gıda*, 17(2).
- Chen, F., Porter, D. & Vollrath, F.** (2012). Structure and physical properties of silkworm cocoons. *Journal of The Royal Society Interface*, 9, 2299–2308.
- Chen, H. H., Xu, S. Y., & Wang, Z.** (2006). Gelation properties of flaxseed gum. *Journal of Food Engineering*, 77(2), 295-303.
- Chukwuma, C.I., Islam, S. & Amonsou, E.O.** (2018). A comparative study on the physicochemical, anti-oxidative, anti-hyperglycemic and anti-lipidemic properties of amadumbe (*Colocasia esculenta*) and okra (*Abelmoschus esculentus*) mucilage. *Journal of Food Biochemistry*, 42, 5.
- Coppola, M., Djabourov, M., & Ferrand, M.** (2012). Unified phase diagram of gelatin films plasticized by hydrogen bonded liquids. *Polymer*, 53(7), 1483-1493.
- Çebi, N.** (2018). Helal gıda kapsamında yumuşak şekerlemelerde jelatin kökeninin tespitinde spektroskopik ve kromatografik yöntemlerin geliştirilmesi ve metot

validasyonu (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.

- Çetin Abay, S.** (2017). Investigation of the usage possibilities of konjac plant (*Amorphophallus konjac*) gum as a stabilizer instead of salep (*Orchidaceae*) in ice cream production. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Çimen, H.** (2023). Keten tohumu müsilajının püskürtmeli ve dondurarak kurutma işlemleriyle enkapsülasyonu. Yüksek Lisans tezi, Hitit Üniversitesi, Çorum.
- Cui, W., Mazza, G. & Biliaderis, CG** (1994). Chemical structure, molecular size distributions, and rheological properties of flaxseed gum. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42 (9), 1891-1895.
- Dantas, T.L., Alonso Buriti, F.C. & Florentino, E.R.** (2021). Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as a potential functional food source of mucilage and bioactive compounds with technological applications and health benefits. Plants 10 (8):1683
- Darvishi, E. Ehzari, H. Shahlaei, M. Behbood, L. & Arkan, E.** (2021). The electrochemical immunosensor for detection of prostatic specific antigen using quince seedmucilage-GNPs-SNPs as a green composite, Bioelectrochemistry 139, 107744.
- de Oliveira Filho, J.G., Lira, M.M., de Sousa, T.L., Campos, S.B., Lemes, A.C. & Egea, M. B.** (2021). Plant-based mucilage with healing and anti-inflammatory actions for topical application: a review, Food Hydrocolloids for Health. 1, 100012.
- Dello Staffolo, M., Sato, A.C.K. & Cunha, R.L.** (2017). Utilization of Plant Dietary Fibers to Reinforce Low-Calorie Dairy Dessert Structure. Food Bioproc Tech, 10(5): 914–925, <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1872-9>.
- Demir, Ş.** (2019). Ayva çekirdeği ekstraktının dondurma üretiminde etkisi (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Elkhalifa, A.E.O., Alshammari, E., Adnan, M., Alcantara, J.C., Awadelkareem, A.M., Eltoum, N.E., Mehmood, K., Panda, B.P. & Ashraf, S.A.** (2020). Okra (*Abelmoschus Esculentus*) as a potential dietary medicine with nutraceutical importance for sustainable health applications. Molecules 26 , 696.

- Elmacı, S.** (2011). Amasya’da Bamya (okra) Tarımının Coğrafi Esasları: Üretimiyle İlgili Özellikleri, Dağılışı ve Sorunları. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 15(24), 117-130.
- Erdoğan, A.E.** (2020). Ayva Çekirdeği Müsilajı Ve Kitosanla Yenilebilir Film Elde Edilmesi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Erge, A. & Zorba, Ö.** (2016). Jelatin ve fizikokimyasal özellikleri. *Akademik Gıda*, 14(4), 431-440.
- Erkoç, S., Özcan, İ., Özyiğit, E., Kumcuoğlu, S. & Tavman, Ş.** (2021). Yumurta ikamesi olarak kullanılan çiya ve keten tohumu jelinin pankek hamuru reolojisi ve ürün özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi. *Gıda*, 46(6), 1397-1414.
- Ertaş, N. & Doğruer, Y.** (2010). Besinlerde tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 35-42.)
- FAOSTAT.** (2023) Erişim: 03 Nisan 2025, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Farhana, N. A., Amin, I., Hassan, S. A. & Shuhaimi, M.** (2017). Gel formation of pectin from okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) leaves, pulp and seeds. *International Food Research Journal*, 24(5), 2161-2169.
- Fatima, Z., Fatima, S., Muhammad, G., Hussain, M.A., Raza, M.A., Amin, M. & Majeed, M.** (2024). Stimuli-responsive glucuronoxylan polysaccharide from quince seeds for biomedical, food packaging, and environmental applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 273, 133016
- Gaikwad, D.T., Patil, S.J. & Killedar, S.G.** (2023). Exploration of *Cassia fistula* L. seed mucilage into floating drug delivery system. *Natural Product Research*, 37, 2945–2950.
- Genc, C.C., Yilmaz, H.D., Karaca, B., Kiran, F. & Arslan, Y.E.** (2022). Nano-hydroxyapatite incorporated quince seed mucilage bioscaffolds for osteogenic differentiation of human adipose-derived mesenchymal stem cells. *International Journal of Biological Macromolecules*, 195, 492–505.
- Ghadermazi, R., Khosrowshahi Asl, A. & Tamjidi, F.** (2021). Complexation and coacervation of whey protein isolate with quince seed mucilage. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 42, 2032–2041.

- Ghahremani, P., Vakili, M.H. & Nezamzadeh-Ejhieh, A.** (2021). Optimization of Pb (II) removal by a novel modified silica aerogel using quince seed mucilage with response surface methodology. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 106648.
- Glicksman, M.** (1982) Food hydrocolloids. Cilt 1. CRC Publ, Boca Raton, Florida, 4–21.
- GMIA.** 2012. Gelatin handbook. Gelatin Manufact. Inst. Am. New York, [online], <http://www.gelatin-gmia.com/html/qanda.html> [retrieved: 22.09.2012].
- Gómez-Guillén, M.C., Giménez, B., López-Caballero, M.E.& Montero, M.P.** (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A Review. *Food Hydrocolloids*, 25, 1813–1827.
- Gürbüz, Z.** (2016). Ayva çekirdeği jeli tozunun yoğurt üretiminde stabilizör olarak kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Hosseini, S. , Sadeghi Mahoonak, A.R., Mahdi Jafari, S., Ghorbani, M. & Salimi, A.** (2017). Production optimization of orange peel oil–quince seed mucilage emulsion by RSM and investigating on the stability of its microencapsulated powder. *Journal of Food Science and Technology*, 13, 171–180.
- Hussain, M.A., Muhammad, G., Haseeb, M.T. & Tahir, M.N.**(2018). Quince seed mucilage: a stimuli-responsive/smart biopolymer. *Functional Biopolymers*, 1–22
- Hussain, M.A., Muhammad, G., Raza, M.A., Ashraf, A., Haseeb, M.T., Mushtaq, M. & Zahid, S.** (2024). A comprehensive review on phytochemistry, pharmacology, preclinical, and clinical trials of *Cydonia oblonga*. *Phytochemistry Reviews*, 1–34.
- Işık, Ç., Parlak, M. E., Demirel, F. T. K., Odabaş, H. İ., Dağdelen, A. F., Yilmaz, M. T., & Sarıcaoğlu, F. T.** (2024). Gelatin extraction from chicken skin by conventional and Ohmic heating methods and comparison with commercial halal gelatins. *Food Hydrocolloids*, 150, 109694.)
- Jania, G.K., Shahb, D.P., Prajapatia, V.D., Jain, V.C.** 2009. Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4 (5): 309-323.

- Jiang, Y., Reddy, CK, Huang, K., Chen, L., & Xu, B.** (2019). Hydrocolloidal properties of flaxseed gum/konjac glucomannan compound gel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133 , 1156-1163.
- Jouki, M., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A. & Koocheki, A.** (2014). Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 36, 9–19.
- Joy, J.M., Dara, P.K., Amruth, P., Rosemol J. M., Dhandapani, N., Mathew, S. & Anandan, R.** (2023). Evaluation of the physicochemical and techno-functional properties of gelatin extracted from fish processing waste. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 14(5):733-742.
- Joy, J. M., Padmaprakashan, A., Pradeep, A., Paul, P.T., Rose, Mannuthy, R.J. & Mathew, S.** (2024). Review on fish skin-derived gelatin: elucidating the gelatinpeptides—preparation, bioactivity, mechanistic insights, andstrategies for stability improvement. *Foods*, 2024, 13, 2793.
- Kajla, P., Sharma, A., & Sood, D. R.** (2015). Flaxseed—a potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1857-1871.
- Kalkan, E. & Maskan, M.** (2023). Mucilage in okra: extraction, modelling, optimization and application. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17 (5), 4812-4822.
- Kanaani, F., Tavakoli, B., Pendashteh, A.R., Chaibakhsh, N. & Ostovar, F.** (2021). Coagulation/Fenton oxidation combined treatment of compost leachate using quince seed mucilage as an effective biocoagulant. *Environmental Technology*, 42, 521–530.
- Karami, N., Kamkar, A., Shahbazi, Y. & Misaghi, A.** (2019). Edible films based on chitosan flaxseed mucilage: in vitro antimicrobial and antioxidant properties and their application on survival of food-borne pathogenic bacteria in raw minced trout fillets. *Pharmaceutical and Biomedical Research* 5, 10–16.
- Karim, A.A. & Bhat, R.** (2008). Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 644–656.

- Kaushik, P., Dowling, K., Adhikari, R., Barrow, C.J. & Adhikari, B.** (2017). Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. *Food Chemistry*, 215 , 333-340.
- Kirtil E. & Oztop, M.H.** (2016). Characterization of emulsion stabilization properties of quince seed extract as a new source of hydrocolloid. *Food Research International* 85, Pages 84-94.
- Konak, Ü. İ., Kaya, R. D., Abanoz, Y. Y., Aslan, M. & Tontul, S. A.** (2023). Effect of persimmon (*Diospyros kaki Thunb.*) powder and quince (*Cydonia oblonga*) seed mucilage on physical, chemical, textural and sensory properties of Turkish noodles. *Akademik Gıda*, 21(4), 353-360.
- Koroskenyi, B., McCarthy, S.P.** (2001). Synthesis of acetylated konjac glucomannan and effect of degree of acetylation on water absorbency. *Biomacromolecules*, 2, 824–826
- Kuruwita Arachchige, S.V., Deepthi, I., Uluwaduge, D. & Premakumara, S.** (2018). Cardio protective activity of *Abelmoschus esculentus* (Okra). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 3, 39–43.
- Lataran, M.J., Poureini, F., Mohammadi, M., Najafpour, G.D. & Hamed, S.** (2023). Extraction of mucilage from quince (*Cydonia Oblonga* M.) seed and investigation of its biological activities. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13, 1–18.
- Ledward, D. A.** (2000). Handbook of hydrocolloids, Chapter-4, Edited by GO Philips and PA Williams. UK) (Gelatin Handbook).
- Leyva-Porras, C., Cruz-Alcantar, P., Espinosa-Solís, V., Martínez-Guerra, E., Piñón-Balderrama, C. I., Compean Martínez, I., & Saavedra-Leos, M. Z.** (2020). Application of Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Modulated Differential Scanning Calorimetry (MDSC) in Food and Drug Industries. *Polymers*, 12(1), 5. <https://doi.org/10.3390/polym12010005>
- Li, J.M. & Nie, S.** (2016). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 53:46-61.
- Lira, M.M., de Oliveira Filho, J.G., de Sousa, T.L., da Costa, N.M., Lemes, A.C., Fernandes, S. S. & Egea, M.B.** (2023). Selected plants producing mucilage:

overview, composition, and their potential as functional ingredients in the development of plant-based foods. Food Research International, 169, 112822.

Lorenc, F., Jarošová, M., Bedrníček, J., Smetana, P. & Bárta, J. (2022). Structural characterization and functional properties of flaxseed hydrocolloids and their application. Foods, 11 (15), 2304.

Maden, H.S. & Özcan, Y. (2021). Türkiye'nin gıda ticareti ve açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler modeli: jelatin pazarı örneği. Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5, 1, 45-66.

Mariod, A. A., (2013). Review: Gelatin, source, extraction and industrial applications. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 12(2):135–147

Matazu, K.I., Ismaila, M., Bilbis, L. & Abbas, A.Y. (2018). Formulation of okra-based antidiabetic nutraceutical from *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Ex-maradi Variety) and evaluation of its effect on alloxan-induced diabetic rats. International Journal of Current Research and Review, 10, 11–16

Milani, M., Jouki, M. & Rabbani, M. 2020. Production and characterization of freeze-dried banana slices pretreated with ascorbic acid and quince seed mucilage: Physical and functional properties. Food Sci Nutr. 2020;8:3768–3776

Mir, A. T., Bokel, R. H., Wani, Lone, M. A. & Bhat, P. A. (2008). Investigating fresh and dried okra (*Hibiscus Esculentus*) for their physico-chemical and antioxidant properties: a comparative study. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 2321-9653.

Moghbel, A. & Tayebi, M. (2015). Quince Seeds Biopolymer: Extraction, Drying Methods and Evaluation. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products, 10 (3).

Moghaddas, S.M.T.H., Elahi, B. & Javanbakht, V. (2020). Biosynthesis of pure zinc oxide nanoparticles using quince seed mucilage for photocatalytic dye degradation. Journal of Alloys and Compounds, 821, 53519.

Muyonga, JH, Cole, CGB, & Duodu, KG (2004). Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. Food Hydrocolloids, 18 (4), 581-592.)

- Nie, X. Li, H. Lin, S. Hu, R. Li, H. Zhao, L; Zhang, Q. Chen, H. Wu, D. & Qin, W.** (2019). Structural characteristics, rheological properties, and biological activities of polysaccharides from different cultivars of okra (*Abelmoschus esculentus*) collected in China. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 459–467.
- Noor, M., Muhammad, G., Hanif, H., Hussain, M.A., Iqbal, M.M., Mehmood, U., & et al.** (2024). Structure, chemical modification, and functional applications of mucilage from *Mimosa pudica* seeds-a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 270, 132390.
- Noorlaila, A., Aziah, S.R. & Norizzah, A.R.** (2015). Functional properties of okra protein products containing different levels of mucilage. *International Food Research Journal*, 22 , 782–787.
- Öncü Glaue, Ş.** (2018). Bamyas müsilajının termo-reolojik özelliklerinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, İzmir.
- Özdalyan, N., & Karaali, A.** (2002). Termal analiz tekniklerinin gıdalardaki uygulamaları. *Gıda*, 27(5).
- Peng, C., Lin, H., Lin, C., Wang, C. & Huang, C.** (2019). *Abelmoschus esculentus* subfractions improved nephropathy with regulating dipeptidyl peptidase-4 and type 1 glucagon-like peptide receptor in type 2 diabetic rats. *Journal of Food and Drug Analysis*, 27, 135–144.
- Pereira, G.A., Silva, E.K., Araujo, N.M.P., Arruda, H.S., Meireles, M.A.A. & Pastore, M.G.** (2019). Obtaining a novel mucilage from mutamba seeds exploring different high-intensity ultrasound process conditions. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 332-340.
- Puligundla, P. & Lim, S.** (2022). A Review of extraction techniques and food applications of flaxseed mucilage. *Foods*, 11, 1677
- Ritzoulis, C., Marini, E., Aslanidou, A., Georgiadis, N., Karayannakidis, P.D., Koukiotis, C., Filotheou, A., Lousinian, S. & E. Tzimpilis.** (2014). Hydrocolloids from quince seed: Extraction, characterization, and study of their emulsifying/stabilizing capacity. *Food Hydrocolloids*, 42, 178-186.

- Sağır, S.** (2016). Gıda katkı maddesi olarak kullanılmak üzere bitkisel kaynaklı jelatin üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Saha, D. & Bhattacharya S.** (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(6):587-97.
- Said, N.S., Howell, N.K. & Sarbon, N.M.** (2021). A review on potential use of gelatin-based film as active and smart biodegradable films for food packaging application. *Food Reviews International*, e1–e23.
- Sakeer, K., Ispas-Szabo, P., Benyerbah, N., & Mateescu, M. A.** (2018). Ampholytic starch excipients for high loaded drug formulations: Mechanistic insights. *International Journal of Pharmaceutics*, 535(1-2), 201-216.
- Samavati, V.** (2013). Polysaccharide extraction from *Abelmoschus Esculentus*: Optimization by response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 95(1), 588- 597.
- Sangeethapriya, M. & Siddhuraju, P.** (2014). Health related functional characteristics and antioxidant potential of mucilage (dietary fiber) from *Zizyphus mauritiana* fruits. *Food Science and Human Wellness*, 3 (2), 79-88.
- Sarbon, N.M., Badii, F. & Howell, N.K.** (2013). Preparation and characterisation of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids*, 30, 143-151.
- Schrieber, R. & Gareis, H.** (2007). *Gelatin Handbook*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 331
- Singh R. & Barreca, D.** (2020). Analysis of gums and mucilages. *Recent Advances in Natural Products Analysis*, 21, 663-676
- Singh, S., Nwabor, O.F., Ontong, J.C., Kaewnopparat, N. & Voravuthikunchai, S.P.** (2020). Characterization of a novel, co-processed bio-based polymer, and its effect on mucoadhesive strength. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 865–875.

- Soğancı, E.** (2020). Extraction and food application of mücilage from okra. Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Şimşek, E.** (2020). Ayva (*cydonia oblonga miller*) çekirdeği müsilajının biyomalzeme olarak doku mühendisliği ve rejeneratif tıpta kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Takğgamğ, S.** (2000). Konjacmannan. In: Handbook of Hidrocolloids. CRC Press , Florida, 413-424.
- Tamri, P. Hemmati, A. & Boroujerdnia, M.G.** (2014). Wound healing properties of quince seed mucilage: in vivo evaluation in rabbit full-thickness wound model. International Journal of Surgery, 12, 843–847.
- Tekle, Ş.** (2022). Usage, function, construction and halal discussion of collagen and gelatine. Journal of Interdisciplinary Food Studies, 2(1), 41-50.)
- Thomas, W. R.** (1997). Konjac gum. In thickening and gelling agents for food. 169-179. Boston, MA: Springer US.
- Thanatcha, R. & Pranee, A.** (2011). Extraction and characterization of mucilage in *Ziziphus mauritiana* Lam. International Food Research Journal, 18 (1), 201-212.
- Tosif, M. M., Najda, A., Bains, A., Kaushik, R., Dhull, S. B., Chawla, P., & Walasek-Janusz, M.** (2021). A comprehensive review on plant-derived mucilage: characterization, functional properties, applications, and its utilization for nanocarrier fabrication. Polymers, 13(7), 1066.
- Trakoolpolpruek, T., Moonmangmee, S. & Chanput, W.** (2019). Structure-dependent immune modulating activity of okra polysaccharide on THP-1 macrophages. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 17, 100173.
- TÜİK.** (2024). Tarımsal İstatistikler Erişim: 03 Nisan 2025, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Crop-Production-Statistics-2024-53447>.
- Ulu, Ö., Engindeniz, S., & Özden, A.** (2016). İzmir'de bamya üretiminde girdi kullanım etkinliğinin analizi. Tarım Ekonomisi Dergisi, 22(2), 69-76.
- Vardar, U.S., Özcan, Y., Özmen, D. & Toker, Ö.S.** (2021). Bitki tohum müsilajları ve gıdalarda kullanımı. Gıda, 46(2) 269-278.

- Wang, K., Li, M., Wen, X., Chen, X., He, Z. & Ni, Y.** (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) polysaccharides based on response surface methodology and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 1056–1063.
- Yang, H., Wang, H., Huang, M., Cao, G., Tao, F., Shen, Q., Zhou, G. & Yang, H.** (2022). Repurposing fish waste 3into gelatin as a potential alternative for mammalian sources: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 942–963.
- Yang, J., Choi, Y. J., & Hahn, J.** (2023). Development of flaxseed gum/konjac glucomannan with agar as gelling agents with enhanced elastic properties. *Food Science and Biotechnology*, 32(2), 181-192.
- Yang, J., Kim, J., Choi, Y. J., & Hahn, J.** (2021). Elastic gels based on flaxseed gum with konjac glucomannan and agar. *Food Science and Biotechnology*, 30, 1331-1338.
- Yilmaz, O., Ozay, H., & Okutucu, B.** (2022). Biyoaerogeller ve araştırma alanları. *Research Journal of Biomedical and Biotechnology*, 3(1), 10-16.)
- Yilmaz, H.D., Cengiz, U., Derkus, B. & Arslan, Y.E.** (2023). Development of plant-based biopolymer coatings for 3D cell culture: boron-silica-enriched quince seed mucilage nanocomposites. *Biomaterials Science* 11, 5320–5336.
- Yousuf, S. & Maktedar, S.S.** (2022). Influence of quince seed mucilage-alginate composite hydrogel coatings on quality of fresh walnut kernels during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*. 59, 4801–4811.
- Yousuf, S., & Maktedar, S. S.** (2023). Utilization of quince (*Cydonia oblonga*) seeds for production of mucilage: functional, thermal and rheological characterization. *Sustainable Food Technology*, 1(1), 107-115
- Yuenaan, P., Sajjaanantakul, T. & Goff, H.D.** (2014). Effect of okra cell wall and polysaccharide on physical properties and stability of ice cream. *Journal of Food Science*, 79, E1522–E1527

- Yüksel, F., Akdoğan, H. B., & Çağlar, S. (2018).** Keten tohumu ile zenginleştirilmiş eriştelere fizikokimyasal, duyusal, pişme özellikleri ve yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi. *Gıda*, 43(2), 222-230.
- Zhang, T., Xu, J., Zhang, Y., Wang, X., Lorenzo, JM & Zhong, J. (2020).** Gelatins as emulsifiers for oil-in-water emulsions: Extraction, chemical composition, molecular structure, and molecular modification. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 113 131.
- Zhang, Y.L., Zhang, H., Liu, W.H., Sun, P., Zheng, S.M., Gao, Y.Y., Zeng, Y.P., Wang, H.F. & Zeng, R.J. (2023).** Enhancing data reliability in quantitative characterization of moisture distribution in sludge using DSC: Impact of sample attributes and test parameters. *Journal of Environmental Management*, 346, 119017.

EKLER

EK A: Konjak Gam Spesifikasyonu

E 425 (i) KONJAK GAM

Eş anlamlılar:

Tanım: Konjak gam, konjak unundan sulu ekstraksiyon ile elde edilen suda çözünür bir hidrokolloiddir. Konjak unu, *Amorphophallus konjac* çok yıllık bitki köklerinden elde edilen saflaştırılmamış ham üründür. Konjak gamının ana bileşeni; β (1-4)-glukozidik bağlarla bağlı, 1,6:1,0 molar oranında D-mannoz ve D-glukoz birimleri içeren suda çözünür yüksek molekül ağırlıklı polisakkarit glukomannandır. Daha kısa yan zincirler β (1-3)-glukozidik bağlarla bağlıdır ve 9 ila 19 şeker birimi başına 1 grup oranında gelişi güzel asetil grupları oluşur.

EINECS:

Kimyasal adı:

Kimyasal formülü:

Molekül ağırlığı: Ana bileşen glukomannan, 200.000 - 2.000.000 ortalama moleküler ağırlığa sahiptir.

Analiz: %75 karbohidrattan az olmamalıdır.

Tanımlama: Beyazdan kreme, kremden açık kahverenge kadar renklere toz

İdentifikasyon:

Çözünürlük: Sıcak veya soğuk suda dağılabilir ve 4,0 ila 7,0 arasında pH değerine sahip yüksek derecede vizkoz bir çözelti oluşturur.

Jel oluşumu: Deney tüpündeki numunenin %1'lik çözeltisinin içerisine 5 mL %4'lük sodyum borat çözeltisi eklenir ve kuvvetli bir şekilde çalkalanır. Jel oluşumu gözlenecektir.

Isıya dayanıklı jel oluşumu: Kaynar su banyosunda 30 dakika süreyle sürekli karıştırıp ısıtılarak %2'lik numune çözeltisi hazırlanır ve daha sonra çözelti oda sıcaklığına kadar soğutulur. %2'lik çözeltinin 30 gramını hazırlamak için kullanılan numunenin her gramı için, ortam sıcaklığında tamamen hidrate olmuş numuneye, %10'luk potasyum karbonat çözeltisinden 1 mL eklenir. Karışım su banyosu içerisinde 85 °C'ye kadar ısıtılır ve karıştırılmadan 2 saat boyunca bu sıcaklıkta tutulur. Bu şartlar altında termal olarak dayanıklı bir jel oluşur.

Saflık:

Kurutma kaybı: %12'den fazla olmamalıdır (105 °C'de, 5 saat).

Nişasta: %3'ten fazla olmamalıdır.

Protein: %3'ten fazla olmamalıdır (N faktör x 5,7).

Viskozite

(%1'lik çözelti): 25 °C'de 3 kgm⁻¹ s⁻¹ 'den az olmamalıdır.

Eterde çözünür madde: %0,1'den fazla olmamalıdır.

Toplam kül: %5,0'dan fazla olmamalıdır (800 °C'de, 3-4 saat).

Arsenik: 3 mg/kg'dan fazla olmamalıdır.

Kurşun: 2 mg/kg'dan fazla olmamalıdır.

Mikrobiyolojik kriterler:

Salmonalla spp.: 12,5 g'da bulunmamalıdır.

Escherichia coli: 5 g'da bulunmamalıdır.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Fatma ÜSTÜNDAĞ

EĞİTİM

Lisans: 2009, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

2016- Elazığ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü/Gıda ve Yem Şube Müdürlüğü, Gıda Kontrol Görevlisi/Gıda Mühendisi.

YABANCI DİLLER

İngilizce: Orta