



**ÇİPURA (*SPARUS AURATA*) DERİSİNDEN
ÜRETİLEN JELATİNİN REOLOJİK VE
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI
TARIMSAL ARTIK EKSTRAKTLARININ ETKİSİ**

Gülce Bedis KAYNARCA

Doktora Tezi

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ
2021**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**ÇİPURA (*SPARUS AURATA*) DERİSİNDEN ÜRETİLEN JELATİNİN REOLOJİK VE
TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BAZI TARIMSAL ARTIK
EKSTRAKTLARININ ETKİSİ**

Gülce Bedis KAYNARCA

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.



Bu tez NKÜBAP tarafından 03.GA.21.325 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Doktora Tezi

ÇİPURA (*SPARUS AURATA*) DERİSİNDEN ÜRETİLEN JELATİNİN, REOLOJİK VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE TARIMSAL ARTIK EKSTRAKTLARININ ETKİSİ

Gülce Bedis KAYNARCA

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

Su ürünleri kaynaklı jelatinler, düşük erime noktaları ve olumsuz tat-kokuya sahip olmalarından dolayı gıda ürünlerinde kullanımları sınırlıdır. Bu çalışmada çevre kirliliğine sebebiyet veren fakat gıda bileşeni olarak kıymetli tarımsal artık ekstraktları olan üzüm posası (GPE), nar kabuğu (PPE) ve yeşil çay (GTE) ekstraktı ile balık jelatinin reolojik özellikleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla matematiksel modelleme ile en iyi tarımsal artık ekstraktı veya ekstrakt karışımlarını içeren modeli belirlemek için k_{gel} , t_{model} , jel kuvveti, erime ve jelleşme derecesi ($^{\circ}C$) parametreleri incelenmiştir. Bunun sonucunda bu beş yanıt için en iyi sonuçları veren optimum örnek (OG) %20 GPE ilaveli örnek olmuştur. GPE ve PPE ilavesi ile genel olarak örneklerin k_{gel} , jel kuvveti ve erime sıcaklıkları artış göstermiştir. Ayrıca OG'nin sığır jelatini (SG) ve kontrol balık jelatinine (ÇG) göre fizikokimyasal ve teknolojik özelliklerindeki farklılıklar incelenmiş, OG örneğinin köpük oluşturma ve köpük stabilitesi, yağ bağlama ve su tutma kapasitesi, bloom derecesi ve tekstürel özellikleri, erime davranışları, mikroyapıları ve FTIR analizi ile belirlenen fonksiyonel gruplarındaki yapısal değişimlerin ÇG'ye göre geliştiği, SG örneğindedir benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. GPE ilavesi, balık jelatinin erime noktasını ÇG'ye göre $2,5^{\circ}C$ arttırmış, jelasyon süresini ise %74 kısaltarak daha kararlı bir yapının oluşmasını sağlamıştır. Ayrıca OG'nin ÇG'ye göre pH, %nem, %kül, %protein, L^* ve b^* değerlerinde azalma ve turbidity değerlerinde ise artış meydana gelmiştir. Teknolojik özellikleri bakımından olumlu sonuçlar veren OG'nin model gıdalarda kullanılabilirliğini belirlemek için SG, ÇG ve OG ilaveli yumuşak şekerleme (jelly), dondurma ve puding üretilmiş ve farklı jelatin ilavesinin model gıdaların reolojik, teknolojik, fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Jelly tipi şekerlemelerde, GPE ilaveli balık jelatini, jellylerin $n'-n''$ ve $K'-K''$ değerlerini %46-35 ve %25-11 oranında arttırmış, duyu açıdan da SG ilaveli jellyye benzer sonuçlar göstermiştir. Erime oranı OG ilaveli dondurmada diğer örneklerle göre daha düşük bulunurken η_{50} değerinin ÇG'ye göre %28 arttığı tespit edilmiştir. OG ilavesi ile puding örneklerinin $n'-n''$ ve $K'-K''$ değerleri olumlu yönde gelişme göstermiş ve bunlar ile bağlantılı olarak ÇG'ye göre serum ayrılmasının %72 oranında azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak; GPE ile zenginleştirilmiş, fonksiyonel ve gıda sanayinde kullanılabilir bir balık jelatini geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Balık jelatini, Nar posası ekstraktı, Üzüm posası ekstraktı, Yeşil çay demleme artığı ekstraktı, Reolojik analizler, Model gıda

2021, 174 sayfa

ABSTRACT

PhD Thesis

THE EFFECT OF SOME AGRICULTURAL BY-PRODUCT EXTRACT ON THE RHEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF GELATIN PRODUCED FROM SEA BREAM (*SPARUS AURATA*) SKIN

Gülce Bedis KAYNARCA

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

Gelatins from aquaculture have a limited use in food products due to their low melting point and unpleasant flavor and odor. In this study, it was tried to improve the rheological properties of fish gelatine with grape pomace (GPE), pomegranate peel (PPE), and green tea (GTE) extracts, which are all valuable agricultural waste extracts that cause environmental pollution but are also usefull as food components. For this purpose, k_{gel} , t_{model} , gel strength, melting point and gelation temperature ($^{\circ}C$) parameters were examined to determine the best agricultural waste extract or extracts combination model using mathematical modeling. As a result, the optimum sample (OG) that gave the best results for these five surface responses was the sample with 20% GPE. With the addition of GPE and PPE (pomaganate pomace extract), the gel, gel strength, and melting temperatures of the samples generally increased. The physicochemical and technical properties of OG were investigated in relation to SG (bovine gelatin) and ÇG (control fish gelatin). It was discovered that the foam formation and foam stability, oil binding and water holding capacity, bloom degree and textural properties, melting behavior, microstructures, and structural changes in functional groups of the OG sample, which were determined by FTIR analysis, developed according to the ÇG sample, and showed similar properties to the SG sample. The melting point of fish gelatin was increased by $2,5^{\circ}C$ with the addition of 20% GPE. Also, the addition of GPE contributed to the formation of a more stable structure by 74% shortening the gelation time. pH, moisture, ash, protein, L^* , and b^* values of the OG sample decreased and turbidity values increased. To determined the usefulnessof OG in food, which gives positive results in terms of its technological properties, model foods as jelly, ice cream, and pudding with the addition of SG, ÇG, and OG were produced. Following that, the effect of different gelatin addition on the rheological, technological, physicochemical, and sensory properties of model foods was investigated. In jelly-type candies, GPE added fish gelatin increased the $n'-n''$ and $K'-K''$ values of the jellies by 45-35% and 25-11%, respectively, and showed similar results to the SG added jelly in terms of sensory. While the melting rate was found to be lower in OG added ice cream compared to other ice-cream, it was determined that the η_{50} value of OG increased by 28% compared to ÇG. With the addition of OG, the $n'-n''$ and $K'-K''$ values of the pudding samples showed an improvement, and in connection with these, it was observed that the syneresis is reduced by 72% compared to the ÇG added pudding. As a result; A functional and food industry usable fish gelatin enriched with GPE has been developed.

Key words: Fish gelatin, Pomaganate peel extract, Grape pulp extract, Green tea waste extract, Rheology analysis, Model food

2021, 174 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Kollajen.....	5
2.2. Jelatin	7
2.2.1. Kollajen-Jelatin Dönüşümü	8
2.2.2. Jelatinin Yapısal Özellikleri	10
2.3. Balık Jelatini	11
2.3.1. Balık Jelatinin Fizikokimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri.....	12
2.3.2. Balık Jelatinin Kullanım Alanları	16
2.3.3. Balık Jelatinin Modifikasyon Çalışmaları	18
2.4. Çipura Balığı.....	24
2.5. Tarımsal Artıklar	25
2.5.1. Üzüm Posası	25
2.5.2. Nar Posası	26
2.5.3. Yeşil Çay Demleme Artığı	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Materyal	29
3.2. Balık Jelatini Ekstraksiyonu	29
3.3. Tarımsal Artıkların Ekstraksiyonu	31
3.4. Tarımsal Artık Analizleri.....	32
3.4.1. Mineral Bileşimi	32
3.4.2. Toplam Fenolik Madde.....	32
3.4.3. Fenolik Bileşen Kompozisyonu.....	32
3.5. Jelatin Solüsyonlarının Hazırlanması	33
3.6. Tarımsal Artık İlaveli Jelatin Jellerinin Reolojik Özellikleri	34

3.6.1. Jelleşme Kinetiği	35
3.6.2. Jel Kuvvetinin Belirlenmesi	36
3.6.3. Jelleşme ve Erime Sıcaklıkları.....	36
3.7. Optimum Reolojik Özelliklere Sahip Balık Jelatinin Ticari Sığır Jelatini ve Kontrol Balık Jelatini ile Karşılaştırılması.....	37
3.7.1. Fizikokimyasal Analizler.....	37
3.7.2. Amino Asit Kompozisyonu	37
3.7.3. Mineral Madde Bileşimi	37
3.7.4. İzoelektrik Nokta	37
3.7.5. Turbidity	38
3.7.6. Su Tutma ve Yağ Bağlama Kapasitesi	38
3.7.7. Köpük Oluşturma ve Stabilitesi.....	38
3.7.8. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) ile Camsılığa Geçiş Sıcaklığı	38
3.7.9. Bloom Derecesi ve Tekstür Profil Analizleri (TPA)	39
3.7.10. Fourier Dönüşümlü Kıızıl Ötesi Spektrometresi (FTIR) ile Konformasyonel Yapının Belirlenmesi	40
3.7.11. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Görüntüleme.....	41
3.8. SG, ÇG ve OG İlaveli Model Gıda Üretimi	41
3.8.1. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerleme (Jelly) Üretimi.....	41
3.8.2. Jelatin İlaveli Dondurma Üretimi	42
3.8.3. Jelatin İlaveli Puding Üretimi	43
3.9. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerleme Analizleri	44
3.9.1. Yumuşak Şekerlerin Fizikokimyasal Analizleri.....	44
3.9.2. Yumuşak Şekerlerin Reolojik Karakterizasyonu.....	44
3.9.3. DSC ile Yumuşak Şekerlerin Erime Testi	45
3.9.4. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerlerde Duyusal Analizi	45
3.10. Jelatin İlaveli Dondurma Analizleri.....	45
3.10.1. Jelatin İlaveli Dondurmaların Fizikokimyasal Analizleri.....	45
3.10.2. Jelatin İlaveli Dondurmalarda Hacim Artışı (Overrun).....	46
3.10.3. Jelatin İlaveli Dondurmaların Yağ Destabilizasyonu	46
3.10.4. Jelatin İlaveli Dondurmaların Erime Stabilitesi	46
3.10.5. Jelatin İlaveli Dondurmaların Reolojik Karakterizasyonu	46
3.10.6. Jelatin İlaveli Dondurmaların Erime Davranışı (DSC)	47
3.10.7. Jelatin İlaveli Dondurmalarda Duyusal Analiz.....	47

3.11. Jelatin İlaveli Puding Analizleri	47
3.11.1. Jelatin İlaveli Pudinglerin Fizikokimyasal Analizleri	47
3.11.2. Jelatin İlaveli Pudinglerin Reolojik Karakterizasyonu	47
3.11.3. Jelatin İlaveli Pudinglerde Serum Ayrılması	48
3.11.4. Jelatin İlaveli Pudinglerin Duyusal Analizi	48
3.12. İstatistiksel Analiz	48
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	49
4.1. Balık Jelatini ve Tarımsal Artık Ekstrakt Verimi	49
4.2. Tarımsal Artık Ekstraktlarına Uygulanan Analizler	49
4.2.1. Tarımsal Artıkların Fenolik Bileşen Kompozisyonu.....	50
4.2.2. GPE, GTE ve PPE'nin Mineral Bileşen Kompozisyonu.....	54
4.3. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Jellerinin Reolojik Özellikleri.....	56
4.3.1. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Örneklerinin Jelleşme Kinetiği	56
4.3.2. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Örneklerinin Jel Kuvvetinin Belirlenmesi.....	63
4.3.3. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Örneklerinin Erime ve Jelleşme Sıcaklıklarının Belirlenmesi.....	66
4.4. Optimum Reolojik Özelliklere Sahip Balık Jelatinin Ticari Sığır Jelatini ve Kontrol Balık Jelatini ile Teknolojik Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması.....	75
4.4.1. SG, ÇG ve OG'nin Fizikokimyasal Özellikleri.....	75
4.4.2. SG, ÇG ve OG'nin Bulanıklık Özellikleri (Turbidity).....	77
4.4.3. SG, ÇG ve OG'nin Su Tutma ve Yağ Bağlama Kapasitesi.....	78
4.4.4. SG, ÇG ve OG'nin Köpük Oluşturma Kapasitesi ve Köpük Stabilitesi	78
4.4.5. SG, ÇG ve OG'nin Bloom Derecesi ve TPA Sonuçları	80
4.4.6. SG, ÇG ve OG'nin Mineral Madde Bileşimi	84
4.4.7. SG, ÇG ve OG'nin Aminoasit Kompozisyonu	86
4.4.8. SG, ÇG ve OG Örneklerinde İzoelektrik Nokta Değerleri.....	90
4.4.9. SG, ÇG ve OG Örneklerinin Camsılağa Geçiş Sıcaklığı	91
4.4.10. SG, ÇG ve OG Örneklerinin FTIR Sonuçları.....	94
4.4.11. SG, ÇG ve OG Örneklerinin SEM Görüntüleri.....	100
4.5. SG, ÇG ve OG İlaveli Model Gıdaların Fizikokimyasal, Reolojik, Teknolojik ve Duyusal Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması	102
4.5.1. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerlerin Fizikokimyasal Özellikleri	102
4.5.2. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerlerin Reolojik Karakterizasyonu.....	105

4.5.3. Jelatin İlaveli Jellylerin DSC ile Erime Testi	109
4.5.4. Jelatin İlaveli Jellylerde Duyusal Analiz Değerlendirmesi	112
4.5.5. Jelatin İlaveli Dondurmaların Fizikokimyasal Özellikleri	113
4.5.6. Jelatin İlaveli Dondurmaların Teknolojik Özellikleri.....	116
4.5.7. Jelatin İlaveli Dondurmaların Reolojik Karakterizasyonu	118
4.5.8. Jelatin İlaveli Dondurmaların Erime Davranışı (DSC)	121
4.5.9. Jelatin İlaveli Dondurmaların Duyusal Özellikleri.....	125
4.5.10. Jelatin İlaveli Pudinglerin Fizikokimyasal ve Teknolojik Özellikleri.....	126
4.5.11. Jelatin İlaveli Pudinglerin Reolojik Karakterizasyonu	129
4.5.12. Jelatin İlaveli Pudinglerde Duyusal Özellikleri	135
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	137
KAYNAKLAR.....	141
EKLER	158
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Jelatin kalite parametreleri	13
Çizelge 2.2. Jelatinin üretim şekline göre özellikleri	13
Çizelge 2.3. Jelatinin gıdalardaki kullanım alanları ve fonksiyonları	17
Çizelge 3.1. Karışım dizaynının, simplex lattice tasarımı kullanılarak oluşturulan deneme modeli	34
Çizelge 4.1. Balık jelatini ve tarımsal artık ekstraktı verimi	49
Çizelge 4.2. GPE, GTE ve PPE'nin fenolik madde, % KM ve % kül içerikleri	50
Çizelge 4.3. GPE, PPE ve GTE'nin fenolik bileşen miktarları ve yakalanma süreleri	51
Çizelge 4.3.(devam) GPE, PPE ve GTE'nin fenolik bileşen miktarları ve yakalanma süreleri	52
Çizelge 4.4. GPE, GTE ve PPE'nin mineral madde bileşenleri	55
Çizelge 4.5. Karışım dizaynı modellerinin jelleşme profiline uyumunda kullanılan logaritmik model parametreleri	58
Çizelge 4.6. Modellerin k_{gel} değeri ANOVA analizi sonucu	60
Çizelge 4.7. Modellerin T_{1941} -model(s) değeri ANOVA analizi sonucu	62
Çizelge 4.8. Modellerin jel kuvveti değeri ANOVA analizi sonucu	65
Çizelge 4.9. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin erime derecesi, jelleşme derecesi ve jel kuvveti parametreleri	68
Çizelge 4.10. Modellerin jelleşme derecesi değeri ANOVA analizi sonucu	69
Çizelge 4.11. Modellerin erime derecesi değeri ANOVA analizi sonucu	70
Çizelge 4.12. Reoloji analizlerine ait karışım dizayn modellerinin deneysel verileri için öngörülen modelleme denklemleri	72
Çizelge 4.13. Reoloji analizlerine ait karışım dizayn modellerinin optimum içerik için öngörülen çözümleri	74
Çizelge 4.14. Optimum jelatin,SG ve ÇG örneklerinin fizikokimyasal özellikleri	75
Çizelge 4.15. Jelatin örneklerinin turbidity köpük oluşturma ve stabilitesi su tutma ve yağ bağlama özellikleri	77
Çizelge 4.16. OG, SG ve ÇG örneklerinin bloom derecesi ve tekstürel özellikleri	81
Çizelge 4.17. SG, ÇG ve OG örneklerinin bloom ve TPA değerleri arasındaki pearson korelasyon analizi	82
Çizelge 4.18. SG, ÇG ve OG örneklerinin mineral madde bileşimi	85
Çizelge 4.19. SG, ÇG ve OG örneklerinin amino asit içerikleri (kalıntı/1000 kalıntı) ve LC/MSMS' de yakalanma süreleri	87
Çizelge 4.20. SG, ÇG ve OG örneklerinin FTIR spektrumlarında tanımlanan piklerin bölgeleri ve olası kimyasal işaretleri	96

Çizelge 4.21. Örneklerin FTIR spektrumlarındaki dalga sayılarına karşılık gelen pik alanları	97
Çizelge 4.22. SG, ÇG ve OG örneklerinin FTIR spektrumlarında dalga sayılarına karşılık gelen absorban değerleri	98
Çizelge 4.23. SG, ÇG ve OG ilaveli yumuşak şekerlerde fizikokimyasal analiz sonuçları ...	102
Çizelge 4.24. SG, ÇG ve OG ilaveli yumuşak şekerlerin renk parametreleri	104
Çizelge 4.25. Jelatin ilavesinin jellylerin birikim ve kayıp modüllerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri üzerine etkisi	108
Çizelge 4.26 Jelatin ilaveli jellylerin camsılığa geçiş sıcaklığı(T_g) ve erime bölgesindeki kalorimetrik ölçümleri	111
Çizelge 4.27. Jelatin ilaveli jellylerin duyuşal özellikleri	113
Çizelge 4.28. Dondurma örneklerinin fizikokimyasal özellikleri	114
Çizelge 4.29. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin teknolojik özellikleri.....	117
Çizelge 4.30. Dondurma örneklerinin akış davranışları	120
Çizelge 4.31. Jelatin ilaveli dondurma örneklerinin DSC ile belirlenen kristal-erime ile ilişkili termal davranışları	123
Çizelge 4.32. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin duyuşal özellikleri	126
Çizelge 4.33. Jelatin ilaveli pudinglerde fizikokimyasal analiz sonuçları	127
Çizelge 4.34. Jelatin ilaveli pudinglerin renk analiz sonuçları.....	128
Çizelge 4.35. Jelatin ilaveli pudinglerin akış özelliklerinin Ostwald de Waele (Power-Law) modeli ile belirlenmesi	131
Çizelge 4.36. Jelatin ilaveli pudinglerin G' ve G'' parametrelerine bağı mekanik özelliklerinin Ostwald de Waele (Power-Law) modeli ile belirlenmesi.....	133
Çizelge 4.37. SG, ÇG ve OG ilaveli pudinglerin duyuşal özellikleri.....	136
Ek-1. Jelly duyuşal analiz test formu	158
Ek-2. Dondurma örnekleri için duyuşal analiz test formu.....	159
Ek-3. Puding örneklerine uygulanan duyuşal analiz test formu.....	160
Ek-4. Üzüm posası ekstraktının kalıntı/1000kalıntı cinsinden amino asit içeriğı	161

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kollajen lifi, iplikleri üçlü sarmal yapı ve amino asit zinciri.....	6
Şekil 2.2. Kollajenin jelatine dönüşümü.....	9
Şekil 2.3. Jelatinin kimyasal yapısı	11
Şekil 3.1. Jelatin üretim akım şeması	30
Şekil 3.2. Tarımsal artık ekstraksiyonu	31
Şekil 3.3. Modelleme karışım jelatin solüsyonları	33
Şekil 3.4. Reometre	35
Şekil 3.5. Diferansiyel taramalı kalorimetrisi (DSC) cihazı.....	39
Şekil 3.6. Tekstür cihazı ve analiz için hazırlanan numuneler	40
Şekil 3.7. Yumuşak şekerleme üretim akım şeması	41
Şekil 3.8. Dondurma üretim akım şeması	42
Şekil 3.9. Puding üretim akım şeması	43
Şekil 4.1. Üzüm posası fenolik bileşenlerinin LC-MSMS kromotogramı.	53
Şekil 4.2. Yeşil çay demleme artığının fenolik bileşenlerinin LC-MSMS kromotogramı.....	53
Şekil 4.3. Nar kabuğu artığının fenolik bileşenlerinin LC-MSMS kromotogramı.....	54
Şekil 4.4. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülü (G') ve B: Kayıp modüllerinin (G'') zamana (s) bağlı değişim grafikleri.....	57
Şekil 4.5. GPE, PPE ve GTE ilavesinin k_{gel} değeri üzerine etkisi.....	60
Şekil 4.6. GPE, PPE ve GTE ilavesinin T_{1941} -model değeri üzerine etkisi.....	62
Şekil 4.7. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülünün (G') B: Kayıp modülünün (G'') açısız hıza (Hz) bağlı değişim grafiği.....	64
Şekil 4.8. GPE, PPE ve GTE ilavesinin jel kuvveti üzerine etkisi.....	66
Şekil 4.9. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülü (G') ve B: Kayıp modülünün (G'') kademeli olarak azalan sıcaklığa (°C) bağlı değişimi, jelleşme derecesinin belirlenmesi	67
Şekil 4.10. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülünün (G') B: Kayıp modülünün (G'') kademeli olarak artan sıcaklığa (°C) bağlı değişimi, erime derecesinin belirlenmesi	67
Şekil 4.11. Tarımsal artık ilavesinin jelleşme derecesi üzerine etkisi	69
Şekil 4.12. GPE, PPE ve GTE ilavesinin erime derecesi üzerine etkisi.....	71
Şekil 4.13. Optimum modelin k_{gel} , jelleşme derecesi, erime derecesi ve jel kuvveti parametreleri için kabuledilebilirlik değerleri	73
Şekil 4.14. Çözüm 2 için kabuledilebilirlik değerleri.....	73

Şekil 4.15. Optimum modelin kabuledilebilirlik değeri yüzey grafiği.....	74
Şekil 4.16. SG, ÇG ve OG örneklerine ait serbest amino asit kromotogramı	89
Şekil 4.17. Balık, Sığır ve Optimum jelatinin izoelektrik titrasyon grafikleri	90
Şekil 4.18. Balık, sığır ve optimum jelatine ait DSC termogramları.....	92
Şekil 4.19. SG, ÇG ve OG örneklerinin FTIR spektrumları	95
Şekil 4.20. Örneklerin FTIR spektrumlarına karşılık gelen pik alanları	99
Şekil 4.21. Liyofilize SG örneğinin SEM görüntülemesi.....	101
Şekil 4.22. Liyofilize ÇG örneğinin SEM görüntülemesi	101
Şekil 4.23. Liyofilize OG örneğinin SEM görüntülemesi	101
Şekil 4.24. Jelatin ilaveli jellylerin birikim ve kayıp modüllerinin frekans taraması.....	106
Şekil 4.25. Jellylerin kompleks viskozitelerinin (η^*) açısal hıza (ω) bağlı değişimi.....	107
Şekil 4.26. SG, OG ve ÇG ilaveli jellylerin diferansiyel tarama kalorimetri (DSC) spektrumlar.....	110
Şekil 4.27. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma	115
Şekil 4.28. Dondurma örneklerinin görünür viskozite (η) ve akış reogramları.....	120
Şekil 4.29. Dondurma örneklerinin diferansiyel taramalı kalorimetredeki (DSC) buz oluşumu ve erime davranışları	122
Şekil 4.30. SG, ÇG ve OG ilaveli puding örnekleri	129
Şekil 4.31. Puding örneklerinin 0,1-100 s ⁻¹ kayma hızı aralığındaki kayma gerilimi ve viskozite reogramı	130
Şekil 4.32. Jelatin ilaveli pudinglerin mekanik reogramları.....	132
Şekil 4.33. Jelatin ilaveli pudinglerin kompleks viskozite (η^*)reogramları	134

SİMGELER VE KISALTMALAR

α : Alfa

β : Beta

γ : Gama

$^{\circ}\text{C}$: Derece santigrat

g: Gram

G': Elastikiyet modülü

G'': Vizkozite modülü

nm: nanometre

J: Joule

Da: Dalton

η : Görünür viskozite

L: Litre

v: Hacim

w: Ağırlık

ml: Mililitre

Pa: Pascal

rad: Radyal

rpm: Dakikadaki devir sayısı

s: Saniye

σ : Kayma gerilimi

T: Sıcaklık

ω : Açısal frekans

ζ : Zeta

$\tan\delta$: Tan Delta

cP: Santipoise

kGy: Kilogray

M: Molar

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim hayatım boyunca beni akademinin her alanında yetiştiren evrensel bilim kuralları ışığında araştırmacı yönümün gelişmesine büyük katkı sunan ve desteğini her alanda hissettiren kıymetli danışman hocam Sayın Prof.Dr.Tuncay GÜMÜŞ'e,

Tezimin her aşamasında bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. İsmail YILMAZ ve Doç. Dr. Hasan Murat VELİOĞLU'na,

Lisansüstü eğitim hayatım boyunca desteğini her alanda hissettiğim, varlığından güç aldığım, kıymetli ekip arkadaşım, dostum ve can yoldaşım Arş. Gör. Dr. Deniz Damla ALTAN KAMER'e,

Reoloji ve termal analiz çalışmalarını yürütmemde bana destek olan ve her türlü laboratuvar imkanlarını sunan Trakya Üniversitesi TÜTAGEM Müdürü Prof. Dr. Şaban AKTAŞ ve Müdür Yardımcısı Dr.Öğr. Üyesi Ufuk BAĞCI' ya ve desteğini esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Sinem LEVENTER, Öğr. Gör Dr. Saffet ÇELİK ve Kimyager Tuğba TUNCELİ'ye,

Beni büyüten, doğaya, çevreye ve insana duyarlı ve faydalı bir birey olarak yetiştiren ve kendi ayakları üstünde duran güçlü bir kadın olmamda beni teşvik eden ve destekleyen annem Semra BAKANOGULLARI ve babam Dr. Fatih BAKANOGULLARI'na ve dünyanın en güzel hislerinden biri olan kız kardeşe sahip olma duygusunu bana yaşatan Zeynep BAKANOGULLARI'na ve ailemizin yeni üyesi Maya'ya,

Hayata bakış açımı değiştiren, varlığı ile bana güç veren ve hayatın her alanında beni destekleyen ve bana inanan kıymetli hayat arkadaşım, eşim Burak KAYNARCA'ya

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2021

Gülce Bedis KAYNARCA

Yüksek Gıda Mühendisi

1. GİRİŞ

Gıda endüstrisinde jelatin; şekerlemelerde çiğneme, doku ve köpük stabilizasyonu sağlama, yumuşak şekerleme ürünlerinde sürülebilir kremli yapı ile ağız tadını geliştirme, süt ürünlerinde stabilizasyon ve tekstür sağlama, fırınlanmış ürünlerde emülsifikasyon, jelleşme ve stabilizasyon ile et ürünlerinde su bağlamayı geliştirme amacıyla kullanılan bir hidrokolloiddir (Karim ve Bhat, 2009). İlaç endüstrisinde ise sert ve yumuşak yenilebilir kapsüllerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Jelatin, kemik, kıkırdak ve derideki temel fibröz protein bileşeni olan kollajenin kısmi hidroliziyle üretilmektedir (Kuan, Nafchi, Huda, Ariffin, ve Karim, 2016). Yenilebilir jelatin, protein bazlı bir gıda bileşeni olduğundan hem Avrupa Birliği hem de Türk Gıda Kodeksinde katkı maddesi olarak kabul edilmemektedir. Doğal ve sağlıklı bir ürün olduğu için gıda katkı maddelerine verilen E kodu, jelatine verilmemiştir (EC, 2008; Anonim, 2013). Jelatin, katma değeri yüksek herhangi bir bağımlılık yapmayan ve toksik olmayan bu bakımdan da gıda formülasyonlarında en fazla tercih edilen maddelerdendir. Jelatinin yaklaşık %90 oranında yurt dışından ithal edilmesi ülkemizde jelatin üretiminin önemini artırmaktadır (Yetim, 2011; Aykın ve Erbaş, 2016). Jelatin üretimi 2009 yılında küresel olarak 326.000 ton iken, günümüzde bu oran 400.000 ton civarındadır. Üretilen jelatinin %46 gibi büyük bir oranı domuz derisinden, %29,4'ü büyükbaş derilerinden, %23,1'i kemiklerden ve %1,5'i diğer kaynaklardan elde edilmektedir (GME, 2008). 2016 yılında Grand View Research, Inc. tarafından yapılan bir araştırmaya göre, jelatin için küresel pazarın 2024 yılına kadar 4 milyar ABD doları seviyesine ulaşması beklenirken, 2024 yılında küresel jelatin pazar hacminin yaklaşık 650.000 ton olacağı, 2016'dan 2024'e kadar yıllık %5,3' lük bir büyüme göstereceğini ileri sürmüşlerdir (Grand View Research, 2016). Ülkemizde ise yılda 5.000 ton civarında jelatin kullanılmaktadır (Yetim, 2011). Türkiye'de jelatin üretimi; Sel Sanayi Ürünleri Ticaret ve Pazarlama A.Ş., Bursa Jelatin Gıda San. ve Tic. A.Ş., Halavet Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve BB Tarım Gıda Mühendislik Ar-Ge Sanayi ve Ticaret Ltd.Şti. olmak üzere dört firma tarafından gerçekleştirilmektedir. TOBB Veri Tabanı verilerine göre bu firmaların toplam üretim kapasitesi 9.861.600 kg'dır. Bu firmalar gıda jelatin üretiminde hammadde olarak sığır derisi kullanılmaktadırlar (Anonim, 2021). 2013 yılında jelatin ihracatı yaptığımız ülkelerin başında İsviçre ve Almanya gelirken ithalat yaptığımız ülkelerin başında ise Brezilya ve Arjantin yer almaktadır (Aykın ve Erbaş, 2016). Endüstriyel açıdan üstün

özellikleri ve geniş kullanım alanına sahip olmaları sebebiyle jelatinin dünyada ve ülkemizde tüketiminin artarak devam edeceği öngörülmektedir (Yetim, 2011).

Jelatin çoğunlukla sığır derisi, sığır kemikleri ve domuz derisi gibi memeli hayvan yan ürünlerinin yanında, tavuk gibi kanatlılar ve balık artıklarından da üretilmektedir (GME, 2008). Son zamanlarda memeli hayvanların üretim artıklarından elde edilen jelatinin kullanımı, Deli Dana Hastalığı (BSE; Bovine Spongiform Encephalopathy) ve Şap Hastalığı (FMD; Food and Mouth Disease) gibi hastalık riskleri taşımasından ötürü endişeye sebebiyet vermektedir. Domuzdan elde edilen kollajen ve jelatin, Helal Gıda (Müslüman inancına göre; yenilmesi ve kullanılmasında dinen bir sakınca bulunmayan helal ürünlerdir) ve Kosher kurallarına (Yahudiliğe göre; yenilmesi ve kullanılmasında dinen bir sakınca bulunmayan ürünlerdir) uymamaktadır. Müslümanlar için helal ve Yahudiler tarafından kosher kesim yapılmamış hayvanlardan elde edilen jelatin de bu dinlere inanan insanlar tarafından kabul görmemektedir. Benzer şekilde Hinduizm de sığırlardan elde edilecek jelatinin tüketimini sınırlandırmıştır (Zhou ve Regenstein, 2007).

BSE ve FMD gibi sağlık faktörleri ve dini kaygıların yanı sıra, özellikle artık olarak ortaya çıkan maddelerin değerlendirilmesi konusu da dikkate alındığında memeli kaynaklı jelatine alternatif geliştirmek için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Dünya nüfusunun %45'ine tekabül eden Müslümanlar ve Yahudiler domuz jelatinini, Hindular ise sığır jelatinini tüketmemektedir (Feng, Bansal ve Yang, 2016). Bu durumda balık jelatini, memeli jelatinine en iyi alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca artık ve kirliliğe sebep olan balık üretimi sonrası ortaya çıkan temel yan ürünler, jelatin kaynağı olarak değerlendirilmiş olacaktır (Badii ve Howell, 2006). Buna rağmen balık jelatini üretimi halen başlangıç seviyesinde olup dünya yıllık jelatin üretiminin yaklaşık % 1'ini oluşturmaktadır (Arnesen ve Gildberg, 2006). Bunun nedeni balık jelatinin erime noktasının düşük olması ve Bloom değerinin sığır jelatini kadar yüksek olmaması ve jel kuvvetinin zayıflığı ile açıklanabilir (Voigt ve Botta, 1990; Leuenberger, 1991).

Balık jelatini üzerine yapılan çalışmaların genellikle domuz jelatini ile balık jelatinin karşılaştırması üzerine olduğu görülmektedir. Balık jelatini genellikle balık derilerinden ve kemiklerinden elde edilmektedir. Fileto çıkarma işleminden sonra elde edilen artık toplam yakalanan balık ağırlığının %75'ini oluşturur. Bu tür artıkların yaklaşık %30'u, balık jelatini üretmek için kullanılabilir yüksek kollajen içeriğine sahip deri ve kemiklerden oluşmaktadır (Marion ve Adam, 2013).

Balık jelatinindeki zayıf jel kuvvetini yükseltmek amacıyla modifikasyon çalışmaları yapılmaktadır. Bu amaçla; yüksek jel kuvvetine sahip jelatinler ile balık jelatinin karıştırılması, jelatinin karbonhidratlar, proteinler ve farklı tuzlar ile muamelesi, transglutaminaz ilavesi, fenolik bileşik ilavesi, çapraz bağlama ajanlarının kullanılması, yüksek basınç, radyasyon ve UV ışınımı gibi birçok yöntem denenmiştir (Gilsenan ve Ross, 2000; Chiou vd., 2006; Pranoto ve Park, 2007; Lin, Regenstein, Lv, Lu ve Jiang, 2017).

Bitki kaynaklı fenolik asit ve flavonoidlerin (Kafeik, klorojenik, ferulik asit ve rutin gibi), jelatin yan zincirleri ile oksitleyici koşullar altında reaksiyona girebildiği ve daha küçük ağ boyutunda daha sıkı zincirler oluşturan kovalent çapraz bağlar oluşturabildiği tespit edilmiştir. Bu durum jelatinin daha yüksek sıcaklıklarda daha uzun süre stabil kalabildiğini göstermiştir (Strauss ve Gibson, 2004). Bu sebeplerden dolayı, çalışmamızda toplam fenolik madde içeriği yüksek 3 önemli endüstriyel artık olan üzüm posası (fermantasyon artığı), nar kabuğu ve yeşil çay demleme artığı ekstraktlarının balık jelatinin yapısını kuvvetlendirmede kullanılması öngörülmüştür.

Balık işleme artıklarının toplam balık ağırlığının yaklaşık %70-85'i kadar olduğu tahmin edilmektedir (Shahidi, 1994). Balıktan üretilen jelatinin özelliklerinin balığın soğuk su veya sıcak su balığı olmasının yanında balığın çeşidine göre de değiştiği bilindiği için jelatin üretiminde özel bir balık tipini yeterli miktarda ve devamlı olarak düzenli temin etmek çok zordur. Bu nedenle çalışmamızda düzenli olarak üretimi yapılan çipura balığı derisi seçilmiştir. Çipura balığı derisinin jelatin üretiminde kullanılması hedeflendiğinden standart özellikte jelatin üretimi gerçekleştirilmiştir. Ilık su balık jelatinleri (büyükgöz-ton balığı ve tilapia gibi) soğuk su balıklarından elde edilen jelatinleri göre (morina balığı, mezigit ve halibut gibi) daha yüksek imino asit içeriğine sahip olduklarından (Eastoe ve Leach, 1977) erime noktası ve jel mukavemetleri daha yüksek olmaktadır (Boran ve Regenstein, 2010). Çipura balığı da ılıman okyanuslarda ve Akdeniz'de yaşayan bir balık olduğundan, üretilecek olan jelatinin soğuk su balıklarına göre kuvvetli bir jel özelliği göstermesi beklenmektedir.

Artık olarak çıkan gıda, insani bir sorun olmanın dışında ciddi ekonomik ve çevresel bir sorundur (Ghosh, Fawcett, Sharma, ve Poinern, 2016). Beşikten Beşiğe ve döngüsel ekonomi gibi endüstriyel ekoloji kavramlarının, eko-inovasyon prensiplerine, artıkların yeni ürünler ve uygulamalar için hammadde olarak kullanıldığı bir ekonomiye ve "sıfır artık" toplumuna öncülük yaptığı düşünülmektedir (Mirabella, Castellani, ve Sala, 2014). Küresel bir sorun haline gelen gıda artıklarının etkin bir şekilde kullanımı ve değerlendirilmesi

sürdürülebilir kalkınmanın devamı için hem ülkemiz hem de tüm dünya adına önem arz eden konular arasında yer almaktadır (Kılınç Şahin ve Bekar, 2018). Ayrıca Avrupa Birliği UFUK 2020 kapsamında “Yeşil Mutabakat” adını verdiği ve 2050 yılına kadar çevre kirletici unsurların azaltılmasını hedef alan bir strateji belirlemiştir. Bu strateji kapsamında “Tarımsal Üretimde ve Gıda Sektöründe Artık ve Artıkların Geri Dönüşümünün Sağlanmasına ve Tekrar Değerlendirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar” önem kazanmıştır. Balık jelatininin alternatif olarak kullanılma imkanının ortaya çıkarılması Yeşil Mutabakat kapsamında artıkların değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışma ile yurt içinde yeterli miktarda üretilmeyen ve ithal edilen jelatinin artık ve kirliliğe sebep olan ve balık işleme endüstrisinin temel yan ürünü olan balık derisi kullanılarak üretilmesiyle ülke ekonomisine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Aynı zamanda bitkisel artıkların fenolik maddece zengin ekstraktları kullanılarak fonksiyonel ve teknolojik özellikleri iyileştirilmiş jelatinlerin gıda sanayi tarafından tercih edilebilme olanaklarının artırılması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hidrokolloid terimi, günümüzde yaygın olarak kullanılan solüsyonları jelleştirme ve kalınlaştırma, köpük, emülsiyon ve dispersiyonların stabilizasyonu, buz ve şeker kristal oluşumunun engellenmesi ve aromaların salınımının kontrolü gibi bir dizi işlevi gerçekleştirmek için çeşitli endüstriyel sektörlerde kullanılan pek çok polisakkarit ve proteini ifade etmektedir. Genellikle yapıda %1'den daha az konsantrasyonlarda bulunmalarına rağmen, gıda ürünlerinin dokusal ve organoleptik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler. Bugün dünyada hidrokolloid pazarı yılda 4,4 milyar dolar civarında iken, toplam hacim ise yaklaşık 260.000 tondur. Hidrokolloid pazarının en büyük kısmını %70 ile nişasta oluştururken onu %12 ile jelatin takip etmektedir. Hidrokolloid üretim hacminin büyük kısmını ise %46,3'lük bir oran ile jelatin oluşturmaktadır (Phillips ve William, 2009).

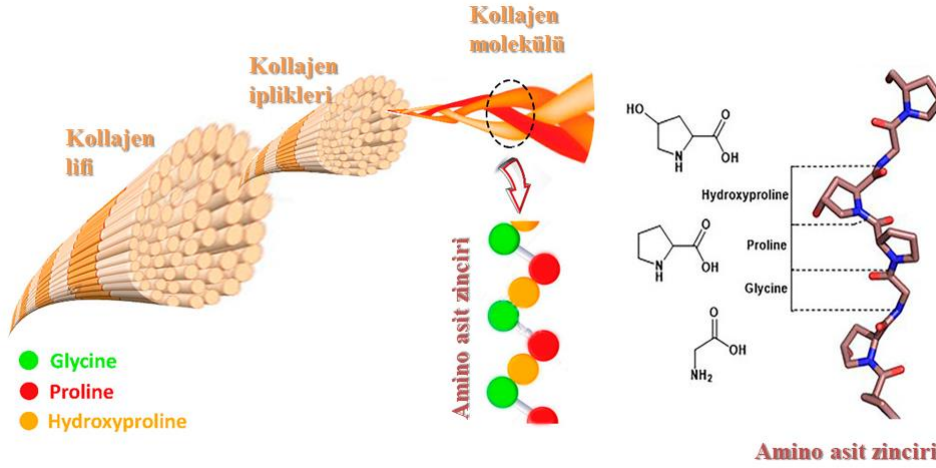
Hidrokolloidlerin temel ayrımı ısı dönüşümleri baz alınarak yapılmaktadır. Buna göre agar, jelatin, kappa karagenan, gellan gum, metoksil pektin, metil selüloz, hidroksipropil metil selüloz, ksantan gum ve keçiyoynuzu gamı ısıl tersinir hidrokolloid sınıfına girmektedir. Jelatin, tekstürel özellik bakımından ksantan gum, gellan gum ve kappa karagenan gibi yumuşak ve elastik özellik göstermektedir (Phillips ve William, 2009).

Hidrokolloidlerin geliştirilen yeni teknolojilerin kullanımına uyum göstermeleri ve kaliteyi iyileştirici özellikleri bu maddelerin gıda sanayinde yaygın kullanımına neden olmaktadır. Jelatin, doğada var olmayan protein fraksiyon sınıfı için kullanılan bir terimdir ve birçok dokuda bulunmasına rağmen, ağırlıklı olarak hayvanların bağ dokularında bulunan yapısal bir protein olan kollajenden türetilmektedir (Boran ve Regenstein, 2010).

2.1. Kollajen

Kollajen, çeşitli bağ dokularının (yani deri, kemikler, bağlar, tendonlar ve kıkırdak) hücre dışı matrisinde en fazla bulunan yapısal bir proteindir ve vücudun toplam protein içeriğinin yaklaşık %25-35'ini oluşturmaktadır. Organizmalar tarafından üretilen kollajen, üçlü uzun sarmal şekilli amino asit zincirinden oluşan bir endojen olarak tanımlanır. Tekrarlanan (Gly-X-Y)_n dizileri aracılığıyla oluşturulan polipeptid zincirleri kollajenleri meydana getirmektedir. Burada X ve Y herhangi bir amino asit olabileceği gibi genellikle prolin ve 4-hidroksiprolin amino asitlerinden meydana gelmektedir. Kollajenin kimyasal yapısı Şekil 2.1' de verilmiştir. Atar damar, kıkırdak, deri, demineralize kemik, akciğer,

karaciğer ve tendon gibi bazı dokulardaki kollajen miktarları sırasıyla %10-25, %50-70, %50-70, %80-90, %10, %4 ve %80-90 şeklindedir (Jafari vd., 2020).



Şekil 2.1. Kollajen lifi, iplikleri üçlü sarmal yapısı ve amino asit zinciri (Jafari vd., 2020)

Vücuttaki kollajenin %80-90'ını tip I, II ve III oluşturmaktadır. Vücutta en fazla bulunan kollajen türü olan tip I ise kemik, deri, tendonlar ve organlarda bulunmaktadır (Meyer, 2019). Balık derisi tipik olarak balığın türüne, yaşına ve mevsime bağlı olarak yüksek saflıkta (yaklaşık %70) tip I kollajen içerir. Tek bir kollajen molekülü yaklaşık 300 nm uzunluğunda ve 1,5-2 nm çapındadır ve çoklu kollajen molekülleri, fibriller gibi daha büyük kollajen kümelerini oluşturmaktadır. Kollajen, üç farklı α -zincirinden oluştuğu için 'tropokollajen' adı verilen üçlü sarmal alan yapısı ile karakterize edilmektedir ve bu tropokollajenler üç paralel polipeptid iplikçiğinden meydana gelmektedir (Paul ve Bailey, 2003).

Balık derisinden, kemiklerinden ve yüzgeçlerinden elde edilen kollajen, memeli kollajenine (39-40°C) göre daha düşük bir denatürasyon sıcaklığına (çoğu balık türü için 25-30°C) ve değişken bileşiminden ötürü daha sınırlı bir kullanım alanına sahiptir. Deniz ürünlerinin kollajen yapılarında prolin ve hidroksprolin amino asitlerinin düşük seviyede oluşu, düşük sıcaklıklarda denatürasyona neden olmaktadır (Jafari vd., 2020).

Hem omurgalı hem de omurgasız deniz canlılarının kemik, deri, kıkırdak ve pullarından elde edilen kollajenin memeli kollajenine kıyasla biyoyararlılığı ve vücuda emilim kapasitesi yaklaşık 1,5 kat daha fazladır. Ayrıca düşük moleküler ağırlıkları ve küçük partikül boyutları sayesinde kan dolaşımına daha hızlı bir şekilde katılmaktadırlar (Aleman ve Martinez-Alvarez, 2013).

2.2. Jelatin

Jelatin, kollajen proteininin hidrolitik bozunmasından meydana gelen doğal bir polimerdir ve kendine özgü amino asit yapısına sahiptir (Alipal vd., 2021). En yaygın kullanılan biyopolimerlerden biri olan jelatin; gıdalara, ilaçlara, kozmetiklere, fotoğraf filmlerine, boyalar ve gübreler dahil diğer ürünlere jelleştirici ajan, köpük stabilizatörü ve yapı geliştirici olarak eklenebilmektedir (Boran ve Regenstein, 2010). Jelatin soğukta sertleşen, ısıyla tersinir ve sıcaklığa bağlı olarak jelden çözeltilmeye geçiş özellikleri sayesinde diğer jelleştirici ajanlara (karagenan, aljinat ve pektin gibi) göre daha avantajlıdır (Lin vd., 2017). Jelatin yüksek protein içeriğinin yanı sıra yağ ve kolesterol içermediğinden düşük enerjili bir bileşen olup yararlı koruyucu kolloidler oluşturmaktadır (GMIA, 2012). Jelatinin güçlü emülsifiye edici özelliği sayesinde süt, soya sütü ve diğer proteinlerin mideye girdikten sonra mide asidine toplanmasını sınırlayarak gıda sindirimine katkı sunduğu ileri sürülmüştür (Pang, Deeth, Sopade, Sharma, ve Bansal, 2014).

2020 yılında 3,2 milyar dolar olan jelatin pazar büyüklüğünün 2027 yılı sonunda 6,7 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Dünyadaki jelatin üretimi son on yılda yaklaşık 200.000 ton artmıştır (Gelatin Market Size, Analysis | Industry Trends Report, 2020). 2016 yılında Grand View Research, Inc. tarafından yapılan bir araştırmaya göre, 2024 yılında küresel jelatin pazar hacminin yaklaşık 650.000 ton olacağı, 2016'dan 2024'e kadar yıllık % 5,3' lük bir büyüme göstereceğini ileri sürmüşlerdir (Grand View Research, 2016). Ülkemizde ise yılda 5.000 ton civarında jelatin kullanılmaktadır (Yetim, 2011). Fonksiyonel yiyecek ve içecek ürünleri ve farmasötik uygulamalar birleştiğinde 7 yıl içinde 868,9 kiloton jelatin pazarının oluşacağı tahmin edilmektedir. Dünyadaki jelatin üreticilerinin %78'i Avrupa ve Amerika'da %22'si ise Çin, Hindistan, Rusya ve Pakistan'da bulunmaktadır (Alipal vd., 2021). Amerika Jelatin Üreticileri Enstitüsü (GMIA) (2019) verilerine göre, jelatinin %63'ü gıda, %31'i tıbbi sektörde ve %6'sı teknik veya diğer alanlarda kullanılmaktadır.

İnsan vücut sıcaklığının altında eriyebilmesi, gıda ürünlerinin duyuşal özellikleri açısından arzu edilen jelatinin ağza alındığında eriyip aroma vermesi nedeniyle gıda endüstrisinde kullanımını oldukça avantajlı kılmaktadır. Jelatinin bir diğer önemli özelliği ise jel gücünün, bitkisel kaynaklardan elde edilen genellikle karbohidratlardan oluşan yaygın jelleştirici maddelerin çoğundan nispeten daha yüksek olmasıdır. Jelatin jellerinin erime ve jelleşme sıcaklıkları arasındaki fark, diğer jelleştirici ajanlarınkinden daha küçüktür. Bu

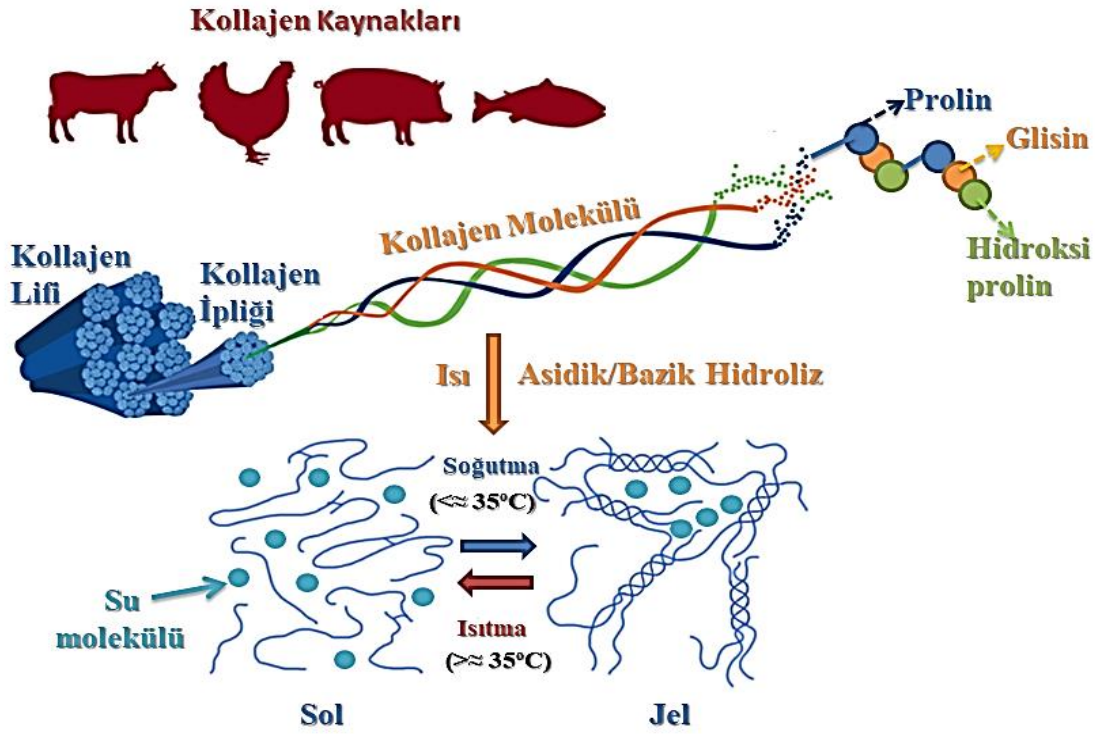
durum da bazı özel gıdalar (jelly, jöle, puding ve kremalar gibi) için arzu edilen bir durumdur (Boran ve Regenstein, 2010).

Kollajen hem kısmi asit veya alkali hidrolizi hem de termal veya enzimatik bozulma yoluyla polipeptid omurgasının değişen derecelerde hidrolizi ile ikincil ve daha yüksek yapılara indirgenmektedir. Üretim proseslerine göre jelatinler ikiye ayrılmaktadır. Asit ekstraksiyonu ile elde edilen jelatin türü A tipi, alkali ile ekstrakte edilen jelatin ise B tipi olarak bilinmektedir (Ahmad, 2017).

2.2.1. Kollajen-Jelatin Dönüşümü

Jelatin üretim prosesinin temel amacı, öncelikle jelatin ekstraksiyonuna engel olacak istenmeyen maddelerin uzaklaştırılması, ardından da suda çözünmeyen kollajenin maksimum verim ve üstün fonksiyonel özelliklere sahip suda çözünen jelatine dönüştürülmesidir. Genellikle jelatin üretiminde üç tip proses adımı izlenmektedir. Bunlar; ilk olarak kollajeni ekstraksiyona hazırlamak için safsızlıklarının giderilmesi, ardından da kollajeni jelatine dönüştürmek için bir veya daha fazla sulu ekstraksiyon uygulaması ve son olarak, yüksek saflıkta jelatin eldesi için bir dizi arıtma ve geri kazanma işleminin yapılmasıdır (Boran ve Regenstein, 2010). Kollajenin jelatine dönüşüm mekanizması Şekil 2.2' de verilmiştir.

İlk adımda ham materyal belirgin safsızlıkları ortadan kaldırmak için su ile yıkanmaktadır. Ardından diğer safsızlıkları uzaklaştırmak için kovalent ve hidrojen bağları dahil olmak üzere çapraz bağları kırarak kollajen yapısını zayıflatmak için alkali ve/veya asit ile muamele edilmektedir. Ürünü mineraller ve bakterilerden arındırmak için kullanılan yaygın asitler ve alkali maddelerin dışında kostik kireç veya sodyum karbonatta kullanılmaktadır (Alipal vd., 2021). Hidroliz işleminin verimliliğini arttırmak için çığ materyalin boyutu küçültülmektedir. İkinci adım olarak sulu ekstraksiyon, uygun bir süre boyunca nispeten ılık sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Son adımda ise, ekstrakte edilen jelatin, süzme, buharlaştırma ve deiyonizasyon dahil olmak üzere çeşitli ayırma yöntemlerine tabi tutulduktan sonra kurutulmakta ve öğütüldükten sonra muhafaza edilmektedir. Nihai çözücü olarak bir asit çözeltisi kullanılırsa A tipi jelatin (asit işlemi), alkali çözelti kullanılırsa B tipi jelatin (alkali prosesi) elde edilmektedir (Boran ve Regenstein, 2010).



Şekil 2.2. Kollajenin jelatine dönüşümü

A tipi jelatin üretiminde soğuk, seyreltik mineral asit (pH 1,5-3,0) kullanılmakta ve bu işlem hammadde kalınlığı ve/veya boyutuna göre 8-30 saat sürmektedir. Bu süre zarfında hammadde orijinal hacminin iki veya üç katına kadar şişmekte ve bu işlemden sonra, fazla asidi uzaklaştırmak için akan suda yıkama işlemi yapılmaktadır (Phillips ve William, 2009).

B tipi jelatin eldesinde ise genellikle alkali ajanlar kullanılmakta, kürlenme suyu olarak da doymuş kireç suyu ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, pH 12,0) tercih edilmektedir. Sıcaklık 24°C ' nin altında tutulmakta ve mekanik araçlar kullanılarak karıştırılmaktadır. İşlem, hammaddenin kalınlığına ve türüne bağlı olarak bir ila altı ay (genellikle iki ila üç ay) sürebilmektedir. Ardından fazla kireci uzaklaştırmak için suyla ve akabinde seyreltik asit (HCl) ile yıkanır. Son olarak tamamı nötr olana kadar suyla yıkamaya devam edilir (Phillips ve William, 2009).

Asit ve alkali ile muamele edilen proseslerde ekstraksiyon yöntemi benzerlik göstermektedir. Temel ekstraksiyon basamağı, çoğunlukla 40°C ' nin üzerindeki sıcaklıklarda kontrollü bir şekilde yapılır ve bu basamak jelatin üretiminin en önemli adımını oluşturmaktadır. Endüstride, bu adım genellikle $50-60^\circ\text{C} \pm 5-10^\circ\text{C}$ arasında gerçekleştirilmektedir (Phillips ve William, 2009).

Asit veya alkali ekstraksiyon aşamalarında uygulanan ısıl işlemler, molekül içi ve moleküller arası H ve kovalent bağlarını zayıflatmakta veya yıkımına sebebiyet vererek kollajenin üçlü sarmal yapısını bozmaktadır. Bu bozunma ile farklı kompozisyonlarda ve moleküler ağırlıklarında farklı α , β ve γ polipeptid zincirleri meydana gelmektedir. β polipeptid zincirleri, iki α zincirinin birbirine kovalent bağla bağlanmasıyla; γ polipeptid zincirleri ise üç α zincirinin birbirine bağlanmasıyla oluşan yapılardır. Ortaya çıkan bu farklı polipeptid zincirlerinin aminoasit kompozisyonları da farklılık göstermektedir (Yetim, 2011).

A tipi jelatinin izoelektrik noktasının, B tipi jelatinden ü daha yüksek olması, zayıf asit uygulaması ile glutamin ve asparajinin, amid nitrojenini ortadan kaldırmadığı için elde edilen jelatinin izoelektrik noktası yüksek ($\approx 9,5$) olmaktadır. Kuvvetli asit uygulanırsa, bazı amid grupları hidrolize olacağından izoelektrik nokta, orijinal kollajen molekülününkine benzer yani 6-8 arasında olmaktadır. B tipi jelatinin izoelektrik noktası ise, alkali işlemin amid gruplarının kaybına sebep olmasından ötürü 4,8' e kadar düşebilmektedir (Boran ve Regenstein, 2010).

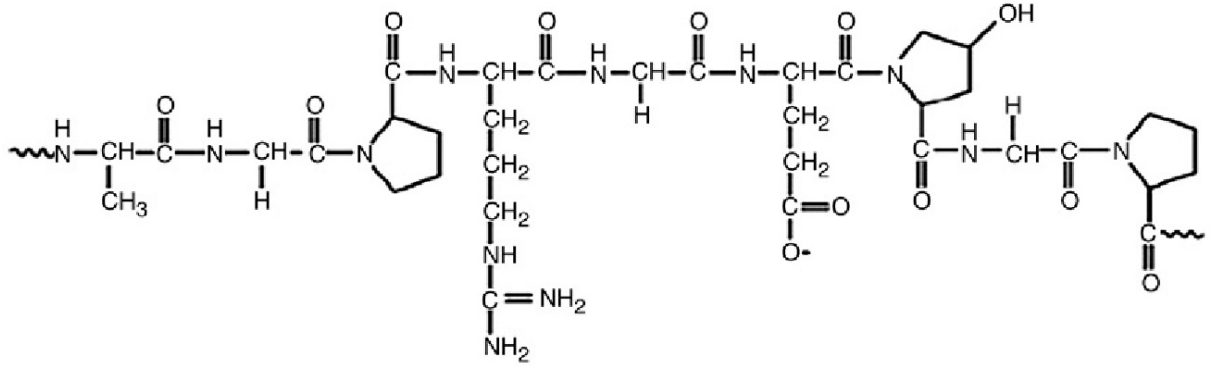
Kollajenin jelatine dönüşümü aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Zinciri kısaltmak için sınırlı sayıda peptid bağının kırılması.
2. Zincirler arasında kırılma veya birkaç yan bağın diversiyonu.

3. Zincir konfigürasyon değişikliklerinin meydana gelmesi (Siburian, Rochima, Andriani ve Praseptianga, 2020).

2.2.2. Jelatinin Yapısal Özellikleri

Ticari jelatinler, 18 spesifik amino asitten oluşan polipeptid zincirlerinin heterojen protein karışımlarıdır. Jelatin sistein içermemektedir, yapıdaki metionin ise kükürt içeren mevcut tek amino asittir. Peptid bağında hidrojen atomu olmayan yüksek imino asitler nedeniyle moleküller içi hidrojen bağı bulunmamaktadır. Jelatin molekülleri, üçlü sarmal yapıdan sorumlu olan glisin (Gly), prolin (Pro) ve alanin (Ala) amino asit üçlüsünün tekrar eden dizilerini içermektedir. Jelatinin üçlü sarmal yapısını $(\text{Gly-X-Pro})_n$ temsil etmektedir ve burada X, çoğunlukla lizin, arginin, metionin ve valini amino asitlerini kapsamaktadır. Bu kimyasal yapı Şekil 2.3' te sunulmuştur.



Şekil 2.3. Jelatinin kimyasal yapısı (Ahmad, 2017)

Jelatinin yüksek stabilitesi, α -polipeptid zincirlerinden oluşan üçlü sarmal yapıdan kaynaklanır ve bu sayede, intramoleküler hidrojen bağı ile stabilize edilmiş bir üç boyutlu ağın bağlantı noktaları olarak hareket eder ve makroskopik bir jel oluşturur.

Jelatinler normalde ılık suda ($>40^{\circ}\text{C}$) çözülür ve bu sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda polipeptidler esnek ve tekli bobinler halinde bulunur. Soğuma ile zincir matrisinde suyun tutulmasıyla jel ağı oluşmaktadır (Ahmad, 2017).

2.3. Balık Jelatini

Su ürünleri kaynaklı jelatinler, BSE ve FMD riski taşımamaları, dini inanç grupları için sınırlayıcı olmamaları ve su ürünleri işleme endüstrisinin bol miktarda çıkan ve kirliliğe sebebiyet veren yan ürünlerinin değerlendirilmesi bakımından, sığır ve domuz jelatinlerine olası bir alternatif olarak karşımıza çıkarmaktadır (Karim ve Bhat, 2009; Lin vd., 2017).

Dünya balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin mevcut resmi veriler, küresel balık üretiminin en yüksek değerinin 2016 yılında yaklaşık 171 milyon ton olduğu ve gıda dışı artıkların %53'ünün su ürünleri kaynaklığı olduğu ileri sürülmüştür. Büyük orandaki bu balık artıklarının bertaraf edilmesi zor olmasından dolayı atılan kısımlar, küresel bir çevresel sorun haline gelmektedir. Bol miktarda kollajen içermesi nedeniyle balık derisinden jelatin üretilmesi bu artık sorununun ortadan kaldırılmasına katkı sağlayacaktır. (Alipal vd., 2021).

Balık jelatini üretimi, endüstriyel uygulamalarda 1960 yılından beri asit ekstraksiyonu ile üretildiği için yeni değildir. Balık jelatinin ayrıntılı ekstraksiyon prosedürleri ve karakterizasyonu, Grossman ve Bergman (1992) tarafından ABD Patenti No.5.093.474'te ortaya konmuştur. Balık jelatini, çeşitli soğuk su (örneğin morina, hake, Alaska pollock ve

somon) ve ılık su (örneğin, ton balığı, yayın balığı, tilapia, Nil levrek, köpekbalığı ve megrim) balıklarının derilerinden ve kemiklerinden ekstrakte edilmiştir (Lin vd., 2017).

Ticari jelatinleri karakterize etmek ve jelatinin nerede kullanılabileceğini belirlemek amacıyla jel kuvveti, jelleşme ve erime sıcaklıkları ve viskozite parametreleri çok önemlidir. Bu özellikler, jelatin kaynağı (tür, anatomik kısım ve su sıcaklığı), jelatin hidrolizatının moleküler ağırlığı ve moleküler ağırlık dağılımı, amino asit bileşimi, ekstraksiyon sıcaklıkları, jel olgunlaşma sıcaklığı, pH, tuz içeriği ve jelatin konsantrasyonu gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Kołodziejaska, Kaczorowski, Piotrowska, ve Sadowska, 2004).

Balık derileri ve kemiklerinden jelatin ekstraksiyonu için bir dizi ekstraksiyon yöntemi bildirilmiştir (Grossman ve Bergman, 1992; Gudmundsson ve Hafsteinsson, 1997; Gomez - Guillen vd., 2002; Garcia ve del Carmen Guillen, 2003; Zhou ve Regenstein, 2007; Liu, Li ve Guovd., 2008; Kolodziejaska vd., 2004; Rahman, Al-Saidi ve Guizani 2008; Benjakul, Oungbho, Visessanguan, Thiansilakul, ve Roytrakul., 2009; Jhakar vd., 2012). Bu yöntemlerden bir kısmı, farklı erime ve jelleşme sıcaklıklarında yüksek kaliteli jelatin üretimi için önemli bir potansiyel göstermektedir.

2.3.1. Balık Jelatinin Fizikokimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri

Balık jelatinini, diğer jelatin kaynaklarından farklı kılan bazı karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Temel olarak, yapısal özellikler, kollajen kaynağına ve ekstraksiyon metoduna bağlı değişiklik göstermektedir. Nihai jelatinin pH değeri de üretim prosesi ile şekillenmektedir (Muhammad, Ariffini Razak ve Sulaiman, 2016). Jelatin için kalite standartları ve üretim şekline göre özellikleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2' de verilmiştir.

Balık jelatin veriminin %6-19 arasında değiştiği ve memeli jelatininden daha düşük olduğu bilinmektedir. Balık jelatini ekstraksiyon veriminin daha düşük olması, yıkama aşamalarında süzme nedeniyle ekstrakte edilen kollajen kaybından veya kollajen hidrolizinin tam olmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Jamilah ve Harvinder 2002). Bunun tersine Rahman vd. (2008), sarı yüzgeçli ton balığı derisinin jelatin veriminin %18 ile diğer balıklara göre yüksek olduğunu, jelatin veriminin balık türüne göre çeşitlilik gösterdiğini bildirmişlerdir. Gomez-Gullien vd. (2002) ekstraksiyon veriminin balık türleri arasında çok az farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Avrupa yılan balığı derisinin jelatin verimi ise %8,69 olarak

belirlenmiştir. Tekle (2016) yapmış olduğu çalışmada çipura balığı derisinden jelatin verimini %17,93 olarak bulmuştur.

Çizelge 2.1. Jelatin kalite parametreleri (Siburian, Rochima, Andriani ve Praseptianga, 2020)

Özellik	
Renk	Renksiz veya soluk sarımsı
Koku, Tat	Normal
Nem içeriği	Maksimum %16
Kül içeriği	Maksimum %3,25
Ağır Metal	Maksimum 50 mg/kg
Arsenik	Maksimum 2 mg/kg
Bakır	Maksimum 30 mg/kg
Çinko	Maksimum 100 mg/kg
Sülfat	Maksimum 1000 mg/kg

Çizelge 2.2. Jelatinin üretim şekline göre özellikleri (Siburian vd., 2020)

Özellik	A tipi Jelatin	B tipi Jelatin
Viskozite	15-75	20-75
pH	3,8-5,5	5,0-7,5
Bloom	50-300	50-300

Balık derilerinde bulunan kollajenler, amino asit bileşimleri bakımından memeli kollajenine göre daha geniş bir çeşitlilik göstermektedir. Hidroksiprolin ve prolin (imino asitler) içerikleri memeli jelatininden daha düşük iken daha yüksek oranda serin ve treonin içerirler (Balian ve Bowes, 1977). Ilık su balık jelatinleri (büyükgöz-ton balığı ve tilapia gibi) ise soğuk su balıklarından elde edilen jelatinlerden (morina balığı, mezgit ve halibut gibi) daha yüksek imino asit içeriğine sahiptir (Eastoe ve Leach, 1977). Prolin ve hidroksiprolin seviyesi, jelatinin erime noktası ve jel mukavemeti üzerinde doğru orantılı bir etkiye sahip olmasından ötürü önemli bir parametredir (Boran ve Regenstien, 2010). Prolin ve

hidroksiprolin içerikleri memeli jelatinleri için yaklaşık %30, ılık su balık jelatinleri için %22-25 ve soğuk su balık jelatini için ise %17'dir (Muyonga, Cole ve Duodu, 2004). Buna bağlı olarak ılık su balığından elde edilen jelatin, soğuk suda yaşayan balık derisinden hazırlanan jelatine kıyasla, daha yüksek erime sıcaklığına sahiptir (Karim ve Bhat, 2009). Glutamik asit, aspartik asit, lizin, hidroksilisin, arginin ve histidin ise çapraz bağ oluşumunda ve elektrostatik etkileşimlerde önem arz etmektedir (Boran ve Regenstein, 2010). Soğuk su balığı ve memeli jelatinlerinin benzer oranda alanin, glutamik asit, sistein, izolösin, tirozin, fenilalanin, homosistein, hidroksilizin, lizin ve arginin içerdiği bildirilmiştir (Avena-Bustillos, Olsen, Chiou, Yee, Bechtel ve McHugh, 2006).

Kollajenin jelatine dönüşümü sırasında, zincirler arası kovalent çapraz bağların bölünmesi ve bazı zincir içi peptid bağlarının istenmeyen kırılmaları sebebiyle moleküler ağırlık değişkenlik göstermektedir. Balık ve memeli jelatinleri, polidispers moleküler ağırlık dağılımına sahiptirler. Alfa alt birimlerinin farklı oligomerlerine ek olarak, bozulmamış ve kısmen hidrolize alfa zincirleri de mevcuttur ve bunlar farklı ağırlıklara moleküller karışımına yol açarlar (Mariod and Adam, 2013). Buna bağlı olarak, elde edilen jelatin, ana kollajenden daha düşük bir moleküler ağırlığa sahiptir ve moleküler ağırlıkları 80-250 kDa aralığında olan fragmanların karışımından oluşmaktadır (Karim ve Bhat, 2009). Ayrıca balık jelatinlerinde büyük miktarlarda bulunan β ve γ zincirlerinin, viskozite, erime ve jelleşme noktalarını düşürme ve daha uzun jelleşme süresi gibi bazı işlevsel özelliklerini olumsuz yönde etkilediği de ileri sürülmüştür (Muyonga vd., 2004).

Jelatinin en önemli özelliklerinden biri, Bloom değeri olarak da adlandırılan jelleşme gücüdür. Jel gücü standart yöntemle göre (GMIA, 2019), %6,67 jelatin konsantrasyonunda (v/w) hazırlanmış bir jelatin numunesinin 10°C'de ölçülmesi ile tespit edilmektedir. Jelatinin moleküler ağırlığı (α , β zincirleri) Bloom derecesini belirlemede önem arz etmektedir. Jel kuvveti, yaklaşık olarak 100.000 g/mol moleküler ağırlığa sahip fraksiyonların oranına bağlıdır. Ayrıca jel kuvveti ile α -zincir içeriği arasında güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Diğer yandan, α -zincirlerden daha düşük ya da daha yüksek moleküler ağırlıklı peptidlerin oranının yüksek olması jel kuvvetini azaltabilir (Schreiber ve Gareis, 2007). Bloom gücü jelin viskozitesi ile de ilişkilidir ve gıda endüstrisindeki kullanım alanını belirlemede önemli bir kriterdir. (Muhammad vd., 2016). Ticari jelatinlerin Bloom değerleri 50-300g aralığındadır. Jelatinler: yüksek Bloom, 200-300g; orta Bloom, 100-200g ve düşük Bloom, 50-100g değeri olmak üzere üçe ayrılırlar. En çok tercih edilen Bloom aralığı ise 250-260g'dir (Lin vd.,

2017). Su ürünlerinin çoğunda Bloom değeri 100-300g arasındadır. Tekle (2016) Çipura balığında Bloom değerini 129,9g olarak belirtmiştir. Bazı ılık su balık jelatinlerinin, domuz jelatinine yakın, nispeten yüksek Bloom değerleri sergilediği rapor edilmiştir. Bu tür yüksek jel gücü, tilapia ve (Grossman ve Bergman, 1992; Jamilah ve Harvinder, 2002; Zhou, Mulvaney ve Regenstein, 2006) ot sazını (Kasankala, Xue, Weilong Hong ve He, 2007) gibi ılık su balıklarının derilerinden ekstrakte edilen jelatinlerde belirlenmiştir. Hidrofobik aminoasitlerin (Ala, Val, Leu, Ile, Pro, Phe ve Met) balık jelatininin Bloom değerine olumlu katkısı olduğu ve imino asit içeriğinden ziyade jelatinin fiziksel özelliklerini hidrofobik aminoasit kompozisyon dağılımının etkileyebildiği belirtmektedir (Schreiber ve Gareis, 2007).

Jelatinlerin erime süreçlerini incelemek için genellikle reolojik yöntemler ve diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) kullanılmaktadır. Sıcaklık tarama testleri normal olarak sabit bir tarama hızında düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru yapılmaktadır. Çıktı olarak elastik modül (G'), viskoz modül (G'') ve faz açısı deltası ($\tan\delta$) elde edilir (Boran, Mulvaney ve Regenstein, 2010). DSC yöntemi için, bobin geçiş sıcaklığı, endotermik tepe noktasının en yüksek noktasında olduğu sıcaklık olarak hesaplanır (Norziah, Al-Hassan, Khairulnizam, Mordi ve Norita, 2009). Domuz ve sığır jelatinleri için tipik erime sıcaklıkları 28-31°C aralığında değişirken su ürünlerinden elde edilen jelatinlerin erime sıcaklıkları 16-28,9°C aralığında değişmektedir. Su ürünlerinden elde edilen jelatinler için en yüksek erime sıcaklığı (28,9°C) siyah tilapia derisinden elde edilen jelatine rapor edilmiştir (Jamilah ve Harvinder, 2002).

Viskozite, jelatinin ticari olarak önemli fiziksel özelliklerinden biridir. Düşük viskoziteli jelatinler kısa, kırılğan jeller verirken, yüksek viskoziteli jelatinler daha sert ve uzayabilen jeller vermektedir. Jelatinin viskozitesi konsantrasyon, sıcaklık, pH ve eklenen tuza bağlı değişiklik gösterebilir ve kısmen proteinlerin ortalama moleküler ağırlığı ve moleküler boyut dağılımından da etkilenebilir. Bu da jelatinin hazırlanma aşamasının, amino asit kompozisyonundan daha önemli olduğu anlamına gelmektedir (Lin vd., 2017). Ticari jelatinlerin çoğunun viskozitelerinin 13,0 cP olduğu bildirilmiştir (Koli vd., 2012). Bazı araştırmalar, bazı balık jelatinlerinin, domuz ve sığır jelatinlerinden daha yüksek viskoziteye sahip olduğunu göstermiştir (Zhou vd., 2006; Boran vd., 2010).

Balık jelatini kullanılarak filmlerin üretimi ve karakterizasyonu üzerine çalışmalar nispeten yenidir. Balık jelatinleri kullanılarak şeffaf, neredeyse renksiz, suda çözünür ve

oldukça uzayabilir filmler elde edilmiştir. Bununla birlikte domuz ve sığır jelatininden elde edilen filmler ile kıyaslandığında su buhar geçirgenliği ve mekanik özelliklerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni amino asit bileşiminden kaynaklanmaktadır (Da Trindade Alfaro, Balbinot, Weber, Tonial, ve Machado-Lunkes, 2015). Balık jelatin filmlerinin yapısı, diğer proteinler ve/veya polisakkaritlerle karışımlarının yapılması veya çapraz bağlama ajanlarının eklenmesiyle iyileştirilebilir. Farklı plastikleştirici ajanlar kullanılarak mekanik özellikleri de geliştirilebilmektedir (Vieira vd., 2011; Núñez-Flores vd., 2013). Protein filminin formülasyonunu ve hazırlama koşullarını iyileştirme, organik asit kullanımı veya spesifik pH koşullarının kullanılması ya da ışıklama işlemleri de yapı iyileştirmede önerilen yöntemler arasındadır (Da Trindade Alfaro vd., 2015). Balık jelatinden elde edilen filmlerin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesini genişletmek için bergamot, kahir misket limonu, limon ve misket limonu esansiyel yağları (Tongnuanchan, Benjakul ve Prodpran, 2012), yeşil çay (Giménez, Moreno, López-Caballero, Montero ve Gómez-Guillén, 2013; Li, Miao, Wu, Chen ve Zhang, 2013), kekik (*Origanum vulgare*) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis*) (Gómez-Estaca, Bravo, Gómez-Guillén, Alemán, ve Montero, 2009) ekstraktları kullanılmaktadır.

Peptid zincirindeki amfoterik karakteristik ve hidrofobik alanlar, jelatini şekerleme, az yağlı margarin, salata sosları, süt kreması gibi su içinde yağ emülsiyonları uygulamalarında emülsifiye edici bir ajan yapmaktadır (Aewsiri vd., 2009).

Köpük oluşumu, protein moleküllerinin hava/su yüzeyinde taşınması, nüfuz etmesi ve yeniden düzenlenmesi ile kontrol edilir. Jelatinin köpük oluşturma yeteneği, protein kaynağından, proteinin içsel özelliklerinden, protein bileşiminden ve çözeltideki konformasyondan etkilenir. Jelatin köpüğünün özellikleri, yumuşak şekerleme (marshmallow) gibi gıdalarda önem arz etmektedir (Koli vd., 2012).

2.3.2. Balık Jelatinin Kullanım Alanları

Jelatin, yüksek protein ve amino asit içeriği sayesinde gıdalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel kullanım alanları ve fonksiyonları Çizelge 2.3' te verilmiştir.

Soğuk su balık derilerinden elde edilen jelatin, yüksek jelleşme ve Bloom gerektirmeyen uygulamalarda, sineresis oluşumunun önlenmesinde ve hızla tüketilen dondurulmuş veya soğutulmuş ürünlerde kullanılabilir (Karim ve Bhat, 2009).

Çizelge 2.3. Jelatinin gıdalardaki kullanım alanları ve fonksiyonları (Mariod ve Adam, 2013)

Fonksiyon	Kullanım Alanı
Jel yapıcı	Jöleli tatlılar, etler, şekerlemeler, ezme, konsomme ve jelatin
Çırpma Ajanı	Lokum benzer şekerlemeler(Marshmallow), nugatlar, muslar, sufle, ve krema
Koruyucu kolloid	Şekerlemeler, kremalar, dondurmalar, ve dondurulmuş tatlılar
Bağlayıcı ajan	Et ruloları, konserve etler, şekerlemeler, peynirler ve süt ürünleri
Arıtıcı ajan	Bira, şarap, meyve suyu ve sirke
Film Yapıcı	Meyve, et ve şarküteri öğelerinin kaplanmasında
Kıvamlaştırıcı	Toz içecek karışımları, bulyon, soslar, çorbalar, pudingler, jöleler, şuruplar ve süt ürünleri
Proses yardımcısı	Renk ve tat bileşenlerinin, yağların, ve vitaminlerin mikroenkapsülasyonu
Emülsifiyer	Kremalı çorbalar, soslar, tatlandırıcılar, et ezmeleri, kremşanti, şekerlemeler ve süt ürünleri
Stabilizatör	Krem peynir, çikolatalı süt, yoğurt, krema, krema dolgusu ve dondurulmuş tatlılar
Yapıştırıcı	Katmanlı şekerlemeleri birbirine yapıştırma, unlu mamullere krema yapıştırma, çeşnileri et ürünlerine bağlama ve şekerlemelere hindistancevizi ve diğer maddeleri yapıştırma

Düşük erime sıcaklığına sahip balık jelatinleri kuru ürünlerde tat ve renk bileşenlerinin enkapsülasyonu amacıyla kullanılabilir (Soper, 1999). Bir protein olarak jelatin, düşük kalori içermesi, yağa benzeyen duyuşal özellikleri ve ağızda bıraktığı his ile düşük yağlı ürünlerde kullanım için ideal bir üründür. Düşük yağlı sürülebilir ürünler ve yoğurtlar balık jelatini kullanımı için uygun ürünlerdir (Karim ve Bhat, 2009).

Jelatinin jel tatlılarında kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada, daha düşük jel erime sıcaklıklarına sahip balık jelatinin daha iyi bir aroma salınımına sahip olduğu ve daha güçlü bir lezzet sunduğunu öne sürmüşlerdir (Choi ve Regenstein, 2000). Jelatin içeren yumuşak şekerlemelerde balık jelatin oranı artırılarak domuz jelatin ilaveli ürünlere benzer Bloom değerleri yakalanabilir (Zhou ve Regenstein, 2007).

2.3.3. Balık Jelatinin Modifikasyon Çalışmaları

Balık jelatinindeki zayıf jel kuvvetini ve erime sıcaklığını yükseltmek ve balık jelatinin kullanım alanlarını genişletmek için bir takım modifikasyon çalışmaları yapılmıştır (Gilsenan ve Ross, 2000; Chiou vd., 2006; Pranoto ve Park, 2007; Lin vd., 2017).

- Yüksek jel kuvvetine sahip jelatinler ile balık jelatinin karıştırılması:

Düşük jel yeteneğine sahip soğuk su balıklarından elde edilen jelatinlerin daha kuvvetli olan ılık su balığı jelatini veya memeli jelatini ile zenginleştirilmesi mümkündür. Soğuk su balık jelatini ılık su balığı ve domuz jelatini ile karıştırıldığında iki aşamalı bir erime prosesi gözlenir, bu da çiğneme sırasında doku ve lezzet salınımının kontrolünde gıda ürünlerinin geliştirilmesi bakımından yararlı olabilmektedir (Zhou vd., 2006).

- Jelatinin karbonhidratlar ile muamelesi:

Şeker ya da poliollerin, hidrofobik interaksiyonları güçlendirmesi ve/veya zenginleştirilmiş hidrasyon ile proteinlerin yapısını stabilize ettiği bilinmektedir. Ayrıca şeker molekülleri jelatin molekülleri ile çapraz bağ oluşturmak için maillard reaksiyonuna girebilir ki bu durum rengin geliştirilmesini sağlamaktadır. Balık jelatinin reolojik özellikleri protein-polisakkarit interaksiyonu kullanılarak geliştirilebilir (Lin vd., 2017).

Sow vd., (2017) gellan gum ilaveli balık jelatin (180 bloom) jelatinin jel kuvveti, sertlik, kohezyonluk (yapışkanlık) ve çiğnenebilirlik ve aynı zamanda jelleşme sıcaklığı ve erime sıcaklığı bakımından ticari sığır jelatini (Bloom 240) ile benzer özellikler gösterdiğini tespit etmişlerdir. Modifikasyonunun başarısı; gellan-balık jelatini amorf yapısının, lifli gellan agregatlarının ayırma bölgesinin ve balık jelatini agregatlarının karışımının birlikte var olması ile açıklanmıştır.

Cai, Feng, Regenstein, Lv ve Li (2017) %0, 1, 3, 5, 10, ve 20 oranında ksilitol veya stevyanın balık jelatini (%6,67 w/w) üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Düşük konsantrasyonda (%3-5) ksilitol ilavesi jel kuvvetini arttırmıştır. Ancak ksilitol ilavesi arttıkça jel kuvveti ksilitolun jel ağı oluşumuna olumsuz etkisinden dolayı azalmıştır. Jel kuvveti, stevya arttıkça azalmıştır. Bunun nedeni stevyanın balık jelatinin oluşturduğu üç boyutlu ağ yapılarının oluşmasını önleyen antagonistik etki ile açıklanmıştır. Ksilitolün hidroksil gruplarının sayısı ve daha iyi çözünürlüğe sahip olması nedeniyle stevyadan daha etkili

olduğu ileri sürülmüştür. En yüksek jel kuvveti %3 konsantrasyondaki ksilitol ilavesi ile sağlanmıştır.

- Jelatinin proteinlerle muamelesi:

Jelatin jelinin reolojisi ve tekstürü üzerine peynir altı suyu proteinlerinin negatif etkisi mevcutken kazein ilavesi ile güçlü ve sağlam bir jel yapısı olduğu gözlenmiştir (Pang vd., 2014; Sarbon, Badii ve Howell, 2015). Balık jelatini ile yumurta albümin proteinleri sinerjistik bir interaksiyon gösterdiği, dolayısıyla yüksek jel kuvveti olduğu bildirilmiştir (Badii ve Howell, 2006).

- Farklı tuzların ilavesi:

Sow ve Yang (2015) balık jelatinine NaCl (%1,5 w/w) ilavesi ile jelatinin jel mukavemeti ve dokusal özelliklerinde azalma, Sarabia, Gomez-Guillen ve Montero (2000) amonyum sülfat ve sodyum fosfat ilavesi ile jelatinin erime sıcaklığında önemli ölçüde artış tespit etmişlerdir. Ayrıca pH 5'te magnezyum sülfat varlığının erime ve jelleşme sıcaklığını geliştirdiğini belirlemişlerdir. Fakat yüksek tuz konsantrasyonları ile jelatinin modifikasyonunun gıda endüstrisine pek uygun olmayacağı kanaatine varmışlardır.

Ayrıca, fosforlanmış balık jelatinin (PFG) jel mukavemetinin, artan $ZnCl_2$ ve $CaCl_2$ (2,5-40 mmol/L) konsantrasyonları ile arttığı ve $ZnCl_2$ 'ye kıyasla $CaCl_2$ ile daha yüksek jel mukavemetinin gözlemlendiği bildirilmiştir (Kaewruang, Benjakul, Prodpran, Encarnacion vd., 2014). Balık derisinden elde edilen jelatinin pH 9'da 1 saat boyunca %0,25 sodyum tripolifosfat ile fosforilasyonu sonucu jel kuvvetinin geliştiği görülmüştür (Kaewruang vd., 2014).

- Enzim ilavesi:

Mikrobiyal-transglutaminaz (MTGase), tirozinazlar ve lakkaz, proteinleri fonksiyonel özelliklerini değiştirerek modifiye etmek için kullanılmaktadırlar. Diğer iki enzimle karşılaştırıldığında, MTGase, jel ve reolojik özelliklerini geliştirmek için balık jelatinini modifiye etmede başarıyla kullanılmıştır (Bode, da Silva, Drake, Ross-Murphy ve Dreiss, 2011; Huang vd., 2017).

TGase kullanımı kovalent çapraz bağların oluşmasına katkı sağladığı için erime sıcaklığı (T_m) ve camsılığa geçiş sıcaklığını (T_g) arttırmaktadır. T_g 'nin azalması hidroliz

yeteneği gelişmiş protein yapısına çapraz bağlı olabilen su molekülleri aracılığıyla jelatinin plastikleşmesini sağlamaktadır (Staroszczyk, Pielichowska, Sztuka, Stangret, Kołodziejska, 2012). Yapılan çalışmalarda enzimartık olarak çapraz bağlanmış balık jelatin jellerinin yapısı, kaynakayan bir su banyosunda 30 dakika süreyle ısıtma sırasında tahrip olmamıştır (Kołodziejska vd., 2004). Mikrobiyal TGase'in % 0,01-0,005'lik konsantrasyonlarının farklı balık türlerinin derilerinden elde edilen jelatin jelinin Bloom kuvvetinin geliştirilmesi için uygun olduğu bulunmuştur (Jongjareonrak, Benjakul, Visessanguan ve Tanaka, 2006). Mikrobiyal TGase ile çapraz bağlama gıda uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat substratın spesifikliği, amorf jel oluşumu ve çapraz bağlı jellerin materyal özellikleri üzerine potansiyel yan reaksiyonların kontrolünün olmaması gibi birçok dezavantajı da bulunmaktadır (Lin vd., 2017). Hu vd., (2021) balık jelatininin jelleşme özelliklerini geliştirmek amacıyla jelatini, -poliglutamik asit ( -PGA) ve mikrobiyal transglutaminaz (MTGase) ile kombinlemiş ve MTGase içeriği %0,08 ve  -PGA %0,04 olduğunda en iyi jelleşme özelliğini gösterdiğini, bu işlemin viskoziteyi de arttırdığını bildirmişlerdir.

- Çapraz bağlama ajanlarının kullanımı:

Kimyasal apraz bağlama ajanlarından aldehit bazlı çapraz bağlama ajanları, jelatin zincirleri arasına kararlı kovalent bağlar (amid bağı) meydana getirerek jelatinin termal, mekanik ve nem direncini geliştirmede büyük öneme sahiptirler (Huang vd., 2019).

Formaldehit, düşük moleküler ağırlığa sahip olduğu için jelatin zincirleri arasına kolayca geçebilmekte ve jelatinin lizin, sistein ve histidin gruplarıyla yeni kovalent bağlar kurabilmektedir (Azeredo ve Waldron, 2016; De Carvalho ve Grosso, 2004).

Mohtar, Perera, ve Hemar, (2014) glutaraldehit ile çapraz bağlanan Yeni Zelanda hoki balığı (*Macruronus novaezealandiae*) derisinden elde edilen jelatinin genipin ile çapraz bağlananlardan daha yüksek jel mukavemetine ve erime noktalarına sahip olduğunu ve genel olarak çapraz bağlanmış jelatinlerin elastik modülü (G') ve kayıp modülünün (G'') apraz bağlanmamış olanlardan daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Genipin ve glutaraldehitin (GTA) kullanıldığı çapraz bağlanmış balık jelatinleri incelenmiş ve balık jelatini ile genipinin glutaraldehitten daha yavaş reaksiyona girdiği görülmüştür. Aynı zamanda, genipin içeren balık jelatini iki hafta depolama sonunda

glutaraldehit içeren numuneden daha büyük jel mukavemetine sahip olduğu tespit edilmiştir (Chiou vd., 2006).

GTA, formaldehit ve glioksal hücre ve sistemik toksisitelerinden ötürü gıda uygulamaları için tehlike oluşturmaktadır. Bu yüzden son zamanlarda, doğal olarak oluşan çapraz bağlayıcı genipin (Chiou vd., 2006), düşük toksisiteye sahip N-hidroksisüksinimit ile aktive edilmiş adipik asit türevi (NHS-AA) (Shen, Tian, Liu ve Li, 2015) ve toksik olmayan terephthalaldehide (TPA) (Bigi, Cojazzi, Panzavolta, Rubini ve Roveri, 2001; Biscarat, Galea, Sanchez ve Pochat-Bohatier, 2015; De Carvalho ve Grosso, 2004; Padrão vd., 2014), sito-uyumlulukları ve biyo uyumlulukları nedeniyle alternatif çapraz bağlayıcılar olarak ilgi çekmektedir.

- Mekanik uygulamalar:

Balık jelatininin jelleşme özelliklerini geliştirmek amacıyla yüksek basınç (Gómez-Guillén, Giménez ve Montero, 2005; Montero, Fernández-Diaz ve Gómez-Guillén, 2002), ultrason (Tu vd., 2015), kurutma (Kwak, Cho, Ji, Lee ve Kim, 2009) ve ışınlama (Bhat ve Karim, 2009; Sung ve Chen, 2014; Wu, Tsai ve Sung, 2015) gibi mekanik işlemlerin kullanılabileceği bildirilmiştir

600 mPA basınç altında ağırlıkça %5'lik jelatinin erime sıcaklığının 2-3 derece arttığı, yüksek basınç uygulanan jelin daha yüksek elastik modül ve daha yüksek erime sıcaklığı gösterdiği, jellerin yüksek basınç ile stabilize olduğu bildirilmiştir (Devi, Buckow, Hemar ve Kasapis, 2014).

Işınlama ile jelatinin çapraz bağlanması, topaklanması veya bozunması jelatindeki tirozin ve fenilalanin gibi spesifik kalıntılarda serbest radikallerin oluşumundan kaynaklandığı bildirilmiştir (Huang vd., 2019).

Bhat ve Karim (2009) balık jelatin granüllerinin UV ışınımından sonra jel mukavemeti ve erime entalpisini arttırdığı aynı zamanda UV ışınımının zincir bozulması üzerinde de etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Sung ve Chen (2014) domuz jelatini, balık jelatini ve bunların karışımları üzerine UV-C (10- 30J/m²) ve gamma ışınlamanın (2-10 kGy) etkilerini araştırmışlardır. 30J/m² 'lik UV uygulaması sonrasında balık jelatini, domuz jelatini ve karışımının jel kuvvetinde ve jel oluşturma kabiliyetinde ve de çözeltilerinin viskozitelerinde önemli bir artış meydana

geldiğini ayrıca jelatin ve karışım jelatinine 10 kGy' ye kadar uygulanan gamma ışınlamasının çözeltinin viskozitesini ve jel kuvvetini önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir.

- Fenolik bileşiklerin ilavesi:

Yüksek protein ilgisine sahip olan fenolik bileşiklerin protein moleküllerinin iç bölgesine sızabilecek kadar küçük, peptit zinciriyle bir ana noktadan daha fazla bağ yapacak kadar da büyük olduğu bilinmektedir (Mulaudzi, Ndhlala, Kulkarni ve Van Staden, 2012) Bitkilerde bol miktarda bulunan polifenoller doğal çapraz bağlayıcılar olarak dikkat çekmektedir ve aralarındaki etkileşimler, belirli gıda ürünlerinin işlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Balange ve Benjakul, 2010). Prolin amino asidince zengin proteinlerin fenolik bileşiklere karşı daha yüksek affinitesinin olduğu, protein yapısında bulunan prolin aminoasidinin halka yapısı nedeniyle hidrojen bağlarının -heliks yapısına dönüşümünü önleyerek fenolik bileşikler için uygun bağlanma bölgeleri oluşturduğu bildirilmektedir (Karabulut ve Yemiş, 2019).

Bitki kaynaklı fenolik asit ve flavonoidlerin (Kafeik, klorojenik ve ferulik asit ve rutin gibi), jelatin yan zincirleri ile oksitleyici koşullar altında reaksiyona girebildiği ve daha küçük ağ boyutunda bir ağ oluşturduğu ve dolayısıyla bağlantılar arasında daha kısa, daha sıkı zincirler olan kovalent çapraz bağların meydana geldiği bulunmuştur. Daha sıkı olan yapılar daha az iyonik grup içermesi nedeniyle yapının daha fazla lipofilik özellik kazanmasına ayrıca termal stabilite ve mekanik mukavemetin de yükselmesine neden olduğu bildirilmiştir (Strauss ve Gibson, 2004).

Ferulik asidin çapraz bağlama mekanizmasının, ferulik asidin karboksil grubunun, hidrojen bağı veya esterleştirme yoluyla bir hidroksil içeren amino asit ile reaksiyona girerek, sistemin özelliklerini geliştiren çapraz bağ ağını oluşturduğu tespit edilmiştir (Cao, Fu ve He, 2007).

Anvari ve Chung (2016) balık jelatini-gum arabik kompleks koaservat jellerinin farklı konsantrasyonlarda (%0-0,3) oksitlenmiş veya oksitlenmemiş tannik asit ile muamelesinin jelin reolojik ve yapısal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda jelin jelleşme yeteneğinin ve mekanik özelliklerinin geliştiğini ileri sürmüşlerdir.

Limpisophon ve Schleining (2017) yapmış oldukları çalışmada balık jelatin filminin antioksidan aktiviteleri ve mekanik özellikleri üzerine gallik asit ve gliserol konsantrasyonunun

etkisini araştırmak için faktöriyel bir tasarım kullanmış ve gallik asit, filmin sadece antioksidan kapasitesini arttırmakla kalmamış, aynı zamanda gerilme mukavemetini, kopma uzamasında arttırdığı gözlenmiştir. Hidrojen bağı ile bağlanan gallik asit ve protein arasındaki etkileşimden dolayı filmin UV emiliminin de azaldığı tespit edilmiştir. Gliserol ise filmin antioksidan kapasitesini etkilememesine rağmen filmlerin elastikiyetini arttırmıştır. Genel olarak bu çalışma ile gallik asidin balık jelatinine antioksidan aktivite sağladığı ve filmin UV bariyeri, mukavemeti ve esnekliği gibi karakteristik özelliklerini geliştirdiğı ortaya konmuştur.

%1,5 kafeik asit kullanılarak 20 dakika boyunca 60°C ve pH 9'da çapraz bağlanan jelatinin, daha yüksek erime ve jelleşme sıcaklıkları gösterdiği ileri sürülmüştür (Kosaraju, Puvanenthiran ve Lillford, 2010).

Yan, Li, Zhao ve Yi (2011) çapraz bağlama ajanı olarak gallik asit ve rutin kullanmış ve balık jelatin jelinin elastik ve viskoz modülünün arttığını gözlemlemişlerdir. Tarçın karanfil ve yıldız anason dahil bitki ekstraktlarının jelatine ilavesinin degradasyon sıcaklığını arttırdığı ve protein-polifenol çapraz bağlanma yoluyla oluşan jelatin filminin termal stabilitesi üzerine belirgin bir etkilerinin olduğu bulunmuştur (Hoque, Benjakul ve Prodpran, 2011).

Tannik asidin jelatin modifikasyonunda kullanılması (pH:8) sonucu; tannik asit konsantrasyonu ağırlıkça %3 civarında olduğunda çapraz bağlanma etkisinin baskın ve önemli bir moleköl ağırlığı artışı ile kısmen çözünmeyen çapraz bağlanmış bir ağı yapısının oluşmasını sağladığı tespit edilmiştir. Tannik asidin jelatinin hidrofobik ve hidrojen bağlarının esterifikasyonunu arttırdığı da ileri sürülmüştür (Zhang vd., 2010).

Balık derisi jelatininin durultma amacıyla meyve şarabında kullanımı sırasında şarapta bulunan gallik asit, kafeik asit, resveratrol, mirisetin, rutin ve kateşinin hidrofobik kompleksler oluşturmak üzere jelatin üzerine kovalent olmayan interaksiyonlarla bağlandıkları tespit edilmiştir (Poungchawanwong, Klaypradit, Li, Wang ve Hou, 2020).

Kaewdang ve Benjakul (2015) tannik asit bakımından zengin hindistan cevizi kabuğundan (EECH) elde edilen etanolik ekstraktın farklı seviyelerde (0,25; 0,5; 0,75; 1; 2; 3 ve 5 mg/g kuru jelatin) sarı yüzgeçli orkinosun yüzme kesesinden elde edilen jelatinin jel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. En iyi jelleşme ve erime derecesi ve jel

kuvveti 0,5 mg/g EECH ilaveli örneklerde görülmüştür. Bunun sonucu olarak da EECH'nin doğal bir jelatin zenginleştirici olabileceği sonucuna varmışlardır.

Casas-Forero, Moreno-Osorio, Orellana-Palma ve Petzold (2021) farklı konsantrasyonlarda kriyokonsantre edilen yaban mersini suyunun (CBJ) jelatin jelinin reolojik ve dokusal özellikleri ve antioksidan aktivite (AA) üzerine etkilerini incelemişlerdir. Özellikle 20g/100g CBJ içeren numunenin diğer numunelere kıyasla en yüksek jel yapısına ve jelleşme (15,0°C) ve erime sıcaklıklarına (27,4°C) sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, bu CBJ konsantrasyonunun başlangıca göre jel kuvveti, sertlik, yapışkanlık ve çiğneme değerlerini sırasıyla %28, %46, %47 ve %54 arttırdığını tespit etmişlerdir. CBJ'nin reolojik ve dokusal özellikleri olumsuz etkilemeden biyoaktif bileşenler sağladığı için jelatin jel hazırlama sırasında eklenecek mükemmel bir bileşen olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bununla birlikte, aşırı miktarlarda fenolik bileşiklerin eklenmesinin, jelatinin tümüyle etkileşime girme olasılığının daha yüksek olmasından dolayı sırasız jel yapılarının oluşmasına neden olacağı bu durumun da jelatinin jelleşme özelliklerini azaltabileceği ifade edilmiştir.(Huang vd., 2019).

Biyoaktif bileşenler nihai katı yapıyı değiştirmedeği ve hatta mekanik özelliklerini geliştirdiği için olumlu etkilerle eklenmiştir. Fakat, farklı biyoaktif bileşenlerin (diğerleri arasında polifenoller, antosiyaninler, flavonoidler) jelatin jellerinin özellikleri üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmaların yeterli olmadığı düşünülmektedir.

2.4. Çipura Balığı

Çipura balıkları (*Sparus aurata*, L.) *Sparidae* familyasından olup Sparus cinsine ait balıklardır. Çipura Akdeniz'in tamamında ve Kuzey Batı Afrika kıyılarında yayılım gösteren bir balık türüdür (Çanak, 2011). FAO verilerine göre 2000 yılında dünya çapındaki çipura üretimi 87.288 ton/yıl iken 2008 yılında ise 133.026 tonluk üretim miktarına ulaşılmıştır. Çipura balığı üretiminde Yunanistan yaklaşık % 39'luk bir pay ile en büyük çipura üreticisi ülke konumundadır ve Yunanistan'ı %23,8 ile Türkiye takip etmektedir (FAO, 2009). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2015 yılında 51.844 ton/yıl olan çipura balığı üretim miktarı sürekli olarak artış göstererek 2018 yılında 314.537 ton/yıla ulaşmıştır (TUİK, 2019a). Ülkemizde yüksek miktarda üretimi yapılan ve artık oranı da aynı oranda yüksek olan çipura

balık artıklarının jelatin üretiminde değerlendirilmesinin ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2.5. Tarımsal Artıklar

Tarımsal ve endüstriyel üretimden sonra gıda artıkları oluşabilmektedir. Bitkisel türevli gıda işleme artıklarına meyve suyu, şeker, yağ ve nişasta eldesi sonrasında çıkan; kabuk, gövde, tohum ve kepek örnek verilebilir (Helkar, Sahoo ve Patil, 2016). Gıda artıklarının çoğunluğu içecek endüstrisinden (%26) kaynaklanmakta olup bunu sırasıyla süt ve dondurma endüstrisi (%21,3), meyve-sebze ürünleri ve muhafaza endüstrisi (14,8), tahıl ve nişasta ürünlerinin endüstrisi (%12,9), et ürünlerinin üretimi, işlenmesi ve muhafazası (%8), bitkisel ve hayvansal kaynaklı yağ eldesi (%3,9) ve balık ve balık ürünleri üretimi (%0,4) takip etmektedir. Diğer gıda ürünlerinin imalatından kaynaklanan artıklar ise %12,7 oranındadır (Baiano, 2014). Çeşitli gıda endüstrileri değerli artıklarını yeniden işleyerek fonksiyonel gıda bileşenleri olarak kullanıp hem ekonomilerine hem de çevre dostu uygulamalara katkı sunmaktadır.

2.5.1. Üzüm Posası

Dünya'da toplam üzüm üretimi 77.181.122 ton, üzüm cibresi üretimi ise 3.441.122 tondur (FAO, 2014). Ülkemizde şarap, sirke, üzüm suyu ve pekmez sanayi üretim artığı olarak karşımıza çıkan üzüm posası (cibre); kabuk, çekirdek ve sap parçalarından meydana gelen fenolik bileşiklerce zengin (%10-11, kuru maddede) ve dolayısıyla da antioksidan kapasitesi yüksek bir kaynaktır (Yu ve Ahmedna, 2013).

Dünya genelinde üzüm üretiminin yaklaşık %68'i şarap yapımında kullanılmaktadır (Botella, Diaz, De Ory, Webb ve Blandino, 2007). Üzüm yetiştiriciliği ve şarap yapımı bir dizi artık ve yan ürün ortaya çıkarmaktadır. Üzümler üretim için preslendiklerinde yaklaşık %25 oranında posa açığa çıkmaktadır. Bu posanın %42,5'i kabuk, %24,9'u sap ve %22,5'i çekirdekten oluşmaktadır (Altan Kamer, 2020). Üretim sırasında ayrılan posa genellikle hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Vaccarino, Curto, Tripodo, Patane ve Ragno, 1992). Artık olarak bertaraf edilen, üzüm posası yüksek oranda organik madde içerdiğinden posanın açık alanlara atılması ile çevre kirliliğine neden olabilmektedir (Prozil, Evtuguin ve Lopes, 2012). Katı artık olarak çıkan üzüm posası, karbondioksitten 20 kat daha zararlı olmasının yanı sıra iklim değişikliğinde önemli rolü olan metan gazı salınımına da sebep

olmaktadır. Bu nedenle üzüm posasının biyoteknolojik olarak dönüştürülmesi önem arz etmektedir. Son yıllarda üzüm posası artıklarının kıymetlendirilmesine yönelik araştırmalar önem kazanmıştır.

Üzüm artıkları; diyet lifi, glukoz, fruktoz, polifenoller ve birçok organik asit bakımından zengin oldukları için, tüketilen gıda ürünlerinin besinsel ve diğer fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadırlar (Ghafoor, Al-Juhaimi ve Choi, 2011). Bu durum üzüm posasının gıda sanayinde çeşitli ürünlerde katkı maddesi olarak kullanılabilme olanakları üzerine çalışmalar yapılmasına neden olmaktadır (Okonogi, Duangrat, Anuchpreeda, Tachakittirungrod ve Chowwanapoonpoh, 2007).

Üzüm kabuğunda proantosiyanidin, ellagik asit, mirsetin, kuarsetin, kaempferol ve trans-resveratrol yaygın olarak bulunmaktadır (Pastrana-Bonilla, Akoh, Sellaphan ve Krewer, 2003; Hernandez-Jimenez, Gomez-Plaza, Martinez-Cutillas ve Kennedy, 2009).

2.5.2. Nar Posası

Dünyadaki toplam nar üretimi hakkında güvenilir bir bilgi olmamasına karşın 2014 yılında 3 milyon ton, 2017'de ise 3,8 milyon ton civarında nar üretildiği tahmin edilmektedir. Nar üretiminde; Hindistan, İran, Türkiye, Çin, Amerika Birleşik Devletleri, İsrail, Mısır, İspanya, Afganistan, Tunus, Azerbaycan, Fas, Arjantin, Brezilya, Şili, Peru, Güney Afrika, Avustralya ve İtalya başlıca ülkeler arasında yer almaktadır (Kahramanoğlu, 2019). Ülkemizde, TÜİK 2019 verilerine göre toplam nar üretimi 537.847 ton iken ihracat ise 205.099 ton olmuştur (TÜİK, 2019b).

Nar taze olarak tüketilmesinin yanı sıra meyve suyu ve konsantresi, reçel, şarap ve nar ekşisi gibi birçok ürüne işlenmektedir (Zhai vd., 2018). Son yıllarda yapılan araştırmalarda narın kanser (Lansky ve Newman, 2007), tip 2 diyabet (Banihani vd., 2014), kardiovasküler hastalıklara olumlu etkileri (Al-Jarallah vd., 2013; Aviram vd., 2008) ve antioksidan ve antibakteriyel özellikleri (Zhai vd., 2018) olduğu belirlenmiştir. Sağlık üzerine olan bu olumlu etkileri narın üretimini ve çeşitli gıdalara işlenmesini artırmış buna bağlı olarak da üretim artıklarında da artış meydana gelmiştir (Sarica, 2011; Abid vd., 2016). Nar meyvesi çekirdek, su ve kabuk olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Yenebilir kısmı, meyvenin %52'sini oluşturmaktadır (Kulkarni ve Aradyha, 2005). Yan ürün olarak çıkan nar kabuğu meyvenin yaklaşık % 30-40'ını oluşturmaktadır. Bu artıklar çevresel problemlere yol açtığından ilaç,

yağ, hayvan yemi, sirke, sitrik asit, pektin, boya ve mürekkep gibi ürünlerin üretilmesinde kullanılmaktadırlar. Son yıllarda ekonomik değeri düşük olan nar kabuklarından pektin eldesi üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur (Moorthy, Maran, Muneeswari, Naganyashree ve Shivamathi, 2015; Abid vd., 2016; Abid vd., 2017).

Nar kabukları ve diğer anatomik kısımlarının yaklaşık 48 fenolik bileşik (antosiyeninler, gallotanenler, hidroksisinamik asit, hidroksibenzoik asitler ile elajitanenler ve gallagil esterler gibi hidrolize edilebilir tanenler) içerdiği tespit edilmiştir (Yılmaz ve Usta, 2010). Nar kabuğunun tıbbi ve besinsel önemi olan olağanüstü fitokimyasallara sahip olduğu bilinmektedir. Nar kabuklarının ekstraktları (PPE), yüksek miktarda biyoaktif polifenolik bileşikler (örneğin, elajik asit, antosiyeninler, kateşin, elajik tanenler, prosiyanidinler, flavonoller ve gallik asit gibi) içerir. PPE yüksek antioksidan kapasitesi sayesinde pek çok farmasötik preparatta (kozmetikler, tentürler ve diğer terapötik formülasyonlar) kullanılmaktadır. Antioksidan potansiyeline ilaveten, PPE antimikrobiyal, anti-kanser, anti-enflamatuar, anti-diyabetik ve de prebiyotik aktiviteye de sahiptir (Singh, Singh, Kaur ve Singh, 2018).

2.5.3. Yeşil Çay Demleme Artığı

Dünyada çay bitkisi (*Camellia sinensis*) ağırlıklı olarak siyah (%78), yeşil (%20) ve oolong (%2) çay tiplerine işlenmektedir (Bostancı, 2016). Yeşil çay, hasat sonrası çay yapraklarının işlenmesindeki farklılıklardan dolayı, siyah ya da Oolong çaylara göre çok daha yüksek miktarda polifenol içermektedir.

Kuru yeşil çay yapraklarının %30'unu oluşturan kateşinler; antioksidan, antikanser ve antibakteriyel etkiler gibi çeşitli biyolojik, fizyolojik ve farmasötikal etkilere sahiptir. Yeşil çay, başlıca kateşin bileşikleri olan, (-)-epigallokateşin gallat (EGCG), (-)-epigallokateşin (EGC), (-)-epikateşin gallat (ECG), (-)-epikateşin (EC), (+)- gallokateşin gallat (GCG), (+)-gallokateşin (GC) ve (+)-kateşin (C) bileşenlerini içermektedir (Zhao, Yan, Li ve Yan, 2008).

Günümüzde dünya kuru çay üretimi 5 milyon 954 bin tondur. Dünya kuru çayının %36'sı Çin'de, %4'ü ise Türkiye'de üretilmektedir (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, 2018). Türkiye 254.000 ton üretimle dünyanın en büyük çay üretici ülkeleri arasında beşinci sırada yer almaktadır. 2016 verilerine göre kişi başı 3,16 kg'lık yıllık çay tüketimi ile dünyada 1. sırada yer alan Türkiye, çay üretiminin tamamına yakını iç piyasada

tüketmekte ve sembolik düzeyde ihracat yapmaktadır. Dolayısıyla, tüketim yönünden dünyanın en büyük 3. pazarı konumundadır (Bilcanoğlu, 2019).

Çay üretiminde yaş çay yaprağının yeşil veya siyah çaya dönüştürülmesi sırasında organik kökenli çöp, lif ve tozdan oluşan katı artıklar ortaya çıkmaktadır. Çay işleme endüstrisine giren tüm yapraklar çay üretiminde kullanılmaktadır dolayısıyla çay işleme artıkları veya yan ürünleri değerlendirilmemektedir. Fabrikalarda çay artığı, toplam üretimin %2-4'ünü oluşturmaktadır (Bostancı, 2016). Ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi'nde devlete ait çay yaprağı işleyen fabrikalarda yılda yaklaşık olarak 30 bin tona yakın çöp, lif ve toz şeklinde çay artığının elde edildiği bildirilmiştir (Çıtak, Sönmez ve Öktüren, 2006). Yapılan çalışmalar yeşil çay artık ekstraktlarının fenolik bileşiklere ve antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir (Martono, 2010). Çay artıklarından kafein, polifenol, pigment (gıda amaçlı renk maddeleri üretiminde), polimer, hayvan yemi, köpük yapıcı madde, tütün ve ikameleri, bitki büyüme düzenleyicisi ve sirke (çay artığı karışımı ve şeker fermente edilir) üretiminde kullanılmaktadır (Bostancı, 2016).

Yeşil çay artıklarının kullanılması, ekolojik çevreyi korumak ve kaynak kullanımını yönetme açısından önemlidir (Liu, Zhou, Zhao, Chen ve Li, 2014). Fakat literatürde demlenmiş yeşil çay artıklarının değerlendirilmesi üzerine pek fazla çalışma bulunmamaktadır. FAO (2011) verilerine göre Dünya gıda artıklarının %42'sinin evsel artık olduğu düşünülecek olursa demlenmiş yeşil çay artıklarının değerlendirilmesi hem ekonomik hem de çevresel anlamda büyük öneme sahiptir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çipura (*Sparus aurata* L.) derisi, Türkiye’de balık üretimi yapan Dardanel Önentaş Gıda San. A.Ş.’den derisiz fileto üretim artığı olarak temin edilmiştir.

Şarap fermentasyon artığı, Kırklareli ilinde bulunan yerel bir şarap üretim firmasından (Vino Desera Şarapçılık A.Ş.) *Cabernet Sauvignon* üzümünün şarapçılık artığı olarak temin edilmiştir.

Nar kabukları, Kırklareli ilinde bulunan yerel bir marketten aynı olgunlukta seçilmiş narlardan, demlenmiş yeşil çay artığı ise yerel bir kafeden temin edilmiştir.

Balık artıkları, üzüm posası, nar kabukları ve demlenmiş yeşil çay artığı denemelerde kullanılana kadar -18°C’ de muhafaza edilmiştir. Balık jelatinin ticari jelatinle karşılaştırılması amacı ile katkı maddesi tedarik eden ulusal bir firmadan (BHR-0290-000, MYTEK bilişim A.Ş) ticari sığır jelatini (SG) temin edilmiştir.

3.2. Balık Jelatini Ekstraksiyonu

Balık derisinden jelatin eldesinde Garcia ve del Carmen Guillen (2003)’nin önerdiği metot kullanılmıştır. Jelatin üretim akım şeması Şekil 3.1’ de verilmiştir. Dondurulmuş pullu balık derileri bir makas yardımı ile küçük parçalar (3x3 cm) halinde kesilmiş ve musluk suyu ile yıkanmıştır. Kesilen deriler 5°C’ deki 0,5 M NaCl içerisine daldırılarak 5 dakika boyunca bir baget yardımı ile karıştırılmıştır. Deriler daha sonra NaOH içeren (1:5 w/v) beherlerde, çalkalamalı inkübatör cihazı (The Lab Companion, IS-971R) ile 20°C’ de ve 180 rpm karıştırma hızında 40 dakika boyunca çalkalanmıştır. Daha sonra deriler distile su ile 3 kez yıkanmıştır. Ekstraksiyonun ikinci aşamasında şişen deriler 0,1 M asetik asit çözeltisi ile 50°C’ de ve 180 rpm karıştırma hızında 18 saat boyunca ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstrakte edilen balık jelatini çözeltisi filtre kağıdından geçirilip etüvde 70°C’ de kurutulmuştur. Elde edilen yaprak jelatinler kolay muhafaza edilmesi ve hızlı çözünmesi için öğütülmüş (Delonghi, KG49) ve vakum paketlenerek (Abant, MG42) -18°C’ de muhafaza edilmiştir. Jelatin verimi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Jelatin Verimi} = (\text{Jelatin Ağırlığı} / \text{Balık Derisi Ağırlığı}) \times 100 \quad (3.1)$$

Balık derileri musluk suyuyla yıkanır.



Deriler 3*3cm boyutunda kesilir ve tartılır.



Deriler 0,5 M NaCl çözeltisi içerisinde (1:5) 5°C'de 10-15 dk karıştırılır.



Musluk suyuyla iyice yıkanır.



0,1 M NaOH çözeltisi içerisinde (1:5) 20°C'de 50 dk çalkalamalı inkübatörde karıştırılır.



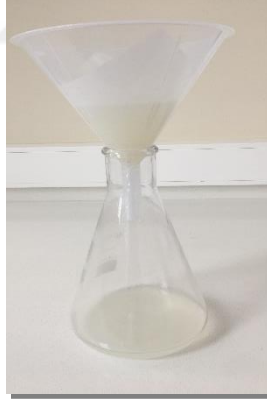
Deriler 3 kez saf sudan geçirilir.



0,1 N Asetik asit çözeltisi içerisinde (1:5) 50°C'de 18-20 saat çalkalamalı inkübatörde bekletilir.



Karışım kaba filtrasyon ile ayrılır. Ve filtrat 70-80°C'de 20-22 saat kurutulur.

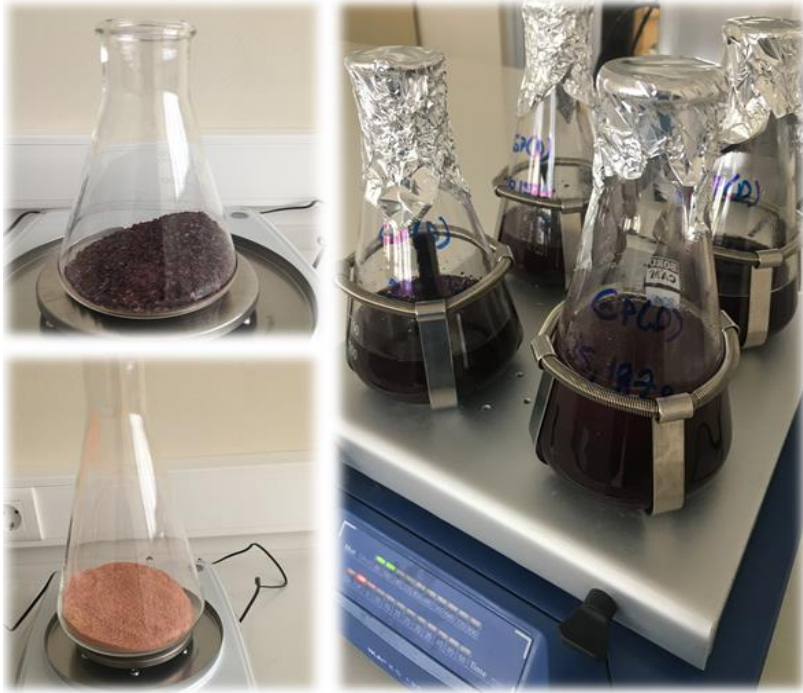


Yaprak Jelatin

Şekil 3.1. Jelatin üretim akım şeması

3.3. Tarımsal Artıkların Ekstraksiyonu

Üzüm posası, yeşil çay artığı ve nar kabukları etüvde 40°C’ de nem oranları %5’ten az olacak şekilde kurutulmuştur. Kurumuş artıklar ekstraksiyonu kolaylaştırmak amacıyla öğütülmüş, ardından 1:5 (w/v) oranında %70 etanol çözeltisi ile muamele edilmiştir. Ekstraksiyon üzüm posasında oda sıcaklığında 48 saat (Cerrutti vd., 2011), nar kabuğunda 40°C’ de 2 saat (Yuan, Lv, Tang, Zhang ve Sun, 2016) ve yeşil çay artığında ise 30°C’ de 10 dakika (Demir, Serdar ve Sökmen, 2015) çalkalamalı inkübatörde (The Lab Companion, IS-971R) gerçekleştirilmiştir. Ardından ekstraktlar kaba filtre kağıdından geçirilmiş ve rotary evaporatör (SCI LOGEX, RE 100-PRO) yardımıyla 50-55°C’de çözenleri uçurulmuştur. Ekstraktlar balondan distile su kullanılarak alınmıştır. Tarımsal artık ekstraktları fenolik bileşen kaybını önlemek ve daha homojen solüsyonlar elde etmek amacıyla sulu bırakılmıştır. Bu yüzden de üzüm posası ekstraktı (GPE), yeşil çay artığı ekstraktı (GTE) ve nar kabuğu ekstraktı (PPE) analizlerde kullanılabilece kadar -18°C’ de muhafaza edilmiştir (Cerrutti vd., 2011). Tarımsal artık ekstraksiyonu görüntüsü Şekil 3.2’ de verilmiştir. Ekstraktların verim, nem ve kül miktarları kuru madde ağırlığı üzerinden yüzdece hesaplanmıştır (AOAC, 2006).



Şekil 3.2. Tarımsal artık ekstraksiyonu

3.4. Tarımsal Artık Analizleri

Tarımsal artıkların kuru madde ve kül içerikleri AOAC (2006) metoduna göre belirlenmiştir. Örnekler kül analizi 550°C’ de kül fırınında, kuru madde analizi ise 105°C’de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılması ve kurutulması ile gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Mineral Bileşimi

Mineral madde konsantrasyonlarını ölçmek amacıyla ICP-OES Cihazı (SpectroBlue, Spectro) kullanılmıştır. Öncelikle kurutulmuş örnekler, mikrodalga yakma ünitesinde (CEM MARS 6) nitrik asit ile teflon mikrodalga tüpleri kullanılarak parçalanmıştır. Daha sonra numuneler soğutulmuş ve ultra saf su ile seyreltilip filtre edilerek ICP-OES için hazır hale getirilmiştir. Mineraller (Na, Ca, Mg, K, Zn, Cu vb.) ICP-OES ile ölçülerek standartlar eğrilerine göre konsantrasyonları hesaplanmıştır. Argon gazının plazmaya, yardımcıya ve nebülizöre akış hızları sırasıyla 12, 1 ve 1 L/dakikadır (EPA Method 3052 1996).

3.4.2. Toplam Fenolik Madde

Tarımsal artık ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı, fenolik bileşiklerin alkali ortamda Folin-Ciocalteu çözeltisi ile verdiği rengin spektrofotometrede (SHIMADZU 02910) ölçümü ile saptanmıştır. Bunun için uygun oranda seyreltilmiş ekstraktlar alınarak, üzerlerine Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenip 5 dakika bekletildikten sonra doymuş Na₂CO₃ çözeltisi eklenip 120 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Absorbansları 760 nm’de ölçülmüştür. Gallik asit ile çizilen standart eğri kullanılarak hesaplama yapılmış ve sonuçlar gallik asit eşdeğer cinsinden mg GAE/g olarak verilmiştir (Özbek Yazıcı, Aşkın ve Kaynarca, 2020).

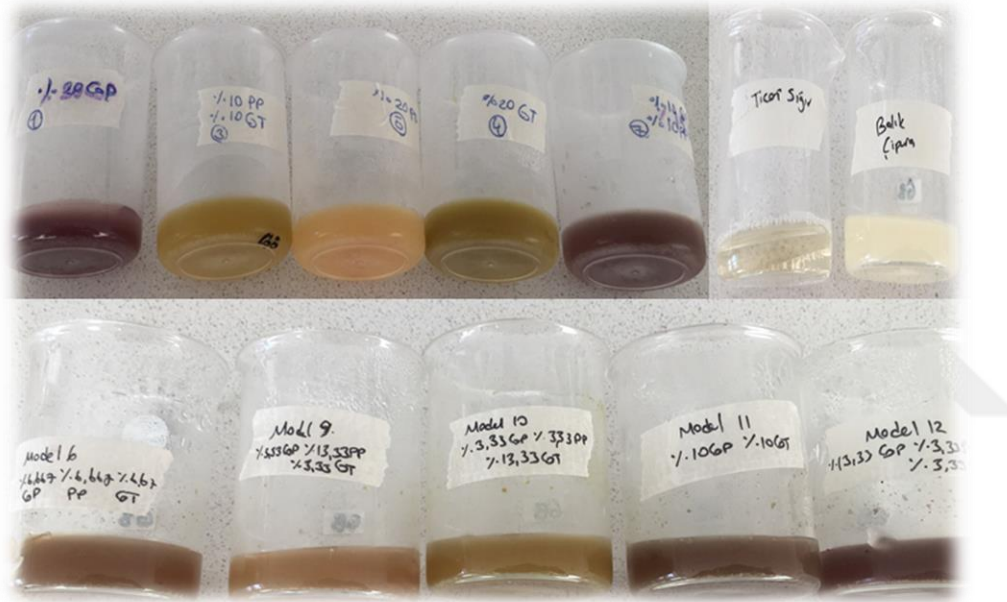
3.4.3. Fenolik Bileşen Kompozisyonu

Tarımsal artıkların fenolik madde bileşimi Bayram vd. (2020) metodu referans alınarak yapılmıştır. Örnek ve ekstraksiyon solüsyonu (su:metanol:formik asit, 79:20:1, v/v/v) 1:10 oranında karıştırılmıştır. Ardından 22400xg’ de 5 dakika boyunca santrifujlenmiştir. Berrak süpernatant analiz için Sıvı Kromatografi Tandem Kütle/Kütle Spektrometresine yüklenmiştir (LC-MS/MS). LC-MS/MS, elektrosprey iyonizasyon ara yüzü ile donatılmış üçlü kuadropol kütle spektrometresine sahip bir Agilent 6460 sistemi kullanılarak oluşturulmuştur (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA). Cihaz parametreleri

iyonizasyon modu ESI pozitif, gaz akış hızı 10 L/dakika, gaz sıcaklığı 275°C ve Nebulizer 45 psi olarak belirlenmiştir.

3.5. Jelatin Solüsyonlarının Hazırlanması

Jelatin modifikasyonunda farklı tarımsal artıkların ekstraktları kullanılacağı için Design Expert 7.0.0 programının Mixture metodu üzerinden Simplex lattice tasarımı kullanılarak deneme modeli oluşturulmuştur. Çizelge 3.1’de verilen deneme modeline göre çalışmamızda toplam 14 örnek bulunmaktadır. Model karışımlarının görüntüleri Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3. Modelleme karışım jelatin solüsyonları

Kontrol solüsyonundaki jelatin miktarı %6,67 (g/ml) oranında olup, yapılan ön deneme sonuçlarına göre toplam ekstrakt ilavesi jelatin ağırlığının %20’sini aşmayacak şekilde belirlenmiştir. Sulu ekstraktlar, jelatin solüsyonlarına %kuru madde oranları üzerinden hesaplanarak ilave edilmiştir. Deneme modeline göre ekstraktlar, yüzdece jelatin ağırlığının 20; 13,333; 10; 6,667 ve 3,333’ü olacak şekilde ilave edilmiştir. Deney tasarımında belirtilen yanıtlar baz alınarak en etkili deneme modeli, programda istatistiksel ve matematiksel modellemeye tabi tutulduktan sonra belirlenmiştir. Burada nihai amaç deneysel karmaşıklığı giderip önemli bulunan model ile yüksek kalitede balık jelatini elde etmektir. Solüsyonlar oda sıcaklığında 1 saat boyunca bekletilerek hidratize edildikten sonra jelatin çözünene kadar

çalkalamalı inkübatör yardımıyla 20 dakika 65°C’de 180 rpm’ de karıştırılmıştır. Ardından sulu ekstraktlar ilave edilmiş ve 50°C’ de 10 dakika daha karıştırılmıştır. Karışımlar oda sıcaklığına gelince jel formuna gelmesi için 4°C’ de buzdolabında 16-18 saat dinlendirilmiştir (Cai vd., 2017).

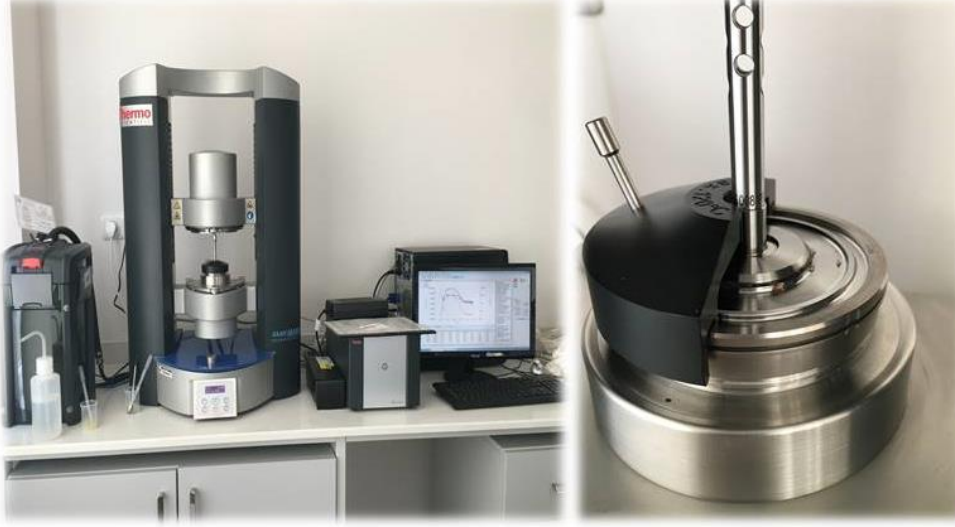
Çizelge 3.1. Karışım dizaynının, simplex lattice tasarımı kullanılarak oluşturulan deneme modeli

	Sıra	İçerik 1 GPE (%)	İçerik 2 PPE (%)	İçerik 3 GTE (%)	Yanıt 1 k_{gel}	Yanıt 2 Jelleşme Derecesi (°C)	Yanıt 3 Erime Derecesi (°C)	Yanıt 4 Jel Kuvveti (Pa)	Yanıt 5 T_{model} (s)
M1	1	20,000	0,000	0,000	-	-	-	-	-
M2	2	20,000	0,000	0,000	-	-	-	-	-
M3	3	0,000	10,000	10,00	-	-	-	-	-
M4	4	0,000	0,000	20,000	-	-	-	-	-
M5	5	0,000	20,000	0,000	-	-	-	-	-
M6	6	6,667	6,667	6,667	-	-	-	-	-
M7	7	10,000	10,000	0,000	-	-	-	-	-
M8	8	0,000	0,000	20,000	-	-	-	-	-
M9	9	3,333	13,333	3,333	-	-	-	-	-
M10	10	3,333	3,333	13,333	-	-	-	-	-
M11	11	10,000	0,000	10,000	-	-	-	-	-
M12	12	13,333	3,333	3,333	-	-	-	-	-
M13	13	0,000	20,000	0,000	-	-	-	-	-
M14	14	10,000	10,000	0,000	-	-	-	-	-

3.6. Tarımsal Artık İlaveli Jelatin Jellerinin Reolojik Özellikleri

Jelatin solüsyonlarına (%6,67; w/v), reolojik analizler peltier sistemli kontrollü gerilim reometre cihazı (Thermo Scientific, HAAKE MARS III) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler yapılırken prop başlığı olarak 35 mm çapında paralel plakalı geometri (PP35TiL)

kullanılmış ve mesafe 850 µm olarak ayarlanmıştır. Veri analizi ise Rheo Win Job Manager® programı kullanılarak belirlenmiştir. Tüm testler üç paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan reometrenin görüntüsü Şekil 3.4' te verilmiştir.



Şekil 3.4. Reometre

3.6.1. Jelleşme Kinetiği

Jel kinetiği parametrelerini belirleme amacıyla Kuan ve ark. (2016) tarafından belirtilen metot referans alınıp ürüne göre bazı modifikasyonlar yapılarak time sweep analizi gerçekleştirilmiştir. Balık jelatin jelleri (sol-jel durumunda), reometre plakasına 24°C'de konulmuştur. Ve ürünün dengeye gelmesi için ilk olarak sıcaklık 24°C'den 10C'ye 1°C/dakika hızda düşürülerek temperature sweep yapılmıştır. Lineer viskoelastik bölgeleri belirlenen örneklere 10°C'de 4000 saniye boyunca 1 Hz sabit frekansta ve %1 gerilme amplitüdünde time sweep analizi yapılmıştır. Sonuçlar, cihazla birlikte verilen yazılım kullanılarak belirlenmiştir. Elastik sertliğin ölçüsü, birikim modülü (G') olarak, viskoz sertliğin ölçüsü ise kayıp modülü (G'') olarak ifade edilmiştir.

Time Sweep analizi süresince bulunan G' değerleri, jelleşme oranları için kullanılan aşağıda verilen logaritmik fonksiyona yerleştirilmiştir.

$$G_t = k_{gel} \ln(t_{gel}) + C \quad (3.2)$$

Burada G_t ; t süredeki G' değerini, t_{gel} ; jelasyon süresini, C ; logaritmik denklem sabitini ve k_{gel} ise jelleşme hızı sabitini göstermektedir. Time sweep analizinden sonra hedef birikim modülünü (G'_{ref}) belirlemek için model olarak sığır jelatin jeli kullanılmıştır. Bir jelleşme sisteminin G'_{ref} ' e ulaşması için gereken süre (t_{model}) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır. Bu denklem ile sığır jeli kullanılarak elde edilen jelasyon süresine model jellerin ne kadar sürede eriştiği belirlenmiştir.

$$t_{model} = e^{(G'_{ref}-C)/k_{gel}} \quad (3.3)$$

3.6.2. Jel Kuvvetinin Belirlenmesi

Bu analiz ile jelin depolama şartlarına uygunluğunun bir göstergesi olarak, jele uygulanan açısız dönme hızına karşı, gösterdiği stabilite gözlemlenmiştir. Jel kuvveti, time sweep testinden sonra 0,1-10 Hz (Anvari ve Chung 2016) aralığında ve %1 gerilme amplitüdü uygulanarak frequency sweep test ile belirlenmiştir (Kuan vd., 2016). Bu amaçla depolama uyumluluğu J' aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$J' = \frac{G'}{G'^2 + G''^2} \quad (3.4)$$

Jel kuvveti (G_N^0), depolama şartlarına uygunluk değeri (J_N^0) ile ilişkilidir. J_N^0 , G'' değerinin en düşük olduğu frekansı gösterir (Ferry, 1980).

$$G_N^0 = \frac{1}{J_N^0} \quad (3.5)$$

3.6.3. Jelleşme ve Erime Sıcaklıkları

Jelatin solüsyonlarının jelleşme ve erime sıcaklıklarını belirlemek için temperature sweep analizi yapılmıştır. Time sweep ve frequency sweep analizinin ardından örnekler 10°C'ye ısıtılmış burada dengeye geldikten (5 dakika) sonra 40°C'ye 1°C/dakika oranda ısıtılmıştır ve ardından 10°C'ye geri soğutulmuştur. Birikim modülünün azaldığı ve aynı zamanda kayıp modülünün arttığı kesişim noktası erime sıcaklığı olarak kabul edilmiştir. Jelleşme sıcaklığı ise elastik modülün önemli ölçüde yükseldiği nokta olarak kabul edilmiştir. Soğutma prosesinde, G' ve G'' nin kesiştiği sıcaklık sol-jel dönüşüm veya jel oluşum noktası olarak kabul edilmektedir (Sarbon, Badii ve Howel, 2013).

3.7. Optimum Reolojik Özelliklere Sahip Balık Jelatinin Ticari Sığır Jelatini ve Kontrol Balık Jelatini ile Karşılaştırılması

Bu kısımda reolojik analiz sonuçlarına göre optimum sonucu veren örnek (OG), ticari sığır jelatini (SG) ve tarımsal artık ilave edilmemiş çipura derisinden elde edilen kontrol balık jelatini (ÇG) ile fizikokimyasal ve bir takım teknolojik özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır.

3.7.1. Fizikokimyasal Analizler

Örneklerin kül, nem, protein ve pH değerleri AOAC (2006) metoduna göre belirlenmiştir. Renk parametreleri olan L*-parlaklık, a* (kırmızı-yeşil) ve b* (sarı-mavi) değerleri Konica Minolta Chromo Meter CR-5 cihazı ile belirlenmiştir.

3.7.2. Amino Asit Kompozisyonu

Aminoasit analizi elektrosprey iyonizasyon ara yüzü ile donatılmış üçlü kuadropol kütle spektrometresine sahip bir Agilent 6460 sistemi kullanılarak oluşturulmuş LC-MS/MS (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA) cihazında yapılmıştır. 1 g örnek falcon tüpü içerine konmuş ve üzerine 10 ml ultra saf su ilave edilmiştir. Bu solüsyon önce 1 dakika vorktekslenmiş ardından 45°C’de 15 dakika ultrasonik su banyosunda tutulmuştur. Solüsyonlar 13.500 rpm hızda 5 dakika santrifüjlenmiş ve 50 µL berrak süpernatant, 50 µL standart çözelti ve 900 µL ekstraksiyon solüsyonu (mobil faz A, metanol, asetonitril: v:v:v, 5:15:15) ile karıştırılmış ve numune LC-MS/MS sistemine enjekte edilmiştir (Bayram vd., 2021). Cihaz parametreleri iyonizasyon modu ESI negatif, gaz akış hızı 10 L/min, gaz sıcaklığı 300°C ve Nebulizer 40 psi olarak belirlenmiştir.

3.7.3. Mineral Madde Bileşimi

OG, ÇG ve SG örneklerinin mineral madde bileşimleri yukarıda 3.4.1’ nolu başlık altında belirtildiği gibi uygulanmıştır.

3.7.4. İzoelektrik Nokta

Jelatin numunelerinin ζ potansiyeli, oda sıcaklığında bir zeta potansiyel analizörü (Zetasizer Nano ZS-90, Malvern Instruments, UK) kullanılarak Kaewruang vd. (2014)

metoduna göre ölçülmüştür. Toz jelatin örneklerinin saf su ile %0,05'lik çözeltileri hazırlanarak ölçüm yapılmıştır. Optimum örnek okumalar için önce liyofilize edilmiştir. pH 1M HCl veya NaOH kullanılarak 7,0'a ayarlanmıştır.

3.7.5. Turbidity

Jelatin örneklerinin saf su ile hazırlanan %6,67'lik çözeltilerinin bulanıklığı UV spektrofotometre (SHIMADZU 02910) kullanılarak 360 nm'de saf suya karşı absorbansın okunması ile ölçülmüştür (Kittiphattanabawon, Benjakul, Visessanguan ve Shahidi, 2010).

3.7.6. Su Tutma ve Yağ Bağlama Kapasitesi

Su tutma ve yağ bağlama kapasitesini belirlemek için 0,5 g toz jelatin örneği falcon tüpüne konulup, tartımı yapılmıştır. Ardından 50 ml saf su ve 10 ml mısır özü yağı ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Bu süre zarfında örnekler 15 dakikada bir 5 saniye vortekslenmiştir. Ardından 450xg'de 20 dakika santrifüjlenmiş (Beckman Coulter, Allegra X-22R) ve üst faz uzaklaştırıldıktan sonra örnekler tekrar tartılmıştır. Örneklerin başlangıç miktarına göre tutulan su ve yağ miktarları gram cinsinden hesaplanmıştır (Ninan, Joseph ve Aliyamveetil, 2014).

3.7.7. Köpük Oluşturma ve Stabilitesi

1 g toz jelatin 50 ml saf suda 60 °C' de çözündürülmüştür. Ardından 20 ml solüsyon (V_0) alınıp 1000 rpm de 5 dakika homojenize (Wisd, HG-15D) edilmiştir. Homojenize edilen örnekler hızla 50 ml'lik dereceli silindire alınmış ve hacimleri ölçülmüştür (V_a). 30 dakika bekledikten sonra solüsyonların hacmi tekrar ölçülmüştür (V_b). Ve aşağıdaki formül ile köpük oluşturma ve stabilize hesaplanmıştır (Ninan, Joseph ve Aliyamveetil, 2014):

$$\text{Köpük oluşturma kapasitesi} = \left(\frac{V_a}{V_0}\right) \times 100 \quad (3.6)$$

$$\text{Köpük stabilitesi} = \left(\frac{V_b}{V_0}\right) \times 100 \quad (3.7)$$

3.7.8. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) ile Camsılığa Geçiş Sıcaklığı

Örneklerde camsılığa geçiş sıcaklığı (T_g), denatürasyona geçiş sıcaklığı (T_u) ve katı erime sıcaklığı (T_m) belirlenmeye çalışılmıştır. Yüksek nemli ürünlerde uçucu maddelerin

kaçışı kolay olduğu için liyofilize örnekler ile çalışılmıştır. 5-10 mg toz örnek alüminyum kap içerisine tartılmış ve hermetik olarak kapatılmıştır. Referans kap olarak boş sızdırmaz alüminyum bir kap kullanılmış ve önden darası alınmıştır. Referans ve örnek DSC cihazına (Mettler Toledo DSC Star System, MTTA20100952) yüklenmiştir. Kullanılan cihazın görüntüsü Şekil 3.5' te verilmiştir. Örnekler cihaza yüklendikten sonra sıcaklık -80°C 'ye soğutulmuş burada 5 dakika dengeye gelmesi için beklenmiş ardından $10^{\circ}\text{C}/\text{dakika}$ hızla 250°C 'ye ısıtılmıştır. Analiz sırasında taşıyıcı gaz olarak $10\text{ml}/\text{dakika}$ akış hızında nitrojen gazı kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Diferansiyel taramalı kalorimetrisi (DSC) cihazı

3.7.9. Bloom Derecesi ve Tekstür Profil Analizleri (TPA)

Bloom derecesini belirlemek için 7,5 g toz jelatin örneği 105 ml saf su ile %6,67'lik çözelti olacak şekilde 65°C ' de manteyik karıştırıcıda çözündürülmüştür. Çözündürülen örnek 15 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra buzdolabında 4°C ' de 18 saat dinlendirilmiştir. Soğutulan örnekler hızla tekstür cihazına (Texture Analyzer, T.A.HDPlus) yüklenmiştir. Analizde 50 mmsilindir probu (P/50) kullanılmıştır. Test hızı $0,5\text{ mm/s}$ olacak şekilde ayarlanmıştır. Cihaz 4 g'lık bir tetikleme kuvveti elde ettikten sonra, prob jel içinde 4 mm derinliğe inmiş ve ardından maksimum kuvvet okuması (penetrasyona karşı direnç) yapılmıştır. Burada elde edilen değer jelin bloom değeri (g) olarak kabul edilmiştir.

Tekstür profil analizinde (TPA) test hızı 1mm/s olarak belirlenmiş, hedef modu: gerinim, gerinim: %75, süre: 5,0 saniye, tetikleyici türü: otomatik (kuvvet); tetikleme kuvveti: 5 g olarak ayarlanmıştır. Her numune için üç ölçüm yapılmış ve her parametre için ortalama değer rapor edilmiştir. Bir kuvvet-zaman grafiği oluşturulmuş ve sertlik (Hardness), tutunabilirlik (Cohesiveness), yapışkanlık (Adhesiveness), yaylanabilirlik (Springiness), esneklik (Resilience), sakızımsılık (Gumminess), ve çiğnenebilirlik (Chewiness), değerleri cihazla birlikte verilen yazılım yardımıyla hesaplanmıştır (Chandra ve Shamasundar, 2015). Analizde kullanılan cihaz ve numuneler Şekil 3.6' te verilmiştir.



Şekil 3.6. Tekstür cihazı ve analiz için hazırlanan numuneler

3.7.10. Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi (FTIR) ile Konformasyonel Yapının Belirlenmesi

Liyofilize edilen OG, ÇG ve SG örneklerinin konformasyonel yapıları ATR-FTIR (Bruker, Vertex 70 ATR, Bruker UK Limited) ile tespit edilmiştir. FTIR spektrofotometresinde okumalar toz örneklerde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin taramaları oda sıcaklığında $4000-400\text{ cm}^{-1}$ spektral aralığında, 2 cm^{-1} tarama çözünürlüğünde kaydedilmiştir. Spektrumların ortalamaları cihaz ile birlikte gelen program kullanılarak elde edilmiştir.

3.7.11. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Görüntüleme

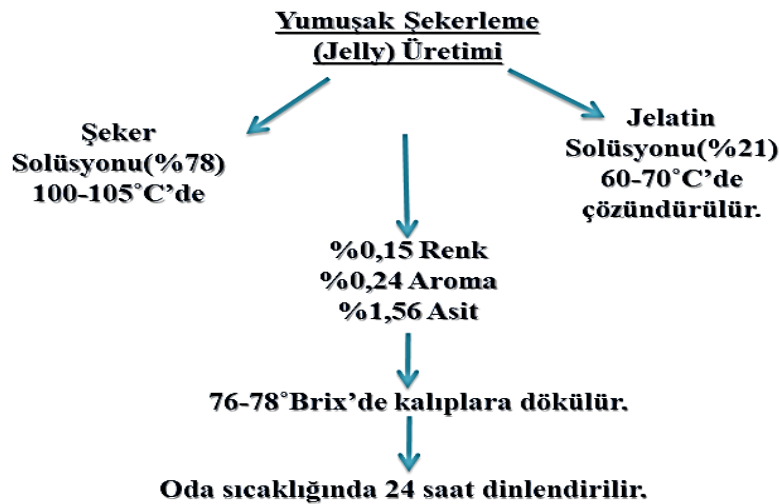
Optimum balık jelatini, çipura balık derisi jelatini ve ticari jelatinin mikroyapısal özellikleri FEİ (QUANTA FEG 250) taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiş ve gerekli görüntüler fotoğraflanmıştır.

3.8. SG, ÇG ve OG İlaveli Model Gıda Üretimi

Balık jelatini ve optimum balık jelatinin model gıdalarda yapıya katkısını görebilmek ve ticari jelatin ile kıyaslamak adına OG, ÇG ve SG ilaveli yumuşak şekerleme, dondurma ve puding üretilmiştir.

3.8.1. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerleme (Jelly) Üretimi

Yumuşak şekerleme üretiminde ilk adım olarak %50'lik jelatin solüsyonu tamamen çözününceye kadar manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Ayrı bir yerde 40 g glikoz şurubu, 31 g sakkaroz ve 9 g saf su 100-105°C'de tamamen eritilmiştir. Jelatin solüsyonuna; renk, aroma ve asit toplam karışımında sırasıyla %0,24, 0,15 ve 1,56 olacak şekilde ilave edilmiştir. Bu karışım hızla şeker solüsyonuna eklenmiş manyetik karıştırıcıda karıştırılarak homojen hale getirilmiş ve aynı esnada Brix ölçümü alınmıştır. Brix 76-78° aralığına eriştiğinde pişirme işlemine son verilmiş ve karışım hızla kalıplara dökülmüştür.

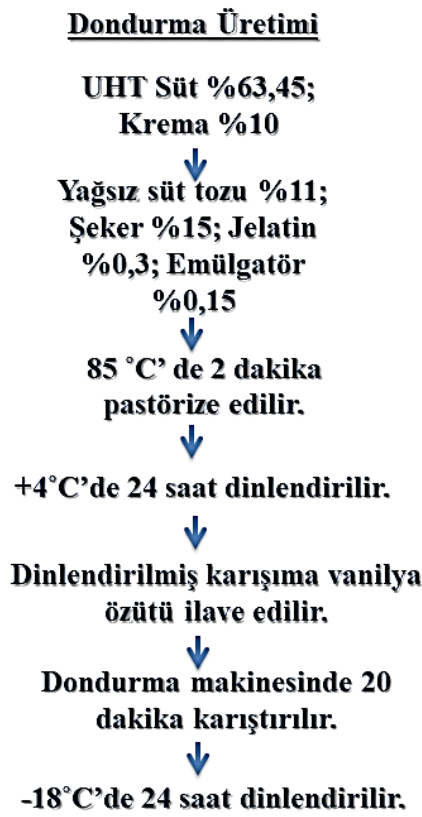


Şekil 3.7. Yumuşak şekerleme üretim akım şeması

Kalıplara alınan yumuşak şekerleme solüsyonları oda sıcaklığına getirildikten sonra 20 °C’de 24 saat dinlendirilmiştir (Hartel, Joachim ve Hofberger, 2018). Jelly üretimine ait akım şeması Şekil 3.7’ te verilmiştir.

3.8.2. Jelatin İleveli Dondurma Üretimi

Jelatin ilaveli dondurma üretimi için 100 ml UHT süt (İçim, %3 yağlı), krema (İçim, %35 yağlı) ilebir behere tartılmış ve 50°C’ de sıcak su banyosuna konulmuştur. Toz karışımlar (Şeker, Süt tozu, Jelatin ve Emülgatör) ayrı bir beherde birleştirilmiştir



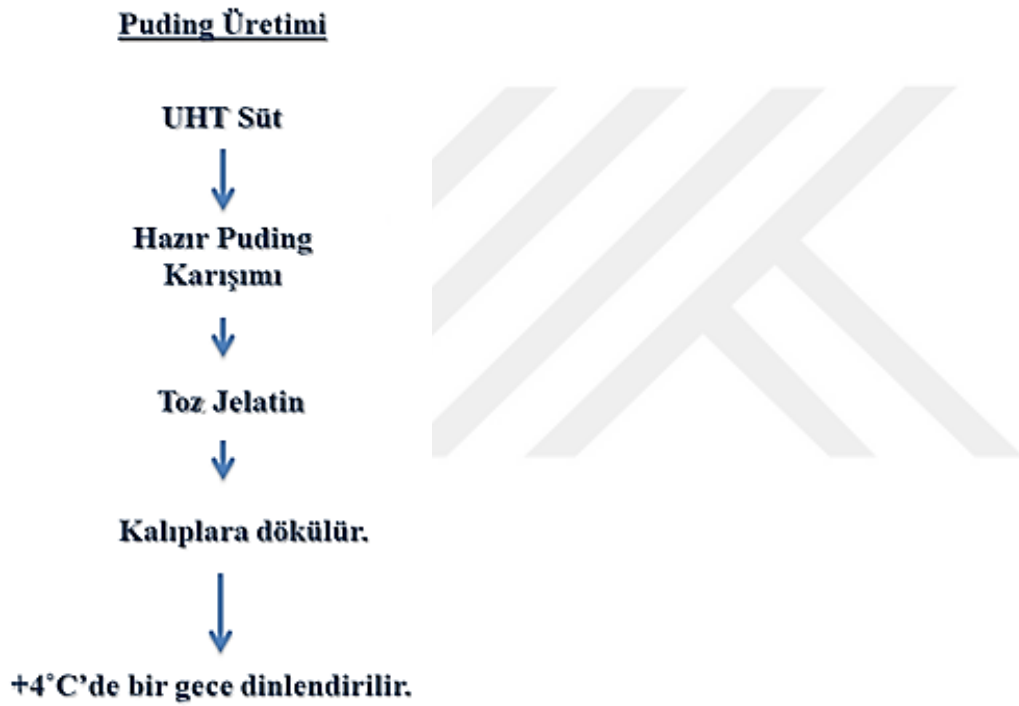
Şekil 3.8. Dondurma üretim akım şeması

Katı karışım 50°C’deki sıvı karışıma yavaş yavaş ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcıya alınmıştır. Karışım 85°C’ye gelince bu sıcaklıkta 2 dakika pastörize edilmiştir. Istıctıdan alınan örnekler 50°C’ye soğutulmuş ve 2 dakika karıştırıcı (Arzum, AR1032 Shake’N Take) ile homojenize edilmiştir. Oda sıcaklığına soğutulan karışımlar 4°C’de 18-24 saat dinlendirilmiştir. Dinlendirilen karışımlar dondurma makinesine konmadan önce vanilya özütü ilave edilmiş bir baget yardımı ile hafifçe karıştırılmıştır. Karışımlar dondurma

cihazında (Delonghi, ICK5000 II Gelataio) 20 dakika boyunca hem karıştırılmış ve hem de soğutulmuştur. Hacim kazanan örnekler plastik kapaklı kaplar ile -18°C’ de 24 saat dinlendirilmiş ve hızla analizleri yapılmıştır (BahramParvar, Razavi ve Khodaparast, 2010). Dondurma üretimi Şekil 3.8’ da verilmiştir.

3.8.3. Jelatin İlaveli Puding Üretimi

750 ml UHT süt (İçim, %3,5 yağlı) içerisinde toplam karışımda % 1 olacak şekilde toz jelatin ilave edilmiş ve hidrate olması için oda sıcaklığında bekletilmiştir.



Şekil 3.9. Puding üretim akım şeması

Ardından hazır kakaolu puding karışımı (Dr.Oetker) sıvı karışıma ilave edilmiştir. Karışım 60°C’de su banyosunda 10 dakika çalkalanmış ardından manyetik karıştırıcıda 85-90°C arasında ısıtılmıştır. Bu sıcaklıkta 2-3 dakika karıştırarak kaynatılmış, sıcakken kaplara dökülmüştür. Oda sıcaklığına gelen ürünler 4°C’de bir gece dinlendirilmiştir. ÇG, OG ve SG ilaveli puding üretim şeması Şekil 3.9’ de verilmiştir. Ürüne ilave edilecek jelatin miktarı Schreiber ve Gareis (2007)’ ın belirttiği %0,3-3,0 aralığında tutulmuştur.

3.9. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerleme Analizleri

SG, ÇG ve OG ilaveli yumuşak şekerleri fizikokimyasal ve teknolojik özellikleri bakımından kıyaslamak amacıyla bir takım analizler yapılmıştır.

3.9.1. Yumuşak Şekerlerin Fizikokimyasal Analizleri

Örneklerin kül, nem, protein ve pH değerleri AOAC (2006) metoduna göre belirlenmiştir. Renk parametreleri olan L*-parlaklık, a* (kırmızı-yeşil), b* (sarı-mavi) C*(Chroma), h* (Hue açısı) ve Y (opaklık) değerleri Konica Minolta Chromo Meter CR-5 cihazı ile belirlenmiştir.

3.9.2. Yumuşak Şekerlerin Reolojik Karakterizasyonu

SG, ÇG ve OG ilaveli jelly ürünlerinin dinamik kayma davranışlarını belirlemek için ürünler önce 50°C'de eritilmiş ve 1mm analiz boşluğunda cihaza (Thermo Scientific, HAAKE MARS III) yüklenmiştir. Prob olarak çapı 35 mm olan (P35TiL) paslanmaz çelik paralel plaka kullanılmıştır. Numunelerin doğrusal viskoelastik bölgesi (LVR) belirlendikten sonra LVR bölgesinde 20°C'de frekans tarama testi yapılmış ve frekans aralığı 0,1-10 Hz aralığında uygulanmıştır (Mohd Rasidek vd., 2018). Böylece G' (depolama modülü, elastik rijitlik ölçüsü) ve G'' değerleri (kayıp modülü, viskoz sertliğin bir ölçümü) ölçülmüştür. Örneklerin G' ve G'' değerlerinin kıyaslanması için Ostwald de Waele (Power Law) modeli kullanılmıştır;

$$G' = K(\omega)^n \quad (3.8)$$

$$G'' = K(\omega)^n \quad (3.9)$$

Burada G; kayma gerilimini, K; kıvam katsayısını (Pa.sⁿ), ω ; kayma hızını, n ise akış davranış indeksini göstermektedir. Kompleks viskozite ise kompleks modül üzerinden aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$G^* = \sqrt{G'^2 + G''^2} \quad (3.10)$$

$$\eta^* = G^* / \omega \quad (3.11)$$

3.9.3. DSC ile Yumuşak Şekerlerin Erime Testi

Yumuşak şekerlerin erime davranışları Tau ve Gunasekaran (2016)'nın metodunda örneğe göre bir takım değişiklikler yapılarak tespit edilmiştir. 5-10 mg toz örnek alüminyum kaplar içerisine tartılmış ve hermetik olarak kapatılmıştır. Referans kap olarak boş sızdırmaz alüminyum bir kap kullanılmış ve önden darası alınmıştır. Referans ve örnek DSC cihazına (Mettler Toledo DSC Star System, MTTA20100952) yüklenmiştir. Örnekler cihaza 24°C'de yüklenmiş ve burada 2 dakika dengeye gelmesi sağlandıktan sonra 10°C/dakika hızla sıcaklık -70°C'ye düşürülmüş burada da 5 dakika beklenmiş ve ilk erime prosesine başlanmıştır. 10°C/dakika hızla 110°C'ye ısıtılmış ve buradan erime sıcaklığı (T_m) belirlenmiştir. Ardından örnek 24°C'ye geri soğutulmuş ve burada 2 dakika bekletilip sıcaklık -70°C'ye düşürülmüştür. 10°C/dakika hızla 110°C'ye ısıtılmış ve 2. erime prosesi ile de ürünün termal hafızası silinip camsılağa geçiş sıcaklığı (T_g) belirlenmiştir. Analiz sırasında taşıyıcı gaz olarak 10ml/dakika akış hızında nitrojen gazı kullanılmıştır.

3.9.4. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerlerde Duyusal Analizi

Numunelerin duyusal parametreleri (aroma yoğunluğu, tatlılık, sertlik, yapışkanlık, görünüş/renk ve genel beğeni/kabul edilebilirlik) 10 eğitimli panelist tarafından değerlendirilmiştir. Panelistlere tadım arasında su verilmiştir. Değerlendirmede hedonik skala (1-9) kullanılmıştır. Test formu Ek-1'de verilmiştir.

3.10. Jelatin İlaveli Dondurma Analizleri

SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerini fizikokimyasal ve teknolojik özellikleri aşağıdaki analizler ile karşılaştırılmıştır.

3.10.1. Jelatin İlaveli Dondurmaların Fizikokimyasal Analizleri

Örneklerin kül, nem, protein ve pH değerleri AOAC (2006) metoduna göre belirlenmiştir. Renk parametreleri olan L^* -parlaklık, a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) değerleri Konica Minolta Chromo Meter CR-5 cihazı ile belirlenmiş ve WI (beyazlık indeksi) değeri hesaplanmıştır.

3.10.2. Jelatin İlaveli Dondurmalarda Hacim Artışı (Overrun)

Hacim artışı analizi dondurma üretim aşamasında gerçekleştirilmiştir. Dondurma karışımı pastörize edildikten sonra 4°C’de dinlendirilmiş bu dinlendirilen karışımdan 25 ml örnek alınıp tartılmıştır (M_k). Ardından dondurma cihazına konulan ürün 20 dakika sonunda aynı hacimdeki behere hızla doldurulmuş ve tartımı yapılmıştır (M_d). Ürünün hacim artışı 3.10 numaralı denklem ile belirlenmiştir (Milliatti ve Lannes, 2018).

$$\%Hacim\ artışı = \frac{M_k - M_d}{M_k} \times 100 \quad (3.12)$$

3.10.3. Jelatin İlaveli Dondurmaların Yağ Destabilizasyonu

Üzüm posası ilaveli jelatinin dondurmanın ticari özellikleri üzerine etkisini tespit etmek için Sim, Enteshari, Rathnakumar ve Martínez-Monteagudo (2021)’in belirttiği metoda göre yağ destabilizasyonu analizi SG, ÇG ve OG ilaveli örneklere yapılmıştır. 0,5 g dondurma örneği 500 kat saf su ile seyreltilmiştir. 4°C’de 1000 rpm hızda 5 dakika boyunca santrifüjlenmiş ve 10 dakika bekletildikten sonra 540 nm’de saf suya karşı absorbansı okunmuştur. Bu işlem hem dondurma karışımına (A_k) hem de dondurmaya (A_d) uygulanmış ve aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$\% Yağ\ Destabilizasyonu = \frac{A_k - A_d}{A_k} \times 100 \quad (3.13)$$

3.10.4. Jelatin İlaveli Dondurmaların Erime Stabilitesi

Dondurma örneklerinin erime stabilitesini belirlemek için Sen, Palabıyık ve Kurultay (2019)’un metodu referans alınmıştır. Buna göre 25 g örnek 0,5 mm delik çaplı bir elekte 20°C±1°C’de damlamaya bırakılmıştır. İlk damlama süresi not edildikten sonra 15 dakikada bir damlayan miktarın tartımı yapılmıştır. Buna görede % erime oranı belirlenmiştir:

$$\% Erime\ Oranı = \frac{Ermiş\ Dondurma\ Ağırlığı}{Başlangıç\ Dondurma\ Ağırlığı} \times 100 \quad (3.14)$$

3.10.5. Jelatin İlaveli Dondurmaların Reolojik Karakterizasyonu

Tarımsal artık ilaveli jelatinin dondurma örneklerinin akış davranışları üzerine etkisini incelemek için reometre cihazında yatışkan kesme (steady shear) analizi yapılmıştır. Analiz mesafesi olarak 1 mm seçilmiş ve paralel plaka kullanılmıştır. 0°C’de 1-100s⁻¹ kayma hızında

çalışılmıştır. Reolojik verilere göre örneklerin akış davranışını en iyi tanımlayan Herschel-Bulkley modelinin denklemi kullanılarak parametreler hesaplanmıştır:

$$\tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n \quad (3.15)$$

Herschel-Bulkley modeli için; τ kayma gerilimi (shear stress) (Pa), τ_0 akma gerilimi (yield stress), $\dot{\gamma}$ kayma hızı (shear rate) (s^{-1}), K kıvam katsayısı (consistency index) ($Pa \cdot s^n$) ve n akış davranış indeksini göstermektedir.

3.10.6. Jelatin İlaveli Dondurmaların Erime Davranışı (DSC)

DSC tekniği ile dondurma örneklerinin erime davranışları belirlenmiştir. 5-10 mg numune hermetik olarak sızdırmaz alüminyum kaplara konulmuş ve $-40^\circ C$ 'den $20^\circ C$ 'ye ısıtılarak erime taraması yapılmıştır (Durmaz vd., 2020).

3.10.7. Jelatin İlaveli Dondurmalarda Duyusal Analiz

Numunelerin duyusal parametreleri 10 eğitimli panelist tarafından değerlendirilmiştir. Panelistlere tadım arasında su verilmiştir. Değerlendirmede puanlama 1-10 arasında tutulmuştur. Test sırasında kullanılan formu Ek-2'de verilmiştir.

3.11. Jelatin İlaveli Puding Analizleri

Üzüm posası ile reolojik özellikleri geliştirilen OG'nin SG ve ÇG ile karşılaştırılması için puding örneklerinde kullanımı denenmiş ve bu amaçla bazı analizler yapılmıştır.

3.11.1. Jelatin İlaveli Pudinglerin Fizikokimyasal Analizleri

Örneklerin kül, nem, protein ve pH değerleri AOAC (2006) metoduna göre belirlenmiştir. Renk parametreleri olan L^* -parlaklık, a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) değerleri Konica Minolta Chromo Meter CR-5 cihazı ile belirlenmiştir.

3.11.2. Jelatin İlaveli Pudinglerin Reolojik Karakterizasyonu

Jelatin ilave puding örneklerinin reolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yatışkan akış (Steady shear) davranışları ve dinamik kayma (Dynamic Shear) ölçümleri yapılmıştır. Analizler $20^\circ C$ 'de gerçekleştirilmiştir. Analiz mesafesi olarak 1 mm seçilmiş ve paralel plaka

kullanılmıştır. Frekans taraması ile başlangıçta LVR aralığı belirlenmiş ve 0,1-10 Hz'de dinamik kayma, 1-100s⁻¹ kayma hızında ise yatışkan kesme akış davranışlarını en iyi tanımlayan Power Law modelinin denklemi kullanılarak parametreler hesaplanmıştır.

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n \quad (3.16)$$

Burada Power law modeli için; σ kayma gerilimini (shear stress) (Pa), $\dot{\gamma}$ kayma hızını (shear rate) (1/s), K kıvam katsayısını (consistency index) (Pa.sⁿ) ve n akış davranış indeksini göstermektedir.

3.11.3. Jelatin İlaveli Pudinglerde Serum Ayrılması

Puding örneklerinin serum ayrılması analizi Charoenrein, Tatirat ve Muadklay (2008) belirttiği metot referans alınarak gerçekleştirilmiştir. Falcon tüplerine tartımı yapılan örnekler 4°C'de 5000 rpm hızında 15 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. İşlem sonunda üst faz ayrılmış ve tekrar tartım yapılarak aşağıdaki gibi hesaplama yapılmıştır.

$$\%Serum \text{ Ayrılması} = \frac{\text{Suyu Ayrılmış Jelin Ağırlığı}}{\text{Total Ağırlık}} \times 100 \quad (3.17)$$

3.11.4. Jelatin İlaveli Pudinglerin Duyusal Analizi

Puding örneklerinin duyusal analizi 3.9.4 nolu başlık altın verildiği gibi gerçekleştirilmiştir. Analiz formu ise Ek-3'te sunulmuştur.

3.12. İstatistiksel Analiz

Tüm analizler 3 paralelli olarak yapılmıştır. Veriler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Farklı örnek ortalamalarının karşılaştırılması Duncan çoklu aralık testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz Windows tabanlı SPSS 17.0 (SPSS INC., Chicago, IL,USA) kullanılarak yapılmıştır. Veri analizi için Design Expert (Stat-Ease Inc. version 7.0, Minneapolis) programı da kullanılmıştır. Lineer, kuadratik, kübik ve interaksiyon terimlerinin regresyon katsayıları tespit edilmiştir (P<0,05).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Balık Jelatini ve Tarımsal Artık Ekstrakt Verimi

Fileto çıkarma işleminden sonra kalan balık (*Sparus aurata*) derisinden asidik ekstraksiyonla elde edilen jelatinin verimi %14,38±0,82 olarak belirlenmiştir. Balık jelatini ve ekstrakt verimleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir. Balık jelatin veriminin %6-19 arasında değiştiği ve memeli jelatininden daha düşük ekstraksiyon verimine sahip olduğu, bunun nedeninin yıkama aşamalarında süzme nedeniyle kolajen kaybı veya kolajen hidrolizinin tam olmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Jamilah ve Harvinder, 2002).

Çizelge 4.1. Balık jelatini ve tarımsal artık ekstraktı verimi (%)

Balık Jelatini	Üzüm Posası Ekstraktı	Nar Kabuğu Ekstraktı	Yeşil Çay Demleme Artığı Ekstraktı
14,38 ±0,82	12,03 ±0,04	28,48 ±0,08	7,08 ±0,01

Üzüm posası, nar kabuğu ve yeşil çay demleme artığı ekstrakt verimleri ise sırasıyla % 12,03±0,04; 28,48 ±0,08 ve 7,08 ±0,01 olarak tespit edilmiştir. Artık verimleri kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

4.2. Tarımsal Artık Ekstraktlarına Uygulanan Analizler

Karışım dizayn matematiksel modellememizin optimizasyonu ile tarımsal artık ilavesinin yüzey yanıtlarını nasıl etkilediğini belirlemek için tarımsal artık ekstraktlarının %kuru madde (KM), %kül, toplam fenolik madde, fenolik bileşen kompozisyonu ve mineral madde içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Tarımsal artıkların jelatin solüsyonuna ilavelerinde ve hazırlama proseslerinde fenolik bileşen kaybını minimize etmek için sulu ekstraktları kullanılmış, bundan dolayı jelatin ağırlığı üzerinden ilave edilecek ekstrakt miktarını tespit edebilmek için % KM değerleri belirlenmiştir. GPE’nin % kuru madde ve kül içerikleri sırasıyla 16,91±0,23 ve 1,45±0,11 olarak bulunmuştur. Üzüm posası ekstraktının toplam fenolik madde içeriği ise 194,36±6,68 mg/gGAE olarak belirlenirken, PP’nin %KM ve kül içerikleri sırasıyla 28,72±0,15 ve 4,61±0,00 olarak bulunmuştur. Nar kabuğu ekstraktının toplam fenolik madde içeriği ise 664,56±15,30 mg/gGAE olarak hesaplanmıştır. GTE’nin %KM ve kül içerikleri sırasıyla 9,74±0,07 ve 2,43±0,16 olarak bulunurken,

ekstraktın toplam fenolik madde içeriği 1534,32±30,60 mg/gGAE olarak tespit edilmiştir. %Kül ve KM içerikleri bakımından tarımsal artıklar kıyaslandığında en yüksek değerler nar artığında bulunmuştur. Toplam fenolik madde içeriği en yüksek olan tarımsal artık ise yeşil çay artığıdır.

Çizelge 4.2. GPE, GTE ve PPE'nin fenolik madde, % KM ve % kül içerikleri

	GPE	GTE	PPE
Toplam Fenolik Madde (mg/g GAE)	194,36±6,68 c	1534,32±30,60 a	664,56±15,30 b
%KM	16,91±0,23 b	9,74±0,07 c	28,72±0,15 a
%Kül (Kuru madde)	1,45±0,11 c	2,43±0,16 b	4,61±0,00 a

^{a-c} Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). GPE: Üzüm posası ekstraktı, GTE: yeşil çay demleme atığı ekstraktı, PPE: nar kabuğu ekstraktı.

Üzüm posası artığının toplam fenolik madde miktarı Tournour vd. (2015)'nin üzüm posası etanol/su ekstratında bulunduğu değerden yüksek çıkmıştır. Üzüm posası ekstraktının % kül içeriği Deng, Penner ve Zhao (2011)'nin bulunduğu değerden düşük olduğu görülmüştür. Orak, Yagar ve İsbilir (2012) farklı nar çeşitlerinin meyve suyu, kabuk ve çekirdeklerinin antioksidan ve fenolik madde miktarlarını karşılaştırdıkları çalışmada en yüksek fenolik içeriği nar kabuğunda bulmuşlardır. Fakat buldukları toplam fenolik madde miktarlarının çalışmamızda kullanılan nar kabukları ekstraktlarından oldukça düşük olduğu görülmüştür. Mehder (2013), nar kabuklarındaki % kül oranının çalışmamızdan yaklaşık 1,3 kat yüksek bulmuştur. Nasehi, Torbatinejad, Rezaie ve Ghoorchi (2018) yeşil çay üretim artıklarında fenolik madde miktarını kuru madde üzerinden %12,5 kül miktarını ise %2,7 bulmuşlardır. Çalışmamızda literatür bilgisi kısıtlı olan evsel demleme yeşil çay artığı kullanıldığından sonuçlar farklılık göstermektedir.

4.2.1. Tarımsal Artıkların Fenolik Bileşen Kompozisyonu

Tarımsal artıkların fenolik bileşen ($\mu\text{g/g}$) miktarları ve yakalanma süreleri Çizelge 4.3'te üzüm posası, yeşil çay ve nar artık ekstratlarının LCMS/MS kromatogramları ise sırasıyla Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Tarımsal artıkların üçünde de fenolik bileşenlerin yakalanma süreleri benzer çıkmıştır.

Çizlge 4.3. GPE, PPE ve GTE'nin fenolik bileşen miktarları ve yakalanma süreleri (µg/g ve dakika)

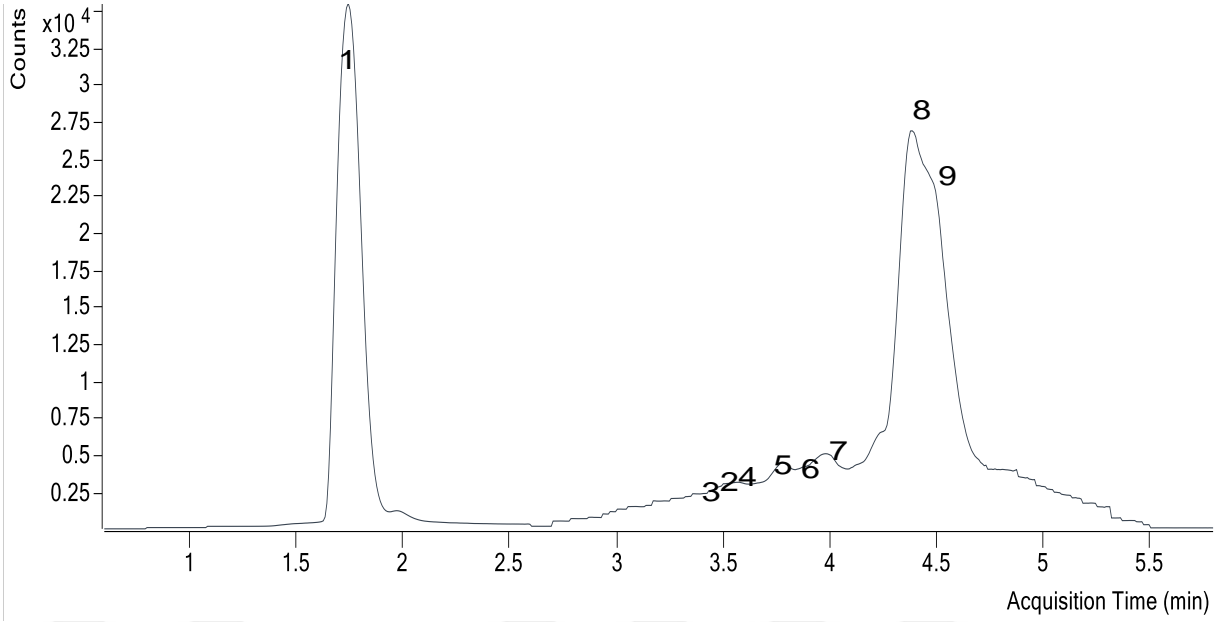
	Fenolik Bileşenler (µg/g)			Yakalanma Süresi (dak.)		
	GPE	PPE	GTE	GPE	PPE	GTE
Gallik Asit	25,73	5,64	48,83	1,76	1,69	1,77
Protokateşik Asit	0,57	0,16	0,75	1,99	2,00	1,98
2,5-Dihidroksibenzoik Asit (Gentisik Asit)	0,06	0,06	0,04	2,06	2,07	2,04
Sirinjik Asit	5,73	0,00	0,00	3,79	3,45	3,73
Salisilik Asit	0,03	0,00	0,18	3,69	3,79	3,68
Kafeik Asit	2,41	0,51	0,68	3,77	3,78	3,70
Klorojenik Asit	3,13	0,04	1,59	3,74	3,68	3,73
p-Kumarik Asit	0,69	1,16	0,33	4,08	4,07	4,10
Ferulik Asit	0,12	0,43	0,10	4,13	4,14	4,14
Ellajik Asit	8,19	200,33	11,80	4,17	4,15	4,23
Rutin	0,42	0,39	1,70	4,05	4,07	4,08
Mirisetin	53,33	39,61	199,64	4,26	4,28	4,27
Kuersetin	8,32	5,25	24,79	4,39	4,39	4,39
Kemferol	1,71	5,74	15,23	4,51	4,50	4,51
Apigenin	0,02	0,23	0,41	4,55	4,54	4,54
Kateşin	2,63	0,75	3,92	4,02	3,96	4,09
Epikateşin	3,16	0,97	3,14	3,97	3,99	4,06
Lutein	0,09	0,65	0,43	4,43	4,42	4,46
Izorhamnetin	1,20	0,25	0,17	4,52	4,40	4,48

Çizlge 4.3.(devam) GPE, PPE ve GTE'nin fenolik bileşen miktarları ve yakalanma süreleri (µg/g ve dakika)

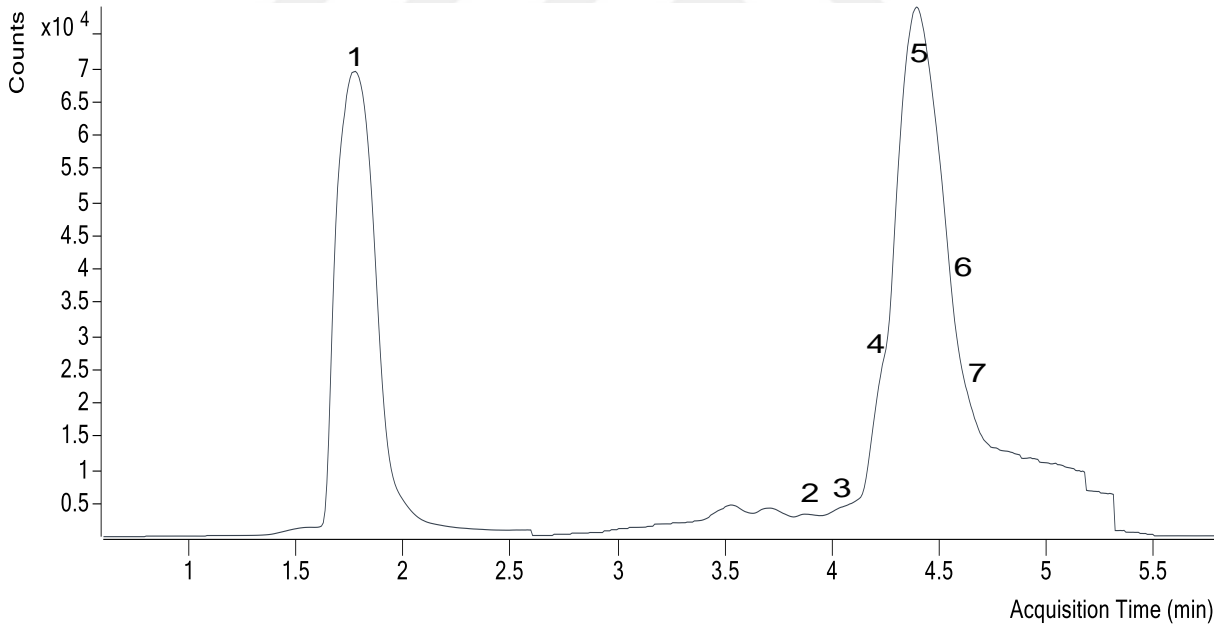
	Fenolik Bileşenler (µg/g)			Yakalanma Süresi (dak.)		
	GPE	PPE	GTE	GPE	PPE	GTE
Resveratrol	0,08	0,00	0,00	4,27	4,18	4,23
Florizin	0,06	0,82	0,10	4,21	4,25	4,22
Etil Gallate	0,22	0,27	0,18	4,16	4,18	4,16
Tirozol	1,76	0,00	0,00	4,02	4,36	4,10

En yüksek toplam fenolik bileşen miktarı GTE sonra PPE ve GPE' de bulunmuştur. Şarapçılık artığı olan üzüm posasının ana fenolik bileşenlerinin yapısını mirisetin ve gallik asit oluşturmaktadır. Bunları sırasıyla kuersetin, ellajik asit, sirinjik asit, klorojenik asit, epikateşin, kateşin, kafeik asit ve kemferol izlemektedir. Nar kabuğunda majör fenolik bileşiklerin ellajik asit ve mirisetin olduğu tespit edilmiştir. Ardından sırasıyla kemferol, gallik asit, kuersetin ve p-kumarik asit geldiği belirlenmiştir. Yeşil çay demleme artığı ekstraktında ise mirisetin, gallik asit, kuersetin ve kemferol çoğunluğu oluştururken bunları sırasıyla kateşin, epikateşin, rutin ve klorojenik asit izlemektedir. Yeşil çay artığındaki kateşin bileşiklerinin düşük miktarda olması demleme suyuna geçtiklerini göstermektedir.

Gallik asit miktarı bakımından tarımsal artıkları kıyasladığımızda en yüksek içerik GTE ve GPE' de iken bunlara oranla PPE'deki gallik asit oranı çok düşük kalmıştır. Ellajik asit GPE ve GTE' de 8,12-11,80 ppm arasında değişirken PPE' de yaklaşık 200 ppm olduğu belirlenmiştir. GPE yapısında diğer tarımsal artıklarda bulunmayan sirinjik asit 5,73 ppm düzeyinde tespit edilmiştir. Ayrıca kafeik asiti de diğer tarımsal artıklardan yaklaşık 2 kat daha fazla içermektedir. GPE'nin klorojenik asit bakımından PPE' den yaklaşık 78 kat GTE'den ise yaklaşık 2 kat zengin olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.1. Üzüm posası fenolik bileşenlerinin LC-MSMS kromotogramı.1:Gallik asit, 2:Klorjenik asit, 3:Kafeik asit, 4:Sirinjik asit, 5:Epikateşin, 6:Kateşin, 7:Ellagik asit, 8:Mirisetin



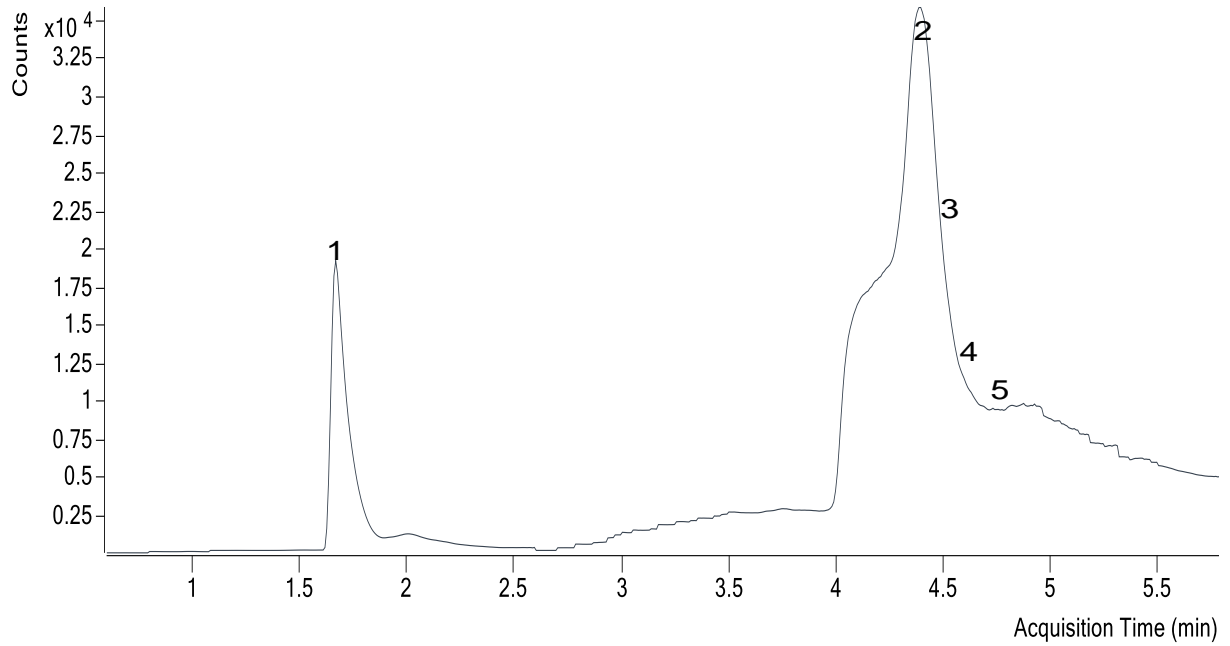
Şekil 4.2. Yeşil çay demleme artığının fenolik bileşenlerinin LC-MSMS kromotogramı.1:Gallik asit, 2: Kateşin, 3: Epikateşin, 4: Ellagik asit, 5:Mirisetin, 6:Kuersetin, 7:Kemferol

Tarımsal artıkların majör flavonoid bileşiği olan mirisetin GTE’de 199,64 ppm gibi yüksek bir oranda bulunurken sırasıyla GPE ve PPE’de 53,33 ve 39,61 ppm düzeyinde bulunmuştur. Kuersetin ve Kemferol GTE’ de GPE ve PPE’ye göre yüksek oranda tespit

edilmiştir. Kateşin ve epikateşin miktarları GPE ve GTE’ de benzer oranlarda çıkmıştır. PPE’de ise GPE ve GTE’ye oranla daha düşük kateşin ve epikateşin bulunmaktadır.

Dikmen, Öztürk ve Öztürk (2011) nar kabuklarında hakim fenolik bileşikler arasında en yüksek oranda ellajik asiti tespit etmişlerdir. Bunu sırasıyla gallik asit, hidroksi benzoik asit, kafeik asit, klorojenik asit, ferulik asit ve p-kumarik asit takip etmektedir. Ellajik asit miktarı çalışmamızda Dikmen vd. (2011)’e göre daha yüksek çıkarken diğer fenolik bileşiklerin oranı düşük çıkmıştır.

Pavlović, Tošić, Kaličanin, Stojković ve Brčanović (2013) poşet demleme çaylarının fenolik ve antioksidan bileşenlerini karşılaştırdıkları çalışmada yeşil çaydaki kateşin ve epikateşin miktarlarını $0,40\pm 0,01$ ve $2,64\pm 0,12$ g/kg bulmuşlardır. Benzer şekilde gallik asit, kuersetin ve kafeik asit miktarlarının da çalışmamızdaki yeşil çay demleme artığı ekstraktından daha düşük bulmuşlardır.



Şekil 4.3. Nar kabuğu artığının fenolik bileşenlerinin LC-MSMS kromatogramı.1:Gallik asit, 2: Ellagik asit, 3:Mirisetin, 4:Kuersetin, 5:Kemferol

4.2.2. GPE, GTE ve PPE'nin Mineral Bileşen Kompozisyonu

Ekstraktların mineral kompozisyonları incelendiğinde sonuçların, % kül miktarları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Mineral madde bakımından örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Mineral madde bakımından en zengin ekstrakt

olan PPE’ de makro elementlerin başında K, mikro elementlerin başında ise Zn yer almaktadır. Aynı şekilde GTE’ de makro elementlerin başında Na yer alırken, mikro element olarak sırasıyla Mn, Zn, Cu ve Fe yer almaktadır. Ayrıca mikro elementlerin GTE’de diğer ekstraktlara göre daha fazla olduğunu görmekteyiz. GPE’nin mineral madde içeriğini incelediğimizde ise makro elementlerin başında K ve P gelmektedir. Mikro element olarakta çoğunluğu Zn ve Cu oluşturmaktadır. GTE’nin mineral madde içeriği incelendiğinde 127,12 ppm gibi yüksek bir oranda Mn bileşiğine sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra Cu ve Fe minerali bakımından diğer artıklara göre daha zengin bir içeriğe sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. GPE, GTE ve PPE’nin mineral madde bileşenleri

		GPE	GTE	PPE
Makroelementler (g/kg KM)	Na	0,10±0,00 c	0,21±0,01 a	0,19±0,00 b
	Mg	0,26±0,01 c	0,34±0,00 b	0,44±0,01 a
	K	2,65±0,01 c	7,95±0,09 b	11,00±0,01 a
	Ca	0,09±0,02 b	0,06±0,00 c	0,18±0,01 a
	P	1,33±0,01 a	0,76±0,00 b	0,72±0,01 c
Mikroelementler (mg/kg KM)	Fe	1,52±0,03 b	6,54±0,06 a	1,30±0,45 b
	Cu	6,18±0,06 b	11,78±0,03 a	1,80±0,00 c
	Mn	2,90±0,04 b	127,12±0,99 a	3,18±0,36 b
	Zn	16,40±0,11 b	18,00±0,06 a	7,05±0,06 c

*KM: Kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. ^{a-c}Aynı sütunda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). GPE: üzüm posası ekstraktı, GTE: Yeşil çay demleme artığı ekstraktı, PPE: Nar kabuğu ekstraktı.

GPE; Na, Mg ve K mineralini en az içeren P mineralini ise en fazla içeren tarımsal artık olarak diğerlerinden ayrılmaktadır. Yüzdece kül içeriği diğer tarımsal artıklardan fazla olan PPE’de ise düşük oranda P, Cu ve Zn minerallerini içermektedir. Na, Fe, Cu, Mn ve Zn istatistiksel olarak en fazla GTE’ de bulunmaktadır. Ayrıca GTE 0,06 ppm ile en düşük Ca içeriğine sahip artık ekstraktı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gülcü vd. (2019) şarap, meyve suyu ve pastörize meyve suyu artıklarında yapmış oldukları çalışmalarda üzüm posası artıklarında mineral madde içeriğinde P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn ve B minerallerini sırasıyla, $23.770\pm 466,1$; $33.133\pm 613,9$; $4.710\pm 97,70$; $1.323\pm 66,4$; $1799\pm 87,0$; $101\pm 5,9$; $77,3\pm 57,45$; $16,5\pm 0,67$; $18,2\pm 0,35$; $39,6\pm 1,51$ mg/kg düzeyinde bulmuşlardır. Çalışmamızda üzüm üretim artıklarının yerine ekstraktları kullanıldığından Gülcü vd. (2019)'in bulduğu değerlerden daha düşük düzeyde mineral madde tespit edilmiştir.

Kushwaha, Bera ve Kumar (2013) nar kabuklarının besinsel değerlerini araştırdıkları çalışmada taze nar kabuğunda mineral madde içeriğini Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Cu ve Zn'nin sırasıyla $763,66\pm 0,73$; $16237,41\pm 0,96$; $645,70\pm 0,88$; $1644,47\pm 0,86$; $33,96\pm 0,75$; $22,6\pm 0,75$; $6,2\pm 0,4$; $8,03\pm 0,67$ ppm düzeyinde oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Buna göre nar kabuklarındaki mineral madde içeriğinin çalışmamızda kullanılan nar kabuğu ekstraktlarından daha yüksek olduğu görülmektedir.

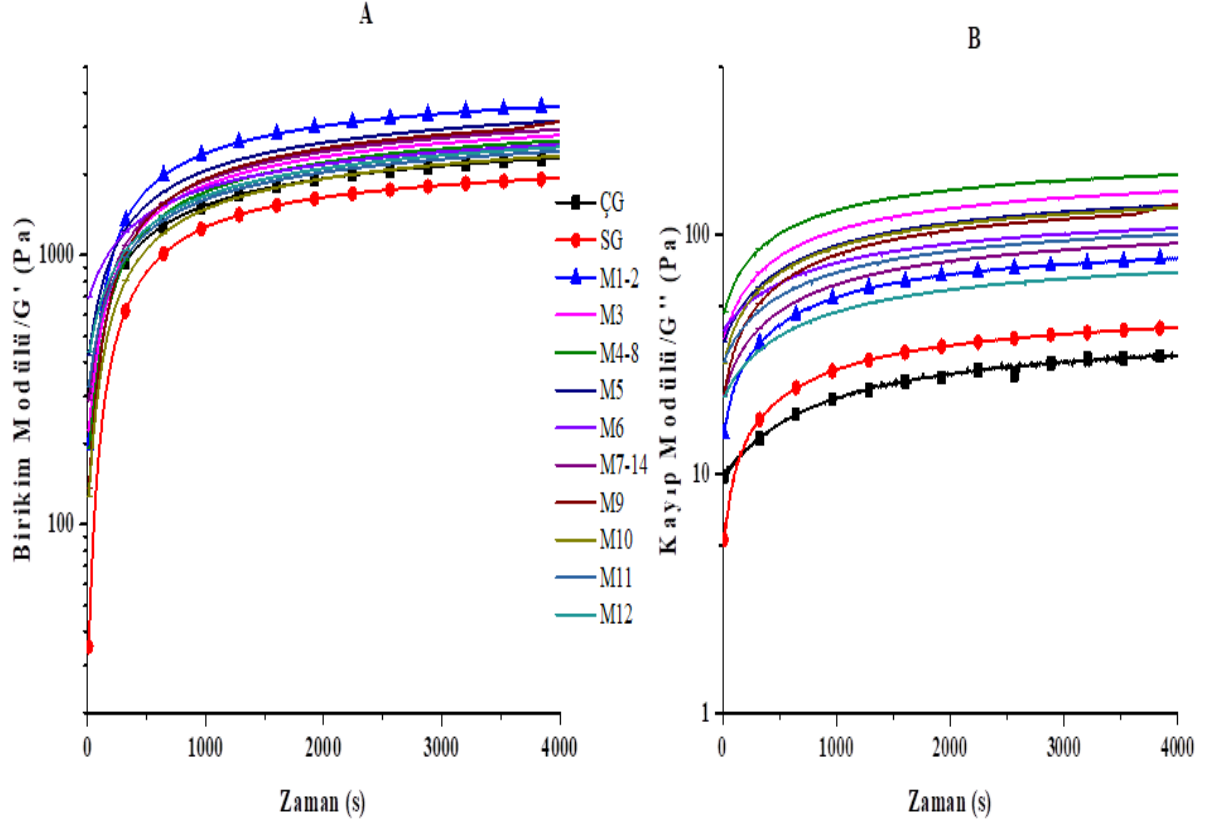
4.3. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Jellerinin Reolojik Özellikleri

Matemartiksel modelleme ile Mixture metodu üzerinden Simplex lattice tasarımı kullanılarak deneme modeli oluşturulan jelatin solüsyonlarına ait reoloji analiz sonuçları Çizelge 4.5 ve 4.9'da verilmiştir. Tekerrür eden denemelerden M1-M2, M4-M8, M5-M13 ve M7-M14 sonuçları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Bu durum örnek hazırlama aşaması ve de tarımsal artık ve jelatin etkileşiminin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği açısından önem arz etmektedir.

4.3.1. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Örneklerinin Jelleşme Kinetiği

Tarımsal artık ekstraktı ilaveli karışım dizaynlarının zamana bağlı G' ve G'' değerlerindeki değişimler Şekil 4.4 (A-B)' de görülmektedir. Tüm jelatin-jel karışımlarında G' ve G'' değerleri benzer bir gelişim göstermiştir. Jelasyon boyunca karışımların G' değerleri G'' değerlerinden çok daha yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda, sabit bir sıcaklıkta tutulma süresinin artmasıyla G' de artmıştır, bu durum tutulma süresi arttıkça, heliks yapısının arttığı dolayısıyla da jel mukavemetinin de arttığını göstermektedir. Devamında da G' değeri, azalan bir hızda kademeli olarak artmaya devam etmiştir. Bu da, kuvvetlenen jellerin mevcut bağlantılarının sürekli olarak yeniden organize edildiğini göstermektedir (Kuan vd., 2016).



Şekil 4.4. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülü (G') ve B: Kayıp modüllerinin (G'') zamana (s) bağlı değişim grafikleri

Fenolik bileşikler, kovalent ve nonkovalent etkileşimler ile jelatin jellerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla başarıyla kullanıldığı ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Yan vd. (2011) gallik asit ve rutin balık jelatininin elastikiyet modülünü, jel gücünü ve termal özelliklerini arttırdığını, ancak şişme özelliğini azalttığını ileri sürmüşlerdir. Ayrıca gallik asit ve rutin büyük ölçüde jelatin moleküllerinin karboksil ve iskelet C-N-C grupları ile etkileşime girdiğini bildirmişlerdir. Cao vd. (2007) tannik asit ile çapraz bağlı jelatinin hidrofobik bağları, hidrojen bağlarını ve/veya esterleştirmeyi arttırdığını ileri sürmüşlerdir. Bununla birlikte, aşırı miktarlarda fenolik bileşiklerin eklenmesi, jelatinin jelleşme özelliğini azaltabileceği ileri sürülmüştür. Fenolik bileşiklerin jelatinle etkileşime girme olasılığının yüksek olması sırasız jel yapılarının oluşması ile açıklanmıştır (Huang vd., 2019).

Çizelge 4.5. Karışım dizaynı modellerinin jelleşme profiline uyumunda kullanılan logaritmik model parametreleri

Örnek	G' _{ref}	Jel Kinetiği			T ₁₉₄₁ -Model(s)
		k _{gel} (Pa)	C (-)	R ²	
SG	1941	482,73±10,37	2060,25±82,95	0,98±0,00	3984,03±39,84
ÇG	1941	486,00±5,80	1769,40±40,90	0,97±0,00	2069,40±10,35
M1	1941	826,51±15,01	3232,73±59,53	0,98±0,00	523,64±20,94
M2	1941	820,21±29,32	3226,05±162,49	0,98±0,00	544,82±16,35
M3	1941	614,52±10,04	2385,25±50,05	0,98±0,00	1141,90±34,25
M4	1941	589,39±24,07	2352,66±140,14	0,98±0,00	1468,21±87,99
M5	1941	684,97±14,14	2510,83±28,88	0,97±0,00	667,84±59,95
M6	1941	496,02±24,90	1525,69±125,46	0,96±0,00	1096,09±103,82
M7	1941	670,67±22,35	2600,55±90,35	0,97±0,00	879,63±83,31
M8	1941	586,91±23,59	2360,71±122,19	0,98±0,00	1538,57±130,46
M9	1941	696,21±20,03	2877,30±83,70	0,97±0,00	1015,56±81,07
M10	1941	533,28±10,18	2163,85±50,85	0,97±0,00	2221,11±120,46
M11	1941	532,10±17,87	1960,69±79,29	0,97±0,00	1539,95±145,86
M12	1941	547,91±25,20	2018,50±146,95	0,97±0,00	1382,71±82,87
M13	1941	685,98±15,13	2514,65±48,95	0,97±0,00	663,68±49,68
M14	1941	675,36±24,66	2595,37±104,93	0,97±0,00	832,18±74,70

Logaritmik model denklemi: $G'_{ref}=k_{gel}\ln(t)+C$ şeklindedir. G'_{ref}: Sığır jelatininden elde edilen hedef birikim modülünü (Pa), k_{gel}: Jelleşme oranı sabitini, C:denklem sabitini ve t: jelleşme zamanını vermektedir. SG:Sığır jelatini, ÇG:Kontrol balık jelatini.

Balık jelatininin foksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla; fenolik bileşenlerin hidroksil grupları ile jelatinin karboksil grupları arasında hidrojen bağı ile etkileşim olabildiği gibi fenolik aromatik halkalar ile jelatinin hidrofobik yan zincirleri arasında hidrofobik etkileşimler de meydana gelebilmektedir. Özellikle esnek yapıdaki prolin amino asidince zengin proteinlerin fenolik bileşiklere karşı daha yüksek affinitesinin olduğu bilinmektedir. Protein yapısında bulunan prolin aminoasidi halka yapısı nedeniyle hidrojen bağlarının -heliks

yapısına dönüşümünü önleyerek fenolik bileşikler için uygun bağlanma bölgeleri oluşturmaktadır (Karabulut ve Yemiş, 2019).

Jelatinin jelleşmesi, kovalent olmayan etkileşimlerle stabilize edilen esnek ipliklerle ayrılan çapraz bağlantıların veya bağlantı bölgelerinin oluşumuna yol açan zincirler arası ilişkileri içerir. Jelleşme jelatin jelinin sarmaldan (coil) helikse yapısal bir dönüşümdür. Bu dönüşüm büyük ölçüde pH, sıcaklık ve konsantrasyona bağlı değişim göstermektedir (Kuan vd., 2016).

Tarimsal artık ekstraktı ilavesinin jelatin solüsyonlarının k_{gel} değerleri üzerine etkisi Şekil 4.5' te 3D projeksiyon grafiği ile verilmiştir. Grafik yorumlamasında kırmızı renk yüksek k_{gel} değerini mavi renk ise düşük k_{gel} değerini göstermektedir. Örneklerin k_{gel} değeri yüzey yanıt optimizasyonu sonucundan elde edilen istatistiksel ANOVA analiz verileri ise Çizelge 4.6' da sunulmuştur. Analiz sonucuna göre model 0,0094 p değeri ile etkili bulunurken uyumsuzluk 0,0602 p değeri ile önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). R^2 değeri ise 0,81 gibi yüksek bir değer ile modelin uyumu hakkında olumlu bir fikir vermektedir (R^2 değeri 1' yaklaşıkça model uyumluluğu artmaktadır). Karışım dizayn modellerinin k_{gel} değeri için öngörülen tahmini modelleme denklemi ise Çizelge 4.12'de sunulmuştur.

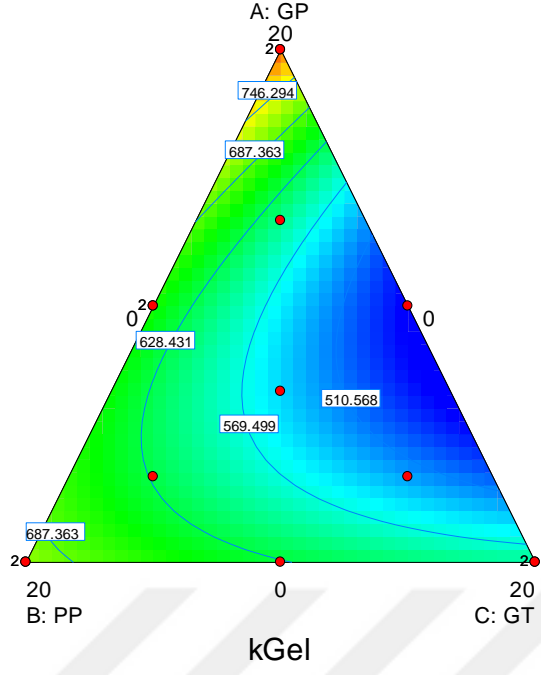
Kontrol örnekleri olan SG ve ÇG' nin k_{gel} değerleri $482,73 \pm 10,37$ ve $486,00 \pm 5,80$ olarak bulunmuştur. Modellemelerin k_{gel} değerleri $496,02 \pm 24,90$ - $826,51 \pm 15,01$ arasında değişmektedir. %20 GPE ilaveli örnek en yüksek k_{gel} değerine sahiptir ve bu değer kontrol örnekleri olan SG ve ÇG'nin k_{gel} değerinden yaklaşık 2 kat daha fazladır. %20 GTE ilaveli örneğin k_{gel} değeri kontrol gruplarında yaklaşık 1,22 kat fazla bulunurken %20 PPE ilaveli örneğin değeri 1,41 kat daha fazla bulunmuştur. %10 GPE ve %10 PPE ilaveli örneğin k_{gel} değeri ise kontrol gruplarından yaklaşık 1,38 kat daha fazla bulunmuş ve %20 GTE ilaveli örnekten daha iyi sonuç verdiği istatistiksel olarak da belirlenmiştir. Bu doğrultuda karışım modellerinde GPE konsantrasyonu arttıkça k_{gel} (jelleşme oranı) değerinin arttığı, bunun tersine GTE konsantrasyonu arttıkça k_{gel} değerinin azaldığı ve PPE ilavesi ile de az da olsa k_{gel} değerinde artış meydana geldiği ileri sürülebilir.

Karışım modellerinin jel kinetiği parametrelerinden biri olan denklem sabiti değeri (C) tüm örneklerde negatif çıkmış ve sonuçlar $-1525,69 \pm 125,46$ ile $3226,05 \pm 162,49$ arasında tespit edilmiştir. Jel kinetiğine ait R^2 değerleri ise 1' oldukça yakın bulunmuştur.

Design-Expert® Software

kGel
● Design Points
841.51
471.115

X1 = A: GP
X2 = B: PP
X3 = C: GT



Şekil 4.5. GPE, PPE ve GTE ilavesinin k_{gel} değeri üzerine etkisi.

Çizelge 4.6. Modellerin k_{gel} değeri ANOVA analizi sonucu

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F-Değeri	p-Değeri	
Model	122649,88	5	24529,98	6,76	0,0094	Önemli
Doğrusal Karışım	49709,87	2	24854,94	6,85	0,0185	
AB	13096,21	1	13096,21	3,61	0,0940	
AC	57752,21	1	57752,21	15,92	0,0040	
BC	339,48	1	339,48	0,09	0,7675	
Kalan	29029,49	8	3628,69			
Uyumsuzluk	24696,76	4	6174,19	5,70	0,0602	Önemsiz
Saf Hata	4332,73	4	1083,18			
Toplam	151679,36	13				

A:GPE, B:PPE, C:GTE.

Deneysel veriler, jelleşme oranlarını belirlemek amacıyla logaritmik bir fonksiyon modeline (Denklem 3.2) yerleştirilmiş, hedef G'_{ref} i elde etmek için sığır jelatininin G' değeri hesaplanmıştır. Daha sonra diğer modellerin elde edilen G'_{ref} değerine ulaşma süreleri (Denklem 3.3) hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.5' te verilmiştir.

Aynı şartlar altında GPE ve PPE ilaveli jellerin hedef jelasyon süresine (SG' den elde edilen) erişimi GTE ilaveli jellere göre daha hızlı gerçekleşmiştir. ÇG'nin jelasyon süresinin SG' den daha kısa olduğu görülmektedir. %20 GPE ilaveli jelatin solüsyonu $523,64 \pm 20,94$ saniye ile G'_{ref} değerine en kısa sürede erişen model olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde jelleşme oranı en yüksek olan model de M1 olarak belirlenmiştir. Bu durum üzüm posası ekstraktının jelatin zincirleri arasındaki kinetiksel yakınlığı olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Yapılan diğer çalışmalarda, enzimatik modifikasyonun, fosforilasyonun çapraz bağlanmasının ve şekerlerin veya hidrokolloidlerin eklenmesinin jelatin jellerin H bağlarının oluşumunu azaltarak üçlü sarmal ağ oluşturmasını engelleyebileceği ileri sürülmüştür (da Silva vd., 2015, Huang vd., 2017, Huang vd., 2018). Fenolik bileşikler jelatin ile hidrojen bağı veya hidrofobik etkileşimler gösterdiği için poliöl ve şekerler gibi yapıdaki suyun (bulk water) viskozitesini arttırmazlar (Kuan vd., 2016, Cai vd., 2017). Böylece jelatinin jelleşmesi için gerekli olan mevcut su azalmayacağından jelleşme oranı ve süresi olumlu yönde etkilenmektedir.

Ticari örnek olan SG, G'_{ref} değerinin belirlenmesinde kullanılmış ve yaklaşık 4000 s olan jelasyon süresinin ÇG de yarı yarıya daha düşük olduğu görülmüştür. k_{gel} değerinin en yüksek olduğu M1-2 örneğinde jelasyon süresinin ÇG örneğine göre %74, SG'ye göre ise %87 oranında kısalma gösterdiği belirlenmiştir. %20 PPE ilaveli örnekte ÇG ve SG kontrol gruplarına göre jelasyon süresinde sırasıyla %68 ve 83'lük bir kısalma tespit edilmiştir. M4 ve M8 örneklerinde ise ÇG' ye göre %27'lik ve SG'ye göre %62'lik bir azalma olduğu bulunmuştur. %10 GPE ve %10 PPE içeren örneğin jelasyon süresi ticari sığır jelatinine göre %79 daha kısadır. Bu durum jelatin zincirleri arasında kinetiksel yaklaşmanın GPE ve PPE ilavesi ile arttığını ve birikim modülünün daha hızlı kararlı hale geçtiğini göstermektedir.

Karşım dizayn modellememizin bir diğer yüzey yanıtı olan t_{-model} değerine ait istatistiksel veriler Çizelge 4.7'de tarımsal artık ekstratlarının jelatin jelinin jelleşme süresine etkileri ise 3D grafik ile Şekil 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Modellerin T₁₉₄₁-model(s) değeri ANOVA analizi sonucu

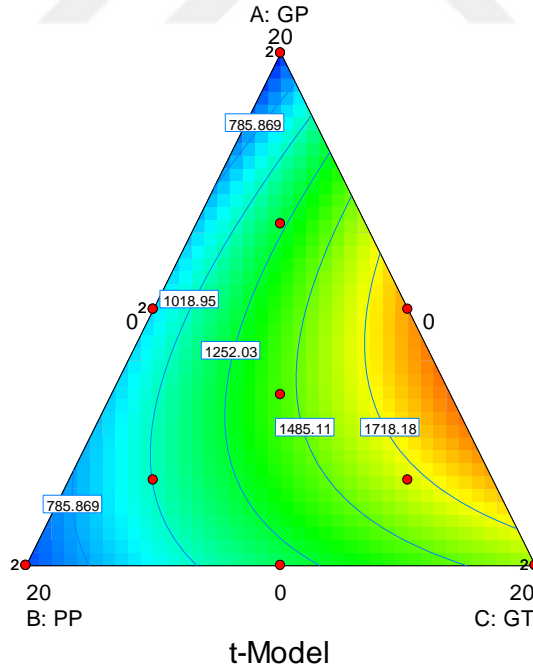
Kaynak	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F-Değeri	p-Değeri	
Model	2645959,01	5	529191,80	9,97	0,0028	Önemli
Doğrusal Karışım	1838556,27	2	919278,14	17,32	0,0012	
AB	109164,90	1	109164,90	2,06	0,1895	
AC	669835,68	1	669835,68	12,62	0,0075	
BC	5844,09	1	5844,09	0,11	0,7486	
Kalan	424689,99	8	53086,25			
Uyumsuzluk	353695,75	4	88423,94	4,98	0,0745	Önemsiz
Saf Hata	70994,24	4	17748,56			
Toplam	3070649,00	13				

A:GPE, B:PPE, C:GTE.

Design-Expert® Software

t-Model
 ● Design Points
 2100.65
 502.7

X1 = A: GP
 X2 = B: PP
 X3 = C: GT



Şekil 4.6. GPE, PPE ve GTE ilavesinin T₁₉₄₁-model değeri üzerine etkisi

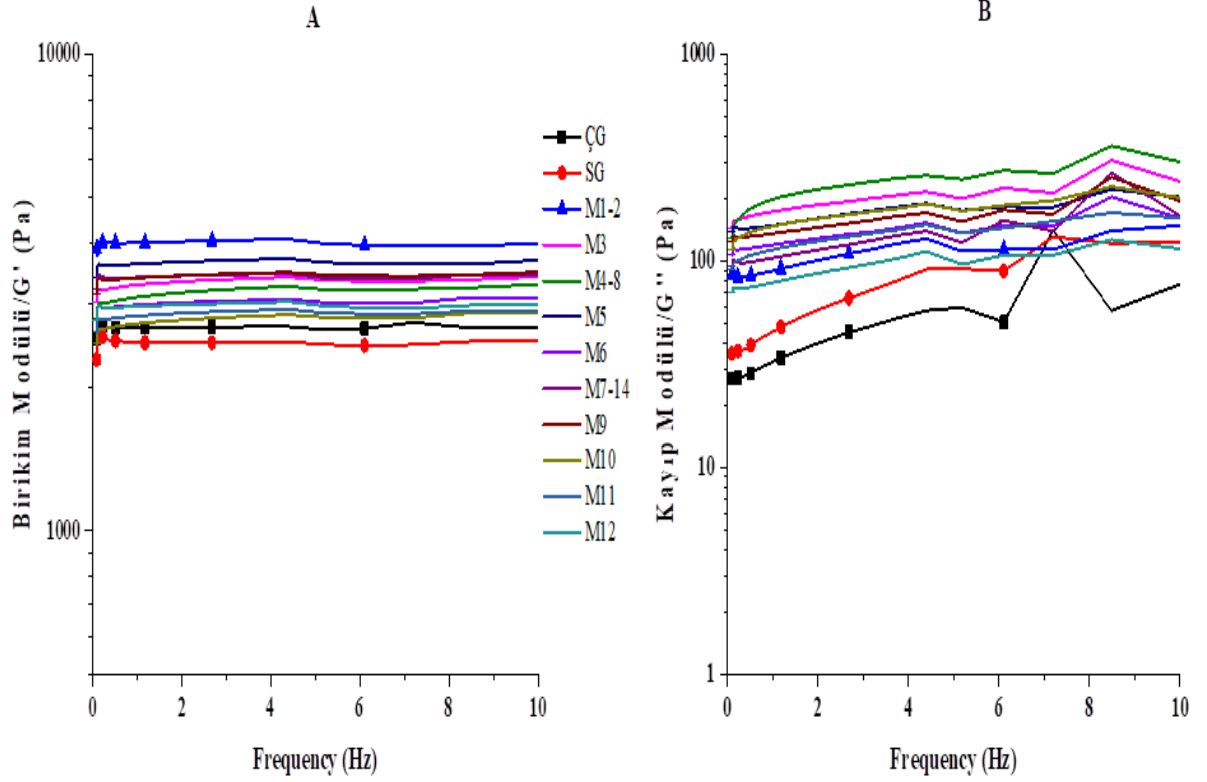
Analiz sonucuna göre model 0,0028 p değeri ile önemli bulunurken uyumsuzluk 0,0745 p değeri ile önemsiz bulunmuş ($p > 0,05$), R^2 değeri ise 0,86 olarak tespit edilmiştir. Bu

değer 1' yakın bir değer olduğu için modelin uyumu hakkında olumlu bir fikir vermektedir. Karışım dizayn modellerinin t_{model} değeri için öngörülen tahmini modelleme denklemi ise Çizelge 4.12'de verilmiştir.

4.3.2. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Örneklerinin Jel Kuvvetinin Belirlenmesi

Jelatin solüsyonlarının stabiliteleri, mekanik mukavemetleri ve deformasyonlarını belirlemek için yapılan frequency sweep testi sonuçları Şekil 4.8'de, denklem 3.4 ve 3.5'e göre hesaplanan jel kuvveti değerleri ise Çizelge 4.9'da verilmiştir. Frekans tarama testi (frequency sweep), temelde jel yapısının farklı deney zamanlarındaki tepkisini belirlemektedir. Genellikle bu test, kısa bir sürede (0,01 sn) 100 Hz gibi nispeten yüksek bir açısal hızın (ω) aksine, 1 Hz gibi nispeten düşük bir ω 'da, daha uzun bir sürede (1 sn) yapılmaktadır. Zaman içerisinde partükül veya moleküler arası bağlar hem uygulanan güç ile hem de kendiliğinden oluşabilir veya kırılabilir. Bağların bu reformasyonu ve deformasyonu ise reolojik özellikleri etkileyen yapısal değişikliklere yol açabilmektedir (Anvari ve Chung, 2016). Jelatin jelleri genellikle erime sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda (0-10°C) katı özellik gösterdiklerinden G' değeri, G'' değerinden en az 2 log daha yüksek olmalıdır (Ahmed, 2017). Jelatin jel ağlarının kuvveti, frequency sweep analiz ile belirlenen G''/G' ($\tan\delta$) oranındaki değişimden elde edilmektedir. G' ve G'' değerleri arasındaki farkın yüksek olması $\tan\delta$ değerinin düşük olmasına sebep olmaktadır. Ko-jelin $\tan\delta$ değerinin 0.1'den düşük olduğu durumlar, daha iyi jel ağı veya daha katı benzeri yapının bir göstergesidir (Huang vd., 2017).

Çalışmamızdaki frekans aralığında (0,1-10 Hz ve 10°C'de) jellerin G' değeri, G'' değerlerinden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Bunlar, tüm jelatin jellerinin katı benzeri bir jel yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca moleküler etkileşimlerde artışa ve düşük sıcaklıkla jel yapısının güçlendiğine ve moleküler arası etkileşimin arttığına işaretir. Kontrol grupları karşılaştırıldığında ÇG'nin, SG' den daha yüksek G' değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Karışım modellerinin jel kuvveti değerleri 2304,59±18,54-3823,07±50,45 Pa aralığında değişmektedir. Tüm karışım modellerinde G' değeri kontrol gruplarından daha yüksek bulunmuştur. Modellerden en yüksek birikim modülü M1 ve M2 kodlu en düşük ise M10 kodlu örnektir. Balık jelatin jellerinin moleküler arası etkileşiminin ticari sığır jelatininden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülünün (G') B: Kayıp modülünün (G'') açısal hız (Hz) bağlı değişim grafiği

G' , dış kuvvet değiştikçe, sistem molekülünün deformasyon enerjisi hakkında bilgi verirken G'' , moleküler zincir içinde veya moleküller arasında dış kuvvet ile sistemin moleküler kuvvetindeki değişimin sebep olduğu enerji kaybını ifade etmektedir (Sha, Hu, Ye, Xu ve Tu, 2019). Uygulanan açısal hız arttıkça G' değerinde meydana gelen doğrusal artış, daha kararlı bir jel ağının göstergesi iken G'' değerinde meydana gelen büyük artışlar, jelatin jel yapısının zayıflayıp, daha gevşek bir yapıya dönüşebileceğini göstermektedir (Anvari ve Chung, 2016; Sorbon vd., 2013; Sha vd., 2019). Çalışmamızdaki örneklerin tümünde salınım frekansı arttıkça G' değerinde lineer olarak yavaş da olsa bir artış gözlenirken, örneklerin çoğunda (M 1-2, M12, M11 ve M10 hariç tümü) G'' değerinde nispeten daha büyük artışlar gözlenmiştir. Bu noktada M1 ve M2 kodlu örneklerin G'' değerindeki artışın diğer örneklere göre çok daha hafif seyrettiği ve daha kararlı kaldığı gözlenmiştir.

%20 GPE ilaveli karışımlarının jel kuvveti değerleri, ÇG ve SG örneklerinin jel kuvveti değerlerinden yaklaşık olarak 1,53 ve 1,66 kat daha fazla bulunmuştur. %20 PPE ilaveli örneklerde ise bu oran yaklaşık olarak 1,33 ve 1,45 kat daha fazladır. %10 GPE ve %10 PPE ilaveli karışımlarda da jel kuvveti ÇG ve SG örneklerinden yaklaşık 1,31 ve 1,42 kat daha fazla bulunmuştur. %20 GTE ilaveli örneklerde ise bu oran 1,08 ve 1,18 kat daha

fazladır. Anova analiz sonucuna göre tarımsal artık ekstraktlarının jel kuvveti üzerindeki etkilerinin incelendiği modellememizin 0,0001 p değeri ve R² 0,94 ile önemli bir etkiye sahip olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir (p<0,05). Karışım modeline ait ANOVA analiz sonuçları ve 3D grafik sırasıyla Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8’ de verilmiştir. Jel kuvveti yüzey yanıtına ait uyumsuzluk değeri ise 0,1550 p değeri ile önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

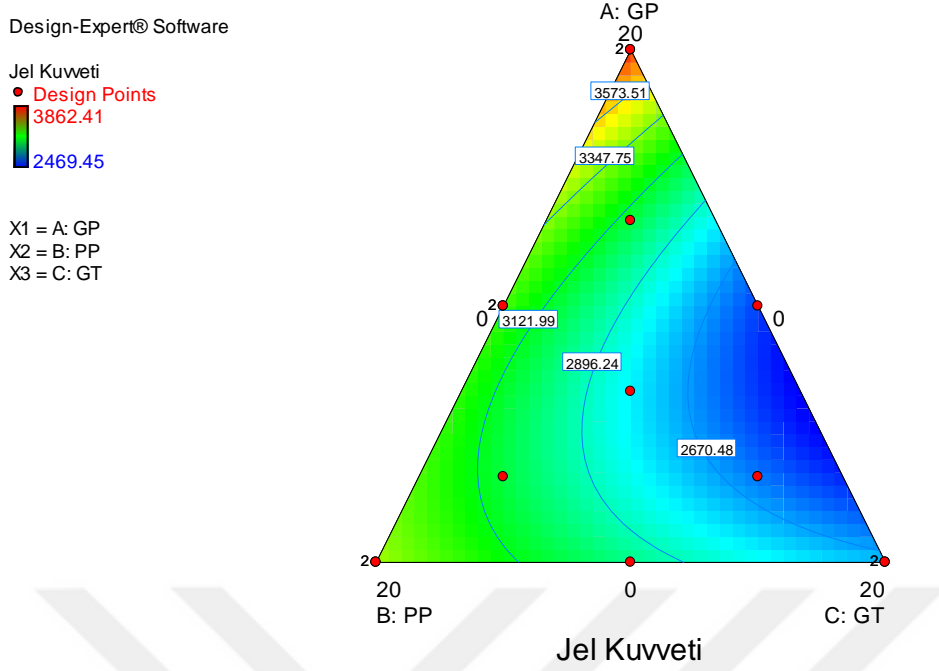
Çizelge 4.8. Modellerin jel kuvveti değeri ANOVA analizi sonucu

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F-Değeri	p-Değeri	
Model	2121024,18	5	424204,84	23,42	0,0001	Önemli
Doğrusal Karışım	1414032,66	2	707016,33	39,04	<0,0001	
AB	170050,76	1	170050,76	9,39	0,0155	
AC	511395,89	1	511395,89	28,23	0,0007	
BC	6111,27	1	6111,27	0,34	0,5773	
Kalan	144897,15	8	18112,14			
Uyumsuzluk	108835,02	4	27208,76	3,02	0,1550	Önemsiz
Saf Hata	36062,13	4	9015,53			
Toplam	2265921,33	13				

A:GPE, B:PPE, C:GPE.

Balık jelatini solüsyonlarının tümü, kontrol örneği SG’den daha yüksek jel kuvveti göstermiştir. Balık jelatini jel kuvveti üzerine tarımsal artık ekstraktı ilavesi incelediğinde GPE konsantrasyonu arttıkça jel kuvvetinde artış, GTE konsantrasyonu arttıkça jel kuvvetinde azalma görülmüştür. PPE ilavesinin ise jel kuvvetini olumlu yönde etkilediği Şekil 4.8’de görülmektedir.

Bu sonuçlara göre GPE’nin diğer tarımsal artık ekstratlarına göre balık jelatini ile daha güçlü bir interaksiyona girerek ürünün kararlılığını arttırdığı ileri sürülebilir.

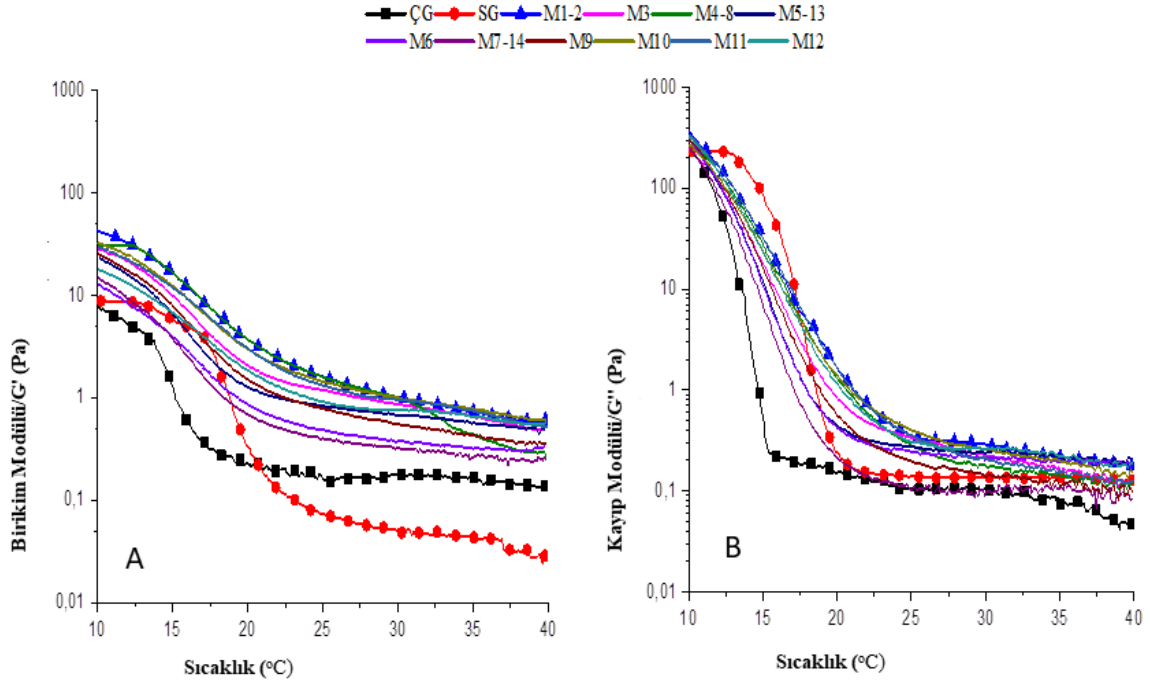


Şekil 4.8. GPE, PPE ve GTE ilavesinin jel kuvveti üzerine etkisi

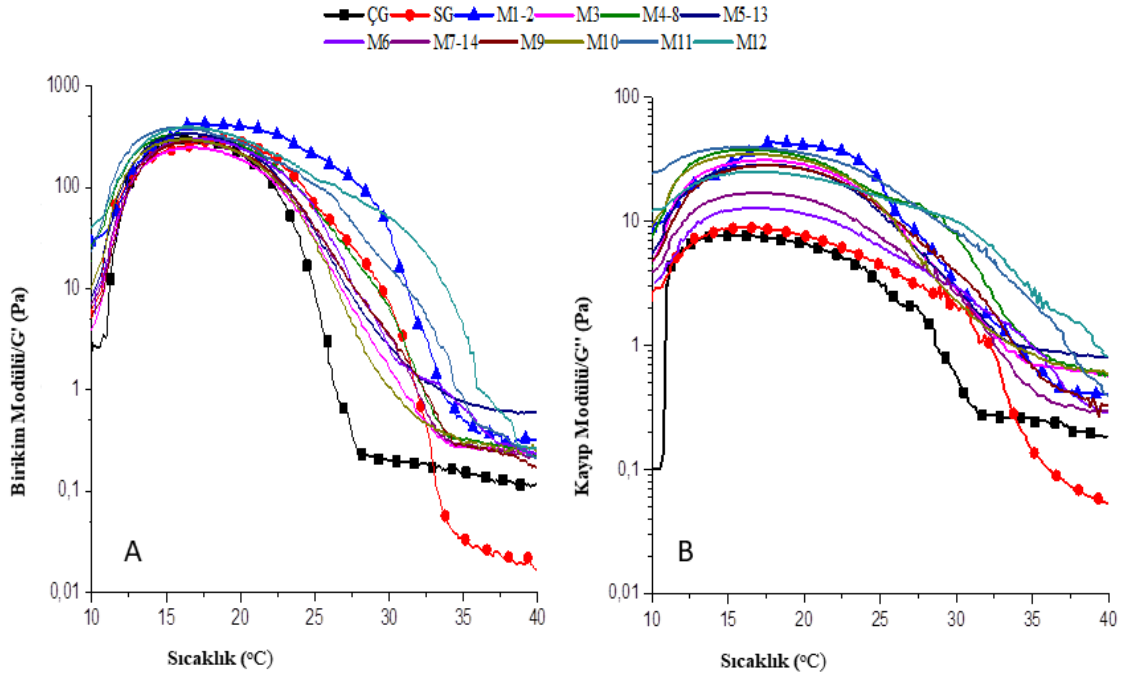
4.3.3. Tarımsal Artık Ekstraktı İlaveli Jelatin Örneklerinin Erime ve Jelleşme Sıcaklıklarının Belirlenmesi

Jelatin solüsyonlarının ısıtılması ve soğutulması sırasında G' ve G'' değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.9 ve 4.10' da verilmiştir. Burada G' , materyaldeki elastik deformasyondan kaynaklanan enerji depolanmasını gösterirken, G'' deforme olan materyalin deformasyon sırasında kaybettiği enerjiyi göstermektedir (Sha vd., 2019).

Örneklerin tümünde G' ve G'' değerlerinde ısıtma prosesi ile bir azalma, soğutma prosesi ile de bir artış gözlenmiştir. Bu sonuçlar Casas-Forero vd. (2021)'in sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Soğutma işlemi boyunca örneklerin tümünde 20°C ' ye kadar G' ve G'' değerlerinde önemli bir artış görülmezken, sıcaklık 20°C 'nin altına $1^{\circ}\text{C}/\text{dakika}$ hızla düşmeye devam ederken örnekleri G' ve G'' değerlerinde daha dik artışlar meydana gelmeye başlamıştır. Özellikle de G' değerinde meydana gelen bu hızlı artış, tek zincirli moleküllerin, hidrojen bağları, iyonik bağlar, Van der Waals kuvvetleri ve hidrofobik etkileşimlerle kademeli olarak üçlü sarmal yapıya kendi kendine dönüşmesi ile açıklanmaktadır (Huang vd., 2018; Hu vd., 2021). G' ve G'' değerlerinin kesiştiği ve aynı zamanda koloidal yapının meydana geldiği bu nokta, sol-jel geçiş sıcaklığı olarak da ifade edilen, jelleşme noktasını göstermektedir.



Şekil 4.9. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülü (G') ve B: Kayıp modülünün (G'') kademeli olarak azalan sıcaklığa ($^{\circ}\text{C}$) bağlı değişimi, jelleşme derecesinin belirlenmesi



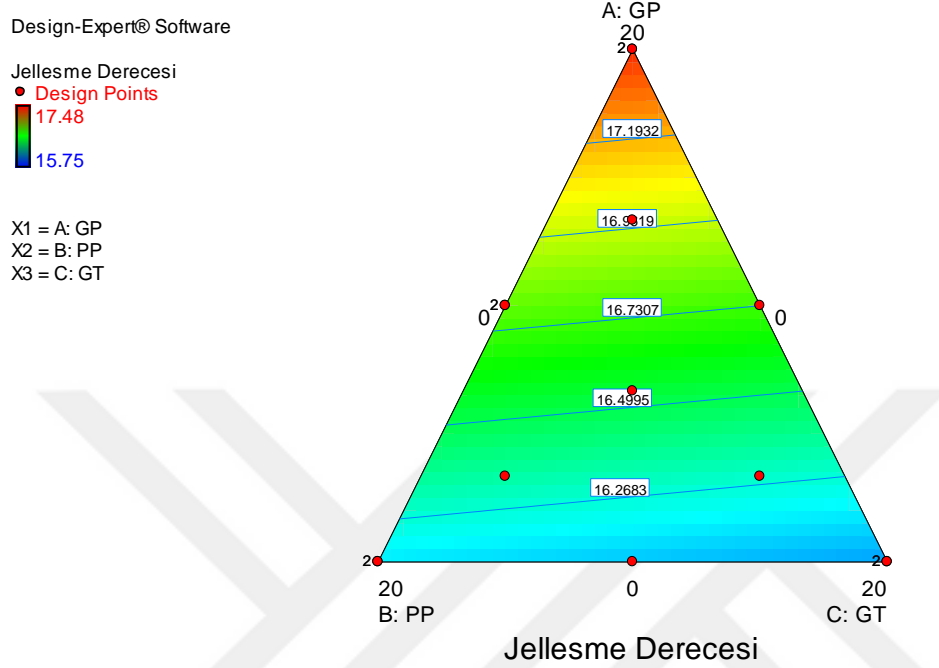
Şekil 4.10. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin A: Birikim modülünün (G') B: Kayıp modülünün (G'') kademeli olarak artan sıcaklığa ($^{\circ}\text{C}$) bağlı değişimi, erime derecesinin belirlenmesi

Çizelge 4.9. Karışım dizayn modelleri ve kontrol örneklerinin erime derecesi, jelleşme derecesi ve jel kuvveti parametreleri

Örnek	Jelleşme Derecesi (°C)	Erime Derecesi (°C)	Jel Kuvveti (Pa)
SG	17,52±0,43	31,64±0,28	2304,59±18,54
ÇG	14,59±0,38	25,78±0,24	2500,50±37,04
M1	17,05±0,28	33,80±0,54	3823,07±50,45
M2	17,08±0,20	33,92±0,87	3817,16±45,25
M3	16,32±0,28	28,42±0,31	2978,65±45,54
M4	15,65±0,30	28,71±0,71	2722,98± 73,95
M5	15,90±0,13	28,90±0,72	3329,01±68,90
M6	17,09±0,22	31,72±0,34	2706,12±60,99
M7	16,55±0,34	30,13±0,85	3276,98±67,03
M8	15,57±0,19	28,78±0,66	2717,28±81,25
M9	16,43±0,19	28,69±0,87	3092,95±60,29
M10	16,68±0,33	28,00±0,81	2418,93±50,52
M11	17,17±0,69	32,35±0,35	2660,39±50,44
M12	17,64±0,23	35,19±0,69	2814,72±50,75
M13	15,83±0,15	28,89±0,69	3338,93±61,04
M14	16,52±0,30	30,24±0,76	3284,30±79,85

Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi kontrol grupları kendi aralarında kıyaslandığında ÇG (14,59±0,38°C) SG (17,52±0,43°C)’ den daha düşük bir jelleşme noktası göstermiştir. Karışım modellerinin tümü ÇG’den daha yüksek jelleşme sıcaklığı sergilemiştir. Karışım modellerinin jelleşme noktaları 15,57-17,64°C arasında değişirken, bu sonuçlar 8-25°C arasındaki tipik balık jelatin jelleşme sıcaklığı aralığına benzerlik göstermektedir (Karim ve Bhat, 2009). PPE ve GTE ilavesi arttıkça jelleşme sıcaklığı olumsuz yönde etkilenirken % 20 GPE ilavesi ÇG’ ye oranla erime sıcaklığını yaklaşık 2,5°C’lik bir farkla %17 oranında arttırmıştır. Buradan GPE’nin yapısında bulunan fenolik bileşenlerin jelatin jel ağının nihai yapısına olumlu katkı sağladığı söylenebilir. Ticari sığır jelatinin jelleşme sıcaklığı ile M12

örneği arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Burada M12'den sonra ticari örneğe en yakın örnek M11 olmuştur. Bu örneği sırasıyla M1-2 ve M6 takip etmektedir. Jelleşme sıcaklığı ÇG'den sonra en düşük olan örnek ise %20 GTE ilaveli karışımdır.



Şekil 4.11. Tarımsal artık ilavesinin jelleşme derecesi üzerine etkisi

Çizelge 4.10. Modellerin jelleşme derecesi değeri ANOVA analizi sonucu

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F-Değeri	p-Değeri	
Model	3,00	2	1,50	14,20	0,0009	Önemli
Doğrusal Karışım	3,00	2	1,50	14,20	0,0009	
Kalan	1,16	11	0,11			
Uyumsuzluk	0,95	7	0,14	2,58	0,1888	Önemsiz
Saf Hata	0,21	4	0,05			
Toplam	4,17	13				

A:GPE, B:PPE, C:GTE.

Tarımsal artık ekstraktı ilavesinin jelatin karışımlarının jelleşme dereceleri üzerine etkisi Şekil 4.11' de görülmektedir. Grafikten, kırmızı tona doğru jelleşme derecesinin arttığı

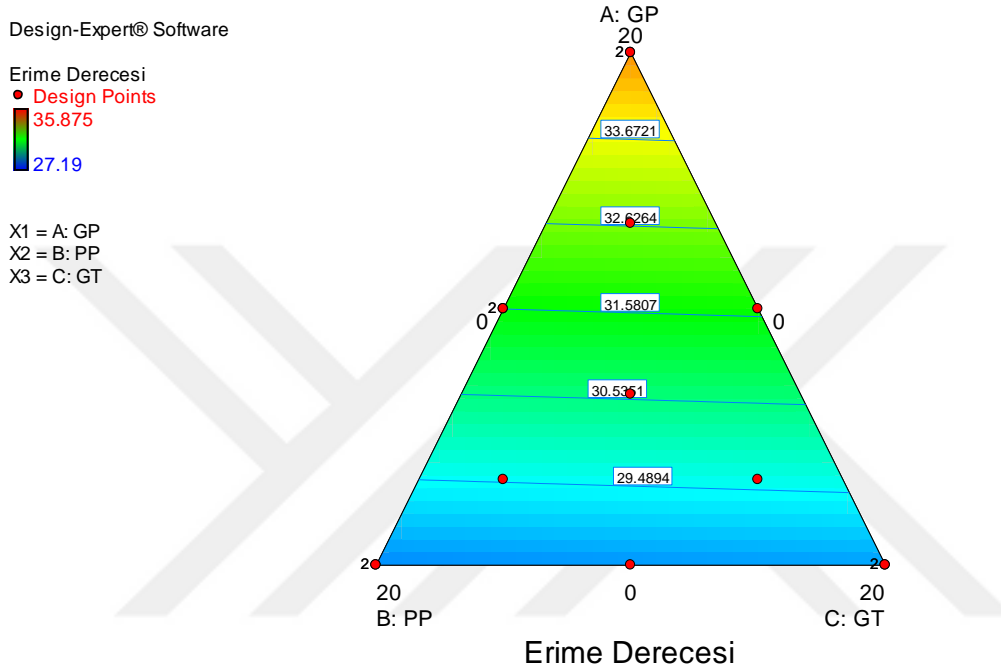
mavi tona doğru ise azaldığı anlaşılmaktadır. Örneklerin jelleşme derecesi yüzey yanıt optimizasyonu sonucundan elde edilen istatistiksel ANOVA analiz verileri Çizelge 4.10' da verilmiştir. Analiz sonucuna göre model 0,0009 p değeri ve R^2 0,72 ile etkili bulunurken uyumsuzluk 0,1888 p değeri ile önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Karışım dizayn modellerinin jelleşme derecesi için öngörülen tahmini modelleme denklemi ise Çizelge 4.12'de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Modellerin erime derecesi değeri ANOVA analizi sonucu

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Ortalamanın Karesi	F-Değeri	p-Değeri	
Model	64,65	2	32,32	12,35	0,0015	Önemli
Doğrusal Karışım	64,65	2	32,32	12,35	0,0015	
Kalan	28,80	11	2,62			
Uyumsuzluk	24,68	7	3,53	3,42	0,1257	Önemsiz
Saf Hata	4,12	4	1,03			
Toplam	93,44	13				

Kollaidal formdaki tüm jelatin jelleri, ısıtma prosesi ile sıcaklık arttıkça termal olarak tersine çevrilebilir davranış göstermiştir. Bu ısıyla tersinir davranış jelatin ipliklerinin bağlanma bölgelerinin birleşmesi ve ayrılması için farklı enerji gereksinimlerinden kaynaklanmaktadır (Rafe ve Razavi, 2017). G' ve G'' değerleri tüm jellerde sıcaklık arttıkça kademeli olarak azalmıştır. Jelleşme noktasında olduğu gibi birikim ve kayıp modülünün kesişim noktası erime sıcaklığını göstermektedir. Sıcaklık arttıkça üçlü sarmal yapı bozulur ve erime noktasını aşır G' ve G'' değerlerinin sabit seyir etmeyi başladığı sıcaklıkta solüsyonun yapısında sadece düzensiz sarmal yapılar bulunur (Hu vd., 2021). Kafeik asit kullanılarak çapraz bağlanan jelatinin ise daha yüksek erime ve sertleşme sıcaklıkları gösterdiği belirtilmiştir (Kosaraju vd., 2010). Jelatine ilave edilen bazı bitki ekstraktlarının (tarçın, karanfil ve yıldız anason) degradasyon sıcaklığını arttırarak termal stabilitiyeye karşı da etkili olduğu ileri sürülmüştür (Hoque vd., 2011).

GPE, PPE ve GTE ilavesinin jelatin karışımlarının erime sıcaklıkları üzerine etkisi Şekil 4.12’ de görülmektedir. Örneklerin jelleşme derecesi yüzey yanıt optimizasyonu sonucundan elde edilen istatistiksel verileri Çizelge 4.11’ de sunulmuştur. Analiz sonucuna göre model 0,0015 p değeri ve R^2 0,69 ile önemli bulunurken uyumsuzluk 0,1257 p değeri ile önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).



Şekil 4.12. GPE, PPE ve GTE ilavesinin erime derecesi üzerine etkisi

ÇG'nin erime sıcaklığının ($25,78\pm 0,24$ °C), erime sıcaklığı $31,64\pm 0,28$ °C olan SG' den yaklaşık 6°C daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Tipik balık jelatini ve sığır jelatini için sırasıyla verilen erime noktaları 11-28°C, 28-31°C (Karim ve Bhat, 2009) ile benzer sonuçlar saptanmıştır. Balık jelatinin erime noktasını en fazla GPE sonra GTE ve en az da PPE ekstraktı ilavesi arttırmıştır. M1 ve M2 örneklerinde erime noktası yaklaşık olarak %31,6'lık bir artış gösterirken, M12 örneğinde bu artış % 36,5 oranında olmuştur. Ticari sığır örneği ile karşılaştırdığımızda M1, M2 ve M12 kodlu örneklerin istatistiksel olarak daha yüksek erime noktasına sahip olduğu M11 ve M6 kodlu örneklerin ise istatistiksel olarak ticari sığır jelatin ile erime noktaları arasında fark olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). %10 GPE ve %10 PPE ilaveli örneklerde erime derecesi ÇG' ye göre 4,4°C daha yüksek bulunurken, SG'nin 1,45°C altında kalmıştır. %6,67; %10; %13,333 ve %20 GPE içeren örneklerin tümünde erime sıcaklığında olumlu bir artış gözlemlenmiştir. GPE ilaveli jellerin G' değerlerinin diğer örneklere göre

yüksek olması jelatin jel yapısındaki üçlü sarmal ağ yapısının daha uzun süre muhafaza edilmesi ile açıklanabilir.

Balık jelatinin erime sıcaklığına fenolik maddelerin etkisinin yanında jelatinin elde edildiği kollojendeki prolin ve hidroksiprolin imino asitlerinin oranı ile ilişkili olduğu da bildirilmiştir. Düşük imino asit içeriklerinden ötürü balık jelatinleri, memeli jelatinlerine göre daha düşük jelleşme sıcaklığına sahiptir (Boran vd., 2010). Tüm bu veriler göz önünde bulundurulduğunda tarımsal artık ekstraktlarının ilavesi balık jelatinin erime ve jelleşme sıcaklıklarını arttırarak memeli jelatinine alternatif olmasına olanak tanımaktadır. Fakat reolojik açıdan stabilite, jel kuvveti ve jel kinetiği göz önünde bulundurulduğunda en iyi katkıyı %20 GPE ekstraktı ilavesi göstermiştir.

Karışım dizayn modellerinin erime ve jelleşme sıcaklığı, jel kuvveti, k_{gel} ve t_{model} verileri için öngörülen modelleme denklemleri ve R^2 değerleri Çizelge 12’ de görülmektedir. Bu verilere göre tarımsal artık ekstraktı ilavesinin jelatin jellerinin erime ve jelleşme sıcaklığı, jel kuvveti, k_{gel} ve t_{model} değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.12. Reoloji analizlerine ait karışım dizayn modellerinin deneysel verileri için öngörülen modelleme denklemleri

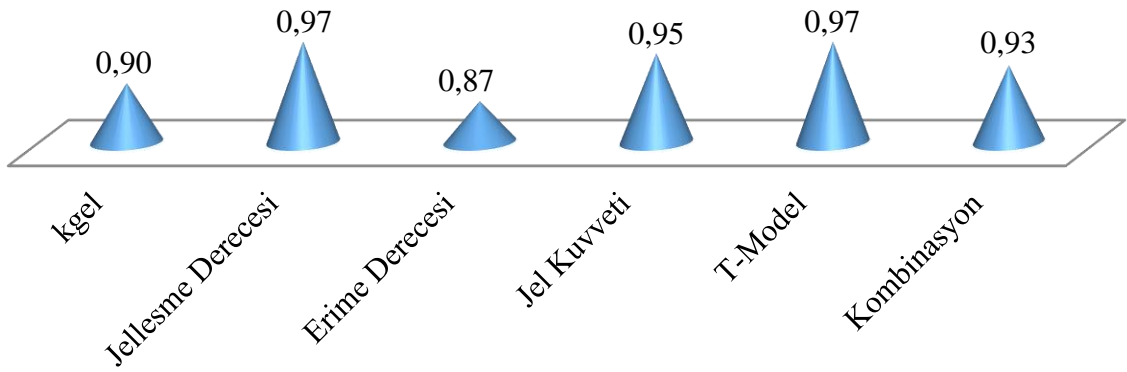
Değişken	Model	Modelleme Denklemi	R^2	P-Değeri
k_{gel}	Lineer ve İnteraksiyon	$40,26A+35,18B+29,71C-2,36AC$	0,81	0,0094
Jelleşme Derecesi	Lineer	$0,87A+0,81B+0,80C$	0,72	0,0009
Erime Derecesi	Lineer	$1,74A+1,42B+1,43C$	0,69	0,0015
Jel Kuvveti	Lineer ve İnteraksiyon	$189,96A+168,43B+135,43C-3,39AB-7,04AC$	0,94	0,0001
t_{model}	Lineer ve İnteraksiyon	$27,64A+31,84B+78,84C+8,05AC$	0,86	0,0028

A: GPE, B:PPE C:GTE.

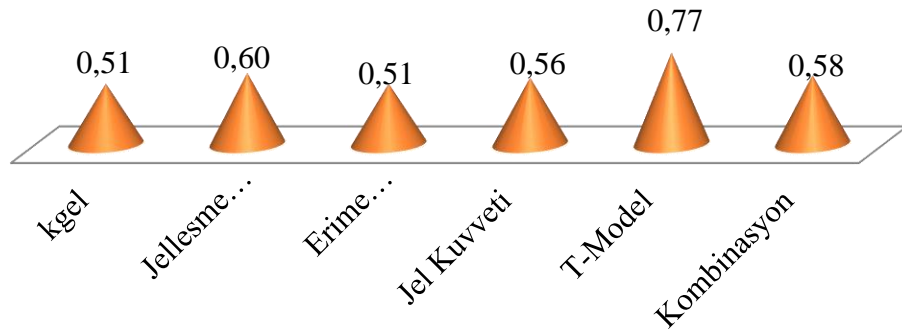
Modellemede kullanılan 5 yanıtın en iyilenmesi için Design Expert programı ve kabuledilebilirlik fonksiyonları kullanılmıştır. Elde edilen en iyi çözümler için

kabuledilebilirlik değerleri çözüm 1 için Şekil 4.13' te ve çözüm 2 için ise izelge 4.14'te verilmiştir. Genel kabuledilebilirlik değeri ise çözüm 1 ve 2 için sırasıyla 0,93 ve 0,58 olarak bulunmuştur ve izelge 4.13'te görölmektedir.

Matemartıksel modellememizin en iyilemesi yapılırken kabuledilebilirlik (desirability) değeri 1 veya 1'e en yakın olan çözüm seçilir. Bu çözümler arasından programın da önermiş olduğu hem kabuledilebilirlik değeri hem de reoloji parametreleri en yüksek olan 1 numaralı çözümün (%20 GPE/M1-2) seçilmesi uygun görölmüştür.



Şekil 4.13. Optimum modelin k_{gel} , jelleşme derecesi, erime derecesi ve jel kuvveti parametreleri için kabuledilebilirlik değerleri

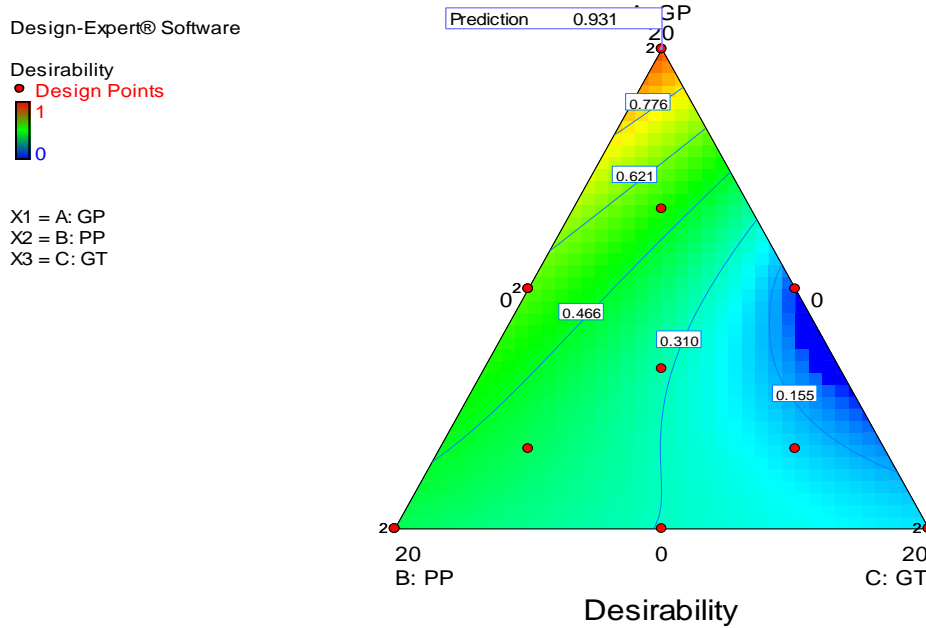


Şekil 4.14. özüm 2 için kabuledilebilirlik değerleri

Çizelge 4.13. Reoloji analizlerine ait karışım dizayn modellerinin optimum içerik için öngörülen çözümleri

Çözüm	%GPE	%PPE	%GTE	k_{gel}	Jelleşme Derecesi	Erime Derecesi	Jel Kuvveti	t_{model}	Kabul Edilebilirlik
1	20,00	0,00	0,00	805,23	17,42	34,72	3799,26	552,79	0,93
2	10,00	10,00	0,00	660,46	16,79	31,58	3245,45	866,02	0,58

Reolojik özellikleri bakımından optimum sonucu veren model ait 3D grafik Şekil 4.13' te verilmiştir. %20 GPE ilaveli örneğin optimum örnek çıkması ile üzüm posası ekstraktındaki fenolik bileşikleri incelediğimizde diğer tarımsal artıklara oranla kafeik asit, klorojenik asit ve epikateşin miktarlarının daha fazla olduğunu görmekteyiz. Aynı zamanda diğer tarımsal artık ekstraktlarında bulunmayan sirinjik asit ve resveratrol GPE için ayırteci fenolik bileşenler olarak değerlendirilebilir. İkinci çözüm önerisinde (%10 GPE ve %10 PPE ilaveli) bulunan PPE'nin fenolik bileşen içeriği incelendiğinde ise PPE'yi diğer tarımsal artıklardan ayıran bileşenlerin p-kumarik asit ve ferulik asit olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda literatür bilgisinde kafeik asit, klorojenik asit, ferulik asit (Strauss ve Gibson, 2004), kateşin, ve resveratrolün (Poungchawanwong vd., 2020) jelatin ile olumlu interaksyonları olduğu ifade edilmesine rağmen, sirinjik asit ile ilgili literatür bilgisine rastlanmamıştır.



Şekil 4.15. Optimum modelin kabuledilebilirlik değeri yüzey grafiği

4.4. Optimum Reolojik Özelliklere Sahip Balık Jelatinin Ticari Sığır Jelatini ve Kontrol Balık Jelatini ile Teknolojik Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması

Optimum olarak belirlenen örneğin, hem saf balık jelatinine göre ne kadar geliştiği hem de ticari sığır jelatini ile, fizikokimyasal ve bir takım teknolojik özellikler bakımından ne kadar farklılık gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır.

4.4.1. SG, ÇG ve OG'nin Fizikokimyasal Özellikleri

Tarımsal artık ekstraktları ile reolojik özellikleri en fazla gelişim gösteren örneğin kontrol gruplarına göre fizikokimyasal özelliklerindeki değişimler pH, %nem, %kül, %protein ve renk analizi yapılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler Çizelge 4.14'te sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Optimum jelatin,SG ve ÇG örneklerinin fizikokimyasal özellikleri

	SG	ÇG	OG
pH	5,80±0,07 a	5,44±0,01 b	5,03±0,02 c
%Nem	9,46±0,68 a	5,71±0,07 b	4,75±0,09 c
%Kül	0,30±0,01 c	6,69±0,02 a	5,88±0,03 b
%Protein	88,89±0,49 a	80,80±0,64 b	69,85±0,15 c
L*	50,44±0,13 a	45,59 ±0,10 b	14,32±0,07 c
a*	-0,58±0,02 b	-2,71±0,01 c	4,41±0,04 a
b*	-2,27±0,01 c	3,62±0,05 a	1,74±0,05 b

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini, ÇG:Kontrol balık jelatini, OG:Optimum balık jelatini.

Çizelge 4.14'de görüldüğü gibi analizlerin tümünde üç örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Örneklerin pH değerleri 5,03-5,80 arasında değiştiği belirlenmiştir. Jelatin örneklerinin pH değerlerindeki bu farklılık ekstraksiyon metotları ve amino asit kompozisyonlarındaki farklılıklardan kaynaklanabilir (Siburian vd., 2020).

Jelatinin kalite standartlarına göre nem içeriğinin %16'yı aşmaması gerekmektedir (GMIA, 2019). Çalışmamızda nem içeriği %9,46 ile %4,75 arasında değişiklik göstermiştir.

En yüksek nem içeriği sığır jelatininde en düşük nem içeriği ise optimum örnekte bulunmuştur.

%Kül içeriği balık jelatininde, sığır jelatinen göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Benjakul vd., (2009)'nin farklı balık türlerinin derilerinden jelatin elde ettikleri çalışmada %kül miktarını 6,16-2,50 aralığında bulmuştur ve bu sonuçlar çalışmamızla paralellik göstermektedir. Balık jelatinin yüksek kül içeriği hammaddedeki mineral kompozisyonundan ve/veya ekstraksiyon aşamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Daha düşük kül içeriğine sahip jelatin eldesi için uygun bir demineralizasyon işlemi yapılabilir fakat yapıdaki bu mineraller sağlık açısından faydalı olabileceği gibi jelatinin, jelleşme fonksiyonları üzerine de olumlu bir etkiyede sahip olabileceği düşünülmektedir (Benjakul vd., 2009).

Örneklerin % protein içerikleri incelediğinde ticari sığır jelatinin en yüksek değere optimum örneğin ise en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. ÇG'nin % protein değerine göre optimum örnekte yaklaşık %14'lük bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun örnek içerisine dahil edilen tarımsal artık ekstraktından kaynaklandığı düşünülmektedir. Rawdkuen, Thitipramote ve Benjakul (2013)'un ticari jelatin ile balık jelatinin özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmada % protein içeriğini ticari örnekte yaklaşık %88, balık jelatininde ise %85-84 aralığında bulmuşlardır. Songchotikunpan, Tattiyakul ve Supaphol (2008)'in çalışması ile karşılaştırdığımızda çalışmamızdaki balık jelatinin protein içeriği daha düşük çıkmıştır. Al-Saidi, Rahman, Al-Alawi ve Guizani (2011)'in balık jelatinin farklı ekstraksiyon sıcaklıklarındaki özelliklerini inceledikleri çalışmada protein içeriğini %64-89 aralığında bulmuşlardır. Protein içeriğindeki bu değişimler kollajenin tamamının jelatine dönüşmemesi ve ekstraksiyon aşamasındaki yıkama kayıplarından kaynaklanabilir.

Jelatinin rengi artan reaksiyon süresi ve sıcaklığı ile ham maddedeki protein ve eser miktarda karbonhidrat arasındaki Maillard Reaksiyonu nedeniyle ile artış göstermektedir (Shcrieber ve Gareis, 2007). Jelatinin rengi uygulanan ekstraksiyon sıcaklığı ve süresine, balığın türüne göre çeşitlilik göstermekle birlikte jelatinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi saptanmamıştır. Fakat yine de jelatinin rengi tüketici albesini bakımından önem arz etmektedir (Du, Khiari, Pietrasik ve Betti, 2013). SG, ÇG ve OG solüsyonlarının L*(0=siyah, 100=beyaz), a* (a*>0 kırmızı; a*<0 yeşil) ve b*(b*>0 sarı; b*<0 mavi) değerlerini incelediğimizde parlaklığı ifade eden L* değerinin en yüksek ticari üründe olduğu, balık jelatini ile aralarında istatistiksel olarak bir farkın olduğu fakat değerlerin birbirine yakın olduğu

tespit edilmiştir ($p<0,05$). OG $14,32\pm0,07$ ile en düşük L^* değerine sahip örnek olmuştur. Bu durum üzüm posası ekstraktından kaynaklanmaktadır. Kırmızılık (a^*) değerlerini incelediğimizde SG ve ÇG'nin negatif değerlere sahip olduğu görülürken OG $4,41\pm0,04$ ile en yüksek kırmızılık değerine sahip olduğu belirlenmektedir. Ürünün sarılık oranını hakkında fikir veren b^* değeri ise en yüksek ÇG'de bulunurken en düşük değerde SG örneğinde tespit edilmiştir.

4.4.2. SG, ÇG ve OG'nin Bulanıklık Özellikleri (Turbidity)

Ürünlerin bulanıklıkları hakkında bilgi edinmek için turbidity analizi yapılmış ve sonuçları Çizgele 4.15'te verilmiştir. Bulanıklık değeri en yüksek olan ürün üzüm posası ekstraktı ilaveli üründür. En berrak ürün ise ticari sığır jelatindir. Ekstraksiyon sırasında mevcut olan veya uzaklaştırılmayan inorganik bileşikler, proteinler, kimyasallar ve mikroorganizmalardan kaynaklanan kirleticiler, ekstrakte edilen jelatinin bulanıklığının artmasında büyük etkiye sahiptir (Eastoe ve Leach, 1977). Dolayısıyla beklenildiği üzere en yüksek bulanıklığa sahip ürün optimum jelatin örneğidir.

Çizelge 4.15. Jelatin örneklerinin turbidity köpük oluşturma ve stabilitesi su tutma ve yağ bağlama özellikleri

	SG	ÇG	OG
Turbidity (360nm)	0,41±0,00 c	3,13±0,03 b	13,30±0,10 a
Köpük Oluşturma	2,60±0,10 a	1,67±0,04 c	2,08±0,03 b
Köpük Stabilitesi	1,06±0,01 b	1,12±0,03 a	1,08±0,02 ab
Su Tutma Kapasitesi (%)	603,00±46,66 a	155,49±12,90 c	327,39±15,00 b
Yağ Tutma Kapasitesi (%)	29,91±3,43 a	18,87±8,35 b	30,42±2,79 a

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini, ÇG:Kontrol balık jelatini, OG:Optimum balık jelatini.

İki farklı tip köpek balığı derisinden, farklı ekstraksiyon sıcaklığı ve sürelerinde elde edilen jelatinlerin karakteristik özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ekstraksiyon süresi ve sıcaklığı arttıkça jelatinin bulanıklık değerinin arttığı belirlenmiştir. Bu durum proteinlerin uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kaldığında, agregasyona uğrayarak bulanıklığın artması ile

açıklanmıştır. Ayrıca ticari sığır jelatini ve balık jelatin sonuçları çalışmamızla benzerlik göstermektedir (Kittiphattanabawon vd., 2010).

4.4.3. SG, ÇG ve OG'nin Su Tutma ve Yağ Bağlama Kapasitesi

Jelatin örneklerinin su tutma ve yağ bağlama kapasitesi sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Su tutma ve yağ bağlama kapasiteleri, su, yağ ve diğer bileşenlerin arasındaki etkileşimi sağlayarak ürünlerin tekstürel özellikleri ile yakından ilişkili olan teknofonksiyonel özelliklerdir. Su tutma kapasitesi, hidrofilik amino asitlerin sayısı ve jel ağı içinde yüksek miktardaki gözenek ve boşlukların varlığı ile alakalı bir parametredir. Yüksek miktarda hidrofilik amino asit ve hidrokisprolin içeriği, su tutma kapasitesinin yüksek olmasını sağlamaktadır (Aksun Tümerkan, Cansu, Boran, Regenstein ve Özoğul, 2019; Ningrum vd., 2020).

Yağ bağlama kapasitesi bakımından ticari ürün ve optimum örnek arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Örneklerin yağ bağlama kapasiteleri $18,87\pm 8,35$ - $30,42\pm 2,79$ aralığında değişmektedir. En düşük yağ bağlama kapasitesi ÇG' de bulunmuştur. Üzüm posası ekstratının ilavesi yağ tutma kapasitesini yaklaşık %61 oranında arttırmıştır. Yağ bağlama kapasitesi farklılıkları, ekstraksiyon yöntemlerinden etkilenebilen çeşitli hidrofobik kalıntı ve tirozin seviyelerinden kaynaklanabilir (Aksun Türkmen vd., 2019).

Örneklerin diğer bir teknofonksiyonel özelliklerden olan su tutma kapasitesi değerleri $155,49\pm 12,90$ - $603,00\pm 46,66$ aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi değeri SG örneğinde tespit edilirken en düşük değer ÇG örneğinde tespit edilmiştir. Üzüm posası ekstraktı balık jelatinin su tutma kapasitesini yaklaşık 2 kat arttırmıştır.

Çalışmamızdaki sığır ve balık jelatinlerinin su tutma ve yağ bağlama kapasiteleri Ninan vd., (2014) ve Ningrum vd., (2020)' in buldukları değerlerden yüksek Aksun Türkmen vd., (2019)'nin buldukları değerlerden ise düşük çıkmıştır.

4.4.4. SG, ÇG ve OG'nin Köpük Oluşturma Kapasitesi ve Köpük Stabilitesi

Jelatinin köpük oluşturma özellikleri, marshmallow gibi gıdalarda önem arz etmektedir (Da Trindade Alfaro vd., 2015). Zamana bağlı bir fonksiyon olarak köpük

oluşturma (KO) ve köpük stabilitesi (KS), gıda ürünlerinde proteinlerin kullanımı için en önemli özelliklerden biridir (Casanova vd., 2020).

Köpük oluşumu, genellikle hava/su ara yüzeyine protein moleküllerinin taşınması, penetrasyonu ve yeniden düzenlenmesi ile kontrol edilebilir. Protein, açılım ve yeniden düzenlenmenin gerçekleştiği hava/su ara yüzüne hızla taşınabilmelidir. Jelatinin köpük oluşturma yeteneği, protein kaynağından, proteinin içsel özelliklerinden, protein bileşiminden ve zltideki konformasyondan etkilenmektedir (Da Trindade Alfaro vd., 2015).

Proteinin köpürme kapasitesi, proteini daha esnek hale getirerek, daha fazla hidrofobik kalıntıya maruz bırakarak ve yüzey gerilimini azaltma kapasitesini arttırarak geliştirilebilir (Jongjareonrak vd., 2010).

SG, G ve OG rneklelerinin köpük oluşturma değerleri arasında fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($p < 0,05$), köpük oluşturma ve stabilite değerleri izelge 4.15'te sunulmuştur. En iyi köpük oluşturma ticari sığır jelatininde bulunurken bunu optimum jelatin rneği izlemektedir. Bu da üzüm posası ekstraktı ilavesinin balık jelatinin köpük oluşturma özelliğini arttırdığına işarettir. Köpük oluşturma değeri kontrol balık jelatinine göre OG rneğinde yaklaşık olarak %25'lik bir artış göstermiştir.

Jongjareonrak vd., (2010)' yayın balığı (*Pangasianodon gigas*) derisinin kimyasal kompozisyonu ve karakterizasyonunu inceledikleri çalışmada dana derisi jelatini ile balık derisi jelatini arasındaki köpük oluşturma değerlerindeki farkın yüksek hidrofobik amino asit (alanin, valin, izolösin, lösin, prolin, metionin, fenilalanin, tirozin ve triptofan) içeriğinden kaynaklabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Protein zltilerinin köpük stabilitesi genellikle peptitlerin moleküler ağırlığı ile pozitif olarak ilişkilidir. Ayrıca, köpük stabilitesi filmin doğasına bağlıdır ve matris içindeki protein-protein etkileşimlerinin derecesini gösterir (Da Trindade Alfaro vd., 2015).

Farklı sazan balıklarının derilerinden elde edilen jelatinlerin fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini karşılaştırıldığı bir çalışmadan köpük oluşturma değerleri çalışmamızdaki değerlerden genel olarak yüksek bulunurken köpük stabilitesi değerleri ise daha düşük çıkmıştır (Ninan vd., 2014). Aynı çalışmada balık jelatini ile kıyaslama amacıyla sığır jelatininde yapmış oldukları köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesi değerlerini ise alışmamamızla benzer bulmuşlardır.

Örneklerin köpük stabiliteleri kıyaslandığında sığır jelatini ile optimum örneğin istatistiksel olarak birbirine benzer oldukları görülmüştür ($p < 0,05$). SG ve OG, ÇG'ye göre daha kararlı ve stabil iken ÇG $1,12 \pm 0,03$ değeri ile en düşük stabiliteyi göstermiştir.

4.4.5. SG, ÇG ve OG'nin Bloom Derecesi ve TPA Sonuçları

Jelatinin en önemli özelliği, jelatinin moleküler ağırlığının bir fonksiyonu olan jel kuvvetidir ve Bloom derecesi olarak da ifade edilir. Jel kuvveti, jelatinin α - ve β - zincir yapıları ile ilgilidir. Viskozite ile de ilgili olan jel kuvveti, jelin davranışı için iyi bir rehber olduğundan gıda endüstrisi için oldukça önemlidir. Jel kuvveti genellikle 50-300 arasında değişmektedir (Mariod ve Adam 2013). Jelatin jeli (%6,67) jel kuvvetine göre yüksek bloom (200–300g), orta bloom (100–200g) ve düşük bloom (50–100g) olarak sınıflandırılabilir (Saenmuang, Phothiset, ve Chumnanka, 2020). Farklı uygulamalar için farklı Bloom değerlerinde jelatinler tercih edilmektedir. Jel kuvveti 125-250 arasında değişmekte olan jelatinler şekerleme ürünlerinde, düşük jel kuvvetine (70-90) sahip jelatinler ise şarap veya meyve suyu durultmasında kullanılmaktadır (Mariod ve Adam 2013).

SG, istatistiksel olarak ÇG ve OG'ye göre daha düşük Bloom değerine sahiptir. Üzüm posası ekstraktının balık jelatinin Bloom derecesine etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Örneklerin tümü orta Bloom derecesine sahiptir. Örneklerin Bloom derecesi Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çalışmamızda bulunan bloom değerleri; Chandra ve Shamasundar (2015)'in balık derisi ve memeli jelatininde, Cai vd. (2017)'nin balık derisi jelatininde, Benjakul vd. (2009)'un sığır ve balık derisi jelatininde, Saenmuang vd. (2020)'nin sığır ve balık derisi jelatininde ve Aksun Tümerkan vd., (2019)'un balık jelatininde buldukları değerlerden düşük, Kumar, Chandra, Elavarasan ve Shamasundar (2017)'in çalışmasındaki memeli ve balık jelatini ile paralel Mariod ve Adam (2013)'ün balık derisi jelatininden, Casanova vd. (2020)'nin balık derisi jelatininden ve Jongjareonrak vd. (2010)'un sığır ve balık derisi jelatininden ise yüksek bulunmuştur.

Termal stabilite gibi, jel kuvvetinde ekstraksiyon aşaması ve de kolajen kaynağının yapısal özelliklerinden etkilenmektedir. Genel olarak, yüksek imino asit içeriği (özellikle hidroksiprolin) ve yüksek moleküler ağırlığına sahip jelatinler, yüksek jel mukavemeti göstermektedir (Saenmuang vd., 2020).

Tekstüre profil analizi (TPA), şekerleme fabrikalarında tekstürel özelliklerin değerlendirilmesinde kullanılır, böylece sakızlı jöle gibi ürünler deformasyon veya kırılma riski olmadan işlenebilir. TPA, dilin ve dişlerin hareketini simüle etmeyi amaçlar (Cai vd., 2017). Örneklere ait TPA sonuçları Çizelge 4.16'da TPA analizi ile Bloom sonuçları arasındaki korelasyon ise Çizelge 4.17'de sunulmuştur.

Çizelge 4.16. OG, SG ve ÇG örneklerinin bloom derecesi ve tekstürel özellikleri

	SG	ÇG	OG
Bloom Derecesi (g)	151,14±0,57 b	190,39±1,45 a	190,67±1,58 a
Sertlik (g)	716,34±34,23 b	1262,35±80,97 a	1207,47±138,47 a
Tutunabilirlik (g.s)	-325,98±17,93 b	-432,11±24,06 c	-222,48±19,17 a
Yaylanma	1,00±0,02 a	0,95±0,01 b	0,98±0,01 a
Yapışkanlık	0,39±0,02 a	0,38±0,01 a	0,40±0,01 a
Sakızımsılık	280,82±3,38 b	484,58±22,62 a	464,70±32,01 a
Çiğnenebilirlik (g)	313,95±32,48 b	454,48±18,03 a	453,69±26,83 a
Elastiklik	0,11±0,01 b	0,16±0,03 a	0,18±0,04 a

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini, ÇG: Kontrol balık jelatini, OG: Optimum balık jelatini.

Jelatin jellerinin tekstürel özellikleri, farklı amino asit bileşimlerinden ve moleküler ağırlık dağılımlarından ve ayrıca protein zincirlerinin agregasyonundan etkilenmektedir (Huang vd., 2018). Örneklerin tekstürel özelliklerini incelemek için sertlik (hardness), tutunabilirlik (adhesiveness), yaylanma (springiness), bağlılık veya yapışkanlık (cohesiveness), sakızımsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness) ve elastiklik (resilience) parametreleri incelenmiştir.

En düşük sertlik değeri 716,34±34,23g ile SG örneğinde bulunmuştur. Bu değer optimum örnekte 1207,47±138,47g olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak kontrol balık jelatini ile OG arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Sertlik, jel kuvveti ile ilişkilidir ve TPA analizinde birinci sıkıştırmanın bitip birinci geriçekilmenin başladığı tepe noktasına karşılık gelmektedir (Kumar vd., 2017). Çizelge 4.17'den de görüleceği üzere bloom derecesi ile hardness parametreleri arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon ($r=0,841$)

bulunmaktadır. Cai vd. (2017), Huang vd. (2018), Altan Kamer vd. (2019), Aksun Tümerkan vd. (2019) ve Liu vd. (2020) yapmış oldukları çalışmalarda farklı balık türlerinde hardness değerlerini çalışmamızdaki balık jelatinin hardness değerlerinden düşük bulmuşlardır. Sonuçlarımız Chandra ve Shamasundar (2015) ile paralellik gösterirken Huang vd. (2017), Sow ve Yang (2015) ve Kumar vd. (2017)' nin sonuçlarından düşük bulunmuştur.

Örneklerin tutunabilirlik değerlerini incelediğimizde SG, ÇG ve OG arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek değer $-222,48 \pm 19,17$ g.s ile OG örneğinde en düşük değer $-432,11 \pm 24,06$ g.s ile ÇG örneğinde bulunmuştur. Buradan GPE'nin adhesiveness değerini yaklaşık olarak 2 kat arttırdığı söylenebilir. Tutunabilirlik değeri TPA analizinde birinci sıkıştırma gözlenen negatif alan olarak belirlenmiş ve gıdanın yüzeyi ile temas yüzeyi arasındaki çekim kuvvetini yenmek için gereken işi temsil etmektedir. Yüksek tutunabilirlik değeri daha yumuşak bir yapıya işaret etmektedir (Chandra ve Shamasundar, 2015). ÇG ve OG örneklerinin tutunabilirlik değerleri Kumar vd. (2017) ve Altan Kamer vd. (2019)'un çalışmalarından yüksek, Cai vd. (2017)'nin çalışmasından düşük Huang vd. (2017) ve Chandra ve Shamasundar (2015)'in çalışmalarıyla paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.17. SG, ÇG ve OG örneklerinin bloom ve TPA değerleri arasındaki pearson korelasyon analizi

		Bloom Derecesi (g)	Sertlik (g)	Yaylanma	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Elastiklik
Bloom (g)	Pearson Korelasyon	1	0,841**	-0,625*	0,958**	0,934**	0,740**
	Önem	0,00	0,001	0,030	0,000	0,000	0,006
	N	12	12	12	12	12	12

Springiness sonuçlarına göre OG ve SG arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). GPE'nin balık jelatinin yaylanma değerini istatistiksel olarak arttırdığı görülmektedir. Jel kuvveti ile yaylanma değeri arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur ($r = -0,625$) aynı durum Petcharat, Benjakul ve Hemar (2017)' de görülmüştür. Yaylanma, numunenin esnekliği ile ilgili bir parametredir. Birinci sıkıştırma sonu ile ikinci sıkıştırma başlangıcı arasında geçen süre boyunca gıdanın geri kazandığı yükseklik ile alakalıdır ve bu değer ne kadar yüksek ise ürünün ağızdaki çiğneme enerjisi o kadar fazla olmaktadır

(Chandra ve Shamasundar, 2015). Çalışmamızdaki balık jelatinlerinin springiness değerleri Sow ve Yang (2015), Chandra ve Shamasundar (2015), Cai vd. (2017), Huang vd. (2018), Altan Kamer vd. (2019)'nin araştırmalarından yüksek, Kumar vd. (2017)'nin çalışmasından düşük, Huang vd. (2017)'nin sonuçlarıyla ise paralellik göstermektedir.

SG, ÇG ve OG örneklerinin bağlılık, yapışkanlık (Cohesiveness) değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$) ve değerler $0,38\pm0,01$ - $0,40\pm0,01$ arasında değişmektedir. Bu değer gıdanı iskeletini oluşturan iç bağların gücünü ve kırılmadan önceki deformasyon derecesini göstermektedir. İkinci sıkıştırma sırasındaki pozitif kuvvet alanının birinci sıkıştırmadaki aynı alana oranı ile hesaplanmaktadır (Cai vd., 2017). Ürünün mekanik etki altındaki parçalanma hızı olarak da ölçülebilir. Ayrıca ürünün bir arada kalabilme yeteneğinin bir göstergesidir (Chandra ve Shamasundar, 2015). Çalışmamızdaki jelatinlerin yapışkanlık değerleri Altan Kamer vd. (2019), Kumar vd. (2017) ve Liu vd. (2020)'nin çalışmalarından düşük, Cai vd. (2017)'nin çalışmasından ise yüksek bulunmuştur.

Örneklerin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla $280,82\pm3,38$ - $484,58\pm22,62$ ve $313,95\pm32,48$ - $454,48\pm18,03$ aralığında tespit edilmiştir. OG ve ÇG arasında sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Balık jelatinlerinde sığır jelatinine göre gumminess ve chewiness parametreleri daha yüksek bulunmuştur. Bloom derecesi ile sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri arasında güçlü bir pozitif korelasyon bulunmuştur (sırasıyla $r=0,958$ ve $r=0,934$). Örneklerde sakızimsılık yükseldikçe sertlik değeri de artmıştır. Sakızimsılık parametresi, düşük derece sertliğe ve yüksek derece yapışkanlığa sahip yarı katı gıdaların bir özelliğidir ve hardness ve cohesiveness değerlerinin çarpımı ile belirlenmektedir (Chandra ve Shamasundar, 2015). OG ve ÇG'nin sakızimsılık değerleri Aksun Tümerkan vd. (2019) ve Liu vd. (2020)'nin buldukları değerlerden yüksek, Huang vd. (2017), Kumar vd. (2017) ve Huang vd. (2018)'in buldukları değerlerden ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Çiğnenebilirlik, örneği yutmak için gereken noktaya kadar çiğnemek için gerekli olan enerjiyi temsil etmektedir (Petcharat vd., 2017). Çiğnenebilirlik değeri gumminess ve springiness değerlerinin çarpımı ile elde edilmektedir (Chandra ve Shamasundar, 2015). Çalışmamızdaki balık jelatinlerini çiğnenebilirlik değerleri Petchara vd. (2017), Huang vd. (2017) ve Huang vd. (2018)'nin bulduğu değerlerden düşük Chandra ve Shamasundar (2015)'nin değerleri ile paralel Cai vd. (2017), Aksun Tümerkan vd. (2019), Altan Kamer vd. (2019) ve Liu vd. (2020)'nin bulmuş olduğu değerlerden ise yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızdaki örneklerin resilience değerleri literatüre göre düşük çıkmıştır (Chandra ve Shamasundar, 2015; Cai vd., 2017; Huang vd., 2017; Altan Kamer vd., 2019). ÇG ve OG arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamışken sığır jelatine göre balık jelatinlerinin elastiklik değerleri daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Jel kuvveti ile resilience değeri arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir ($r = 0,740$). Resilience, numunenin hem hız hem de kuvvet ile deformasyondan nasıl kurtulduğunun bir ölçüsüdür. Basit bir ifadeyle, numunenin elastik geri kazanımıdır. Elastik geri kazanım yeteneği, jelatin jel yapısında bulunan bağın doğası ile ilgilidir, dolayısıyla jelin imino asit içeriği, moleküler ağırlık dağılımı ve uygulanan ekstraksiyon prosedürüne bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Chandra ve Shamasundar, 2015).

Genel olarak tüm parametrelerde balık jelatinleri ticari sığır jelatininden daha iyi tekstürel özellik göstermiştir. OG ve ÇG arasında adhesiveness ve springiness değerleri dışında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). GPE ilavesinin balık jelatinin tutunabilirlik ve yayılma özelliklerini geliştirdiği söylenebilir. Bu da üzüm posası ekstratının reoloji sonuçlarından da görüleceği üzere jelatin bağları arasındaki interaksiyonu artırması ile daha kararlı ve elastik yapıda bir jelatin oluşumu ile açıklanabilir.

4.4.6. SG, ÇG ve OG'nin Mineral Madde Bileşimi

Balık jelatinin % kül içeriği diğer örneklere göre yüksek bulunmuştur. Mineral maddelerin jelatin üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu analizin sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Majör mineral olarak Na ve Ca, ÇG'de OG ve SG'ye göre daha yüksek oranda bulunmuştur. SG örneğinde makroelement olarak Mg ve K bulunmazken, ÇG'de Mg oranı OG'ye göre daha fazla OG'de ise K oranı ÇG'ye göre daha yüksek oranda tespit edilmiştir. Üzüm posasında yapılan mineral madde bileşimi ile OG'deki mineral madde bileşenleri benzerlik göstermektedir. K'un GPE ile yapıya katıldığı görülmektedir. En yüksek P içeriği ÇG'de sonra da OG'de en az da SG'de bulunmuştur. Örneklerde mikroelement olarak Fe, Cu, Mn ve Zn tespit edilmiştir. Cu ve Mn elementleri SG'te saptanamazken en fazla ÇG'de olduğu görülmektedir. Örnekleri Zn bakımından incelediğimizde $14,43 \pm 0,14$ ppm ile en yüksek miktarın ÇG'de olduğu görülmektedir. Fe içerikleri bakımından sıralamak gerekirse ÇG sonra OG ve en son SG gelmektedir.

Cassanova vd. (2020) ticari soğuk su balık derisi jelatini ve farklı ön işleme tabi tutulmuş kömür balığı derisi jelatinlerini karşılaştırdığı çalışmada Na oranını çalışmamızdan

oldukça yüksek, Ca oranını düşük, Mg oranını yüksek, K oranını ise benzer bulmuşlardır. Mikroelementler bakımından kıyasladığımızda çalışmamızdaki Cu, Mn ve Fe elementleri düşük Zn ise yüksek bulunmuştur. Benjakul vd. (2009)'nin çalışmasında iki farklı balık derisinden elde edilen jelatinin Ca, Mg, K, Na ve P gibi makroelementleri kıyaslanmış ve K hariç tüm elementler çalışmamızdan daha düşük oranda tespit edilmiş ve K miktarı ise OG örneğimizle benzerlik göstermiştir.

Mineral madde sonuçlarının % kül içeriği sonuçlarını destekler nitelikte olması, ÇG'ye göre optimum örnekteki mineral madde içeriklerindeki düşüşün yapıya daha olumlu bir katkı sunmuş olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.18. SG, ÇG ve OG örneklerinin mineral madde bileşimi

		SG	ÇG	OG
Makroelementler (g/kg*)	Na	1,69±0,01 c	6,44±0,05 a	4,86±0,01 b
	Mg	-	0,41 ±0,01 a	0,13±0,00 b
	K	-	0,05±0,00 b	0,22±0,01 a
	Ca	0,02±0,00 c	7,76±0,28 a	4,03±0,02 b
	P	0,02±0,00 c	5,30±0,00 a	3,83±0,01 b
Mikroelementler (mg/kg*)	Fe	4,41±0,07c	7,20±0,01 a	4,58±0,03 b
	Cu	-	1,54±0,05 a	0,62±0,03 b
	Mn	-	1,47±0,03 a	1,07±0,00 b
	Zn	0,02±0,01 c	14,43±0,14 a	6,04±0,03 b

*Kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.) a-c Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini, ÇG: Kontrol balık jelatini, OG: Optimum balık jelatini.

K elementi optimum örnekte ÇG'ye göre göze çarpan makroelement olarak karşımıza çıkmaktadır. Hofmeister serisi, iyonların proteinlerin çözünürlüğünü değiştirme yeteneğine göre sıralanan bir tür iyon dizisidir. Anyon ve katyonların etki sırası $\text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{S}_2\text{O}_3^{2-} > \text{H}_2\text{PO}_4^{2-} > \text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{NO}_3^- > \text{I}^- > \text{ClO}_4^- > \text{SCN}^-$, $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+ > \text{Mg}_2^+ > \text{Ca}_2^+$ şeklindedir. Dizinin önündeki iyonlar, genellikle proteinleri çökeltmekte kullanılan yüksek oranda hidratlı iyonlardır, dizinin sonundakiler ise proteinlerin çözünürlüğünü arttırabilen zayıf hidratlı iyonlardır (Chen vd., 2020). Chen vd. (2021), yapmış oldukları çalışmada

Hofmeister serisindeki iyonların, jelatin hidrojenlerin mekanik özelliklerini geliştirmeye yardımcı olabileceğini ileri sürerek K^+ ve SO_4^{2-} iyonlarını yapısında bulunduran K_2SO_4 tuzunu k-karragenan ile birlikte jelatin hidrojelinin yapısını geliştirmede kullanmışlardır ve K_2SO_4 'ün hidrofobik interaksiyonu arttırarak yapının kuvvetlenmesine katkı sunduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmadan yola çıkarak üzüm posası ekstraktı ile yapıya katılan K elementinin jelatin yapısını kuvvetlendirmede etkisinin olduğu ileri sürülebilir.

4.4.7. SG, ÇG ve OG'nin Aminoasit Kompozisyonu

Jelatin örneklerindeki serbest amino asit kompozisyonu 1000 kalıntı amino asit başına düşen kalıntı amino asit miktarı ile ifade edilmiştir. Amino asitlerin yakalanma süreleri ve oranları Çizelge 4.19'da, SG, ÇG ve OG'ye ait serbest amino asit kromotogramları ise Şekil 4.14'te verilmiştir.

Sığır jelatininde majör bileşen olarak glisin amino asidi, balık jelatinlerinde ise glisin ve prolin amino asidi bulunmaktadır. Sığır jelatininde glisini; prolin, alanin ve hidroksiprolin takip ederken ÇG ve OG' de ise glisin ve prolini glutamin takip etmektedir. Genel olarak balık jelatinlerinde (ÇG ve OG) lösin, izolösin, metiyonin, treonin, serin, glutamin, arjinin, histidin ve lizin oranı ticari sığır jelatininden yüksek bulunmuştur. Tirozin, hidroksiprolin ve alanin oranları ise sığır jelatininde balık jelatinlerine göre oldukça yüksek bulunmuştur. ÇG'de SG ve OG'ye göre daha yüksek oranda metiyonin, treonin, serin ve histidinsaptanmıştır. OG'de ise ÇG ve SG'ye göre daha fazla prolin, asparjin ve triptofan bulunmuştur. Hidroksilisin ise sadece sığır jelatininde saptanmıştır. Şekil 4.14'ten de görüleceği üzere OG ve ÇG'nin amino asit kromotogramları benzerlik gösterirken SG ile aralarında farklılıklar mevcuttur.

Prolin ve hidroksiprolinin, jelatinin erime noktası ve jel mukavemeti üzerinde doğru orantılı bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Boran ve Regenstein, 2010). Serbest hidroksiprolin içerikleri bakımından örnekleri incelediğimizde açık ara en fazla içerik SG'de tespit edilirken onu sırasıyla OG ve ÇG takip etmektedir. Serbest prolin içeriği 259,00 kalıntı/1000 kalıntı ile en yüksek OG örneğinde tespit edilirken bunu sırasıyla SG ve ÇG takip etmiştir. OG'nin serbest prolin içeriğinin ÇG'den yaklaşık 2,4 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. SG, ÇG ve OG örneklerinin amino asit içerikleri (kalıntı/1000 kalıntı) ve LC/MSMS' de yakalanma süreleri

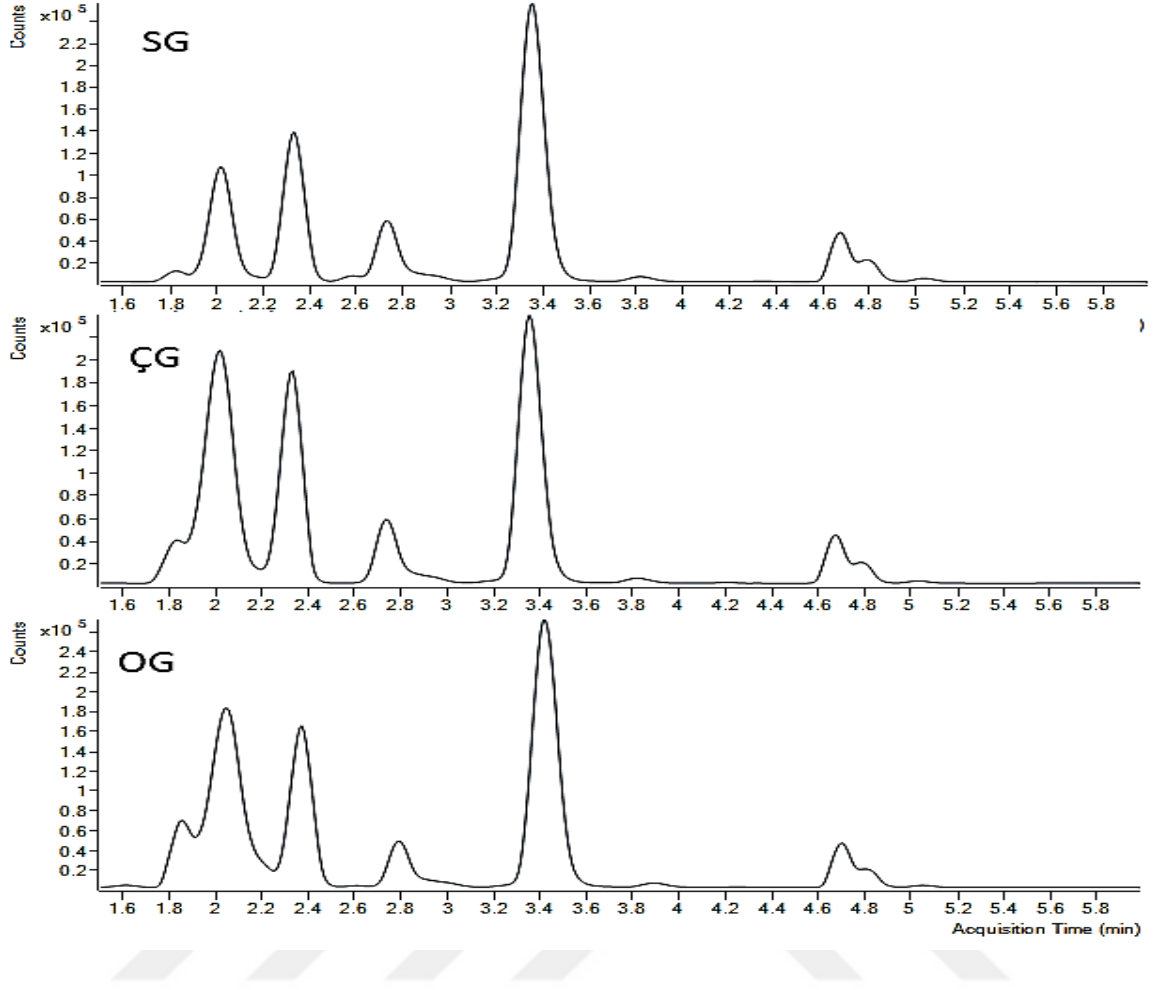
	Amino asit içeriği			Yakalanma Süreleri (Dakika)		
	SG	ÇG	OG	SG	ÇG	OG
Triptofan	0,53	5,91	24,70	1,85	1,84	1,85
Fenilalanin	32,12	41,01	35,02	1,99	1,96	1,99
Tirozin	33,89	24,69	26,67	2,04	2,01	2,04
Lösin	35,10	45,51	50,93	2,08	2,03	2,08
İzolösin	6,34	14,71	16,91	2,12	2,09	2,12
Metiyonin	5,87	17,60	7,38	2,22	2,18	2,22
Valin	30,41	20,25	26,09	2,37	2,34	2,37
Alanin	127,82	53,17	59,71	2,79	2,74	2,79
Treonin	22,41	48,44	39,40	2,81	2,76	2,81
Serin	12,80	46,55	29,30	2,92	2,86	2,92
Glisin	319,82	373,84	243,12	3,00	2,96	3,00
Asparajin	3,48	3,93	13,88	3,25	3,19	3,25
Hidroksiprolin	102,34	0,80	7,93	3,34	3,23	3,34
Prolin	178,93	109,08	259,00	3,42	3,36	3,42
Glutamin	58,28	88,03	74,39	3,44	3,38	3,44
Arjinin	7,28	32,12	38,40	4,70	4,67	4,70
Histidin	3,39	27,06	14,88	4,72	4,69	4,72
Hidroksilisin	7,17	0,00	0,00	5,07	4,98	5,07
Lisin	12,03	47,30	32,45	4,84	4,81	4,84
Sistein	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Toplam	1000	1000	1000	-	-	-
İmino Asit	281,27	109,89	266,92	-	-	-
Hidrofobik Amino Asitler	417,11	307,24	479,75			

SG: Sığır jelatini, ÇG: Kontrol balık jelatini, OG: Optimum balık jelatini.

Bu sonuçlar yukarıda belirtilmiş olan reoloji ve tekstür analizi sonuçlarını olumlu yönde desteklemektedir. Stines, Naylor, Hoj ve Van Heeswijck (1999) şaraplık üzümde yapmış oldukları çalışmada *Cabernet Sauvignon* üzümünde serbest prolinin hakim amino asit olduğunu ve stress, tuzluluk, şeker vb. çevresel faktörler ile prolin birikiminin arttığını ifade etmişlerdir. Aynı şekilde asparajın birikiminde *Cabernet Sauvignon* cinsi üzümde arttığını ileri sürmüşlerdir. Monteiro vd. (2021) 4 çeşit üzüm posası ununda triptofan, 5-hidroksitriptofan ve L-dihidroksifenilalanin aminoasitlerini aramışlar ve tüm çeşitlerde triptofan oranını yüksek bulmuşlardır. Valiente, Arrigoni, Esteban ve Amado (1995), üzüm posasının diyet lifi olarak kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada ise üzüm posası liflerinde hücre duvarı bileşeni olan serbest hidroksiprolinde bir artış tespit etmişlerdir. GPE'nin amino asit içeriği incelendiğinde 731,33 kalıntı/1000 kalıntı ile en yüksek oranda prolin içerdiği tespit edilmiştir. Prolini; 44,09; 28,00; 26,13; 25,37 ve 21,55 kalıntı/1000 kalıntı oranında sırasıyla alanin, triptofan, hidroksiprolin, asparajın ve lösinin takip ettiği tespit edilmiştir (Ek-4). Dolayısıyla OG örneğinde ÇG örneğine göre gözle görülür farklılıkları bulunan serbest triptofan, prolin, hidroksiprolin ve asparajın kalıntıları GPE ilavesinden kaynaklanmış olabilir.

İmino asit içerikleri bakımından karşılaştırdığımızda en yüksek içerik 281,27 kalıntı/1000 kalıntı ile SG örneği olurken onu OG örneği takip etmiştir. Glutamik asit, aspartik asit, lizin, hidroksilisin, arginin ve histidinin ise çapraz bağ oluşumu ve elektrostatik etkileşimlere katkı sunduğu bilinmektedir (Boran ve Regenstein, 2010). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda balık jelatinine göre sığır jelatini hidroksilisin hariç diğer amino asitler bakımından oldukça fakir olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ÇG ve OG'nin çapraz bağ oluşumunun daha yüksek olabileceği düşünülmektedir.

Fenolik bileşikler jelatin ile hidrojen bağı veya hidrofobik etkileşimler göstermektedir (Kuan vd.,2016). Hidrofobik aminoasitlerin (Ala, Val, Leu, Ile, Pro, Phe, Trp ve Met) balık jelatininin bloom derecesine ve fiziksel özelliklerine katkısı olduğu da bilinmektedir (Schreiber ve Gareis, 2007). Sığır jelatini alanin ve valin hariç diğer tüm hidrofobik amino asitleri bünyesinde OG ve ÇG'ye göre daha az içermektedir. Hidrofobik amino asit oranı en yüksek olan örnek 479,75 kalıntı/1000 kalıntı ile OG örneği olmuştur. Buradan da OG'nin fenolik bileşenlerle daha fazla hidrofobik etkileşimlere girmiş olabileceği sonucuna varılmaktadır.



Şekil 4.16. SG, ÇG ve OG örneklerine ait serbest amino asit kromotogramı

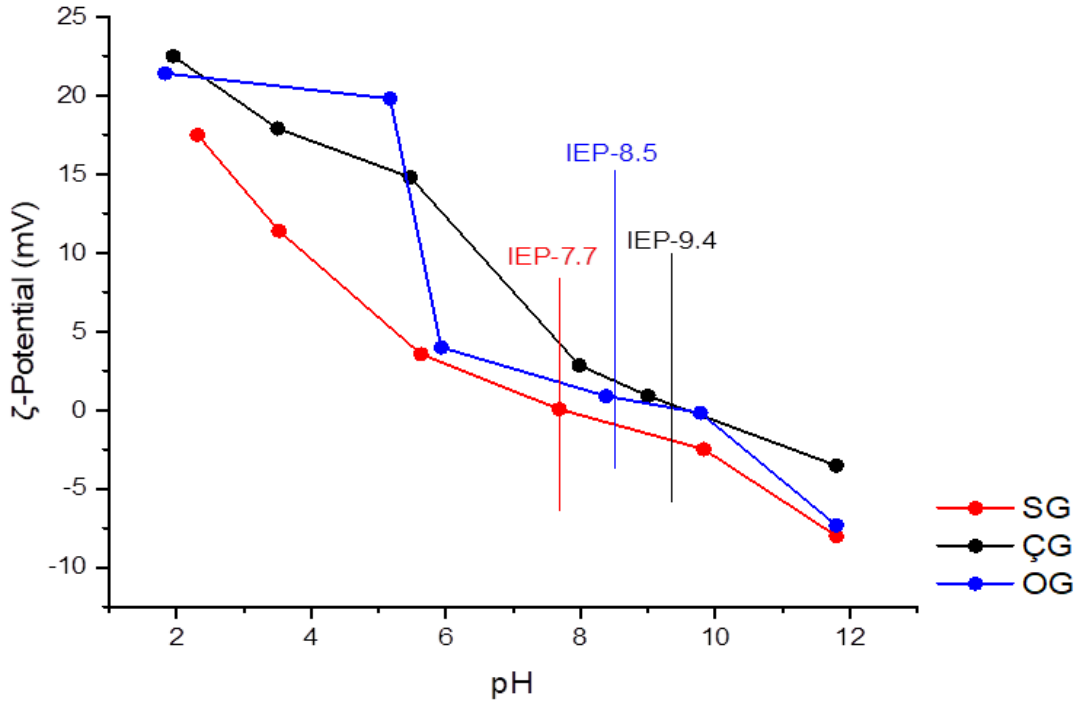
Ismail vd. (2021) 54 adet balık jelatini ve 50 adet sığır jelatinin amino asit kompozisyonlarını inceledikleri çalışmada sığır jelatinlerinin amino asit içeriklerinin ortalamasına bakıldığında büyük kısmı sırasıyla glisin, prolin, hidroksiprolin ve alaninin oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Aynı şekilde balık jelatinlerini incelediklerinde bu sıralamanın glisin, alanin ve prolin şeklinde olduğunu görmüşlerdir. Sığır jelatini sonuçları çalışmamızla paralellik gösterirken balık jelatininde farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmamızda kullanılan balığın ılık su balığı olmasından kaynaklanabilir.

Chandara ve Shamasundar (2015) hint sazanı, beyaz sazan ve rohu balığı derisinden elde edilen jelatinin fonksiyonel özelliklerini inceledikleri çalışmadan balık jelatinlerinin tümünde baskın amino asitlerin glutamin, glisin ve prolin olduğunu tespit etmişlerdir. Aewsiri, Benjakul, Visessanguan ve Tanaka (2008) kanatlı tuna balığında baskın amino asitleri sırasıyla prolin glisin ve alanin şeklinde bulmuşlardır. Casanova vd. (2020) ve Benjakul vd. (2009)' da çalışmalarında majör amino asit içeriklerini çalışmamızla benzer

bulmuşlardır. Şekil 4.16'da SG, ÇG ve OG örneklerine ait serbest amino asit kromotogramı görülmektedir.

4.4.8. SG, ÇG ve OG Örneklerinde İzoelektrik Nokta Değerleri

Asit muamelesi ile A Tipi, alkali ajanlar ile B tipi olmak üzere kollajenden iki tip jelatin türetilmektedir. Yüksek kalitede bir ürün elde etmek için, uygulama alanı ve pH' ın jelatin üzerindeki etkisi göz önünde bulundurularak bu iki tip jelatinden biri seçilmektedir (Boran ve Regenstein, 2010). A tipi jelatinler, ana kollajenleriyle aşağı yukarı aynı amino asit bileşimlerine sahip olduklarından ortalama izoelektrik noktaları kollajene benzerdir ve 7,0-9,4 aralığındadır. B tipi jelatinler, iyonlaşmayan glutamin ve asparagin kalıntılarını içermediklerinden izoelektrik noktaları daha asidik jelatinler meydana getirmektedirler (Haug ve Draget, 2011). Sayısal olarak yüksek bir ζ -potansiyel değeri, agregasyonun önlenmesi ile kararlılığı gösterirken sıfıra yakın küçük bir ζ -potansiyel değeri, artan hidrofobik etkileşimlere işaret eder ki bu da protein çökmesine ve kümelenmesine neden olmaktadır (Casanova vd., 2020). ζ -potansiyelinin sıfırı gösterdiği noktadaki pH değeri bize o örneğin izoelektrik noktasını (IEP) vermektedir.



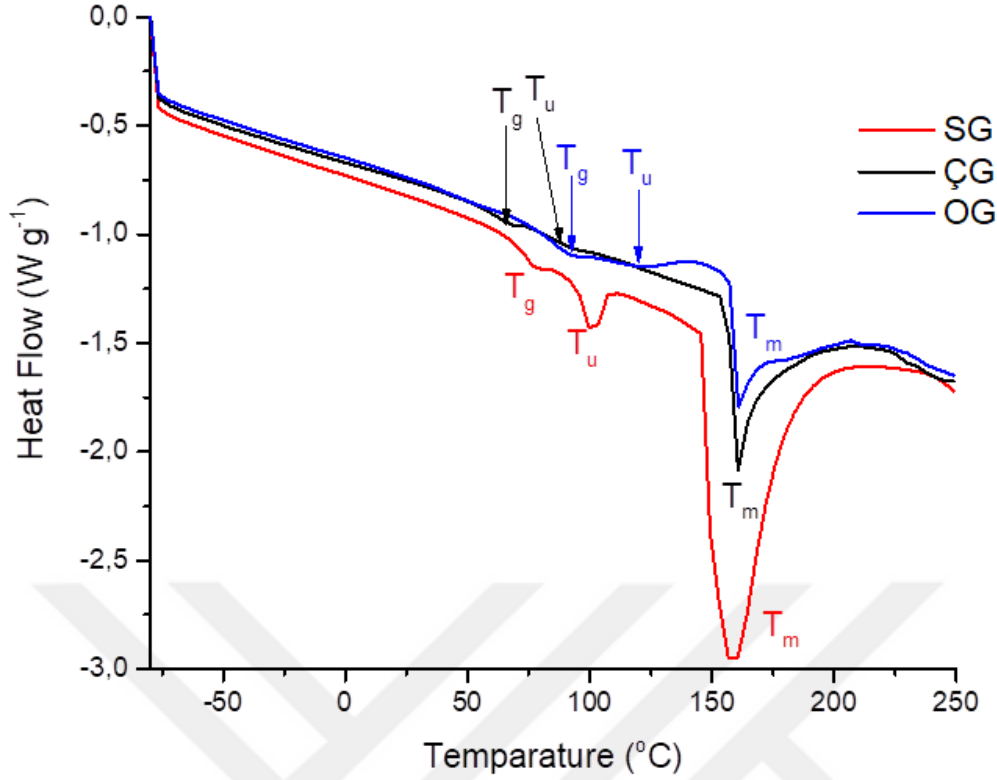
Şekil 4.17. Balık, Sığır ve Optimum jelatinin izoelektrik titrasyon grafikleri (IEP: İzoelektrik nokta)

Çalışmamızdaki örneklerin üçü de bazik pH'da pozitif yük taşımaktadırlar ve izoelektrik titrasyon grafikleri Şekil 4.15'te verilmiştir. En yüksek izoelektrik nokta ÇG örneğinde 9,4 olarak bulunurken GPE ilavesi balık jelatinin izoelektrik noktasını yaklaşık 1 birim aşağıya çekmiştir. Ticari sığır jelatinin IEP'si ise 7,7 olarak belirlenmiştir. Bu durumda SG, ÇG ve OG A tipi jelatin özelliği göstermektedir.

Jelatin örneklerinin yük dağılımı genellikle pozitif (histidin, lisin, arginin) veya negatif (glutamik veya aspartik asit) yüklü amino asitler ile belirlenmektedir (Kumar vd., 2017). Tip A jelatin, 6,0-9,5 arasında bir IEP' ye sahiptir ve genellikle nötr pH' da pozitif yük taşıırken, Tip B jelatin, 4,8-5,2 arasında bir IEP' ye sahiptir ve nötr pH' ta negatif yük taşımaktadır (Da Trindade Alfaro vd., 2015; Kumar vd., 2017). Çalışmamız ile aynı yöntem ile gümüş balığı derisinden elde edilen jelatinin (Altan Kamer vd., 2019) izoelektrik noktası sonuçları ÇG örneği ile paralellik gösterirken OG örneğinden yüksek bulunmuştur. Çalışmamızdaki sığır jelatinin izoelektrik noktası ise A tipi jelatinlerin literatüre aralığı ile benzerlik göstermektedir (Haug ve Draget, 2011).

4.4.9. SG, ÇG ve OG Örneklerinin Camsılığa Geçiş Sıcaklığı

Referans ile numunenin aynı sıcaklıkta tutulması ile sıcaklığa bağlı örneğin ısı akışı diyagramının belirlendiği bu analizde toz örneklerdeki camsılığa geçiş sıcaklıkları ve entalpi değişimleri tespit edilmiştir. Erime termogramları ise Şekil 4.16'da sunulmuştur. Örneklerin tümünde DSC termogramlarında iki adet endotermik pik bir adet yer değiştirme noktası görülmektedir ve ilk endotermik pik camsılığa geçiş noktasından (T_g) sonra meydana gelmiştir. Qiao, Zhang, Ma, Liu ve Liu (2018) jelatin jellerin termal stabilitesinin üçlü sarmalların uzunluğundan çok, üçlü sarmalın içeriği ve viskoelastik ölçümleri ile yakından ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Ürünlerde stabilite, hem termodinamik hem de kinetik özelliklerle ilişkilidir ve T_g , a_w değerleri ile tanımlanabilmektedir. T_g , sıvıdan cama dönüşümün veya camdan sıvıya dönüşümün gerçekleştiği geçiş sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır (Tireki, 2017). T_g , jelatin gibi amorf yapılarda yer değiştirmenin orta noktası olarak belirlenmektedir. Camsılığa geçiş değerlerinin literatürde geniş varyasyonlarının bulunması jelatinin elde edildiği hayvanın tür, yaş ve cinsiyetine ve de farklı ekstraksiyon yöntemlerine göre değişiklik göstermesi ile açıklanmaktadır (Rahman vd., 2008).



Şekil 4.18. Balık, sığır ve optimum jelatine ait DSC termogramları, T_g : Camlılığa geçiş sıcaklığı, T_u : Yayılım sıcaklığı, T_m : Katı erime sıcaklığı

Moleküllerin hareket kabiliyetinin bir ölçüsü olan camlılığa geçiş sıcaklığı (T_g) çalışmamızda 70,16-79,60°C arasında belirlenmiştir. Ticari sığır jelatini için T_g değeri 72,08 olarak tespit edilmiş ve balık jelatininden yaklaşık 2 derece daha yüksek bulunmuştur. GPE ilavesi balık jelatinin T_g değeri %14 arttırmıştır. Bu durum GPE'nin moleküler arası etkileşimi arttırması ve daha kararlı bir ürünün meydana gelmiş olması ile açıklanabilir. Rahman vd. (2008) tuna balık derisinden elde etmiş oldukları jelatinlerin farklı bağıl nemlerdeki (%11,3; %52,9; %75,3) ısı akışlarını incelemişleridir. %11,3 bağıl nemli örneklerde sığır jelatinine ait T_g pik değeri (76°C) çalışmamızla benzerlik gösterirken balık jelatinin T_g değeri (43°C) çalışmamızdan daha düşük bulunmuştur. Bağıl nem oranı arttıkça ürünlerin T_g değerlerinde bir düşüş gözlenmiş bu durum su molekülleri ile jelatinin plastikleşme göstermesi ve hidrasyon ile yapısal değişikliklerin meydana gelmesi ile açıklanmıştır. T_g değerinde azalma polimer moleküllerinin plastikleşmesini, artış ise polimer moleküllerinin sıralanması ile anti-plastikleşmeye işaretler. Tau ve Guneskaran (2016) saf domuz jelatinde T_g değerini 85,6°C olarak tespit etmişler ve T_g 'nin bu kadar yüksek olmasını düşük nem içeriğine bağlamışlardır. Casanova vd. (2020) balık jelatinlerinin T_g değerlerini

69,3-77,1°C arasında, çalışmamız ile paralel olarak bulmuşlardır. Mukherjee ve Rosolen (2013) dana derisi jelatinlerinde T_g değerini çalışmamızdaki ticari sığır jelatini ile benzer şekilde tespit etmişlerdir.

Jelatin termogramlarında en büyük endotermik pik katı erime sıcaklığını (T_m) göstermektedir. Katı erime sıcaklıkları 158,00-161,13°C arasında değişmektedir. Ticari sığır jelatininin T_m değeri ise 160,78°C olarak bulunmuştur. Peptid zincirlerinin kırılması ve yapısal yıkımın farklı sıcaklıklarda meydana geldiği görülmektedir. GPE ilavesi ile balık jelatinin denatürasyon sıcaklığı yaklaşık 3 derece artış göstermiştir bu da jelatinin çapraz bağlanma yapısının nisbeten daha kararlı bir hale geldiğinin göstergesidir. SG, ÇG ve OG örneklerinin katı erime sıcaklıklarının entalpi değişimleri (ΔH) endotermik pikin alanı kullanılarak sırasıyla 213,51; 63,47 ve 63,36 J/g olarak hesaplanmıştır. Kollajen malzemelerin endotermik süreçleri, hidrojen bağlarının kırılması ve üçlü sarmalın rastgele bir konfigürasyona yeniden düzenlenmesini içermektedir. Jelatinin birleşme bölgelerinin sayısının artması moleküller arası mesafenin azalması; hidrojen bağlarını kırmayı zorlaştırır ve heliks-coil dönüşümü için daha fazla enerji gereksinimini doğurur. Entalpi değişimi ise kollajen yapısının stabilitesine bağlıdır ve dolayısıyla imino asitlerin (prolin ve hidroksprolin), üçlü sarmal yapıyı stabilize ederek jelatinin sertliğini etkilediği düşünülmektedir (Sarbon vd., 2013). Casanova vd. (2020)'nin çalışmasında T_m değerleri 165,7-189,8°C arasında bulmuşlarve ΔH farklılıklarını amino asit içeriklerindeki farklılıklarla ilişkilendirmişlerdir. Rahman vd. (2008)'in çalışması ile balık ve ticari sığır jelatinin denatürasyon sıcaklıkları paralellik göstermektedir.

Örneklerin camsılığa geçiş sıcaklıklarında sonra T_m değerlerinden önce, termogramda meydana gelen endotermik pikler ise yayılım sıcaklıkları (T_u) hakkında bilgi vermektedir. Örneklerin T_u değerleri 92,67-120,36°C arasında değişmektedir. Ticari sığır jelatin en düşük T_u değerine sahip örnek olarak belirlenmiştir. ÇG ile OG arasında yaklaşık 20 °C'lik bir fark tespit edilmiştir. Casanova vd. (2020)'nin yaptıkları çalışmada yayılım sıcaklıkları çalışmamızdan daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçların nedeni jelatin üretiminde farklı ekstraksiyon yöntemlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.4.10. SG, ÇG ve OG Örneklerinin FTIR Sonuçları

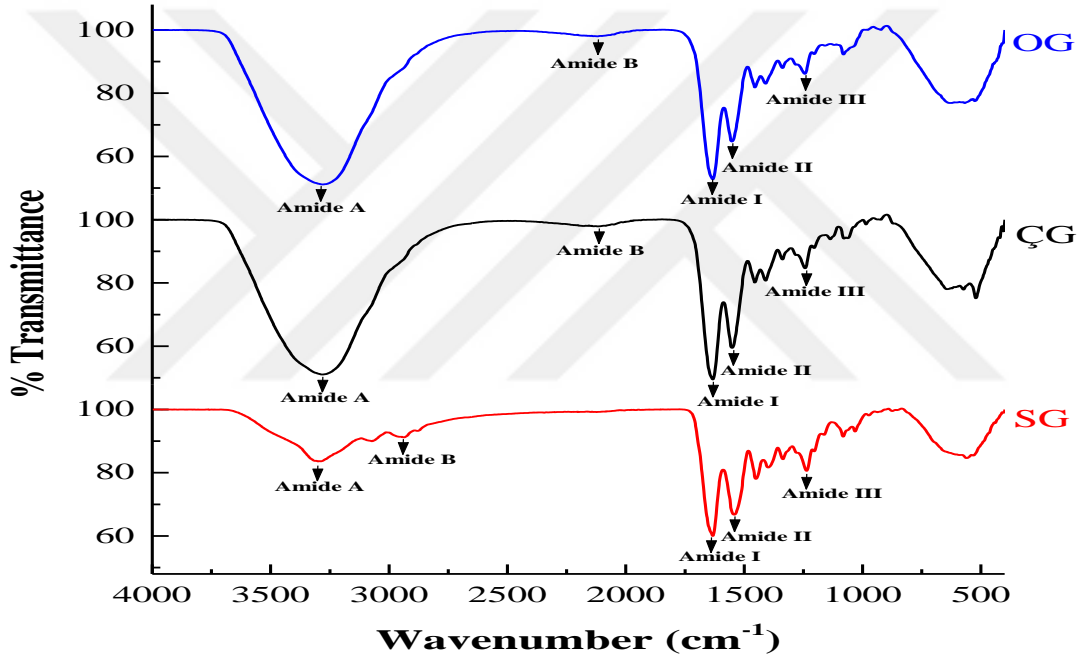
FTIR, proteinlerin sekonder yapı tayini için kullanılan yaygın bir tekniktir. FTIR spektral bilgisi ise proteinlerdeki kimyasal bağların titreşim durumu ile ilişkilidir (Hu vd., 2021).

Çalışmamızda FTIR analizi ile optimum jelatin örneğinin, ticari sığır jelatini ve saf balık jelatinine göre fonksiyonel gruplarındaki farklılıklar ve bu örneklerin yapısal karakterizasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. SG, ÇG ve OG'nin FTIR spektrumları Şekil 4.17'de sunulmuştur. Amid A, B, I, II, III ve fingerprint olmak üzere 6 spektrum bölgesi tespit edilmiş ve bu bölgelerin işaretleri Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Üç örnek genel olarak benzer amid bant bölgeleri ile benzer spektrumlar göstermesine rağmen örneklerin bant yoğunluklarında az da olsa farklılıklar mevcuttur. FTIR spektrumlarındaki dalga sayılarına karşılık gelen pik alanları, bandların yoğunlukları hakkında fikir vermektedir ve çalışmamızdaki örneklere ait band pik alanları ve absorpsiyonları Çizelge 4.21 ve 4.22'de verilmiştir.

Amid A bandı, 3600 ile 3200 cm^{-1} arasındaki dalga sayılarında, H-bağ ile bağlı O-H ve N-H gerilmelerini yansıtmaktadır (Cai vd., 2017). Genel olarak, A bandında sadece N-H'nin germe titreşiminden kaynaklanan absorpsiyon zirvesinin dalga boyu 3400-3440 cm^{-1} iken, N-H grubu hidrojen bağına dahil olduğunda, amid A'nın absorpsiyon zirvesi daha düşük bir dalga sayısına kaymaktadır. Dolayısıyla daha güçlü bir hidrojen bağı, amid A absorpsiyon zirvesinin daha düşük bir dalga sayısına hareket etmesine neden olmaktadır (Doyle, Bendit ve Blout, 1975). Çalışmamızdaki örneklerin Amid A bandı 3278,54±0,04-3299,82±0,03 aralığında majör tek bir pik göstermiştir. SG örneğinin Amid A bölgesi balık jelatinlerine göre daha yüksektir. Balık jelatinleri arasında Amid A bölgesi bakımından istatistiksel olarak bir fark saptanmamıştır ($p>0,05$). SG örneğinde Amid A band bölgesi (cm^{-1}) daha yüksek olmasına karşın bu bandın yoğunluğu Şekil 4.18'de görüleceği üzere balık jelatinlerinden oldukça düşük bulunmuştur. İstatistiksel olarak en yoğun amid A bandı ise ÇG örneğinde görülmüştür ($p<0,05$). Hem amid A bant bölgesinin sığır jelatininden daha düşük olması hem de yoğunluğun yüksek olması balık jelatinlerinin su molekülleri ile daha yüksek oranda hidrojen bağı oluşturduğunu göstermektedir.

SG örneğinde Amid B bandı $2937,324 \pm 0,11 \text{ cm}^{-1}$ dalga boyunda bulunmuştur. Bu bağ asimetrik CH_3 gerilimine karşılık gelmektedir (Chen vd., 2016; Hu vd., 2021). Yine SG örneğinde Amid B'nin amid A bandı ile birleşme eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun karboksilik grubun dimerik moleküller arası birleşmesinden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (Sow ve Yang, 2015). Balık jelatininde ise bu pik daha düşük dalga boylarında tespit edilmiştir. ÇG ve OG örneklerinde sırasıyla $2115,362 \pm 2,21$ ve $2119,1463 \pm 0,35 \text{ cm}^{-1}$ dalga boyunda bulunan amid B bandı, $-\text{NH}_3$ grubunun peptit zincirleri arasındaki etkileşimini işaret etmektedir. Sinthusamran, Benjakul ve Kishimura (2014) amid B bandının dalga boyunun düşük olmasını, ekstraksiyon aşamasının daha uzun sürede ve yüksek sıcaklıklarda yapılmış olmasına bağlamışlardır.



Şekil 4.19. SG, ÇG ve OG örneklerinin FTIR spektrumları

Amid I absorpsiyon bandının, $\text{C}=\text{O}$ gerilme titreşimlerine bağlı olduğu ve proteinlerin sekonder yapılarındaki değişiklikleri belirlemede kullanılabileceğine işaret edilmiştir (Cai vd., 2017). Proteinlerin mikro yapısını analiz etmede de önemli bir paya sahiptir (Benjakul vd., 2009). Amid I bandı $1660\text{-}1620 \text{ cm}^{-1}$ frekans aralığında meydana gelmektedir. $1660\text{-}1650 \text{ cm}^{-1}$ frekans aralığı α -coil ve $1640\text{-}1620 \text{ cm}^{-1}$ aralığı ise β -sheet yapılarını göstermektedir (Hashim vd., 2010). Örneklerin üçünde de Amid I bandı 1633 cm^{-1} dalga boyunda bulunmuştur. Sow vd., (2017), 1633 cm^{-1} 'deki piklerin, jelatinde bulunan karakteristik coil yapısını gösterdiğini ileri sürmüşlerdir. Amid I ve III bantlarının tepe noktalarının altındaki

alanlar, jelatinin yapısını tahmin etmede, sekonder yapı kayıplarını ve rastgele sarmal oluşumunu gözlemek için kullanılabilir (Sezer, Okur, Oztop ve Alpas, 2020). Amid I bandının yoğunlukları incelendiğinde balık jelatinlerinin (ÇG ve OG) coil yapılarının SG örneğinden daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20. SG, ÇG ve OG örneklerinin FTIR spektrumlarında tanımlanan piklerin bölgeleri ve olası kimyasal işaretleri

	Pik Dalga numaraları (cm ⁻¹)			Bölge İşaretleri ve Açıklamaları
	SG	ÇG	OG	
Amide A	3299,79	3278,58	3282,43	H- bağı ile bağlı N-H gerilimi
Amide B	2937,22	-	-	Asimetrik CH gerilimi
	-	2117,57	2119,50	NH ₃ ⁺ gerilme titreşimi
Amide I	1633,50	1633,50	1633,50	C=O gerilimi/-COOH grubu gerilimi
Amide II	1542,86	1550,57	1552,50	CN gerilimi ile bağlı NH eğilimi
	1450,29	1454,14	1454,14	CH ₂ eğilim titreşimi
	1398,22	1409,79	1409,79	COO- simetrik gerilimi
	1336,50	1338,43	1338,43	Prolin ve Glisinin CH ₂ salınımı
Amide III	1236,22	1242,00	1243,93	CN gerilimi ile bağlı NH eğilimi
Fingerprint	1081,93	1078,07	1080,00	C-O iskelet gerilimi
	561,22	572,79	568,93	C-C iskelet gerilimi
	534,22	522,64	526,50	C-C iskelet gerilimi

SG: Sığır jelatini, ÇG:Kontrol balık jelatini, OG:Optimum balık jelatini.

Amid II bandının konumu, jelatinin sekonder yapısındaki değişikliklerin bir göstergesidir. Bu bağın genellikle proteindeki yapısal değişikliklerden ziyade hidrasyon duyarlılığı ile alakalı olduğu düşünülmektedir (Benjakul vd., 2009). Amid II bantlarının frekansı 1570 ile 1335 cm⁻¹ aralığında olup, N-H bükülmesi ve CH₂ gerilmesini yansıtmaktadır. Çalışmamızda tespit edilen 1542,40±0,46-1552,03±0,47 frekans aralığı peptid grubunun CN gerilmesi ve düzlem içi NH deformasyon modlarının faz dışı kombinasyonundan kaynaklanmıştır (Sinthusamran vd., 2014). Örneklerdeki CH₂ eğilim

titreşimi (Jackson, Coe, Watson, Halliday ve Mantsch, 1995) $1450,18\pm 0,10$ - $1454,61\pm 0,46$ cm^{-1} frekans aralığında, COO- simetrik gerilimi (Sow ve Yang 2015) $1398,38\pm 0,17$ - $1409,86\pm 0,07$ cm^{-1} frekans aralığında ve prolin ve glisinin CH₂ salınımı (Hu vd., 2021) ise $1336,65\pm 0,14$ - $1338,55\pm 0,12$ aralığında bulunmuştur. 1550 - 1540 cm^{-1} ve 1525 - 1520 cm^{-1} aralığındaki dalga sayısı, amid II bölgesinin neden olduğu α -heliks ve β -sheet yapısına karşılık gelmektedir (Casonova vd., 2020).

Çizelge 4.21. Örneklerin FTIR spektrumlarındaki dalga sayılarına karşılık gelen pik alanları

	SG	ÇG	OG
Amide A	29,65±0,22 c	141,61±0,50 a	140,27±0,50 b
Amide B	3,98±0,12	-	-
	-	6,90±0,21 a	6,77±0,02 a
Amide I	16,94±0,09 c	25,75±0,02 a	23,74±0,01 b
Amide II	14,19±0,15 b	13,73±0,01 c	15,95±0,05 a
	5,64±0,09 a	4,20±0,01 c	4,68±0,01 b
	4,95±0,05 c	5,27±0,03 b	5,78±0,01 a
	4,04±0,01 a	3,20±0,02 b	3,15±0,02 c
Amide III	9,97±0,02 a	8,19±0,04 c	8,95±0,05 b
Fingerprint	3,96±0,18 a	2,14±0,02 c	2,79±0,01 b
	4,08±0,43 c	4,59±0,07 b	5,01±0,00 a
	5,71±0,07 c	10,89±0,05 b	11,31±0,06 a

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini, ÇG: Kontrol balık jelatini, OG: Optimum balık jelatini.

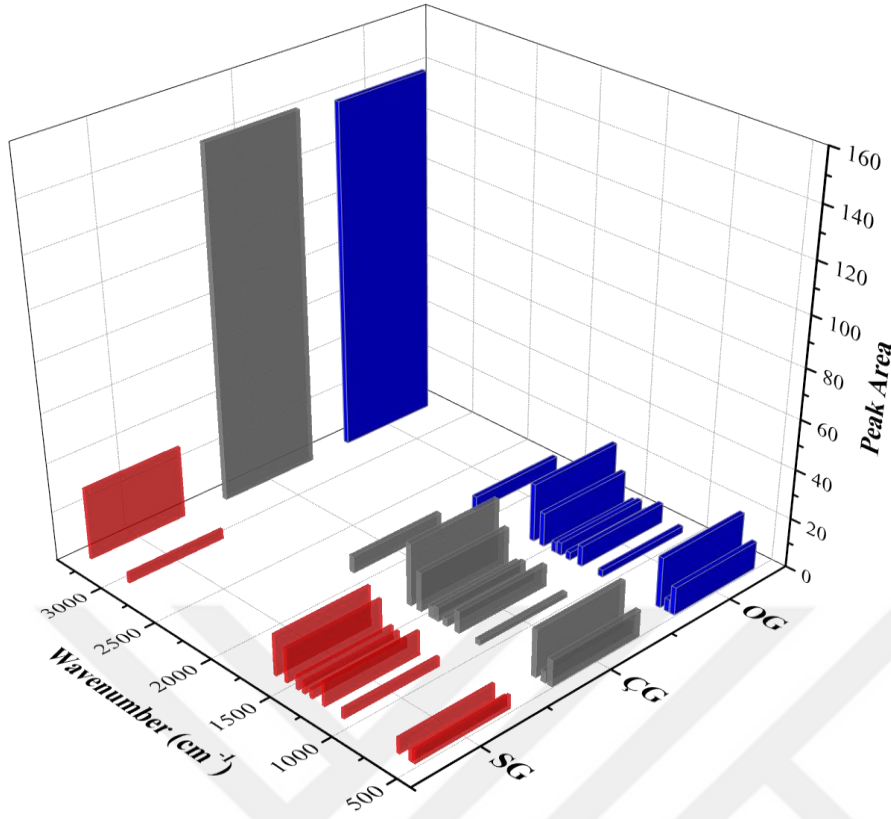
Çalışmamızdaki jelatin örneklerinde α -heliks yapısının hakim olduğu, balık jelatinlerinde SG'ye göre α -heliks yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmektedir. OG örneğinde amid A ve amid I band yoğunluğundan sonra en yüksek yoğunluğun $1552,03\pm 0,47\text{cm}^{-1}$ bandında olduğu görülmektedir. Genel olarak GPE ilaveli optimum örnekte Amid II band yoğunluğunun arttığı söylenebilir.

Çizelge 4.22. SG, ÇG ve OG örneklerinin FTIR spektrumlarında dalga sayılarına karşılık gelen absorbans değerleri

	SG	ÇG	OG
Amide A	0,08±0,00 c	0,30±0,00 a	0,29±0,01 b
Amide B	0,04±0,00 a	0,02±0,00 b	0,02±0,00 b
Amide I	0,23±0,00 c	0,31±0,00 a	0,28±0,00 b
Amide II	0,18±0,00 c	0,23±0,00 a	0,20±0,00 b
	0,11±0,00 a	0,10±0,00 b	0,09±0,00 c
	0,09±0,00 b	0,10±0,00 a	0,08±0,00 c
	0,08±0,00 a	0,07±0,00 b	0,06±0,00 c
Amide III	0,10±0,00 a	0,08±0,00 b	0,07±0,00 c
Fingerprint	0,04±0,00 a	0,03±0,00 b	0,04±0,00 ab
	0,07±0,01 b	0,12±0,00 a	0,12±0,01 a
	0,08±0,00 c	0,13±0,00 a	0,12±0,00 b

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini, ÇG: Kontrol balık jelatini, OG: Optimum balık jelatini.

C-O iskelet gerilmesi, C-H deformasyon titreşimi ve C-C iskelet gerilmesini yansıtan parmak izi bölgesi olarak da adlandırılan bant aralığı $500-1000\text{cm}^{-1}$ frekans aralığında bulunmaktadır (Kuan vd., 2016). Çalışmamızdaki örnekler $1078,23 \pm 0,16-1081,79 \pm 0,14\text{ cm}^{-1}$ aralığında C-O iskelet gerilmesi, $561,17 \pm 0,05-573,19 \pm 0,41\text{ cm}^{-1}$ aralığında C-C iskelet gerilimi ve aynı şekilde $522,24 \pm 0,40-534,67 \pm 0,46\text{ cm}^{-1}$ aralığında da C-C iskelet gerilimi göstermişlerdir. Genel olarak balık jelatininde fingerprint bant yoğunluklarının GPE ilavesi ile arttığı görülmektedir.



Şekil 4.20. Örneklerin FTIR spektrumlarına karşılık gelen pik alanları

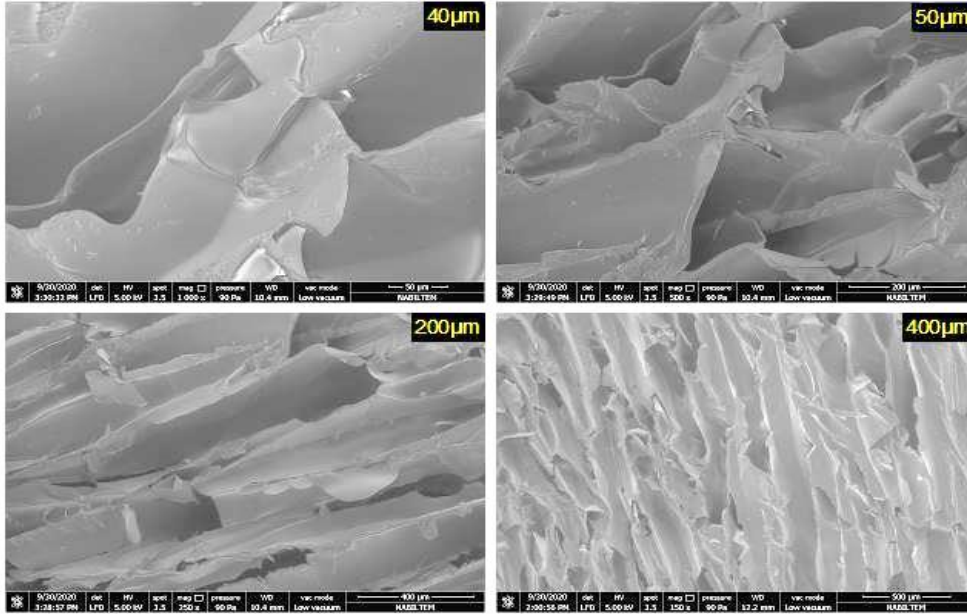
Amid III bandı, amid bağlantılarından kaynaklanan C-N germe titreşimleri ve N-H deformasyonu arasındaki pik kombinasyonlarını temsil etmektedir. Ayrıca amid III bantları, jelatin moleküllerindeki düzensizliği göstermektedir ve daha büyük olasılıkla üçlü heliks sarmal durumunun kaybıyla ilişkilendirilmiştir (Sinthusamran vd., 2014). Çalışmada $1236,38 \pm 0,16 - 1244,06 \pm 0,13 \text{ cm}^{-1}$ frekans aralığında saptanmıştır. Sow ve Yang (2015) amid III bandının, rastgele coil veya düzensiz yapı ile ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir. SG, ÇG ve OG örneği incelendiğinde örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek amid III frekansı OG örneğinde saptanmıştır bu da GPE ilavesinin balık jelatini ile moleküler arası etkileşimi sayesinde, daha düzenli ve kararlı bir yapı oluşmasına katkı sunduğunu göstermektedir. ÇG'ye göre OG örneğinin Amid III bandı yoğunluğunun da artmış olması bu durumu desteklemektedir. Örneklerin FTIR spektrumlarına karşılık gelen pik alanlarına ait grafik Şekil 4.18'de görülmektedir.

Jelatin ile fenolik bileşenler arasındaki bağlanma karboksil gruplarının oksijen atomları ile amino gruplarının nitrojen atomları arasında gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak, fenolik bileşikler jelatin ile kovalent olmayan etkileşimlere dayalı düşük bağlanma özelliği göstermektedir (Poungchawanwong vd., 2020). Bu durum çalışmamızdaki FTIR

spekturumlarının büyük farklılıklar göstermemesini açıklamaktadır. Ayrıca jelatin ve fenolik bileşikler arasındaki etkileşim mekanizmasının kovalent olmayan etkileşimler, hidrojen bağları, van der Waals kuvvetleri, elektrostatik kuvvetler ve hidrofobik etkileşimlerden oluşabileceği sonucuna varılmıştır.

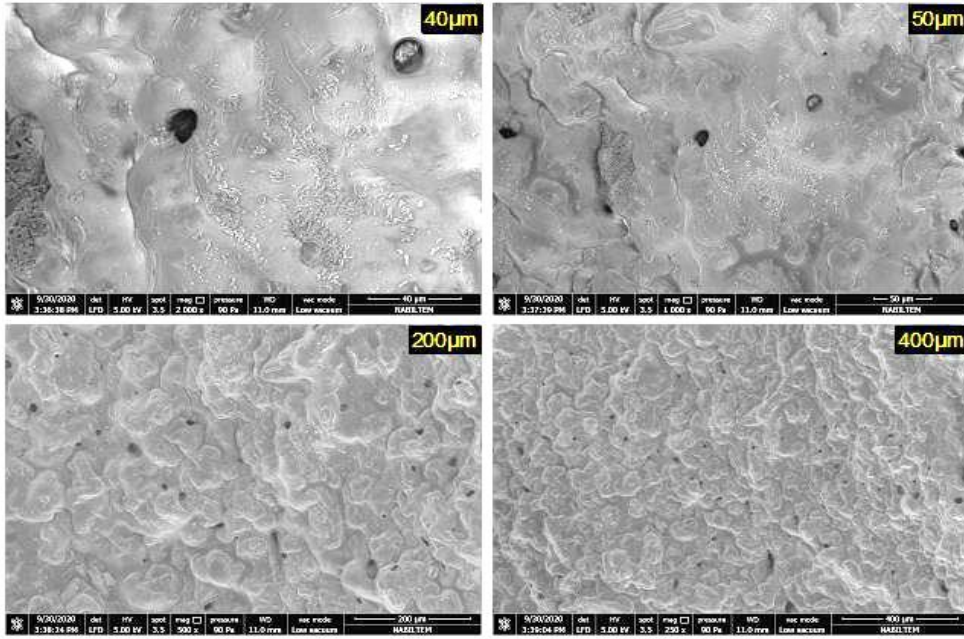
4.4.11. SG, ÇG ve OG Örneklerinin SEM Görüntüleri

Ticari sığır jelatini, ÇG ve OG'nin elektron mikroskobu ile mikroyapıları incelenmiş ve sırasıyla Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21' de verilmiştir. Görüntülerdeki koyu renkli alanlar numune hazırlama sırasında dondurarak kurutmadan kaynaklanan su sublimasyonun neden olduğu boşlukları temsil ederken açık renkli bölgeler veya ögeler jelatin yapılarına karşılık gelmektedir.

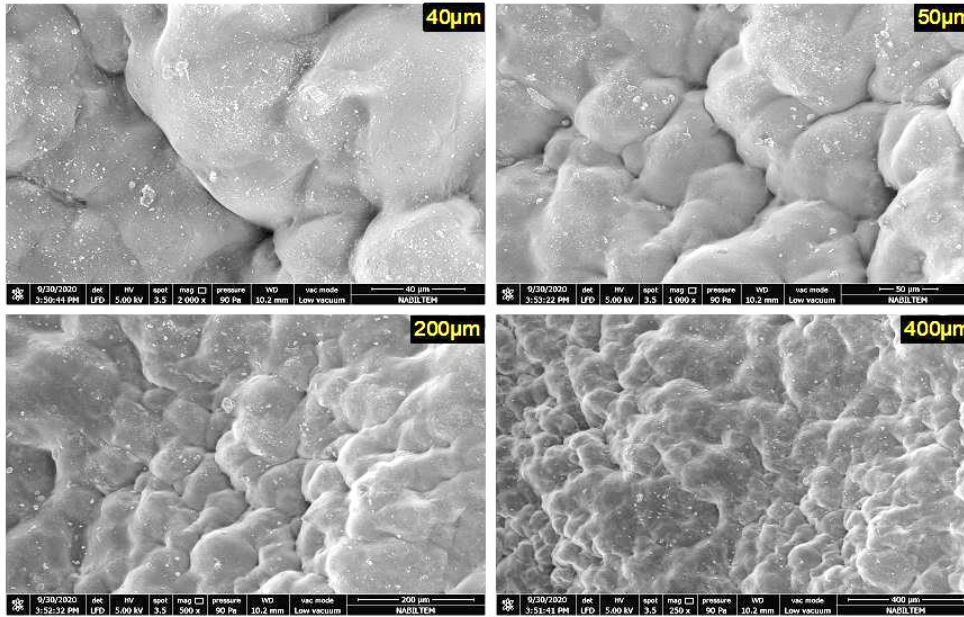


Genel olarak, jel matrisindeki jelatin moleküllerinin düzenlenmesi ve birleşmesi, jelatinin jel kuvvetine doğrudan katkıda bulunmaktadır (Kaewruang vd., 2014). Bloom ve hardness yüksek olan jellerde daha küçük ve az boşluk bulunmaktadır, bu da daha iyi bir jel ağına ve bağlanmaya işaret etmektedir (Benjakul vd., 2009; Sinthusamaran vd., 2014; Huang vd., 2017; Petcharat vd., 2017; Liu vd., 2020). Jelatin jel ağı jelatin konsantrasyonuna ve ve ön muamele şartlarına bağlıdır. Daha uzun süre ve daha yüksek sıcaklıklarda ekstrakte edilen jelatinlerde daha büyük boşluklar görülmektedir.

Şekil 4.21. Liyofilize SG örneğinin SEM görüntülemesi



Şekil 4.22. Liyofilize ÇG örneğinin SEM görüntülemesi



Şekil 4.23. Liyofilize OG örneğinin SEM görüntülemesi

Daha düşük sıcaklıklarda ve daha kısa sürede ekstrakte edilen jelatin ise yüksek moleküler ağırlığa sahip zincirleri barındırdığından güçlü bir ağ ve agregasyona sahiptir (Sinthusamaran vd., 2014). ÇG örneklerinin SEM görüntülerini incelediğimizde balık jelatinleri iplik içermeyen yoğun, süngerimsi bir yapı göstermektedir. Bu yoğunluk OG'de

tarımsal artık ekstraktı ilavesi ile ÇG' ye göre artmıştır. Yoğunluğun artması ÇG'de bulunan boşlukların küçülmesi ve azalması ile açıklanabilir. GPE ve balık jelatini arasında çözünür komplekslerin oluştuğu ve bu komplekslerin fenolik bileşenler aracılığı ile çapraz bağ oluşumlarını indüklendiği ileri sürülebilir. SG ise balık jelatinlerinden daha farklı iplikçikleri andıran pürüzsüz ve daha temiz bir dokuya sahiptir. Fakat balık jelatinene göre daha büyük boşlukları bulunan sıralı bir yapısal form göstermiştir.

4.5. SG, ÇG ve OG İlaveli Model Gıdaların Fizikokimyasal, Reolojik, Teknolojik ve Duyusal Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması

Matemartiksel modelleme sonucunda elde ettiğimiz optimum jelatin örneğinin teknolojik özelliklerini inceledikten sonra gıda uygulamalarında ürünümüzün kullanılabilirliğini belirlemek için SG, ÇG ve OG ilaveli jelly tipi yumuşak şekerleme, puding ve dondurma üretilmiş ve bunların bazı fizikokimyasal, reolojik, teknolojik ve duyusal analizleri incelenerek karşılaştırılmıştır.

4.5.1. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerlerin Fizikokimyasal Özellikleri

SG, ÇG ve OG ilaveli jelly örneklerinin fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla pH, su aktivitesi (a_w), % nem, % kül ve renk analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.23 ve 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. SG, ÇG ve OG ilaveli yumuşak şekerlerde fizikokimyasal analiz sonuçları

	% Nem	a_w	% Kül	pH
SG	13,57±0,09 c	0,70±0,01 c	0,14±0,02 b	4,17±0,03 c
ÇG	17,05±0,19 a	0,75±0,00 a	0,52±0,03 a	4,55±0,01 a
OG	15,73±0,68 b	0,73±0,00 b	0,48±0,02 a	4,48±0,01 b

^{a-c}Aynı sütunda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli jelly, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli jelly, OG: Optimum balık jelatini ilaveli jelly.

Şekerleme ürünlerinin hazırlanmasında homojen bir karışım elde etmek için katı şeker ağırlığının %20-35'i kadar su gerekmektedir. Şekerlemeler, diğer birçok gıdaya kıyasla nispeten düşük su içeriğine sahiptirler. Sert ya da yumuşak şekerleme olsun su, tekstürel ve muhafaza süresi gibi özelliklerin belirlenmesinde büyük bir öneme sahiptir (Ergun, Lietha ve

Hartel, 2010). SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerin % nem içerikleri 13,57-17,05 arasında değişmektedir ve örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek nem içeriğinin kontrol balık jelatini ilaveli üründe belirlenirken bunu OG izlemiş ve en düşük % nem içeriği ise SG’de tespit edilmiştir. Ergun vd. (2010) gummy ve jellylerde % nem içeriğinin 8-22 aralığında olması gerektiğini bildirmiştir. SG, ÇG ve OG ilaveli jelly ürünlerinin nem içerikleri bu belirtilen sınırlar içerisinde bulunmuştur.

Su aktivitesi gıdaların mikrobiyel stabilitesi için önemli bir parametredir ve genellikle şekerlemelerin a_w değeri mikrobiyal gelişme için kritik değerlerin altındadır. Gummy ve jellylerde bu değer 0,50-0,75 aralığında değişmektedir. (Ergun vd., 2010). SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerde a_w değeri 0,70-0,75 arasında bulunmuştur. % Nem içeriği ile paralel olarak su aktivitesi değeri en yüksek örnek ÇG olarak tespit edilmiştir. Su aktivitesi ortamdaki sakkaroz konsantrasyonu ile yakından ilişkili olup sakkaroz arttıkça a_w değerinde azalma meydana gelmektedir. Su aktivitesi, örneklerin camsılığa geçiş sıcaklığında (T_g) etkilediği bildirilmiştir. Sakkarozun su aktivitesi 0,00 olduğunda T_g değeri $56,6 \pm 3,4^\circ\text{C}$ iken a_w 0,33 olduğunda T_g $12,6 \pm 0,9^\circ\text{C}$ düşmektedir. Dolayısıyla örneklerin su aktivitesi arttıkça T_g değerlerinde azalma meydana gelmektedir. Sakkaroz ve nem içeriği ilişkisi, şekerlemelerin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine doğrudan bir etkiye sahiptir (Efe, 2018).




Örneklerin % kül içeriklerini incelediğimizde ise ÇG ve OG ilaveli jellyler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı görülmektedir ($p > 0,05$). Genel olarak balık jelatinli jellylerin % kül içerikleri sığır jelatini ilaveli jellylerden yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi ürüne katılan balık jelatinin % kül içeriğinin sığır jelatininden oldukça yüksek olması ile açıklanabilir. Lekahena ve Boboleha (2020), sorbitol ile sukroz ikamesinin jelly tipi şekerlemelerin fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada % kül içeriklerini 0,30-0,43 aralığında tespit etmişlerdir. Yudhistira, Affandi ve Nusantari (2018) ıspanak ve domates ilaveli lokum benzeri şekerlemelerde % kül içeriklerini çalışmamızla paralel bulmuşlardır.

Reçel ve jöle gibi gıda ürünlerinde sadece yüksek şeker konsantrasyonu ve düşük su aktivitesi değil, aynı zamanda düşük pH’ da mikrobiyal stabilite açısından raf ömrünün uzamasına katkıda bulunmaktadır (Tireki, 2017). Ayrıca pH’ın jelleşme üzerine de etkisi olduğundan (Ge, Wu, Woshnak ve Mitmesser, 2021) üretim aşamasında ölçümü yapılan önemli bir parametredir. Sakkaroz ısı ve asit ile tersinir bir yapıya sahip olduğundan işleme ve depolama sırasında değişiklik gösterdiğinden glikoz şurubu kullanımı daha yaygındır. Glikoz

şurubunun pH'sı sitrik asit kullanılarak ayarlandığı için tüketici için ekşi ve keskin tadın verilmesinde önem arz etmektedir (Burey, Bhandari, Rutgers, Halley ve Torley, 2009). Jelly tipi yumuşak şekerlemelerin pH değerleri 4,17-4,55 aralığında belirlenmiştir. pH değeri bakımından örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken en düşük pH 4,17 ile SG ilaveli jellylerde tespit edilmiştir ($p<0,05$). Gummy tipi şekerlemelerde pH 3,0-5,0 arasında değişmektedir (Ge vd., 2021). Lekahena ve Boboleha (2020) yapmış oldukları çalışmada jellylerin pH değerlerini çalışmamızdan yüksek bulmuşlardır.

Şekerleme ürünlerine, aroma ile ilişkilendirilebilecek gıda boyalarının katılması tüketici kabuledilebilirliği açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla doğal kaynaklardan elde edilen renklendiriciler tercih edilmektedir. Bu doğal kaynaklardan biride üzüm kabuğundan elde edilen antosiyaninlerdir (Cappa, Lavelli ve Mariotti, 2015). OG ilaveli örneklerde üzüm posası ekstraktı bulunmasından ötürü örneklere standart görünüm vermek adına gıda renklendiricisi olarak suda çözünür antosiyanin ilave edilmiş ve L^* , a^* , b^* , C^* , h^* ve Y değerleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.24. SG, ÇG ve OG ilaveli yumuşak şekerlerin renk parametreleri

	SG	ÇG	OG
L*	23,37±1,81 a	21,77±1,51 a	17,28±0,80 b
a*	5,84±0,49 b	7,82±0,39 a	8,19±0,62 a
b*	-7,49±0,75 a	-7,17±0,33 a	-8,89±1,02 b
C*	9,49±0,88 b	10,61±0,48 b	12,09±1,15 a
h°	307,97±0,92 c	317,46±0,89 a	312,75±1,68 b
Y	4,13±0,50 a	3,46±0,41 b	2,37±0,17 c
Resim			

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli jelly, ÇG:Kontrol balık jelatini ilaveli jelly, OG:Optimum balık jelatini ilaveli jelly.

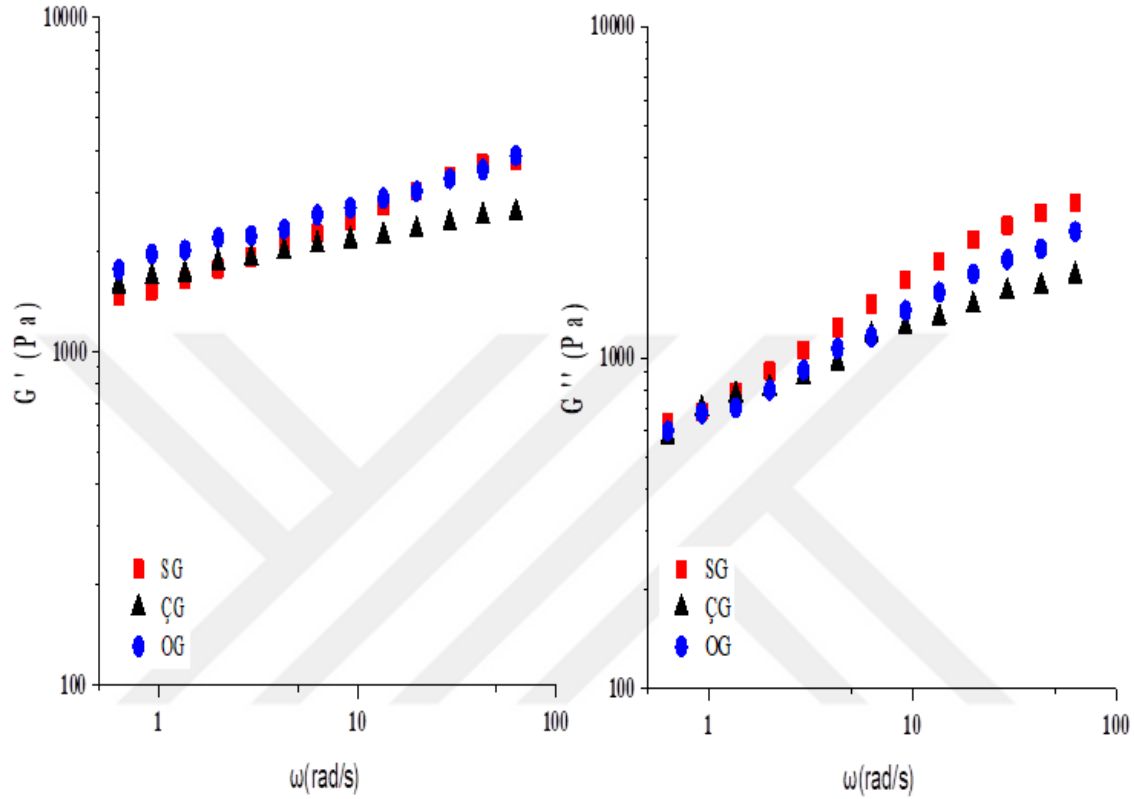
Yumuşak şekerlemelerin renk parametrelerini incelediğimizde parlaklık hakkında fikir veren L^* değerinin SG ve ÇG ilaveli örneklerde benzer olduğu OG ilavesi ile parlaklık değerinin düştüğü gözlemlenmektedir. Örneklerin L^* değerleri 17,28-23,37 aralığında bulunmuştur. Kırmızılık değeri ile ilgili olan a^* parametresi ÇG ve OG ilaveli örneklerde benzer çıkarken SG ilaveli örnekte $5,84 \pm 0,49$ ile istatistiksel olarak daha düşük çıkmıştır. Jelly örneklerinin renkleri genel olarak Çizelge 4.24' de görüleceği üzere benzerdir fakat opaklık (Y) değerlerindeki önemli farklılıklar renk parametrelerinin değişkenlik göstermesine sebep olabilmektedir. OG ilavesi ile opaklık ve parlaklık değerinin düşmesi düşük çözünürlüğe sahip tam çözünmeyen parçacıkların süspansiyonu ile izah edilebilir. Ayrıca, düşük partikül boyutlu bileşen kullanımının Y değerlerinde daha ciddi bir düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir (Altınok vd., 2021).

Mavilik (b^*) değerleri örneklerin üçünde de negatif çıkmıştır. Bunun nedeni ürünün yapım aşamasında kullanılan doğal gıda boyasından kaynaklanmaktadır. OG ilaveli örnekte bu değer istatistiksel olarak en düşük çıkmasının nedeni ise GPE ilavesinden kaynaklanabilir ($p < 0,05$). Kroma (C^*) değeri ürünün renk yoğunluğu hakkında fikir vermektedir ve 9,49-12,09 arasında bulunmuştur. SG ile ÇG ilaveli örneklerde istatistiksel olarak bir fark tespit edilememişken, OG örneği istatistiksel olarak en yüksek renk yoğunluğuna sahip örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda OG ilavesi ile örneğin renk kuvvetinin ve doygunluk derecesinin arttığı söylenebilir. 0° veya 360° bir açı kırmızı bir tonu temsil ederken, 90° , 180° ve 270° açıları sırasıyla sarı, yeşil ve mavi tonları tanımlamaktadır (Kurt, Bursa ve Toker, 2020). Jelly tipi şekerlemelerin Hue açısı (h°) değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken en yüksek değer $317,46 \pm 0,8$ ile ÇG örneğinde en düşük değer ise $307,97 \pm 0,92$ ile SG örneğinde bulunmuştur. Bu da örneklerin kırmızılık değerlerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Genel olarak renk parametrelerinde OG ilavesi ile bir azalma görülmektedir. Bu azalma jelatin polifenol etkileşiminden kaynaklanabilir. Kurt vd. (2020) üzüm, dut ve keçiyoynuzu pekmezi kullanılarak ürettikleri gummylerde L^* , a^* , b^* , C^* ve h° değerlerini çalışmamızla benzer şekilde tespit etmişlerdir.

4.5.2. Jelatin İlaveli Yumuşak Şekerlerin Reolojik Karakterizasyonu

SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerin reolojik özelliklerini belirlemek amacıyla, örneklerin G'/G'' ve kompleks viskozitelerinin açısal hıza bağlı değişimleri incelenmiş ve mekanik

spektrum eğrileri logaritmik olarak ($\log G'/G'' - \log \omega$) Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te verilmiştir. Dinamik viskoelastik özellikler, örneklerin moleküler yapıları ve T_g değeri ile yakından ilişkili olup, jel yapısındaki kovalent/kovalent olmayan kuvvetler hakkında bilgi vermektedir (Gunasekaran ve Ak, 2000; Wang ve Hartel, 2021).

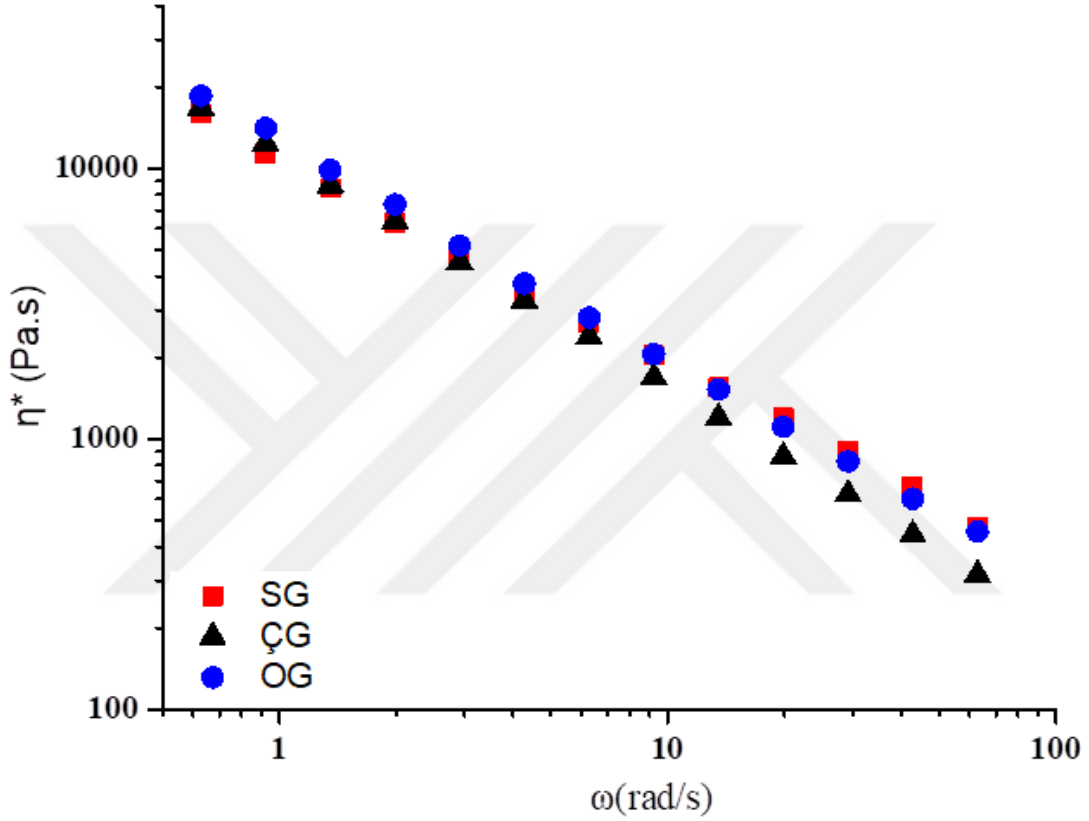


Şekil 4.24. Jelatin ilaveli jellylerin birikim ve kayıp modüllerinin frekans taraması

Güçlü jel yapısına sahip bir örneğin frekans taraması sırasında daha kararlı ve katı benzeri ($G' > G''$) bir davranış sergilediği bilinmektedir. Numuneler $\tan \delta > 1$ olduğu durumlarda viskoz davranış, $1 > \tan \delta$ olduğunu durumlarda ise elastik davranış sergilemektedir (Hasani ve Yazdanpanah, 2020). G' modülünün G'' modülünden 10 kat daha fazla olması durumunda $\tan \delta$ değeri 0,1'den küçük olacağından daha kararlı bir jel yapısı gösterecektir (Wang ve Hartel, 2021). $\tan \delta$ değeri 0,1'den uzaklaştıkça jel yapısının daha zayıf olacağı bildirilmiştir (Hasani ve Yazdanpanah, 2020).

SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerin G' değerleri G'' değerinden büyük bulunmuştur. Bu durum örneklerin katı davranış göstermesi ile açıklanabilir. Örneklerin üçünde de açısal hız arttıkça G' ve G'' değerlerinde artış gözlenmiştir. 0,1-10 rad/s aralığında G' değeri daha kararlı bir davranış sergilerken daha yüksek açısal hızlarda kademeli bir artış göstermiştir. Örneklerin

elastik modülleri incelendiğinde en yüksek G' OG ilaveli örnekte sonra SG ve en az da ÇG ilaveli örnekte bulunmuştur. GPE ilavesi ile geliştirilen OG'nin saf balık jelatinine göre jelly yapısını kuvvetlendirdiği ve çapraz bağ yoğunluğunu arttırdığı ileri sürülebilir. Figueroa ve Genovese (2019), Altınok vd. (2020) ve Casas-Forero vd. (2021) jelatin jelleri ile yapmış oldukları araştırmalarda çalışmamızla benzer şekilde açısal hıza bağlı G' ve G'' değerlerinin artış gösterdiğini bulmuşlardır.



Şekil 4.25. Jellylerin kompleks viskozitelerinin (η^*) açısal hıza (ω) bağlı değişimi

Wang ve Hartel (2021) yüksek şeker konsantrasyonu sahip jelatin yapılarında frekansa bağlı olarak kompleks viskozitede düşme meydana gelirken G' ve G'' modüllerinin arttığını ileri sürmüşlerdir.

Örneklerin üçünde de kompleks viskozite açısal hızın artması ile azalma göstermiştir. Bu durum açısal hız ile makromolekül bağlantılarının ve zincir dolaşımının bozulması sonucu incelen psödoplastik (shear thinnig) bir davranış ile açıklanabilir. Açısal hız ile viskozitedeki bu düşüş Hasani ve Yazdanpanah (2020)'nin elmalı jellylerde bulduğu sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Jelly örneklerinin jel kuvveti aracılığıyla belirlenen yapısal sıklık ve kararlılıklarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasında G' modülü kullanılmaktadır (Garrido, Lozano ve Genovese, 2015). Bu amaçla açılal frekansın bir fonksiyonu olarak birikim ve kayıp modülünün Power-Law modeline uyumunu gösteren denklem parametreleri Çizelge 4.25'te verilmiştir. Ayrıca örneklerin elastik ve viskoz modüllerinin kıvam katsayıları (K' - K'') ve akış davranış indeksleri de (n' - n'') karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.25. Jelatin ilavesinin jellylerin birikim ve kayıp modüllerinin kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değeri üzerine etkisi

	SG	ÇG	OG
K'	2307,37±21,89b	2057,32±6,60c	2562,54±18,62a
n'	0,22±0,01a	0,11±0,00c	0,16±0,00b
R²	0,992±0,00a	0,995±0,00a	0,990±0,00a
K''	1439,96±31,99a	1086,31±14,56c	1201,33±14,73b
n''	0,33±0,01a	0,23±0,01b	0,31±0,01a
R²	0,985±0,00b	0,985±0,00b	0,994±0,00a

^{a-c} Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli jelly, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli jelly, OG: Optimum balık jelatini ilaveli jelly.

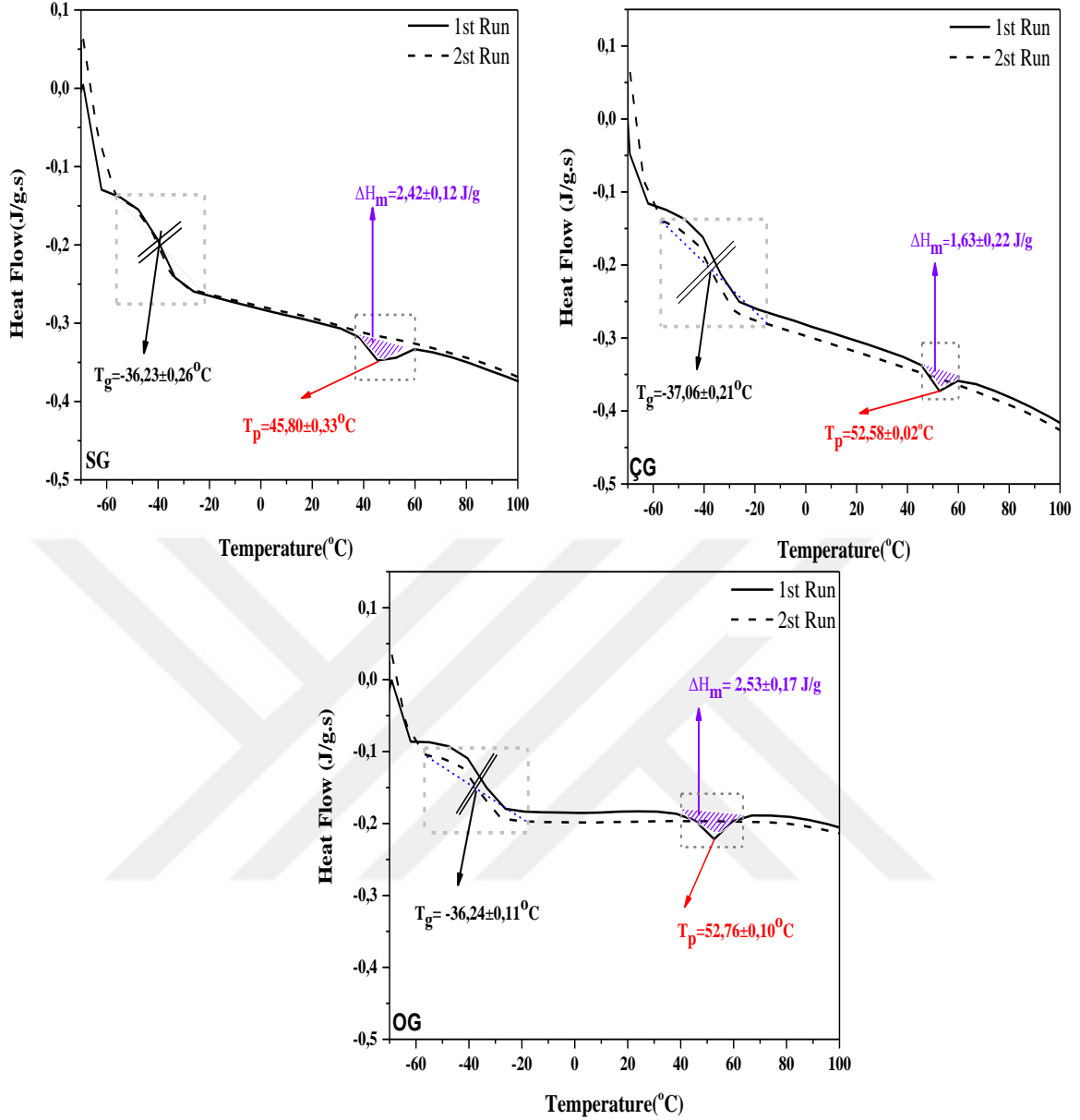
SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerin elastik ve viskoz modüllerinin Power-Law modeline uyumlarını gösteren katsayıları (R^2) 0,985-0,995 aralığında oldukça yüksek bulunmuştur. Örneklerinde tümünde K' değeri K'' değerlerinden büyük çıkmıştır bu da örneklerin elastik özelliklerinin viskoz özelliklerinden daha baskın olduğunun göstergesidir. Tam ters şekilde akış davranış indeksleri kayıp modüllerinde birikim modüllerine göre daha yüksek çıkmıştır. Düşük n değeri ürünlerin yüksek kayma incelmeleri gösterdiklerine, yüksek K değeri ise yüksek viskoziteye işaret etmektedir. SG ilaveli jellylerin n' değeri balık jelatini ilaveli jellylerden istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). GPE ilaveli balık jelatini ÇG'ye göre n' - n'' ve K' - K'' değerlerinde %45,45-34,78 ve %24,55-10,55'lik bir artış göstermiştir. K' değeri en yüksek, OG ilaveli jellyde bulunurken bunu Şekil 4.25'te görüldüğü üzere SG ilaveli jelly örneği takip etmiştir. Ürün formülasyonlarında şeker miktarlarında değişiklik olmadığından elastik modülün kıvam katsayısının artması üç boyutlu jel ağın gelişmiş olması ile açıklanabilir.

4.5.3. Jelatin İlaveli Jellylerin DSC ile Erime Testi

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC), sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ısı akışını ve spesifik ısıyı ölçer ve faz geçişlerini belirlemede kullanılan en uygun yöntemdir. Bir malzemenin fiziksel durumunda meydana gelen değişiklikler, ısı emilimi veya ısı salınımı sırasında gerçekleşen faz geçişleri ile belirlenmektedir. DSC termogramlarında erime, jelleşme veya denatürasyon ile ilişkili olabilecek endotermik piklerin yanı sıra kristalizasyon, oksidasyon veya donma ile ilişkilendirilebilecek ekzotermik pikler de meydana gelebilmektedir (Sahin ve Sumnu, 2006).

Gıdaların büyük kısmı, özellikle de kurutulmuş gıdalar ve su içeriği düşük olan şekerlemeler, uzun süreli moleküler düzenden yoksun, amorf yarı kararlı bir yapıya sahiptirler. Şekerleme ürünleri moleküler hareketliliklerine göre kristal veya amorf olarak gruplandırılabilirler. Amorf faz, düşük iç hareketliliğe sahip camsı bir yapı ya da daha sıvı benzeri bir duruma sahip olan lastik benzeri bir yapı ile kategorize edilmektedir (Ergun vd., 2010).

Camsılığa geçiş sıcaklığı (T_g), camsı hal ile daha akışkan benzeri plastiğimsi bir hal arasında meydana gelen geçiş sıcaklığı veya sıcaklık aralığı olarak tanımlanmaktadır. Gıda özelliği, stabilitesi ve güvenliğinin bir indikatörü olan T_g fizikokimyasal bir parametredir. Herhangi bir ürünü T_g 'nin altında bir sıcaklıkta tutmak, difüzyona dayalı bozulmaları önemli ölçüde geciktirmektedir. T_g 'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise moleküler hareketlilik artmakta viskozite ise azalmaktadır. Bu da gıda işleme ve depolama sırasında yapışkanlık ve çökme gibi zamana bağlı yapısal dönüşümlere yol açmaktadır. T_g moleküler ağırlığa, polimerin çapraz bağlanma derecesine ve plastikleştirici (örneğin su) konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ergun vd., 2010). Şekil 4.26'da SG, OG ve ÇG ilaveli jellylerin Diferansiyel Tarama Kalorimetri(DSC) spektrumları verilmiştir.



Şekil 4.26. SG, OG ve ÇG ilaveli jellylerin diferansiyel tarama kalorimetri(DSC) spektrumları ΔH_m : Erime aralığındaki entalpi (J/g), T_g :Camsılığa geçiş sıcaklığı (°C), T_p :Erime aralığı pik sıcaklığı(°C)

SG, ÇG ve OG ilaveli jelly örneklerinin DSC ile T_g değerleri, erime aralıkları ve bu erime aralığına ait entalpi ve ısı kapasitesi değerleri belirlenmiştir. Jellylerin T_g değerleri termal hafıza ortadan kaldırıldıktan sonra belirlenmektedir (Tau ve Gunasekaran 2016). Bu yüzden Şekil 4.26’da da görüleceği üzere jelly örneklerinin DSC analizleri iki defa taranarak gerçekleştirilmiştir. SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerin erime başlangıç (T_o) sıcaklıkları 38,47-45,74°C aralığında erime pik sıcaklıkları (T_p) 45,80-52,76°C aralığında ve son olarak erime final sıcaklıkları (T_f) 59,68-60,00°C arasında değişmektedir. Örneklerin T_o ve T_p değerlerini

karşılaştırdığımızda balık jelatini ilaveli jellylerin ticari sığır jelatini ilaveli jellylerden daha yüksek erime derecelerine sahip olduğu görülmektedir. ÇG ve OG'nin T_o ve T_p değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). SG, ÇG ve OG örneklerinin erime sıcaklıklarının entalpi değişimleri (ΔH) endotermik pikin alanı kullanılarak sırasıyla 2,42; 1,63 ve 2,53 J/g olarak hesaplanmıştır. ÇG ve OG'nin erime noktalarında genel olarak istatistiksel bir fark bulunmamasına karşın ΔH değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0,05$). OG ilaveli jellynin ΔH değeri ÇG ilaveli örnekten yaklaşık 1,5 kat daha fazladır. Bu durum OG ilaveli jellynin termal stabilitesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Wang ve Hartel (2021) farklı jelatin konsantrasyonlarında (%4-6), %70-80 şeker içeren gummylerin termal özelliklerini incelemişlerdir. %6 jelatin içerikli gummylerde erime pik sıcaklıklarını 47,1-51,0 °C ile çalışmamızla benzer bulmuşlardır.

Spesifik ısı kapasitesi (C_p) ürünün ısı akışı ile doğru orantılıdır. C_p , ürünün sıcaklığının belli bir miktar azaltılması veya artırılması için malzemeden alınması veya salınması için gereken enerji miktarı (J/g°C) olarak tanımlanabilir (Sahin ve Sumnu, 2006). Örneklerin sıcaklığının erime başlangıç noktasına gelebilmesi için malzemenin alması gereken ısı kapasitesi 10,26-11,60 J/g°C aralığında değişmektedir ve istatistiksel olarak örnekler arasında önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.26 Jelatin ilaveli jellylerin camsılığa geçiş sıcaklığı(T_g) ve erime bölgesindeki kalorimetrik ölçümleri

	Erime Aralığı			Erime Entalpisi (J/g)	C_p^* (J/g°C)	T_g (°C)
	T_o (°C)	T_p (°C)	T_f (°C)			
SG	38,47±0,13 b	45,80±0,33 b	59,68±0,14 b	2,42±0,12 a	11,60±1,94 a	-36,23±0,26a
ÇG	45,53±0,06 a	52,58±0,02 a	59,72±0,03 b	1,63±0,22 b	11,46±0,98 a	-37,06±0,21b
OG	45,74±0,34 a	52,76±0,10 a	60,00±0,07 a	2,53±0,17 a	10,26±1,05 a	-36,24±0,11a

* T_o için spesifik ısı kapasitesi. ^{a-c}Aynı sütunda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli jelly, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli jelly, OG: Optimum balık jelatini ilaveli jelly.

Jelly örneklerinin camsılığa geçiş sıcaklıkları Çizelge 4.26'da verilmiştir. SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerde T_g değerleri sırasıyla -36,23±0,26, -37,06±0,21 ve -36,24±0,11 °C olarak belirlenmiştir. T_g , amorf yapılarda yer değiştirmenin orta noktası olarak belirlenmektedir (Rahman vd., 2008). Ürünlerin tümünde T_g sıcaklıkları 20°C'nin oldukça altındadır bu da

ürünlerin oda sıcaklığında amorf plastik benzeri bir halde olduklarını göstermektedir (Obas, Lee, Thomas ve Schmidt, 2021). ÇG ilaveli jellylerin camsılığa geçiş sıcaklığı SG ve OG ilaveli örnekten istatistiksel olarak düşük bulunmuştur. OG ilaveli örneğin T_g değeri ÇG ilaveli örneğe göre yaklaşık 0,8 °C yükselmiştir. Bu durum OG'nin suda çözünürlüğünün artması ile ürünün kuvvetli interaksiyona sahip olması veya a_w değerinin ÇG'ye göre daha düşük olması ile izah edilebilir. Şekerlemelerde az miktardaki su bile düşük T_g değeri ile sonuçlanmaktadır. T_g ne kadar yüksekse numune o kadar kırılabilir bir yapıya sahiptir (Ergun vd., 2010). Dolayısıyla düşük T_g 'nin değerleri jelly numunelerinin yumuşaklığını desteklemektedir. Tau ve Gunasekaran (2016) düşük T_g değerinin üründe yüksek stabiliteyi gösterdiğini ileri sürmüşlerdir. Bu da genel olarak jelly örneklerinin stabilitelerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Wang ve Hartel (2021) 76,4% Sukroz+Glikoz şurubu ve %6 jelatin içeren gummy örneklerde (%17,5 nem içeren) T_g değerini $-31,6 \pm 0,6^\circ\text{C}$ ve 73,9% Sukroz+Glikoz şurubu ve %6 jelatin içeren gummy örneklerinde (%20 nem içeren) ise $-39,7 \pm 1,4^\circ\text{C}$ bulmuşlardır. Obas vd. (2021) farklı konsantrasyonlarda jelatin içeren jellylerde T_g değerlerini $-28,23^\circ\text{C}$ ile $-44,18^\circ\text{C}$ arasında bulmuşlardır.

4.5.4. Jelatin İlaveli Jellylerde Duyusal Analiz Değerlendirmesi

Jelleştirici ajan olarak GPE ile zenginleştirilmiş OG'nin jellylerde kullanımını incelemek adına SG, ÇG ve OG ilaveli jelly örneklerinin sertlik, renk/görünüş, yapışkanlık ve aroma/tat özellikleri incelenmiştir. Son olarak da panelistlerden ürünler için gelen beğeni puanı istenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarını incelediğimizde Çizelge 4.27'de görüleceği üzere örneklerin sertlik ve renk görünüş değerlerinde önemli bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Renk/Görünüş özellikleri, jellylerin L^* , a^* ve b^* değerleri ile paralellik göstermektedir. Örneklerin reolojik analizlerinde kompleks viskozite değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir dolayısıyla sertlik parametreleride panelistler tarafından benzer bulunmuştur.

Jelly örneklerinin yapışkanlık değerleri 5,17 ile 8,17 arasında değişmektedir. En yüksek puanı SG ilaveli jelly örneği alırken en düşük puanlama ÇG ilaveli örneğe yapılmıştır. OG ilaveli jelly, istatistiksel olarak hem SG hem de ÇG ilaveli örneğe benzer bulunmuştur ($p < 0,05$). Yapışkanlık değeri ile genel beğeniyi kıyasladığımızda örnekler arası istatistiksel farkın paralel olduğunu görmekteyiz bu durum yapışkanlık değerinin tüketici seçiminde belirleyici olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.27. Jelatin ilaveli jellylerin duyuşal özellikleri

	Sertlik	Renk/Görünüş	Yapışkanlık	Aroma Yoğunluğu/Tat	Genel Beğeni
SG	7,33±1,86 a	8,33±0,82 a	8,17±0,75 a	8,67±0,52 a	8,67±0,52 a
ÇG	6,17±1,94 a	6,83±1,17 a	5,17±2,64 b	5,50±1,52 b	6,50±1,76 b
OG	7,17±1,47 a	6,83±1,83 a	6,17±1,60 ab	7,50±1,05 a	7,50±1,05 ab

^{a-c}Aynı sütunda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli jelly, ÇG:Kontrol balık jelatini ilaveli jelly, OG:Optimum balık jelatini ilaveli jelly.

Jelly üretiminde kullanılacak OG, GPE içerdiğinden SG ve ÇG' ye göre aroma farklılıklarını ölçülebilmesi adına üç jelly örneğine de siyah üzüm aroması ilave edilmiştir. SG ve OG örnekleri arasında tat/aroma yoğunluğu bakımından istatistiksel bir fark bulunamazken, ÇG en düşük aroma puanına sahip ürün olarak tespit edilmiştir. Şekerleme ürünlerinde, tüketim esnasında çiğneme, ağız sıcaklığı ve tükürük bezleri ile seyreltme gibi çevresel faktörler, üründeki aroma bileşenlerinin salınması ve algılanması bakımından önem arz eden birbiri ile bağlantılı parametrelerdir (Altınok vd., 2020). SG, ÇG ve OG ilaveli jellylerde aroma/tat yoğunluğu ve yapışkanlık parametreleri arasında da bir ilişki olduğu ileri sürülebilir.

Panelistler üç jelly örneğinden en çok SG ilaveli örneği en az da ÇG ilaveli jelly örneğini beğenmişlerdir. OG ise hem SG hem de ÇG ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Duyusal değerlendirmeler OG ilavesinin ÇG ilavesinden çok daha iyi SG ile de benzer duyuşal özellikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak GPE ile zenginleştirilmiş OG'nin jelly ürünlerinde aroma maddelerinin algılanma özelliklerini geliştirdiği, dolayısıyla da gıda sanayi için alternatif olarak kullanılabilceği ortaya konmuştur.

4.5.5. Jelatin İlaveli Dondurmaların Fizikokimyasal Özellikleri

Stabilizatör olarak dondurma örneklerine ilave edilen SG, ÇG ve OG'nin dondurmaların fizikokimyasal özellikler üzerine etkileri incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.28'de, hazırlanan dondurma karışımları ve dondurma örneklerinin görüntüleri ise Şekil 4.25'te verilmiştir.

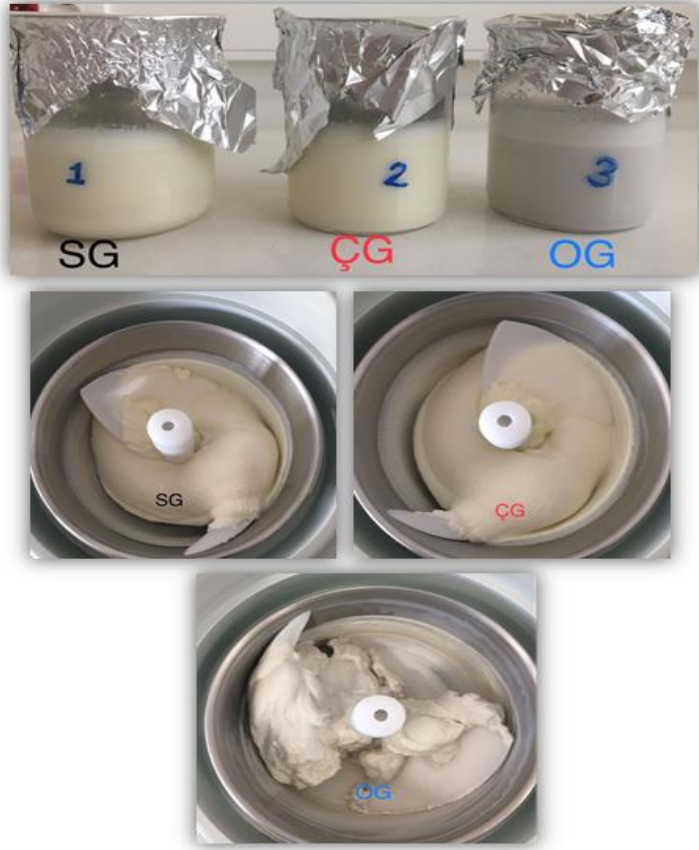
Çizelge 4.28. Dondurma örneklerinin fizikokimyasal özellikleri

	SG	ÇG	OG
%Kuru Madde	37,91±0,10c	38,33±0,03b	38,48±0,02a
%Kül	1,48±0,05 a	1,47±0,01a	1,48±0,01 a
pH	6,67±0,01a	6,63±0,02b	6,63±0,01b
aw	0,96±0,00ab	0,97±0,00a	0,96±0,00b
L*	85,35±0,06a	85,24±0,02b	80,17±0,02c
a*	3,65±0,02b	3,71±0,02a	1,57±0,02c
b*	9,82±0,01a	9,82±0,01a	5,63±0,01b
WI	81,99±0,05a	81,89±0,02b	79,33±0,02c

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli dondurma, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli dondurma, OG: Optimum balık jelatini ilaveli dondurma.

SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin % kül içerikleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Balık jelatini ve ticari sığır jelatini arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmasına karşın dondurma örneklerine bu farkın yansımaması, jelatin ilavesini %0,3 gibi düşük bir oranda olması ile açıklanabilir. Örneklerin kuru madde oranları kıyaslandığında en yüksek değer %38,48 ile OG ilaveli dondurmada en düşük değer ise %37,91 ile SG ilaveli örnekte bulunurken, ÇG ilaveli dondurmanın % kuru madde değerinin bu iki örneğin arasında olduğu görülmektedir. Literatürde SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örnekleri ile benzer % kül içeriğine sahip çalışmalar mevcuttur (Kavaz Yüksel, 2015; Ertugay, Yangılar ve Çebi, 2020; Atalar, Kurt, Gül ve Yazıcı, 2021). Ürkek (2021), Goral vd. (2018) ve Şanlıdere Aloğlu, Özcan, Karasu, Çetin ve Sağdıç (2018) yapmış oldukları çalışmalarda dondurma örneklerinin % kül içeriklerini çalışmamızdan düşük bulurken Kurt ve Atalar (2018) ise dondurma örneklerinde % kül içeriğini 1,94-2,08 oranında bulmuşlardır. Literatür ile SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin % kuru madde oranları kıyaslandığında Şanlıdere Aloğlu vd. (2018), Atalar vd. (2021) ve Desouky (2021) çalışmamız ile benzer değerler bulurken, Kavaz Yüksel (2015) ve Goral vd. (2018) yüksek sonuçlar elde etmiştir. Kurt, Cengiz ve Kahyaoğlu (2016), Kurt ve Atalar (2018) Ertugay vd. (2020) ve Ürkek (2021) ise çalışmamızdan düşük kuru madde değerleri tespit etmişlerdir.

Dondurma örneklerinin a_w değerleride literatüre ile uyumlu bulunmuştur (da Silva vd., 2020). SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma görüntüleri Şekil 4,27’de verilmiştir.



Şekil 4.27. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma

Dondurma örneklerinin pH değerleri 6,63-6,67 arasında bulunmuştur. ÇG ve OG ilaveli örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığından GPE ilaveli balık jelatinin dondurma pH'sını etkilemediği söylenebilir. Ürkek (2021) farklı konsantasyonlarda salep ve chia tohumu tozu içeren dondurma örneklerinin pH değerlerini 6,55-6,96 aralığında bulmuştur. Kurt ve Atalar (2018), Şanlıdere Aloğlu vd. (2018) ve Ertugay vd. (2020) çalışmamızla benzer pH değerleri saptamışlardır.

SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin renk parametreleri incelenmiş ve L^* değeri 80,17-85,35 aralığında tespit edilmiş, üç örneğin L^* değeri bakımından arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). OG ilavesi ile dondurma örneklerinin parlaklık değerinin düştüğü görülmektedir. Bu durumun GPE ekstraktından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ürkek (2021) yapmış olduğu çalışmada salep ve chia tohumu

ilavesi ile parlaklık değerinin arttığını tespit etmiştir. Kurt vd. (2016), Kurt ve Atalar (2018) ve Durmaz vd. (2020) çalışmamızla benzer parlaklık değerleri bulmuşlardır. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinde a^* değeri 1,57-3,71 arasında, b^* değeri ise 5,63-9,82 arasında değişmektedir. Her iki parametrede OG ilavesi ile düşüş meydana gelmiştir. Dondurma örneklerinin kırmızılık değeri Goral vd. (2018), Kurt ve Atalar (2018), Durmaz vd. (2020) ve Ürkek (2021)'e göre yüksek bulunurken, Hwang, Shyu ve Hsu vd. (2009) ve Kurt vd. (2016) ile benzer, Acan vd. (2020)'den ise düşük bulunmuştur. Sarılık değerleri ise literatür ile uyumlu bulunmuştur (Hwang vd., 2009; Kurt vd., 2016; Kurt ve Atalar, 2018; Ürkek, 2021). Beyazlık indeksi (WI) değeri 79,33-81,99 aralığında çıkmış ve en yüksek SG örneğinde bulunmuştur. L^* değerine paralel olarak OG ilavesi ile WI değerinde de azalma meydana gelmiştir. Literatür de L^* ve WI değerleri arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir (Acan vd., 2020; Ürkek, 2021).

4.5.6. Jelatin İlaveli Dondurmaların Teknolojik Özellikleri

SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin teknolojik özelliklerini karşılaştırmak için % yağ stabilitesi, erime oranı ve hacim artışı analizleri yapılmış, sonuçlar ise Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Örneklerin yağ stabilitesi %18,94-22,10 arasında değişmektedir. En yüksek stabilite OG ilaveli dondurma örneğinde en düşük ise ÇG ilaveli örnekte bulunmuştur. İstatistiksel olarak GPE ile zenginleştirilmiş OG ilavesinin ÇG' ye göre dondurma örneklerinin yağ stabilitesini arttırdığı tespit edilmiştir. Hwang vd. (2009) üzüm şarap artıklarını (GWL) kullanarak hazırladıkları dondurma örneklerinde GWL konsantrasyonu ile yağ stabilite indeksinin arttığını tespit etmişler ve bu durumu GWL'nin yağ globüllerinin kısmi birleşmesini arttırmasına bağlamışlardır. Aynı zamanda dondurma aşamasında karışıma uygulanan kesme kuvvetinin de kararsızlaştırma etkisi ile yağ globüllerinin kısmi birleşmesi ile yağ stabilitesini arttırdığı ileri sürülmektedir (Amador, Hartel ve Rankin, 2018). Overrun artışı ile de yağ stabilizasyonu arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu durum ise hacim artışı ile hava hücreleri arasındaki dar tabakada, yağ globüllerinin çarpışma sonucu kısmi birleşmesi ile yağ stabilizasyonunun yükselmesine bağlanmıştır (Wu, Freire ve Hartel, 2019). Stabilizatörler, genellikle dondurma karışımının görünür viskozitesini arttırmaktadırlar. Yağ stabilitesi, dondurma işlemi sırasında kesme stresinin artmasıyla yağ kürecikleri arasındaki kesme etkileşimlerinin teşvik edilmesiyle de artış göstermektedir (Wu vd., 2019).

Jelatin, bir jel matrisi oluşturarak ve dağılmış sıvı fazı tutarak, kalınlığı arttırabilir bu da havanın yapıya kolayca girebilmesini engellemektedir. Hacim artışının düşük çıkmasının bir diğer nedeni ise dondurma sırasında karıştırma hızının düşük olmasıdır. Overrun oranının yüksek olması için dondurma üretim aşamasında karıştırma hızının en az 200 rpm olması istenir (Rahimah, Fadhila, Lembong, Sukri ve Cahyanto, 2020). Dondurma ürünlerinin yüksek kalitede üretilebilmesi için hacim artışı değerinin %15'den az ve %50'den de fazla olmaması istenmektedir (Tekinşen, 2008). Çizelge 4,29'da SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin teknolojik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.29. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin teknolojik özellikleri

	SG	ÇG	OG
%Yağ destabilitesi	20,43±0,50ab	18,94±0,30b	22,10±1,95a
İlk Damlama (saniye)	642,00±2,00c	795,00±12,00b	849,00±6,00a
% Erime oranı (15.dakika)	8,20±0,20a	1,58±0,06b	0,55±0,04c
% Erime oranı (30.dakika)	71,22±0,36a	35,61±0,80b	21,39±0,77c
%Erime oranı (45.dakika)	92,31±0,08a	91,03±0,05b	87,48±0,47c
Son Damlama (saniye)	3035,00±12,00c	3122,00±8,00b	3130,67±18,50a
Hacim Artışı (%)	31,07±3,47a	34,23±0,04a	33,94±0,76a

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli dondurma, ÇG:Kontrol balık jelatini ilaveli dondurma, OG:Optimum balık jelatini ilaveli dondurma.

Çalışmamızda dondurma miksleri olgunlaştırıldıktan sonra endüstriyel olmayan yığın tipi bir dondurucuda dondurulmuş ve % hacim artışı (overrun) değerleri %31,07-34,23 aralığında tespit edilmiştir. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin % hacim artışı değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamış ($p>0,05$), overrun değerleri literatür ile benzer aralıklarda bulunmuştur (Kavaz Yüksel, 2015; Dertli vd., 2016; Javidi vd., 2016; Kurt vd., 2016; Kurt ve Atalar 2018; Ertugay vd.,2020). Bu sonuçlar farklı jelatinlerin dondurma yapısına olumsuz bir etkisinin olmadığı ve birbiri ile benzerlik gösterdiği görüşünü

güçlendirmektedir. Ayrıca ürünlerin hacim artışı değerlerinde önemli bir fark bulunmaması, OG ilavesi ile yağ destabilitesinin artmasının viskozite artışı ile ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Jelatin ilaveli dondurma örneklerine yapılan erime testinde, örneklerin önce dış yüzeyinin erimesi sonucu biriken kısmın damlaması ile örneklerinin yapısı hakkında bilgi veren ilk damlama süresi ve ürünün tamamen erimesi ile de son damlama süresi saniye cinsinden hesaplanmıştır. Dondurma örneklerinde ilk damlaması 642,00 saniye ile SG ilaveli örnekten olmuştur. SG ilaveli dondurmayı sırasıyla ÇG ve OG ilaveli örnekler takip etmiştir. Ürünlerin tamamen erimesi ise yaklaşık 3100 saniye sürmüştür ve en son eriyen örnek OG ilaveli dondurma olmuştur. Jelatin ilaveli dondurmaların 15. dakikadaki erime oranları %0,55-8,20 arasında, 30. dakikadaki erime oranları %21,39-71,22 arasında ve 45.dakikadaki erime oranları ise %87,48-92,31 arasında değişiklik göstermiştir. 15 dakikada bir ölçümü alınan örneklerin erime oranları incelendiğinde tüm basamaklarda en düşük erime oranı OG ilaveli örnekte en yüksek erime oranı ise SG ilaveli örnekte bulunmuştur. Balık jelatini ilaveli örnekler kıyaslandığında OG ilaveli örneğin daha kararlı yapısından ötürü geç eridiği tespit edilmiştir. Bu durum örneklerin ısı transfer fenomenleri ve reolojik özellikleri ile de uyumlu bulunmuştur. Benzer sonuçlar Kurt vd. (2016)'in çalışmasında da tespit edilmiştir. Atalar vd. (2021) proteinlerin köpük oluşturma kapasitesi ve yüksek viskozite değerlerinin düşük erime oranına sebep olduğunu ve ayrıca erime oranı ile ilk damlama süresi arasında ters kolerasyon olduğunu ileri sürmüşlerdir. Sen vd. (2019) yapmış oldukları çalışmadan erime direnci üzerine kuru madde oranı, düşük overrun ve stabilizatörlerin jelleşmeye katkısı gibi faktörlerin etkili olduğunu ileri sürmüşlerdir. Çalışmamızda da kuru madde oranı ile erime direnci arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır.

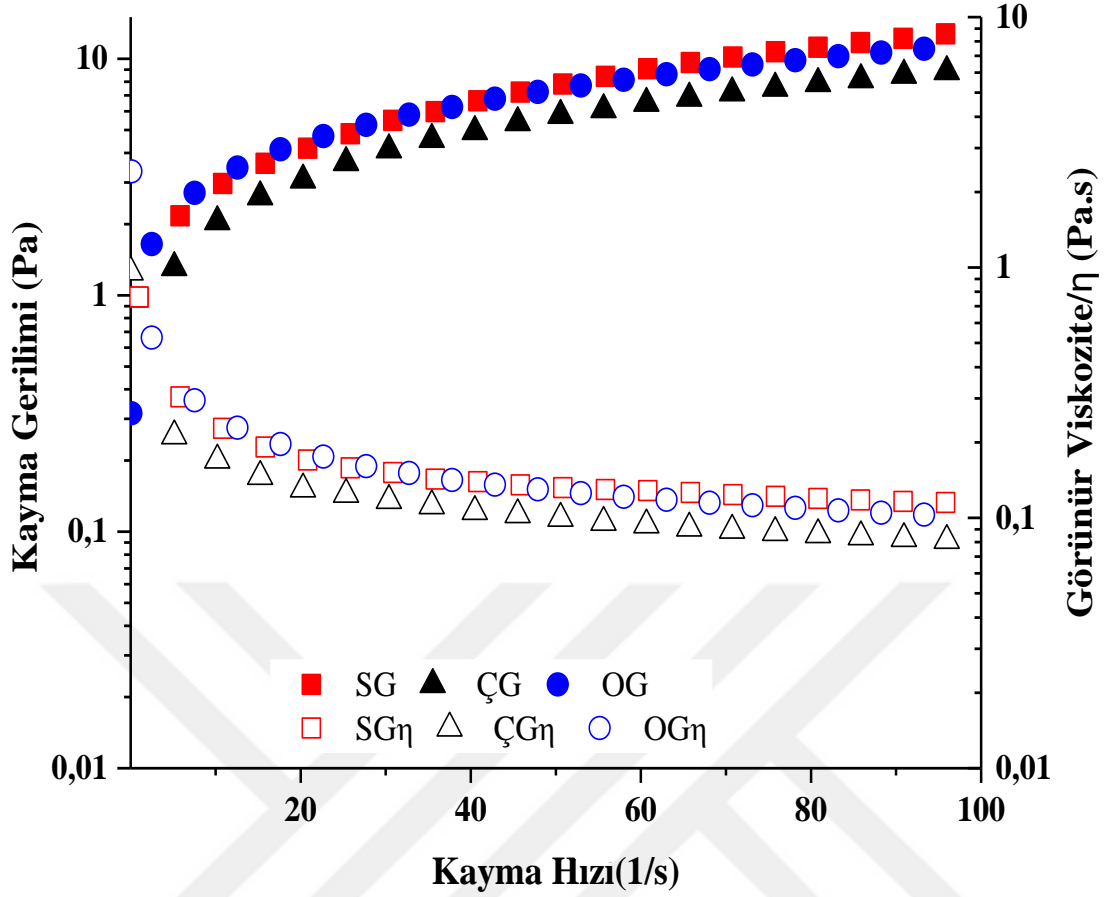
4.5.7. Jelatin İlaveli Dondurmaların Reolojik Karakterizasyonu

Dondurma gibi emülsiyonların reolojik akış davranışları, partikül boyutu, dağılımı ve kinetiksel kararlılık gibi özelliklerle yakından ilişkilidir (Huang vd., 2020). Analiz sırasında karmaşık ağ yapısı kayma gerilmesi ile kırılabilir ve polimerik malzemeler akış yönünde hızlanacağından, karışımların görünür viskozitelerinde azalma görülebilmektedir (Durmaz vd., 2020). Dondurma emülsiyon sistemlerinin görünür viskozite değerleri Şekil 4.28'de görülüşü üzere, artan kayma hızı ile azalmış ve dolayısıyla psödoplastik davranış için tipik bir kayma incelmeye etkisi göstermiştir. Psödoplastik davranış, n değerinin 1' den küçük bulunması ile de desteklenmiştir. Farklı çalışmalarda da dondurma karışımları için benzer

davranışlar rapor edilmiştir (Dertli vd., 2016; Kurt ve Atalar, 2018; Acan vd., 2020; Aydemir Beşir ve Aden 2021; Atalar vd., 2021). Düşük kayma hızlarında, Brownian kuvveti baskındır, bu da parçacıkların rastgele dağılımına ve önemli miktarda agregat dönüşümüne neden olabilmektedir ve böylece düşük kayma hızlarında yüksek viskozite görülmektedir (Huang vd., 2020). Düşük kayma hızlarında, yüksek kayma incilmesi davranışı kararlılığın bir göstergesidir ve karışımın daha kolay pompalanmasını sağlar ve ayrıca son ürüne arzu edilen tekstürel özellikleri de kazandırır (Kurt ve Atalar, 2018).

50 s⁻¹ kayma hızındaki görünür viskozite (η_{50}) değerinin, newtonian sıvılardan kalın emülsiyonlara kadar pek çok çeşitli gıda ürününde kalınlık, yapışkanlık ve incelik özellikleri ile iyi bir korelasyona sahip olduğu ifade edilmektedir (Huang vd., 2021). SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin η_{50} değerleri 0,11-0,14 Pa.s aralığındadır ve istatistiksel olarak SG ve OG ilaveli dondurma örnekleri arasında bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). ÇG ilaveli dondurma ise en düşük viskoziteye sahip örnek olduğu belirlenmiştir. Atalar vd. (2021) fındık sütü ile hazırladıkları dondurma mikslerinde η_{50} değerlerini 0,37-1,02 Pa.s aralığında bulmuşlardır. Kurt ve Atalar (2018) ise ayva çekirdeği tozu ilaveli dondurmalarda 50 s⁻¹ kayma hızındaki görünür viskozite değerlerini 0,24-0,32 Pa.s aralığında bulmuşlardır. Li, Kim, Jo, Min ve Chun (2015) domuz derisi hidrolizatı ile ticari jelatin ilaveli dondurma örneklerinde η_{50} değerlerini çalışmamızla benzer bulmuşlardır.

Örneklerin tümünde nispeten daha yüksek R² değerleri veren ve akış davranışını tanımlamak için en uygun olan Herschel-Bulkey modeli seçilmiştir ve kıvam katsayısı (k), akış indeksi (n), akma gerilimi (yield stress/ τ_0) ve R² parametreleri Çizelge 4.30'da sunulmuştur. Dondurma yapısındaki farklı biyopolimerler akış davranış parametrelerinde farklılıklara neden olmaktadır. Bu biyopolimerler, karbon zincirinin apolar yan bölümleri arasında ya hidrojen bağı ya da hidrofobik etkileşimlerle yığın fazdaki su moleküllerinin interaksiyonlarından sorumludur (Kurt ve Atalar, 2018). Şekil 4.28'de, dondurma örneklerinin görünür viskozite (η) ve akış reogramları görülmektedir.



Şekil 4.28. Dondurma örneklerinin görünür viskozite (η) ve akış reogramları

Çizelge 4.30. Dondurma örneklerinin akış davranışları

	τ_0 (Pa)	K (Pa.s ⁿ)	n	R^2	η_{50} (Pa.s)
SG	1,13±0,05a	0,30±0,07a	0,78±0,08a	0,999±0,00a	0,14±0,01 a
ÇG	0,19±0,03 c	0,36±0,02a	0,68±0,01a	0,998±0,00a	0,11±0,01 b
OG	0,62±0,03b	0,37±0,15a	0,75±0,10a	0,999±0,00a	0,14±0,01 a

^{a-c}Aynı sütunda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli dondurma, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli dondurma, OG: Optimum balık jelatini ilaveli dondurma.

Dondurma karışımlarının yapısal ve tekstürel özelliklerini etkileyen kıvam katsayısı değeri yağ içeriğine, konsantrasyonuna ve yağ ikame maddelerine bağlı değişiklik gösterebilmektedir (Javidi vd., 2016). Dondurmalara stabilizatör olarak SG, ÇG ve OG ilave edilmesinin, gıdalarda viskozite indikatörü olan kıvam katsayısı üzerine istatistiksel bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Örneklerin K değerleri 0,30-0,37 Pa.sⁿ aralığında bulunmuştur. Sim

vd. (2021) kontrol dondurma örneklerinde kıvam katsayısı değerini 0,28 ile çalışmamızdan düşük bulmuşlardır. Li vd. (2015) K değerlerini 0,13-0,58 arasında tespit etmişlerdir.

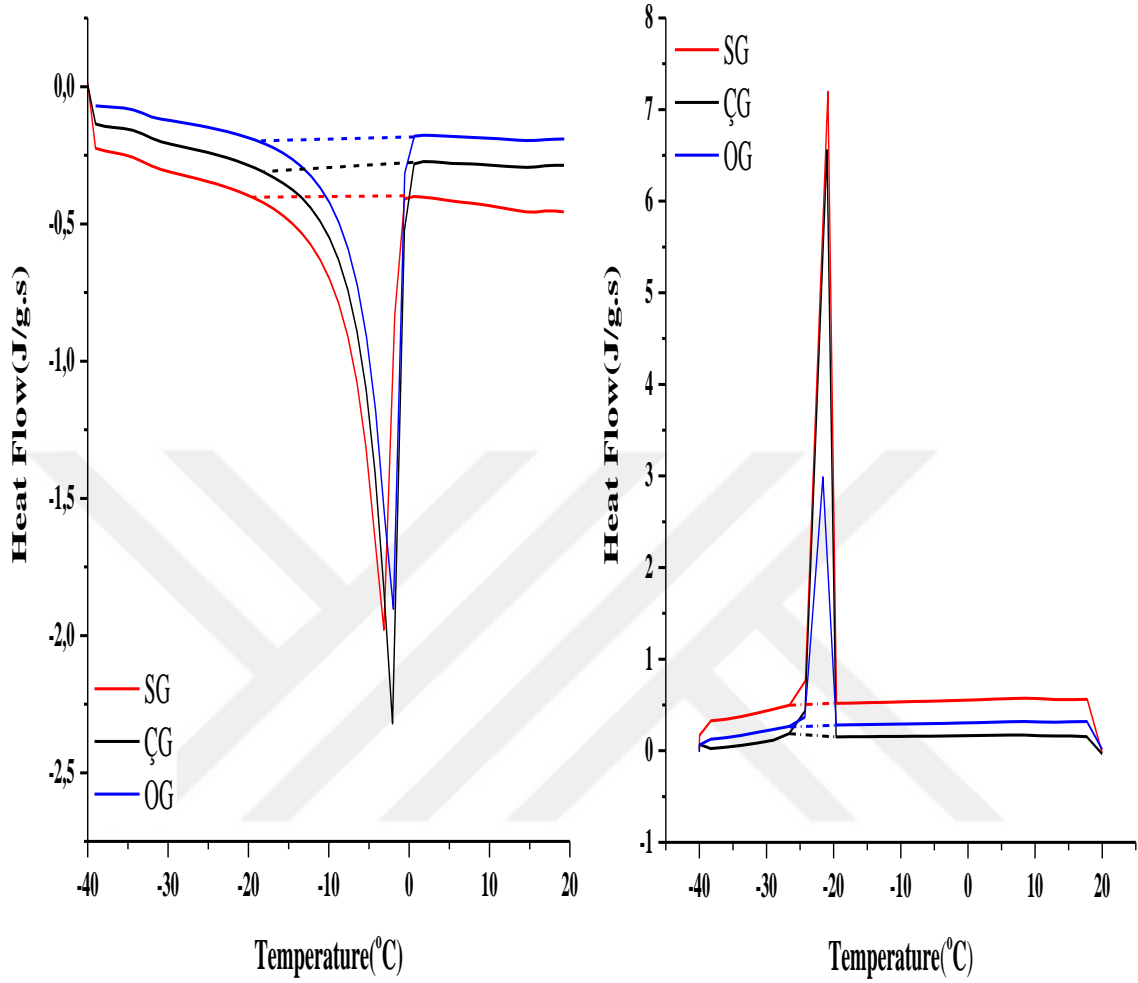
Yüksek viskozite ve düşük n değeri iyi bir duyuşal özellik için dondurmalarda istenilen karakteristik özelliklerdir. Akış indeksi değerleri ne kadar küçük olursa, newtonian davranıştan sapma o kadar büyük olur ve dolayısıyla psödoplastisite de o kadar büyük olmaktadır (BahramParvar vd., 2010). Gıdalarda kıvam katsayısında olduğu gibi örneklerin akış davranış indeksleri arasında da istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$) ve değerler 0,68-0,78 arasında değişmektedir. K ve n değerleri arasında genellikle negatif korelasyon bulunmaktadır (Dertli vd., 2016). Dolayısıyla K değeri yüksek olan örneğin n değerinin düşük farklılık olması bu fenomeni pozitif yönde doğrulamaktadır.

Numunenin yayılabilirlik (Spreadability) özelliği, akışı başlatmak için gereken minimum kesme gerilimi olarak da bilinen akma gerilimi (τ_0) özelliği sayesinde reoloji ile doğrudan ilişkilendirilmiştir (Aydemir vd., 2021). Akma gerilimi (τ_0), süt ürünlerinin üretimi ve sterilizasyonu dahil olmak üzere ürün kalitesi, duyuşal değerlendirme ve mühendislik hesaplamalarında kullanılan önemli bir parametredir (Kurt ve Atalar, 2018). Dondurma örnekleri arasında en yüksek τ_0 değeri 1,13 ile SG ilaveli örnekte en düşük değer ise 0,19 ile ÇG ilaveli örnekte bulunmuştur. İstatistiksel olarak GPE ile zenginleştirilen OG' nin dondurma örneklerinde kullanılması kontrol balık jelatine göre τ_0 değerini yaklaşık 3 kat arttırmıştır. Bu da OG ilavesi ile daha sıkı ve daha kararlı emülsiyon yapılarının oluştuğuna işaretler. Aynı zamanda yayılabilirlik özelliğinin de arttığı söylenebilir. Benzer bir artış ayva çekirdeği ilaveli (Kurt ve Atalar, 2018) ve guar gum (Javidi vd., 2016) ilaveli dondurma örneklerinde de görülmüştür. Ürkek (2021) salep ve chia tohumu tozu ilaveli dondurmalarda chia tohumu tozu arttıkça τ_0 değerinde azalma tespit etmiştir.

4.5.8. Jelatin İlaveli Dondurmaların Erime Davranışı (DSC)

Dondurma örneklerinin buz kristalizasyonu ve erimesi ile ilgili termal davranışları içeren DSC termogramı Şekil 4.29'da verilmiştir. DSC analizinin ilk aşamasında örnekler oda sıcaklığına getirilmiş ve ardından -40°C 'ye soğutulmuşlardır. Üç örnekte bu aşamada buz kristal oluşumunu gösteren ekzotermik bir pik vermiştir. Ardından yapılan geri ısıtma işlemi ile de buz erimesini gösteren endotermik bir füzyon piki meydana gelmiştir. Buz oluşumu ve

buz erimesi geçişlerinin başlangıç sıcaklıkları (T_0), tepe sıcaklıkları (T_p), donma sıcaklıkları (T_f) ve entalpileri (ΔH) belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.29. Dondurma örneklerinin diferansiyel taramalı kalorimetredeki (DSC) buz oluşumu ve erime davranışları

Formülasyonların donma noktaları, en dik eğimin gözlemlendiği sıcaklık belirlenerek DSC erime eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır. Faz geçişinin entalpisi (ΔH), pik geçiş aralığının alanı hesaplanarak belirlenmiştir. Donabilen su olarak da ifade edilen bir gram numune başına oluşan buz miktarı (IC), erime eğrilerinin entegre edilmesi ve erime entalpisinin saf buz füzyonu gizli ısısına ($\Delta H=334$ J/g) bölünmesiyle belirlenmiştir (Aboufazole vd., 2014). Dondurulamayan (bağlı) su yüzdesi (UFW) ise % nem değerinden IC'nin çıkarılması ile hesaplanmıştır (Soukloulis, Lebesi ve Tzia, 2009).

Dondurma için ideal donma noktasının küçük kristal oluşumunu sağlayacak kadar yüksek olması beklenmektedir. Bu özellik, genellikle çözeltilerin saflığına bağlıdır ve

çözünen konsantrasyonunun artmasıyla donma noktasının düşmesi beklenmektedir. Şekerler ve süt proteinleri bu özellik üzerinde etkili olan ana bileşenlerdir. Aroma maddeleri, emülgatörler ve stabilizatörler gibi bileşenlerin etkisinin ise oldukça düşük olduğu ifade edilmektedir (Acan vd., 2020). Donma noktası baskılanmasının kapsamı, oluşan buz kristallerinin başlangıçtaki ortalama boyutunu ve de kademeli büyümelerine yol açan termodinamik kararsızlıklarını etkilediği için dondurma üretiminde önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (Soukloulis vd., 2009).

Çizelge 4.31. Jelatin ilaveli dondurma örneklerinin DSC ile belirlenen kristal-erime ile ilişkili termal davranışları

		SG	ÇG	OG
Buz Erime Aralığı	T _o (°C)	-7,63±0,01b	-7,60±0,03a	-7,59±0,01a
	T _p (°C)	-3,17±0,03b	-2,03±0,07a	-1,98±0,02a
	T _f (°C)	-5,37±0,01b	-4,20±0,04a	-4,18±0,01a
	ΔH _f (J/g)	99,44±0,75a	92,93±1,46c	96,91±1,12b
	%IC	29,77±0,22a	27,82±0,44c	29,01±0,34b
	UFW	32,32±0,32c	33,85±0,47a	32,51±0,35b
Kristalizasyon Aralığı	T _o (°C)	-19,67±0,08ab	-19,87±0,21b	-19,54±0,04a
	T _p (°C)	-20,79±0,08a	-21,04±0,05a	-20,98±0,61a
	T _f (°C)	-26,63±0,04a	-26,57±0,08a	-26,59±0,04a
	ΔH _c (J/g)	97,02±0,07a	92,04±0,64b	39,77±0,88c

^{a-c} Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli dondurma, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli dondurma, OG: Optimum balık jelatini ilaveli dondurma.

Jelatin ilaveli dondurma örneklerinin T_o değerleri -7,63 ile -7,59°C arasında bulunurken T_f değerleri -5,37 ile -4,18°C arasında bulunmuştur. Balık jelatinli dondurma örneklerin buz-erime dönüşüm (T_f) sıcaklıkları arasında istatistiksel bir fark bulunamazken bu örneklerin erime derecelerinin SG ilaveli örnekten daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durum balık jelatini ilaveli örneklerdeki çözünür madde miktarının daha fazla olması ile açıklanabilir. Aboulfazli vd. (2014) soya, hindistancevizi ve bunların karışımlarının içeren sütler ile hazırladıkları dondurmalarda T_f değerini -5,52 ile -4,53°C aralığında bulmuşlardır.

Ürkek (2021) chia tohumu tozu kullanarak hazırladığı dondurma karışımlarında erime noktalarının çalışmamızdan yaklaşık 2°C daha yüksek bulmuştur.

Örneklerin donabilir su miktarlarını gösteren %IC değeri 27,82-29,77 aralığında iken bağlı su miktarlarını gösteren UFW değerleri 32,32 ile 33,85 arasında saptanmıştır. %IC ve UFW değerleri arasında ters bir kolerasyon olduğu görülmektedir. Dolayısıyla en yüksek IC değeri SG ilaveli örnekte bulunurken en düşük UFW değeride bu örneğe aittir. ÇG ilaveli örnek en düşük IC değerine sahiptir ve yine aynı örnekte UFW değeri en yüksek oranda bulunmuştur. OG ilaveli örneğin IC ve UFW değerleri ise SG ve ÇG ilaveli örneklerin arasında bulunmuştur. SG, ÇG ve OG ilaveli örneklerinin endotermik piklerinin alanı kullanılarak, buz erime sıcaklıklarının entalpi değişimleri (ΔH_f) hesaplanmıştır. Balık jelatini ilaveli dondurma örneklerinin ΔH_f değerleri istatistiksel olarak ticari jelatin ilaveli örnekten daha düşük bulunmuştur. Balık jelatinleri karşılaştırıldığında ise OG ilaveli dondurma örneğinin ΔH_f değerinin ÇG ilaveli örneğe göre arttığı görülmektedir. Entalpi değerini iki olası faktör etkilemektedir, bunlar nem içeriği ve numunedeki donabilir su miktarı olarak ifade edilmiştir (Aboufazel vd., 2014). Dondurma örneklerinin % nem ve donabilir su içerikleri istatistiksel olarak paralellik göstermektedir. Dolayısıyla ΔH_f değerindeki değişimler % nem ve %IC değerleri ile doğru orantılı bulunmuştur. Hwang vd. (2009) üzüm şarabı tortusu (GWL) ilavesinin dondurmanın reolojik ve antioksidan özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada GWL' nin su tutma kabiliyetine sahip olmasından ötürü dondurmanın donabilir su miktarını arttırdığını ileri sürmüşlerdir. Benzer şekilde Aboufazel vd. (2014) buz-erime dönüşüm entalpisi ile dondurulabilir su miktarı arasında pozitif bir kolerasyon olduğunu ileri sürmüşlerdir. GPE ile zenginleştirilmiş OG ilavesinin buz erime sıcaklığına önemli bir etkisi bulunamazken ΔH_f değerinin artması erime esnasında daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulması ve dolayısıyla daha kararlı bir yapının meydana geldiğini gösterebilir.

Dondurma örneklerinin kristalizasyon davranışlarını incelediğimizde meydana gelen ekzotermik pike ait başlangıç sıcaklıklarının (T_o) -19,87 ile -19,54 °C arasında pik noktası sıcaklıklarının (T_p) -21,04 ile -20,79 °C arasında ve final sıcaklıklarının (T_f) ise -26,63 ile -26,57 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin T_p ve T_f değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. Başlangıç sıcaklıklarına bakıldığında OG ilaveli örneğin en yüksek ÇG ilaveli örneğin ise en düşük sıcaklığa sahip olduğu bulunmuştur. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin kristalizasyon değişim entalpileri (ΔH_c) ise sırasıyla 97,02±0,07J/g, 92,04±0,64J/g ve 39,77±0,88J/g olarak tespit edilmiştir. Erime noktaları ile

benzer şekilde örneklerin kristal oluşum noktaları OG ilavesi ile etkilenmediği gibi ticari örnek ile de aralarında fark bulunamamıştır. Fakat donma entalpileri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek ΔH_c SG ilaveli örnekte bulunurken OG ilaveli dondurma örneğinin ΔH_c değerinin belirgin derecede düşük olduğu görülmüştür. Diyet lifleri ile zenginleştirilmiş dondurma örneklerinin termal davranışlarının incelendiği bir çalışmada buz kristalizasyon sıcaklıkları $-23,0$ ile $-29,7$ °C aralığında belirlenmiştir ve yüksek entalpi değerlerinin nedeni yüksek nem içeriği, bağlı su miktarı ve protein interaksiyonu ile açıklanmıştır (Soukoulis vd., 2009). Donma hızı yüksek olan ürünlerden daha küçük ve yoğun kristal oluşumu meydana geldiği bilinmektedir (Yurdagel ve Müftügil, 1984). Dolayısıyla OG ilaveli örneğin kristal oluşumu için daha az enerjiye ihtiyaç duyması daha yoğun kristal oluşumuna katkı sunarak (Quattrosoldi, Androsch, Janke, Soccio ve Lotti, 2020) daha iyi bir tekstürel yapı kazanmasını sağlayabilir.

4.5.9. Jelatin İlaveli Dondurmaların Duyusal Özellikleri

GPE ile zenginleştirilmiş OG'nin sade balık jelatini ve ticari sığır jelatini ilave edilmiş dondurma örneklerine göre duyusal özelliklere etkisi incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.32'de sunulmuştur. Jelatin ilaveli dondurma örneklerinin erime direnci, pürüzsüzlük, ağız dolgunluğu ve tat-koku parametreleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$).

Memeli jelatinine göre balık jelatini daha fazla istenmeyen tat ve kokuya sahip olduğu için gıda ürünlerinde kullanımı sınırlıdır (Karim ve Bhat, 2009). SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin tat-koku parametrelerinde farklılık çıkmaması balık jelatinin sığır jelatinine alternatif olabileceğini göstermiştir. Panelistlerden örneklerin ağızda ve genizde bıraktığı tat ve kokuyla ilgili değerlendirme yapmaları istenmiş ve kusursuz, asidik tat, fazla şekerli, tuzlu tat, pişmiş tat ve yabancı tat seçeneklerinden birini seçmeleri istenmiştir. Panelistler üç örnekte de asidik, tuzlu, pişmiş ve yabancı tat algılamamıştır ve tat-koku parametresine oldukça yüksek puan vermişlerdir.

Örneklerin sıklık puanları 5,43 ile 7,57 arasında değişirken viskozite puanları ise 5,29 ile 6,71 arasında değişiklik göstermektedir. Bu parametrelerin ikisinden de istatistiksel olarak en

yüksek puan OG en düşük puan SG ilaveli örnekler verilmiştir ($p<0,05$). Örneklerin sıklık ve viskozite değerlendirmeleri ile relojik sonuçlar arasında benzerlik olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.32. SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örneklerinin duyusal özellikleri

	SG	ÇG	OG
Erime Direnci	5,86±1,46a	6,43±1,62a	6,57±1,72a
Sıklık	5,43±0,98b	6,14±1,35b	7,57±0,79a
Viskozite	5,29±1,25b	5,71±0,95ab	6,71±0,76a
Pürüzsüzlük	7,14±2,12a	7,71±1,25a	7,00±1,63a
Renk ve Görünüş	8,29±0,95a	8,43±0,53a	6,00±1,83b
Ağız Dolgunluğu	6,57±0,79a	6,43±1,99a	6,86±2,04a
Tat-Koku	8,43±0,98a	8,29±0,76a	8,14±0,69a
Genel Beğeni	7,57±1,27a	7,43±1,62a	7,57±1,72a

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli dondurma, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli dondurma, OG: Optimum balık jelatini ilaveli dondurma.

Dondurmanın dil vasıtasıyla ağıza ve üst damağa yayılması ve burada yumuşak ve homojen bir şekilde dağılması pürüzsüzlüğü göstermektedir (Yücegönül, 2020). SG, ÇG ve OG ilaveli örneklerin pürüzsüzlük puanlamaları yüksek bulunmuştur. Dondurma örneklerinin ağıza alındıktan sonra, dil ile damak arasında dairesel bir şekilde hareket ettirilip, yutulmasının ardından ağızda kalan film tabakasının yoğunluğu ağız dolgunluğu olarak tanımlanmaktadır (Yücegönül, 2020). SG, ÇG ve OG ilaveli dondurmaların ağız dolgunluğu değerleri 6,43 ile 6,86 arasında bulunmuştur. Renk ve görünüş özellikleri incelendiğinde OG ilaveli dondurmanın daha az beğenildiği görülmüştür. Bu sonuçlar L*, a* ve b* değerlerindeki düşüş ile paralellik göstermektedir. Genel olarak SG, ÇG ve OG ilaveli dondurma örnekleri arasında büyük farklılıklar bulamayan panelistler genel beğeni puanlamasında da dondurma örneklerini istatistiksel olarak benzer bulmuşlardır ($p>0,05$).

4.5.10. Jelatin İlaveli Pudinglerin Fizikokimyasal ve Teknolojik Özellikleri

Pudinglere jel yapısının oluşması ve stabilizasyon amacıyla SG, ÇG ve OG ilave edilmiş ve örneklerin bir takım fizikokimyasal ve teknolojik özellikleri incelenmiştir. Puding

örneklerinin % nem, % kül, a_w , pH ve % serum ayrılması sonuçları Çizelge 4.33’ te, renk parametreleri ise Çizelege 4.34’te verilmiştir.

SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinin % kuru madde (KM) içerikleri 28,00 ile 28,75 arasında değişmektedir. İstatiksel olarak en düşük nem içeriği SG ilaveli örnekte en yüksek ise ÇG ilaveli örnekte bulunmuştur. Hendek Ertop, Atasoy ve Akın (2019) gölevez unu ilaveli sütlü puding örneklerinin reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmada örneklerin %KM içeriklerini çalışmamızdan ortalama 9 birim daha yüksek bulmuşlardır. Djaoud vd. (2020) sütlü tatlılarda hurma tozu veya şurubunun şeker ikamesi olarak kullanımı üzerine çalışmışlar ve pudinglerin %KM oranlarını SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinden ortalama 6 birim daha düşük bulmuşlardır. Cinar, Altuntas ve Altuntas (2021) arı sütü ilaveli probiyotik sütlü tatlıların (keşkül) fizikokimyasal, reolojik, duyuşal özelliklerini incelemişler ve örneklerin %KM içeriklerini çalışmamızla benzer bulmuşlardır. Medeiros vd. (2020) tavuskuşu çiçeği (*Caesalpinia pulcherrima*) tohumlarından elde ettikleri galaktomannanın sütlü tatlıların reolojik özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada farklı oranlarda süt tozu, nişasta ve sukroz içeren puddinglerin %KM oranlarını %17,0 ile %33,7 arasında tespit etmişlerdir. Örneklerin su aktivitesi değerleri arasında istatiksel olarak bir fark bulunamamıştır ve tüm örneklerin a_w değeri 0,98’ dir ve literatür ile uyumlu bulunmuştur (Schmidt ve Fontana, 2020; Kuzmyk vd., 2021).

Çizelge 4.33. Jelatin ilaveli pudinglerde fizikokimyasal analiz sonuçları

	%KM	a_w	%Kül	pH	Serum Ayrılması (%)
SG	28,00±0,13 c	0,98±0,00 a	0,86±0,01 c	7,05±0,02 a	0,09±0,02 c
ÇG	28,75±0,02 a	0,98±0,00 a	0,91±0,02 b	6,83±0,02 b	2,14±0,09 a
OG	28,19±0,05 b	0,98±0,00 a	0,94±0,01 a	6,67±0,01 c	1,24±0,22 b

^{a-c} Aynı sütunda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli puding, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli puding, OG: Optimum balık jelatini ilaveli puding.

Jelatin ilaveli puding örneklerinin % kül içerikleri ise 0,86-0,94 arasında değişiklik göstermektedir. Jelly örneklerinde olduğu gibi kül oranı ÇG ve OG ilaveli örnekte yüksek bulunmuştur. Bu durum balık jelatinlerinin ticari sığır jelatininden daha yüksek oranda mineral madde içermesinden kaynaklanmaktadır. Bulduğumuz sonuçlar Medeiros vd.

(2020)'nin bulduğu sonuçlarla benzer, Hendek Ertop vd. (2019)'un bulduğu sonuçlardan ise düşük çıkmıştır.

Puding örneklerinin pH'ları nötre yakın bulunmuştur en düşük pH 6,67 ile OG ilaveli örnekte bulunurken en yüksek pH 7,05 ile SG ilaveli pudingte tespit edilmiştir. GPE ile zenginleştirilmiş OG ilavesi ile puding örneklerinin asitlik değerlerinde yükselme meydana gelmiştir. Cinar vd. (2021) puding örneklerini muhafaza sürelerini incelemişler ve 0. gündeki pH değerlerini çalışmamızla benzer bulmuşlardır aynı şekilde Medeiros vd. (2020)'de çalışmamızla benzer sonuçlar tespit etmişlerdir.

SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinin serum ayrılması parametreleri ise SG ilaveli örnekte balık jelatinlerine göre serum ayrılmanın oldukça düşük olduğu görülmektedir. En yüksek serum ayrılması değeri %2,14 ile ÇG örneğinde bulunurken, GPE ile zenginleştirilmiş OG ilavesi ile pudinglerin serum ayrılma değerlerinde yaklaşık %58 oranında bir azalma gözlenmiştir. Bu durum jelatin örneklerinin su tutma kapasiteleri ile örtüşmektedir. Sütlü tatlılarda jelleşme ajanı konsantrasyonu arttıkça, çift heliks yapının miktarı artmaktadır. Ayrıca jel ağlarının daha fazla su tutmasını sağlayarak jel yapısını kuvvetlendirmekte dolayısıyla serum ayrılmasını düşürmektedir (Eadmusik, Chaiya ve Soichuen, 2020). Çalışmamızda hazır puding karışımı kullanıldığından literatüre göre daha düşük serum ayrılması değerleri tespit edilmiştir (Ghanbari vd., 2017; Sadat, Ezzatpanah ve Bakhoda, 2018).

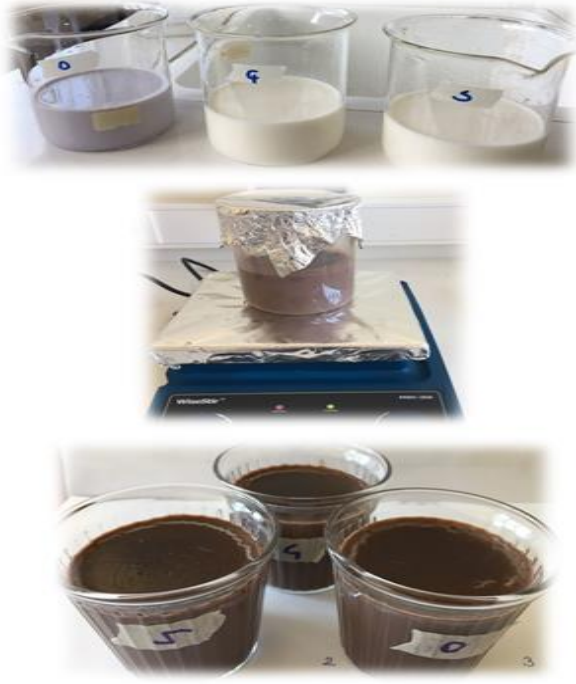
Çizelge 4.34. Jelatin ilaveli pudinglerin renk analiz sonuçları

	L*	a*	b*
SG	34,66±0,10 c	7,66±0,08 a	-8,60±0,02 b
ÇG	36,00±0,07 b	7,83±0,12 a	-9,23±0,14 c
OG	36,21±0,18 a	7,13±0,25 b	-8,23±0,19 a

^{a-c}Aynı sütunda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli puding, ÇG: Kontrol balık jelatini ilaveli puding, OG: Optimum balık jelatini ilaveli puding.

Şekil 4.30' da görüldüğü üzere puding örneklerinin renkleri arasında gözle görülür bir fark yok iken L*, a* ve b* parametrelerini incelediğimizde Çizelge 4.34'te de görüleceği üzere üç parametrede istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Örneklerin parlaklık değerleri 34,66 ile 36,21 arasında bulunmuştur. Puding örnekleri kakaolu olduğu için parlaklık değerinin düşük

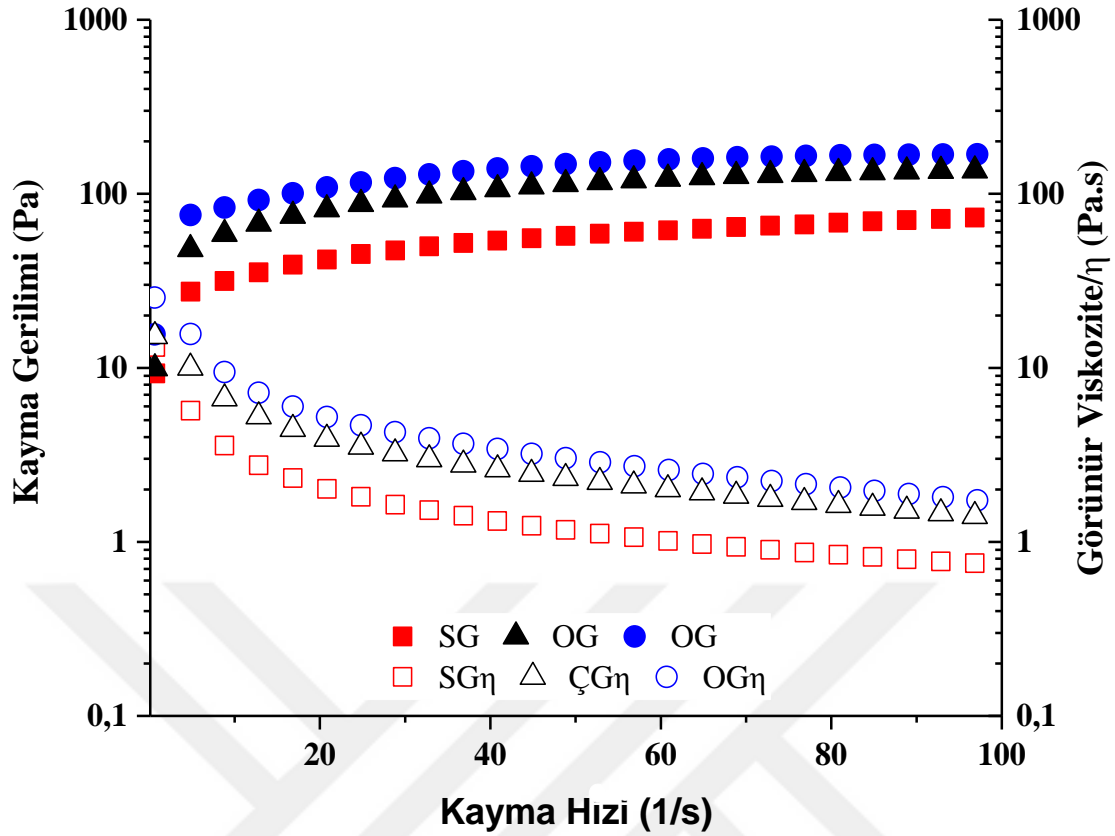
çıkması beklenen bir durumdur. Kırmızılık değerleri incelendiğinde SG ve ÇG ilaveli örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamazken OG ilaveli örneğin a^* değeri düşük çıkmıştır. Puding örneklerinin b^* değerleri negatif çıkmıştır ve bu durum maviliğe işaretler. ÇG ve OG örneklerinin mavilik değerleri arasındaki fark önemli bulunurken en yüksek mavilik değeri ÇG ilaveli puding örneğinde bulunmuştur.



Şekil 4.30. SG, ÇG ve OG ilaveli puding örnekleri

4.5.11. Jelatin İlaveli Pudinglerin Reolojik Karakterizasyonu

Balık derisinden elde edilen jelatinin reolojik özelliklerinin tarımsal artık ekstraktları kullanılarak geliştirilmesi ile elde edilen OG'nin hazır puding karışımlarında kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak yatışkan kayma (steady shear) analizi yapılmıştır. SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinin kayma hızına karşı çizilen kayma gerilimi ve görünür viskozite reogramı Şekil 4.31' de sunulmuştur.



Şekil 4.31. Puding örneklerinin $0,1-100 \text{ s}^{-1}$ kayma hızı aralığındaki kayma gerilimi ve viskozite reogramı

Genel olarak puding örnekleri artan kayma hızı ile artan kayma gerilimi ve azalan viskozite göstermişlerdir. Bu da newtonian olmayan kayma incelmesi (shear thinning) davranışına işaretler. Bu davranış numunedeki damlacık yüzeyinde kısmen parçalanmış misel kazeinlerinin karmaşık etkileşimi ve stresin neden olduğu yapısal ağ çökmesine bağlanabilir (Toker, Doğan, Canıyılmaz Ersöz ve Kaya, 2013; Ghanbari vd., 2017). SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinin bu davranışı daha önceki sütlü tatlılarda yapılmış çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (Toker vd., 2013; Sahin, Hamamci ve Garayev, 2016; Ghanbari vd., 2017; Sadat vd., 2018; Zarzycki, Ciołkowska, Jabłonska-Rys ve Gustaw, 2019; Nejatian vd., 2019; Apaydın, Demirci, Palabıyık, Mirik, Gümüş, 2019; Djaoud vd., 2020; Medeiros vd., 2020; Türker, Saraç ve Doğan, 2021). Örneklerin 50 s^{-1} kayma hızındaki görünür viskozite (η_{50}) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek görünür viskozite değeri $2,70 \pm 0,13 \text{ Pa.s}$ ile OG ilaveli örnekte bulunurken en düşük SG ilaveli örnekte $1,18 \pm 0,04 \text{ Pa.s}$ olarak tespit edilmiştir. OG ilavesi ÇG ilavesine göre pudinglerin viskozitelerini %18 arttırmıştır. Sütlü tatlıların yapısına ilave ettikleri farklı gum ve kombinasyonlarının ürünlerin reolojik özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarda

Toker vd. (2013) η_{50} değerlerini çalışmamızdan düşük bulmuşlardır. Farklı nişasta ve şeker tiplerini içeren puding karışımlarının reolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada η_{50} değerleri 0,02-2,26 arasında bulunmuştur (Türker vd., 2021). Farklı bitki türlerinden elde edilen kitre gamı ile hazırlanan sütlü tatlı karışımlarında Nejatian vd. (2019) alışmamızdan daha yüksek viskozite değerleri elde etmişlerdir.

Kayma hızına karşı çizilen kayma gerilimi verilerinin Ostwald de Waele modeline uyumu R^2 değerlerinin 0,97-0,99 aralığında çıkması ile oldukça yüksek bulunmuştur. Örnekerin Ostwald de Waele modeli ile belirlenen K ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$) ve n değerleri izelge 4.35’de karşılaştırılmıştır. Puding örnekerinin kıvamlılık indeksi balık jelatini ilavesi ile artış göstermiştir. 15,61-46,81 $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ arasında değişen K değerleri, en yüksek OG ilaveli pudingde en düşük ise SG ilaveli örnekte bulunmuştur. %20 GPE ilavesi ile optimum örnek olarak seçilen OG, kontrol balık jelatinine göre kıvam katsayısını yaklaşık 2 kat arttırmıştır. Aynı zamanda OG ilaveli pudingin K değeri SG ilaveli örnekten de yaklaşık 3 kat daha fazladır. Örnekerin K değeri sonuçları viskozite parametreleri ile de paralellik göstermiştir. Ghanbari vd. (2017) farklı konsantrasyonlarda mısır unu, inülin ve şeker kombinasyonları ile hazırladıkları sütlü tatlılarda K değerlerini 2,01-64,08 $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ aralığında bulmuşlardır. *Xanthomonas* türleri tarafından üretilen ksantan gamların pudinglerde kullanılabilirliğinin incelendiği çalışmada K değerleri 162,2-5,0 aralığında tespit edilmiştir (Apaydın vd., 2019). Zarzycki vd. (2019) kappa karagenan ilaveli puding örnekerinde K değerlerini çalışmamızla benzer aralıklarda bulmuşlardır. Çizelge 4.35’de jelatin ilaveli pudinglerin akış zelliklerinin Ostwald de Waele (Power-Law) modeli ile belirlenen parametreleri görölmektedir.

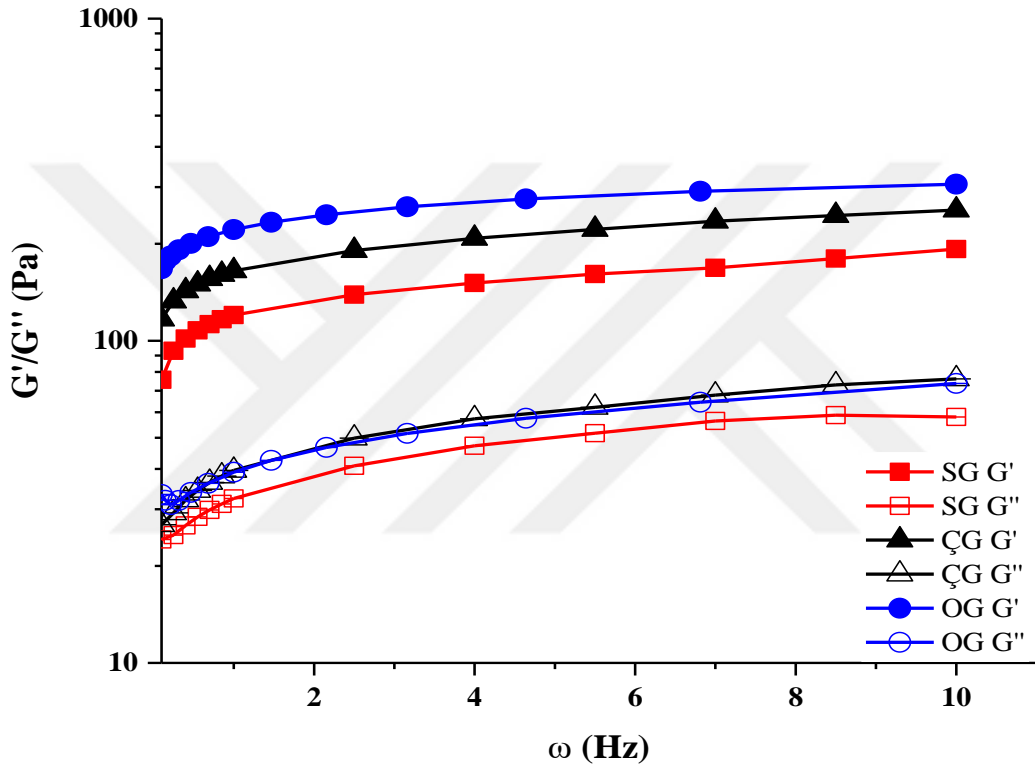
Çizelge 4.35. Jelatin ilaveli pudinglerin akış zelliklerinin Ostwald de Waele (Power-Law) modeli ile belirlenmesi

	K(Pa.sⁿ)	n	R²	η_{50} (Pa.s)
SG	15,61±0,52 c	0,33±0,01 a	0,99±0,01 a	1,18±0,04c
G	28,67±0,17 b	0,35±0,00 a	0,99±0,00 a	2,29±0,03b
OG	46,81±0,43 a	0,27±0,02 b	0,97±0,02 b	2,70±0,13a

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örneker arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli puding, G:Kontrol balık jelatini ilaveli puding, OG:Optimum balık jelatini ilaveli puding.

K değeri ile ters korelasyona sahip akış indeksi değeri (n) 0,27-0,35 aralığında belirlenmiştir. SG ve G örnekerinin n değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark

bulunmasına ($p>0,05$) karşın en düşük akış davranışı OG ilaveli örnekte tespit edilmiştir. Kayma incilmesi davranışı sergileyen gıdalarda n değerinin 0 ile 1 arasında çıkması beklenen bir durumdur (Ghanbari vd., 2017). Bu davranış farklı sütlü tatlılar ve pudinglerde yapılmış çalışmalarla benzer bulunmuştur (Toker vd., 2013; Sahin vd., 2016; Sadat vd., 2017; Zarzycki vd., 2019; Türker vd., 2021). Sonuç olarak OG ilavesi ile beklendiği gibi kıvam indeksinde artış, akış davranış indeksinde ise azalma meydana gelmiştir bu durum Ghanbari vd. (2017) ve Türker vd. (2021)'nin çalışmaları ile uyumlu bulunmuştur.



Şekil 4.32. Jelatin ilaveli pudinglerin mekanik reogramları

İkinci olarak jelatin ilaveli puding örneklerine dinamik kayma analizi yapılmıştır. Örneklerin mekanik spektrumları Şekil 4.32'de kompleks viskozite reogramları ise Şekil 4.33'de sunulmuştur. Örneklerin üçünde de açısal hız arttıkça birikim ve kayıp modüllerinde hafif de olsa artış meydana gelmiştir. Bu zayıf bir jel yapısına işaretler ve puding ve sütlü tatlı benzeri ürünlerde yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Apaydın vd., 2019; Djaoud vd., 2020; Türker vd., 2021). Örneklerin G' modülleri G'' modüllerinden büyük bulunmuştur bu da baskın bir elastik yapıya sahip zayıf bir viskoelastik jel davranışını göstermektedir (Djaoud vd., 2020). Bu davranış aynı zamanda jel ve dispersiyon gibi viskoelastik materyaller için tipiktir (Zarzycki vd., 2019). Jelatin ilaveli puding örneklerinin

hiçbirinde, jel matrisinin tahribatını gösterebilecek düzeyde artan frekansla G' değerinde bir azalma gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.36. Jelatin ilaveli pudinglerin G' ve G'' parametrelerine bağlı mekanik özelliklerinin Ostwald de Waele (Power-Law) modeli ile belirlenmesi.

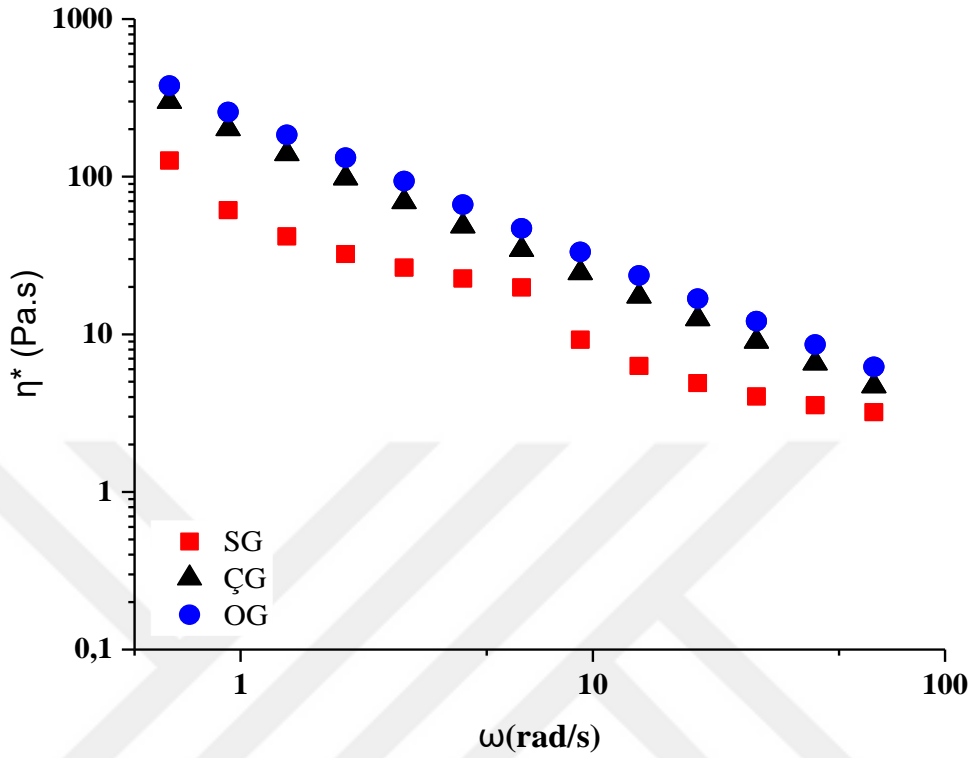
	K'	n'	R^2	K''	n''	R^2
SG	110,84±8,43 b	0,19±0,00 a	0,99±0,00 a	36,35±2,44 b	0,24±0,00 b	0,98±0,00 b
ÇG	151,70±14,98 b	0,18±0,00 b	0,99±0,01 a	37,84±2,88 b	0,26±0,00 a	0,99±0,00 a
OG	244,97±21,12 a	0,12±0,01 c	0,99±0,01 a	45,46±3,46 a	0,20±0,02 c	0,94±0,01 c

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli puding, ÇG:Kontrol balık jelatini ilaveli puding, OG:Optimum balık jelatini ilaveli puding.

Örneklerin elastik modülleri karşılaştırıldığında en yüksek değerler OG ilaveli örnekte en düşük ise SG ilaveli puding örneğinde bulunmuştur. Örneklerin G' ve G'' modülünün açılma hızla bağıntısını gösteren Power-Law modelinin parametreleri Çizelge 4. 36'da gösterilmiştir. Burada K katsayısı G' veya G'' modülünü büyüklüğünü temsil ederken n , modül ve frekans arasındaki ilişkinin eğimini göstermektedir (Ghanbari vd., 2017). Çizelge 4.37'de de belirtildiği gibi, R^2 değerleri 0,94-0,99 arasında olup, puding örneklerinin viskoelastik özelliklerini karakterize etmek için kullanılan Power-Law modeline uygunluğunu ortaya koymaktadır.

Örneklerin K' değerleri 110,84-244,97 Pa.sⁿ aralığında bulunmuştur. Balık jelatini ilaveli pudinglerin K' değerleri ticari sığır jelatini ilaveli puding örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. GPE ilavesi ile geliştirilen OG' nin hazır puding karışımlarında kullanılmasıyla K' değeri kontrol örneğine göre yaklaşık 1,5 kat artış göstermiştir. Puding örneklerinin viskoz modüllerinde Power-Law modeli ile belirlenen K'' değerleri karşılaştırıldığında OG ilaveli örneğin en yüksek değere sahip olduğu SG ve ÇG ilaveli örnekler arasında ise istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bu sonuçlar, OG ilavesinin bileşenler arasındaki etkileşimleri arttırarak puding örneğinin reolojik özelliklerini geliştirdiğini ve jel mukavemetini arttırdığını göstermiştir. Şahin vd. (2016) laktosuz sütlü tatlıların reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmada K' ve K'' değerlerini çalışmamızdan düşük bulmuşlardır. Apaydın vd. (2019) ksantan gum ilaveli puding örneklerinde K' değerlerini 3,6-343,6 Pa.sⁿ aralığında K'' değerlerini ise 3,47-84,6 Pa.sⁿ aralığında tespit

etmişlerdir. Ghanbari vd. (2017) ise mısır unu bazlı prebiyotik sütlü tatlılarda K' değerini 110,5-466,9 Pa.sⁿ olarak belirlemişlerdir.



Şekil 4.33. Jelatin ilaveli pudinglerin kompleks viskozite (η^*) reogramları

SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinin viskoelastik bölgelerindeki akış davranış indeksleri incelenmiş ve elastik modüldeki n' değerlerinin viskoz modülünden düşük olduğu görülmüştür. n' değerleri 0,12-0,19 arasında değişiklik gösterirken n'' değerleri 0,20-0,26 arasında değişmektedir ve örnekler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). n değerleri viskozite faktörü olan K değeri ile ters korelasyon göstermiştir. Dolayısıyla en düşük n' ve n'' değerleri OG örneğinde en yüksek değerler ise SG örneğinde bulunmuştur. Sıfıra yakın bir n değeri, G' modülünün açısal hızdan bağımsız olduğunu gösterir yani daha kuvvetli bir yapıya işaret eder; düşük n değeri elastik yapıyı yüksek n değerleri ise viskoz yapıyı temsil etmektedir (Sadat vd., 2018). Dolayısıyla puding örnekleri kuvvetli jel yapısına sahip baskın elastik özelliktedir. Sadat vd. (2018) emülsifiye edici tuz içeren süt tozları ile hazırladıkları puding örneklerinde n' değerlerini 0,10-0,15 aralığında bulmuşlardır. Ghanbari vd. (2017) ve Apaydın vd. (2019) puding örneklerinin n değerlerini genel olarak çalışmamızdan yüksek bulmuşlardır.

Elastik materyalin deformasyona karşı direncini gösteren G^* ve viskoz materyalin akmaya karşı direncini gösteren η^* reolojik davranışın tanımlanmasında kullanılan iki önemli parametredir (Sadat vd., 2018). Kompleks modülün (G^*) açısal hıza (ω) bölünmesi ile kompleks viskozite (η^*) belirlenmektedir ve örneklerin η^* reogramları Şekil 4.33'de verilmiştir.

SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinin kompleks viskozite değerleri artan açısal hız ile azalma göstermiştir. 8 Hz'lik açısal hızdaki η^* değeri ile puding örneklerinin duyuşal kalınlık değerleri arasında iyi bir ilişki kurulmuştur (Tárrega ve Costell, 2007). SG, ÇG ve OG ilaveli puding örneklerinin $\eta^*_{8\text{Hz}}$ değerleri sırasıyla $4,95\pm 0,06$, $5,57\pm 0,11$ ve $7,92\pm 0,30$ Pa.s olarak bulunmuştur ve aralarındaki fark istatıksel olarak önemlidir ($p<0,05$). Sadat vd. (2018) emülsifiye edici tuz içeren süt tozları ile hazırladıkları puding örneklerinde $\eta^*_{8\text{Hz}}$ değerlerini 8,16-16,22 aralığında bulmuşlardır.

4.5.12. Jelatin İlaveli Pudinglerde Duyusal Özellikleri

Üzüm posası ekstraktı kullanılarak reolojik özellikleri geliştirilmiş balık jelatinin kakaolu hazır puding karışımlarında kullanım olanaklarının incelemek, ticari sığır jelatini ve kontrol balık jelatinin ile karşılaştırmak amacıyla duyuşal analiz yapılmış, sonuçları Çizelge 4.37' de verilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre örneklerin renk parametreleri 5,57-6,14 arasında orta kategoride puanlanmıştır. Panelistler örnekler arasında gözle görülür bir fark tespit edememişlerdir. Jelatin ilaveli pudinglerin aromaları arasında da istatıksel bir fark bulunamamıştır. Ve puanlama skalasına göre pudding örneklerinin aromaları hissedilebilir orandadır.

Kaşıkla pudingi alırken kaşığı pudingten ayırmak için gerekli kuvvet olarak tanımlanan yapışkanlık değerleri 3,43-4,43 arasında tespit edilmiş ve örnekler arasında fark istatıksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Bir kaşık pudingin kaşıktaki duruşu ve kaşıktan akışı olarak tanımlanan görsel kıvam en yüksek GPE ile zengileştirilmiş OG ilaveli pudinglerde en düşük ise ticari sığır jelatini ilaveli örneklerde bulunmuştur. ÇG ilaveli puding örnekleri hem SG hem de OG ilaveli pudinglerle benzer bulunmuştur. SG ilaveli örnek orta kıvamlı ÇG ve OG ilaveli örnekler ise koyu kıvamlı bulunmuştur. Ağızdaki kıvam pudingin kaşıktan ağza akışı ve ağızdaki dağılışı olarak ifade edilmiş ve en yüksek değer SG örneğinde en düşük ise ÇG örneğinde bulunmuştur. Kıvamı yüksek bulunan örneklerin akış davranışları düşük bulunmuştur. Dolayısıyla görsel kıvam ile ağızdaki kıvam arasında ters bir ilişki

olduğu görülmektedir. Örneklerin kıvam parametreleri reoloji sonuçlarıylada desteklenmektedir.

Çizelge 4.37. SG, ÇG ve OG ilaveli pudinglerin duyuşal özellikleri

	SG	ÇG	OG
Renk	6,14±0,38 a	5,86±0,69 a	5,57±0,98 a
Yabancı Tat-Koku	8,43±0,98 a	6,43±1,90 b	7,14±1,46 ab
Tatlılık	3,29±0,95 b	4,43±1,27 ab	4,57±0,98 a
Aroma	4,00±1,41 a	4,29±1,38 a	4,57±1,13 a
Görsel Kıvam	5,43±1,81 b	7,14±1,46 ab	7,43±1,51 a
Ağızdaki Kıvam	8,00±1,00 a	5,71±2,06 b	6,43±1,99 ab
Yapışkanlık	3,71±2,69 a	4,43±2,07 a	3,43±1,40 a
Genel Beğeni	8,43±1,13 a	5,71±1,70 b	6,57±1,27 b

^{a-c}Aynı satırda gösterilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). SG: Sığır jelatini ilaveli puding, ÇG:Kontrol balık jelatini ilaveli puding, OG:Optimum balık jelatini ilaveli puding.

Jelatinler, diğer hidrokolloidlere göre daha elastik ve sert bir yapıya sahip oldukları için tat salınımları daha geç olmaktadır (Hartel vd., 2018). Jelatin ilaveli puddinglerin tatlılık dereceleri genel olarak hissedilebilir oranda bulunmuştur ve skalaya göre SG ilaveli örneklerin tatlılık dereceleri panelistler tarafından balık jelatini ilaveli örneklere göre daha yoğun olarak belirlenmiştir. Bu durum balık jelatinlerinin bloom derecelerinin SG'ye göre daha yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Puding örneklerinde yabancı tat-koku varlığını tespit etmek için panelistlerden 1-9 aralığında (çok fazla-yok) puan vermeleri istenmiş ve ÇG ilaveli pudingte bu oran 6,43 ile az, SG ve OG ilaveli örneklerde ise 8,43 ve 7,14 ile çok az bulunmuştur. Bu da GPE ilavesinin balık jelatinin tat-koku parametrelerine olumlu katkı sunduğunu göstermektedir. Örneklerin genel beğenileri incelendiğinde ticari jelatin ilaveli puding en beğenilen örnek olurken ÇG ve OG ilaveli örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Jelatin, katma değeri yüksek herhangi bir bağımlılık yapmayan ve toksik olmayan bu bakımdan da gıda formülasyonlarında en fazla tercih edilen maddelerdendir. Ayrıca jelatin, katkı maddesi olarak kabul edilmeyip doğal ve sağlıklı oluşu ile diğer hidrokolloidlerden ayrılmaktadır. Dünya nüfusunun yarısına yakını sosyo-kültürel, dini ya da sağlıkla ilgili endişeler sebebiyle memeli jelatinini tüketmemektedir. Bu nedenle memeli kaynaklı jelatine alternatif ürünlerin geliştirilmesi çok önemlidir. Bu çalışma ile yurt içinde yeterli miktarda üretilmeyen ve ithal edilen jelatin, artık ve kirliliğe sebep olan ve balık işleme endüstrisinin temel yan ürünü olan balık derisi kullanılarak üretilmiştir. Aynı zamanda şarapçılık üretim artığının fenolik maddece zengin ekstraktları kullanılarak balık jelatinlerinin gıda ürünlerinde kullanımını sınırlandıran düşük erime noktası ve zayıf jel kuvveti gibi özellikleri modifiye edilmiş ve ülke ekonomisine katkı sağlayacak, ticari jelatine alternatif fonksiyonel ve sağlıklı bir ürünün geliştirilmesine katkı sağlanmıştır.

Fileto çıkarma işleminden sonra kalan balık (*Sparus aurata*) derisinden asidik ekstraksiyonla elde edilen jelatin ve tarımsal artık ekstraktlarının verimi literatürle uyumlu ve makul düzeyde bulunmuştur.

Genel olarak çalışmamızda kullanılan tarımsal artık ekstraktları, ihtiva ettikleri fenolik bileşikler bakımından literatüre uygunluk göstermektedir. Bu durum matemartiksel modelleme sonuçlarında çıkan optimum ürününün jelatin ile oluşturacağı konfigürasyonun sürdürülebilirliğine katkı sağlamıştır. Sabit sıcaklıkta tutulma süresi boyunca tüm model jellerin heliks yapısının arttığı dolayısıyla da jel mukavemetinin arttığı görülmektedir. Bu da fenolik bileşiklerin, kovalent ve nonkovalent etkileşimler ile jelatin jellerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirdiğini göstermektedir. Karışım modellerinde GPE konsantrasyonu arttıkça k_{gel} (jelleşme oranı) değerinde önemli bir artış, bunun tersine GTE konsantrasyonu arttıkça bir azalma ve PPE ilavesi ile de az da olsa bir artış elde edilmiştir. Aynı şartlar altında GPE ve PPE ilaveli jellerin hedef jelasyon süresine (SG' den elde edilen) erişimi GTE ilaveli jellere göre daha hızlı gerçekleşmiştir. ÇG'nin jelasyon süresinin SG' den daha kısa olduğu görülmüştür ve %20 GPE ilaveli jelatin solüsyonu $523,64 \pm 20,94$ saniye ile G'_{ref} değerine en kısa sürede erişen model olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla şarapçılık artığı olan üzüm posası ekstraktının jelatin zincirleri arasındaki kinetiksel yakınlığı olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Çalışmamızdaki tüm jelatin jelleri katı benzeri bir davranış sergilemişlerdir. Balık jelatin solüsyonlarının tümü, kontrol örneği SG'den daha yüksek jel

kuvveti göstermiştir ve en yüksek jel kuvveti yine %20 GPE ilaveli örnekte bulunmuştur. Tarımsal artık ekstraktlarının ilavesi ile karışım modellerinin jel mukavemetinde, k_{gel} değerine benzer değişimler tespit edilmiştir. GPE'nin diğer tarımsal artık ekstraktlarına göre balık jelatini ile daha güçlü bir interaksiyona girerek ürünün kararlılığını arttırdığı sonucuna varılmıştır. Balık jelatinin en büyük handikaplarından olan erime ve jelleşme dereceleri, tarımsal artık ekstraktlarının ilavesi ile olumlu yönde gelişme göstermiştir. %20 GPE ilavesi, fenolik bileşenler ile jelatin jel ağının nihai yapısına en yüksek katkıyı sağlayarak, ÇG' ye oranla erime sıcaklığının yaklaşık 2,5°C arttırmıştır. Bu sayede ticari sığır jelatine benzer, erime noktasına sahip modifiye bir jelatin elde edilmiştir. Matematiksel modelleme sonucunda reolojik özellikler bakımından optimum sonucu %20 GPE ilaveli model vermiştir. GPE'nin fenolik bileşenleri incelediğinde diğer tarımsal artıklara oranla kafeik asit, klorojenik asit ve epikateşin miktarlarının daha fazla olduğu ve diğer tarımsal artık ekstraktlarında bulunmayan sirinjik asit ve resveratrol içerdiği belirlenmiştir.

Çalışmada optimum olarak belirlenen örneğin, hem saf balık jelatinine hem de ticari sığır jelatinine göre fizikokimyasal ve bir takım teknolojik özelliklerinin ne kadar farklılık gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu maksatla yapılan analizler sonucunda GPE ile zenginleştirilmiş OG'nin pH, % nem, % kül, % protein, L^* ve b^* değerlerinde azalma a^* , turbidity, köpük oluşturma, köpük stabilitesi, su tutma ve yağ bağlama özelliklerinde ise artış meydana gelmiştir. Bloom derecesi, hardness, adhesiveness, gumminess ve chewiness gibi tekstürel özellikler bakımından OG'nin diğer iki örneğe göre daha üstün olduğu görülmüştür. Fenolik bileşiklerin jelatin ile hidrojen bağı veya hidrofobik etkileşimler gösterdiği bilinmektedir ve balık jelatinlerinin yapısında daha fazla hidrofobik aminoasit bulunması daha iyi yapısal özelliklere sahip olmasına katkı sunmuştur. Bu durumda üzüm posası ekstraktının reoloji sonuçlarında olduğu gibi jelatin bağları arasındaki interaksiyonu arttırarak daha kararlı ve elastik yapıda bir jelatin oluşumuna yol açtığı tespit edilmiştir. Örneklere yapılan mineral madde analizi, üzüm posası ekstraktı aracılığıyla yapıya katılan K elementinin jelatin yapısını kuvvetlendirmede önemli bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Ticari sığır jelatini için T_g değeri 72,08°C olarak tespit edilmiş ve balık jelatininden yaklaşık 2°C daha yüksek bulunmuştur. GPE ilavesi balık jelatinin moleküler arası etkileşimi arttırması sonucu, T_g değerinde %14 oranında bir artış meydana getirmiştir. SG, ÇG ve OG örneklerinin FTIR analizi ile amid A, B, I, II, III ve fingerprint olmak üzere 6 spektrum bölgesi tespit edilmiş ve fenolik bileşiklerin jelatin ile kovalent olmayan etkileşimlere dayalı düşük bağlanma özelliği göstermelerinden ötürü benzer amid bant bölgeleri ile benzer spektrumlar gösterdikleri saptanmıştır. Örneklerin

mikroyapısal özelliklerini gösteren SEM görüntüleri de GPE ve balık jelatini arasındaki çözünür komplekslerin çapraz bağ oluşumlarını indüklediğini destekler niteliktedir.

Matemartiksel modelleme sonucunda elde ettiğimiz optimum jelatin örneğinin teknolojik özelliklerini inceledikten sonra gıda uygulamalarında kullanılabilirliğini test etmek amacıyla SG, ÇG ve OG ilaveli jelly tipi yumuşak şekerleme, puding ve dondurma üretilmiştir. Jelly tipi ürünlerde GPE ilaveli balık jelatini n'-n'' ve K'-K'' değerlerinde artışa neden olmuştur. Ürün formülasyonlarında şeker miktarlarında değişiklik olmadığından elastik modülün kıvam katsayısının artması üç boyutlu jel ağının gelişmiş olmasına işarettir. OG ilaveli jellynin ΔH değeri ÇG ilaveli örnekten yaklaşık 1,5 kat daha fazla bulunmuştur. Bu durum OG ilaveli jellynin termal stabilitesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca OG ilaveli jelly organoleptik özellikleri bakımından ticari sığır jelatini ilaveli jelly örnekleri ile benzer beğeni puanı almıştır. Dondurma örneklerinin teknolojik özellikleri genel olarak benzer özellikler göstermiştir. Fakat erime oranı OG ilaveli dondurmada diğer örneklere göre daha düşük çıkmıştır. Bu durum OG ilaveli örneğin kararlı yapısından ötürü ürünün daha geç eridiğini göstermektedir. Reoloji sonuçlarına göre OG ilaveli dondurmaların görünür viskozite değerleri (η_{50}) ÇG ilaveli dondurma örneklerinden yüksek bulunmuştur. Örneklerin akma gerilimi (τ_0) sonuçları da bu durumu destekler niteliktedir. Dondurma örneklerinin duyu analizi parametreleri incelendiğinde en yüksek puanlamaları alan örnek OG ilaveli dondurma olmuştur. OG ilavesi ile puding örneklerinin kıvam katsayısı, akış indeksi (K'-K'' ve n'-n'') değerleri olumlu yönde gelişme göstermiş ve bunlar ile bağlantılı olarak ÇG'ye göre serum ayrılmasının da azaldığı görülmüştür. Jelatinin yüzde en fazla bulunduğu model gıda olan puding örneklerinin duyu analizinde OG ilaveli örneklerde herhangi bir yabancı koku tat algılanmaması ve SG ile benzer puanlama almış olması oldukça önemli bir sonuçtur. Ayrıca örneklerin kıvam özellikleri ile ilgili duyu değerlendirilmeleri reoloji sonuçları ile uyum içeresindedir.

Çalışma sonucundan elde edilen önemli bulgular şu şekildedir:

- GPE, PPE ve GTE ile modellenen jelatinlerin k_{gel} , t_{model} , erime ve jelleşme derecesi ve jel kuvveti gibi reolojik özellikleri genel olarak kontrol gruplarına göre iyileştirilmiştir.
- Ekstraktlar arasında yüzey yanıtlarının tümüne en iyi cevabı veren optimum model (OG) % 20 GPE ilaveli jelatin olmuştur. GPE'yi diğer ekstratlardan ayıran fenolik bileşenler kafeik asit, klorojenik asit, epikateşin, sirinjik asit ve resveratrol olarak belirlenmiştir.

- OG' nin kontrol grupları (SG ve ÇG) ile fizikokimyasal ve bir takım teknolojik özellikler bakımından karşılaştırılması sonucunda OG'nin köpük oluşturma ve köpük stabilitesi, yağ ve su tutma kapasitesi, bloom derecesi ve tekstürel özellikleri, erime davranışları, mikroyapıları ve fonksiyonel gruplarındaki yapısal değişimlerin olumlu yönde geliştiği saptanmıştır.

- Son olarak, GPE ilavesi ile zenginleştirilen OG' nin gıda formülasyonlarında kullanılabilirliği incelenmiş ve yumuşak çiğnenebilir şekerleme (jelly), dondurma ve puding örneklerinin teknolojik özelliklerinin genel olarak olumlu yönde geliştiği ve duyuşal açıdan beğenilen ürünler elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Üzüm posası ekstraktının jelatinin modifikasyonunda kayda değer bir etkisinin olduğu hem reolojik hem de teknolojik özellikler ile ortaya konulmuştur. Ayrıca modifiye edilmiş jelatinin üç farklı model gıda da olumlu duyuşal sonuçlar vermesi ürünün farklı gıda formülasyonlarında da kullanılabilmesine olanak tanımaktadır. Sonuç olarak bu çalışma ile katma değeri yüksek, fonksiyonel ve ticari jelatine alternatif olabilecek bir balık jelatini elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abid, M., Cheikhrouhou, S., Renard, C. M., Bureau, S., Cuvelier, G., Attia, H. ve Ayadi, M. A. (2017). Characterization of pectins extracted from pomegranate peel and their gelling properties. *Food Chemistry*, 215, 318-325.
- Abid, M., Renard, C. M., Watrelot, A. A., Fendri, I., Attia, H. ve Ayadi, M. A. (2016). Yield and composition of pectin extracted from Tunisian pomegranate Pell. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 186-194.
- Aboufazli, F., Baba, A. S. ve Misran, M. (2014). Effect of vegetable milks on the physical and rheological properties of ice cream. *Food Science and Technology Research*, 20(5), 987-996.
- Acan, B. G., Toker, O. S., Aktar, T., Tamturk, F., Palabiyik, I. ve Konar, N. (2020). Using spray-dried sugar beet molasses in ice cream as a novel bulking agent. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(3), 1298-1310.
- Aewsiri, T., Benjakul, S., Visessanguan, W. ve Tanaka, M. (2008). Chemical compositions and functional properties of gelatin from pre-cooked tuna fin. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(4), 685-693.
- Aewsiri, T., Benjakul, S., Visessanguanb, W., Eunc, B. J., Wierenga, A. P. ve Gruppene, H. (2009). Antioxidative activity and emulsifying properties of cuttlefish skin gelatin modified by oxidised phenolic compounds. *Food Chemistry*, 117(1), 160–168.
- Ahmad, J. (2017). Rheological properties of gelatin and advances in measurement. *In Advances in food rheology and its applications* (377-404). Woodhead Publishing.
- Aksun Tümerkan, E. T., Cansu, Ü., Boran, G., Regenstein, J. M. ve Özoğul, F. (2019). Physicochemical and functional properties of gelatin obtained from tuna, frog and chicken skins. *Food Chemistry*, 287, 273–279.
- Alemán, A., ve Martínez-Alvarez, O. (2013). Marine collagen as a source of bioactive molecules: A review. *The Natural Products Journal*, 3(2), 105-114.
- Alipal, J., Pu'ad, N. M., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H., Idris M. I. ve Abdullah, H. Z. (2021). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation. *Materials Today: Proceedings*, 42, 240-250.
- Al-Jarallah, A., Igdoura, F., Zhang, Y., Tenedero, C. B., White, E. J., MacDonald, M. E. ve Trigatti, B. L. (2013). The effect of pomegranate extract on coronary artery atherosclerosis in SR-BI/APOE double knockout mice. *Atherosclerosis*, 228(1), 80-89.
- Al-Saidi, G., Rahman, M. S., Al-Alawi, A. ve Guizani, N. (2011). Thermal characteristics of gelatin extracted from shaari fish skin: effects of extraction conditions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 104(2), 593-603.
- Altan Kamer, D. D. (2020). *Pirinç ve üzüm artıklarından gellan gam üretimi ve gamların çeşitli kalite özelliklerinin belirlenmesi* (Doktora Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Altan Kamer, D. D., Palabiyik, I., Işık, N. O., Akyuz, F., Demirci, A. S. ve Gumus, T. (2019). Effect of confectionery solutes on the rheological properties of fish (*Oncorhynchus mykiss*) gelatin. *LWT*, 101, 499-505.

- Altınok, E., Palabiyik, I., Gunes, R., Toker, O. S., Konar, N. ve Kurultay, S. (2020). Valorisation of grape by-products as a bulking agent in soft candies: Effect of particle size. *LWT*, 118, 108776.
- Amador, J., Hartel, R. ve Rankin, S. (2017). The effects of fat structures and ice cream mix viscosity on physical and sensory properties of ice cream. *Journal of Food Science*, 82(8), 1851-1860.
- Anonim (2013). Tarım ve Orman Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, Resmî Gazete 30 Haziran 2013 Pazar Sayı: 28693. Ek II.
- Anonim (2021). TOBB-sanayi veri tabanı, <https://sanayi.tobb.org.tr/kitap.php>.
- Anvari, M. ve Chung, D. (2016). Dynamic rheological and structural characterization of fish gelatin–Gum Arabic coacervate gels cross-linked by tannic acid. *Food Hydrocolloids*, 60, 516–524.
- AOAC. (2006). *Official methods of analysis of AOAC international* (18th ed.). Virginia, USA: Association of Official and Analytical Chemists International.
- Apaydin, D., Demirci, A. Ş., Palabiyik, I., Mirik, M. ve Gümüş, T. (2019). Technological Properties of Xanthan Gums Obtained from Waste Bread Using as a Carbon Source and Performance in Pudding as Model Food. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3), 402-411.
- Arnesen, J. A. ve Gildberg, A. (2006). Extraction of muscle proteins and gelatin from cod head. *Process Biochemistry*, 41, 697–700.
- Atalar, I., Kurt, A., Gul, O. ve Yazici, F. (2021). Improved physicochemical, rheological and bioactive properties of ice cream: Enrichment with high pressure homogenized hazelnut milk. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100358.
- Avena-Bustillos, R. J., Olsen, C. W., Chiou, B., Yee, E., Bechtel, P. J. ve McHugh, T. H. (2006). Water vapor permeability of mammalian and fish gelatin films. *Journal of Food Science*, 71, E202–E207.
- Aviram, M., Volkova, N., Coleman, R., Dreher, M., Reddy, M. K., Ferreira, D. ve Rosenblat, M. (2008). Pomegranate phenolics from the peels, arils, and flowers are antiatherogenic: studies in vivo in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient (E0) mice and in vitro in cultured macrophages and lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 1148-1157.
- Aydemir, O., Beşir, A. ve Aden, H. M. (2021). Textural and rheological characteristics of cocoa hazelnut cream partially substituted with glucose syrup. *European Food Science and Engineering*, 2(1), 13-17.
- Aykın, E. ve Erbaş, M. 2016. Farklı Kaynaklardan Üretilen Jelatinin Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *GIDA*, 41 (3), 179-186.
- Azeredo, H. M. ve Waldron, K. W. (2016). Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 109–122.
- Badii, F. ve Howell, N. K. (2006). Fish gelatin: Structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food Hydrocolloids*, 20(5), 630–640.
- BahramParvar, M., Razavi, S. M. ve Khodaparast, M. H. (2010). Rheological characterization and sensory evaluation of a typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids. *Food Science and Technology International*, 16(1), 79-88.
- Baiano, A. 2014. Recovery of Biomolecules from Food Wastes — A Review. *Molecules*, 19, 14821-14842.

- Balange, A. K. ve Benjakul, S. (2010). Cross-linking activity of oxidized tannic acid towards mackerel muscle proteins as affected by protein types and setting temperatures. *Food Chemistry*, 120, 268-277.
- Balian, G. ve Bowes, J. H. (1977). The structure and properties of collagen. *The science and technology of gelatin*.(1–31), London: Academic Press.
- Banihani, S. A., Makahleh, S. M., El-Akawi, Z., Al-Fashtaki, R. A., Khabour, O. F., Gharibeh, M. Y., Saadah, N. A., Al-Hashimi, F. H. ve Al-Khasieb, N. J. (2014). Fresh pomegranate juice ameliorates insulin resistance, enhances β -cell function, and decreases fasting serum glucose in type 2 diabetic patients. *Nutrition Research*, 34, 862-867.
- Bayram, N. E., Gercek, Y. C., Çelik, S., Mayda, N., Kostić, A. Ž., Dramićanin, A. M. ve Özkök, A. (2021). Phenolic and free amino acid profiles of bee bread and bee pollen with the same botanical origin—similarities and differences. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(3), 103004.
- Benjakul, S., Oungbho, K., Visessanguan, W., Thiansilakul, Y. ve Roytrakul, S. (2009). Characteristics of gelatin from the skins of bigeye snapper, *Priacanthus tayenus* and *Priacanthus macracanthus*. *Food Chemistry*, 116(2), 445-451.
- Bigi, A., Cojazzi, G., Panzavolta, S., Rubini, K. ve Roveri, N. (2001). Mechanical and thermal properties of gelatin films at different degrees of glutaraldehyde crosslinking. *Biomaterials*, 22, 763–768.
- Bilcanoğlu, B. (2019). *Yeşil çay artıklarından kateşinlerin makrogözenekli adsorpsiyon reçineleri ile saflaştırılması üzerine bir araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Biscarat, J., Galea, B., Sanchez, J. ve Pochat-Bohatier, C. (2015). Effect of chemical crosslinking on gelatin membrane solubility with a non-toxic and non-volatile agent: terephthalaldehyde. *International Journal of Biological Macromolecules*, 74, 5–11.
- Bode, F., da Silva, M. A., Drake, A. F., Ross-Murphy, S. B. ve Dreiss, C. A. (2011). Enzymatically cross-linked tilapia gelatin hydrogels: Physical, chemical, and hybrid networks. *Biomacromolecules*, 12, 3741–3752.
- Boran, G. ve Regenstein, J. M. (2010). Fish gelatin. *Advances in Food and Nutrition Research*, 60, 119-143.
- Boran, G., Mulvaney, S. J. ve Regenstein, J. M. (2010). Rheological properties of gelatin from silver carp skin compared to commercially available gelatins from different sources. *Journal of Food Science*, 75, E565-E571.
- Bostancı, Ş. (2016). *Yeşil çay fabrika artıklarından farklı yöntemlerle antioksidan bileşiklerin ekstraksiyonu* (Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Botella, C., Diaz, A., De Ory, I., Webb, C. ve Blandino, A. (2007). Xylanase and pectinase production by *Aspergillus awamori* on grape pomace in solid state fermentation. *Process Biochemistry*, 42(1), 98-101.
- Burey, P., Bhandari, B. R., Rutgers, R. P. G., Halley, P. J. ve Torley, P. J. (2009). Confectionery gels: A review on formulation, rheological and structural aspects. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 176-210.
- Cai, L., Feng, J., Regenstein, J., Lv, Y. ve Li, J. (2017). Confectionery Gels: Effects of Low Calorie Sweeteners on the Rheological Properties and Microstructure of Fish Gelatin. *Food Hydrocolloids*, 67, 157-165.

- Çanak, Ö. 2011. *Kültür çipura (sparus aurata, l. 1758) balıklarından izole edilen bazı patojen bakterilerin protein profillerinin tespit edilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cao, N., Fu, Y. ve He, J. (2007). Mechanical properties of gelatin films cross-linked, respectively, by ferulic acid and tannin acid. *Food Hydrocolloids*, 21, 575-584.
- Cappa, C., Lavelli, V. ve Mariotti, M. (2015). Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties. *LWT*, 62(1), 569-575.
- Casanova F., Mohammadifar M. A., Jahromi M., Petersen H. O., Sloth J. J., Eybye K. L., Kobbelgaard S., Jakobsen G. ve Jessen F. (2020). Physico-chemical, structural and techno-functional properties of gelatin from saithe (*Pollachius virens*) skin. *International Journal of Biological Macromolecules* 156, 918–927.
- Casas-Forero, N., Moreno-Osorio, L., Orellana-Palma, P. ve Petzold, G. (2021). Effects of cryoconcentrate blueberry juice incorporation on gelatin gel: A rheological, textural and bioactive properties study. *LWT*, 138, 110674.
- Cerruti, P., Santagata, G., d’Ayala, G.G., Ambrogi, V., Carfagna, C., Malinconico, M. ve Persico, P. (2011). Effect of a natural polyphenolic extract on the properties of a biodegradable starch-based polymer. *Polymer Degradation and Stability*, 96(5), 839-846.
- Chandra, M. V. ve Shamasundar, B. A. (2015). Texture profile analysis and functional properties of gelatin from the skin of three species of fresh water fish. *International Journal of Food Properties*, 18(3), 572-584.
- Charoenrein, S., Tatirat, O. ve Muadklay, J. (2008). Use of centrifugation–filtration for determination of syneresis in freeze–thaw starch gels. *Carbohydrate Polymers*, 73(1), 143-147.
- Chen, H., Shi, P., Fan, F., Chen, H., Wu, C., Xu, X., Zhenyu, W. ve Du, M. (2020). Hofmeister effect-assisted one step fabrication of fish gelatin hydrogels. *LWT*, 121, 108973.
- Chen, H., Wu, D., Ma, W., Wu, C., Tian, Y., Wang, S. ve Du, M. (2021). Strong fish gelatin hydrogels enhanced by carrageenan and potassium sulfate. *Food Hydrocolloids*, 119, 106841.
- Chen, J., Li, L., Yi, R., Xu, N., Gao, R. ve Hong, B. (2016). Extraction and characterization of acid-soluble collagen from scales and skin of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *LWT*, 66, 453-459.
- Chiou, B. S., Avena-Bustillos, R. J., Shey, J., Yee, E., Bechtel, P. J., Imam, S. H., Glenn, G. M. ve Orts, W. J. (2006). Rheological and mechanical properties of cross-linked fish gelatins. *Polymer*, 47, 6379–6386.
- Choi, S. -S., ve Regenstein, J. M. (2000). Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. *Journal of Food Science*, 65, 194–199.
- Cinar, A., Altuntas, S. ve Altuntas, V. (2021). The addition of royal jelly to dairy probiotic dessert produced with predictive microbiology: Influence on physicochemical, rheological, microbial and sensorial properties. *LWT*, 146, 111444.
- Çıtak, S., Sönmez, S. ve Öktüren, F. (2006). Bitkisel Kökenli Artıkların Tarımda Kullanılabilme Olanakları, *Derim*, 23(1), 40-53.
- Da Silva, J. M., Klososki, S. J., Silva, R., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Freitas, M. Q., Barao, C. E. ve Pimentel, T. C. (2020). Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: What is the impact of the addition of different prebiotic components?. *LWT*, 128, 109472.

- Da Silva, M. A., Bode, F., Grillo, I. ve Dreiss, C. A. (2015). Exploring the kinetics of gelation and final architecture of enzymatically cross-linked chitosan/gelatin gels. *Biomacromolecules*, 16(4), 1401-1409.
- Da Trindade Alfaro, A., Balbinot, E., Weber, C. I., Tonial, I. B. ve Machado-Lunkes, A. (2015). Fish gelatin: characteristics, functional properties, applications and future potentials. *Food Engineering Reviews*, 7(1), 33-44.
- De Carvalho, R. ve Grosso, C. (2004). Characterization of gelatin based films modified with transglutaminase, glyoxal and formaldehyde. *Food Hydrocolloids*, 18, 717–726.
- Demir E, Serdar G ve Sökmen M. (2015). Comparison of some extraction methods for isolation of catechins and caffeine from turkish green tea. *International Journal of Secondary Metabolite*, 2(2):16-25.
- Deng, Q., Penner, M. H. ve Zhao, Y. (2011). Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine grape pomace skins. *Food Research International*, 44(9), 2712-2720.
- Dertli, E., Toker, O. S., Durak, M. Z., Yilmaz, M. T., Tatlısu, N. B., Sagdic, O. ve Cankurt, H. (2016). Development of a fermented ice-cream as influenced by in situ exopolysaccharide production: Rheological, molecular, microstructural and sensory characterization. *Carbohydrate Polymers*, 136, 427-440.
- Desouky, M. (2021). Physico-Chemical Characteristics of Ice Cream Made with Camel Milk Fat Fractions. *Egyptian Journal of Food Science*, 49(1), 35-50.
- Devi, A. F., Buckow, R., Hemar, Y. ve Kasapis, S. (2014). Modification of the structural and rheological properties of whey protein/gelatin mixtures through high pressure processing. *Food Chemistry*, 156, 243-249.
- Dikmen, M., Ozturk, N. ve Ozturk, Y. (2011). The antioxidant potency of Punica granatum L. Fruit peel reduces cell proliferation and induces apoptosis on breast cancer. *Journal of Medicinal Food*, 14(12), 1638-1646.
- Djaoud, K., Boulekbache-Makhlouf, L., Yahia, M., Mansouri, H., Mansouri, N., Madani, K. ve Romero, A. (2020). Dairy dessert processing: Effect of sugar substitution by date syrup and powder on its quality characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(5), e14414.
- Doyle, B. B., Bendit, E. G. ve Blout, E. R. (1975). Infrared spectroscopy of collagen and collagen-like polypeptides. *Biopolymers: Original Research on Biomolecules*, 14(5), 937-957.
- Du, L., Khiari, Z., Pietrasik, Z. ve Betti, M. (2013). Physicochemical and functional properties of gelatins extracted from turkey and chicken heads. *Poultry Science*, 92(9), 2463-2474.
- Durmaz, Y., Kilicli, M., Toker, O. S., Konar, N., Palabiyik, I. ve Tamtürk, F. (2020). Using spray-dried microalgae in ice cream formulation as a natural colorant: Effect on physicochemical and functional properties. *Algal Research*, 47, 101811.
- Eadmusik, S., Chaiya, D. ve Soichuen, S. (2020). Utilization of Egg Albumen: Application and Optimization of Gelatin and Carrageenan for Pudding Production via Response Surface Methodology (RSM). In E3S Web of Conferences (Vol. 141, p. 02005). EDP Sciences.
- Eastoe, J. E. ve Leach, A. A. (1977). Chemical constitution of gelatin. *The science and technology of gelatin* (73–107). New York: Academic Press.

- EC, European Commission. (2008). Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives. The Official Journal of the European Union, 354, 16-33.
- Efe, N. (2018). Characterization and formulation of gelatin based soft candies (Master's thesis). Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- EPA Method 3052 (1996) Microwave Assisted Acid Digestion Of Siliceous And Organically Based Matrices, OHW.
- Ergun, R., Lietha, R. ve Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162-192.
- Ertugay, M. F., Yangıar, F. ve Çebi, K. (2020). Ice Cream with Organic Kavalca (Buckwheat) Fibre: Microstructure, Thermal, Physicochemical and Sensory Properties. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 12(3).
- FAO, (2009). Food And Agriculture Organisation Of The United Nations (FAO). http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Sparus_aurata/en.
- FAO, (2011). Global food losses and food waste-extent, causes and prevention. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>.
- FAO, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. (<http://faostat.fao.org>).
- Feng, X., Bansal, N. ve Yang, H. (2016). Fish gelatin combined with chitosan coating inhibits myofibril degradation of golden pomfret (*Trachinotus blochii*) fillet during cold storage. *Food Chemistry*, 200, 283–292.
- Ferry, J.D. (1980). *In viscoelastic properties of polymers*. (3rd ed.). New York, USA: Wiley.
- Figueroa, L. E. ve Genovese, D. B. (2019). Fruit jellies enriched with dietary fibre: Development and characterization of a novel functional food product. *LWT*, 111, 423-428.
- Garcia, M. M. ve del Carmen Guillen, M. (2003). Method for the production of gelatin of marine origin and product thus obtained. U.S Patent No. 2003/0022832 A1.
- Garrido, J. I., Lozano, J. E. ve Genovese, D. B. (2015). Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT*, 62(1), 325-332.
- Ge, H., Wu, Y., Woshnak, L. L. ve Mitmesser, S. H. (2021). Effects of hydrocolloids, acids and nutrients on gelatin network in gummies. *Food Hydrocolloids*, 113, 106549.
- Gelatin Market Size, Analysis | Industry Trends Report, (2020-2027). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gelatin-marketanalysis>.
- Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. ve Choi, Y. H. 2011. Effects of grape (*Vitis labrusca B.*) peel and seed extracts on phenolics, antioxidants and anthocyanins in grape juice. *Pakistan Journal of Botany*, 43(3), 1581-1586.
- Ghanbari, M., Mortazavian, A. M., Ghasemi, J. B., Mohammadi, A., Hosseini, H. ve Neyestani, T. R. (2017). Formulation and development of a new prebiotic cereal-based dairy dessert: rheological, sensory and physical attributes. *Food Science and Technology Research*, 23(5), 637-649.
- Ghosh, P. R., Fawcett, D., Sharma, S. B. ve Poinern, G. E. J. (2016). Progress towards Sustainable Utilisation and Management of Food Wastes in the Global Economy. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Food Science*, 2016, 22.
- Gilsenan, P. M. ve Ross-Murphy, S. B. 2000. Rheological characterization of gelatins from mammalian and marine sources. *Food Hydrocolloids*, 14, 191–196.

- Giménez, B., Moreno, S., López-Caballero, M. E., Montero, P. ve Gómez-Guillén, M. C. (2013). Antioxidant properties of green tea extract incorporated to fish gelatin films after simulated gastrointestinal enzymatic digestion. *LWT*, 53(2), 445-451.
- GME. (2008). Gelatin Manufacturers of Europe. <http://www.gelatine.org/en/gelatine/>.
- GMIA. (2012). *Gelatin Handbook*. Gelatin Manufacturers Institute of America, 1-25.
- GMIA. (2019). *Standard Testing Methods for Edible Gelatin*. Official procedures of the Gelatin Manufacturers Institute of America, Inc.,1-33.
- Gómez-Estaca, J., Bravo, L., Gómez-Guillén, M. C., Alemán, A. ve Montero, P. (2009). Antioxidant properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films induced by the addition of oregano and rosemary extracts. *Food Chemistry*, 112(1), 18-25.
- Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B. ve Montero, P. (2005). Extraction of gelatin from fish skins by high pressure treatment. *Food Hydrocolloids*, 19(5), 923-928.
- Góral, M., Kozłowicz, K., Pankiewicz, U., Góral, D., Kluza, F. ve Wójtowicz, A. (2018). Impact of stabilizers on the freezing process, and physicochemical and organoleptic properties of coconut milk-based ice cream. *LWT*, 92, 516-522.
- Grand View Research, (June 2016). Gelatin market analysis by raw material (pig skin, bovine hides, cattle bones), by function (stabilizer, thickener, gelling agent), by application (food & beverage (confectionery, dairy products, meat and poultry products, desserts, beverage), nutraceuticals, pharmaceuticals, photography, personal care) and segment forecasts to 2024. <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gelatin-market-analysis>.
- Grossman, S. ve Bergman, M. (1992). *Process for the production of gelatin from fish skins*. U.S. Patent No. 5,093,474.
- Gudmundsson, M. ve Hafsteinsson, H. (1997). Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. *Journal of Food Science*, 62, 37-47.
- Gülcü, M., Uslu, N., Özcan, M. M., Gökmen, F., Özcan, M. M., Banjanin, T., Gezgin, S., Dursun N., Geçgel, Ü., Ceylan, D. A. ve Lemiasheuski, V. (2019). The investigation of bioactive compounds of wine, grape juice and boiled grape juice wastes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(1), e13850.
- Gunasekaran, S. ve Ak, M. M. (2000). Dynamic oscillatory shear testing of foods—selected applications. *Trends in Food Science & Technology*, 11(3), 115-127.
- Gómez-Guillén, M. C., Turnay, J., Fernandez-Diaz, M. D., Ulmo, N., Lizarbe, A. ve Montero, P. (2002). Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16, 25-34.
- Hartel, R. W., Joachim, H. ve Hofberger, R. (2018). *Confectionery science and technology* (pp. 85-124). Cham, Switzerland: Springer.
- Hasani, M. ve Yazdanpanah, S. (2020). The Effects of Gum Cordia on the Physicochemical, Textural, Rheological, Microstructural, and Sensorial Properties of Apple Jelly. *Journal of Food Quality*, 8818960.
- Hashim, D. M., Man, Y. C., Norakasha, R., Shuhaimi, M., Salmah, Y. ve Syahariza, Z. A. (2010). Potential use of Fourier transform infrared spectroscopy for differentiation of bovine and porcine gelatins. *Food Chemistry*, 118(3), 856-860.
- Haug, I. J. ve Draget, K. I. (2011). *Gelatin*. In *Handbook of food proteins* (pp. 92-115). Woodhead Publishing.

- Helkar, P. B., Sahoo, A. K. ve Patil, N. J. (2016). Review: Food Industry By-Products used as a Functional Food Ingredients. *International Journal of Waste Resources*, 6(3),1-6.
- Hendek Ertop, M., Atasoy, R. ve Akin, Ş. S. (2019). Evaluation of taro [*Colocasia Esculenta* (L.) Schott] flour as a hydrocolloid on the physicochemical, rheological, and sensorial properties of milk pudding. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), e14103.
- Hernandez-Jimenez, A., Gomez-Plaza, E., Martinez-Cutillas, A. ve Kennedy, J. A. (2009). Grape skin and seed proanthocyanidins from Monastrell x Syrah grapes. *Journal of Agricultural Food Chemical*, 57, 10798–10803.
- Hoque, M. S., Benjakul, S. ve Prodpran, T. (2011). Properties of film from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin gelatin incorporated with cinnamon, clove and star anise extracts. *Food Hydrocolloids*, 25(5), 1085-1097.
- Hu, Z. -Z., Sha, X. -M., Huang, T., Zhang, L., Wang, G. -Y. ve Tu, Z. -C. (2021). Microbial transglutaminase (MTGase) modified fish gelatin- γ -polyglutamic acid (γ -PGA): Rheological behavior, gelling properties, and structure. *Food Chemistry*, 348, 129093.
- Huang, T., Tu, Z. C., Shangguan, X., Wang, H., Sha, X. ve Bansal, N. (2018). Rheological behavior, emulsifying properties and structural characterization of phosphorylated fish gelatin. *Food Chemistry*, 246, 428-436.
- Huang, T., Tu, Z. C., Wang, H., Liu, W., Zhang, L., Zhang, Y. ve Shang Guan, X. C. (2017). Comparison of rheological behaviors and nanostructure of bighead carp scales gelatin modified by different modification methods. *Journal of Food Science and Technology*, 54(5), 1256-1265.
- Huang, T., Tu, Z., Shangguan, X., Sha, X., Wang, H., Zhang, L. ve Bansal, N. (2019). Fish gelatin modifications: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 260–269.
- Huang, T., Tu, Z., Shangguan, X., Wang, H., Zhang, L. ve Bansal, N. (2021). Characteristics of fish gelatin-anionic polysaccharide complexes and their applications in yoghurt: Rheology and tribology. *Food Chemistry*, 343, 128413.
- Huang, T., Tu, Z., Zou, Z., Shangguan, X., Wang, H. ve Bansal, N. (2020). Glycosylated fish gelatin emulsion: Rheological, tribological properties and its application as model coffee creamers. *Food Hydrocolloids*, 102, 105552.
- Hwang, J. Y., Shyu, Y. S. ve Hsu, C. K. (2009). Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. *LWT*, 42(1), 312-318.
- Ismail, A. M., Sani, M. S. A., Azid, A., Zaki, N. N. M., Arshad, S., Tukiran, N. A., Abidin S. A. S. Z., Samsudin, M. S., ve Ismail, A. (2021). Food forensics on gelatine source via ultra-high-performance liquid chromatography diode-array detector and principal component analysis. *Applied Sciences*, 3(1), 1-19.
- Jackson, M., Watson, P. H., Halliday, W. C. ve Mantsch, H. H. (1995). Beware of connective tissue proteins: assignment and implications of collagen absorptions in infrared spectra of human tissues. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1270(1), 1-6.
- Jafari, H., Lista, A., Siekapen, M. M., Ghaffari-Bohlouli, P., Nie, L., Alimoradi, H. ve Shavandi, A. (2020). Fish collagen: extraction, characterization, and applications for biomaterials engineering. *Polymers*, 12(10), 2230.
- Jakhar, J. K., Reddy, A.D., Maharia, S., Devi, H. M., Reddy, G. V. S. ve Venkateshwarlu, G. (2012). Characterization of fish gelatin from Blackspotted Croaker (*Protonibea diacanthus*). *Archives of Applied Science Research*, 4(3), 1353-1358.

- Jamilah, B. ve Harvinder, K. G. (2002). Properties of gelatins from skins of fishdbblack tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Food Chemistry*, 77, 81-84.
- Javidi, F., Razavi, S. M., Behrouzian, F. ve Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. *Food Hydrocolloids*, 52, 625-633.
- Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W. ve Tanaka, M. (2006). Skin gelatin from bigeye snapper and brownstripe red snapper: Chemical compositions and effect of microbial transglutaminase on gel properties. *Food Hydrocolloids*, 20, 1216-1222.
- Jongjareonrak, A., Rawdkuen, S., Chaijan, M., Benjakul, S., Osako, K. ve Tanaka, M. (2010). Chemical compositions and characterisation of skin gelatin from farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*). *LWT*, 43(1), 161-165.
- Kaewdang, O. ve Benjakul, S. (2015). Effect of ethanolic extract of coconut husk on gel properties of gelatin from swim bladder of yellowfin tuna. *LWT*, 62(2), 955-961.
- Kaewruang, P., Benjakul, S. ve Prodpran, T. (2014). Effect of phosphorylation on gel properties of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket. *Food Hydrocolloids*, 35, 694-699.
- Kahramanoğlu, I. (2019). Trends in pomegranate sector: production, postharvest handling and marketing. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 3(2), 239-246.
- Karabulut, G. ve Yemiş, O. (2019). Fenolik Bileşiklerin Bağlı Formları ve Biyoyararlılığı. *Akademik Gıda*, 17(4), 526-537.
- Karim, A. A. ve Bhat, R. (2009). Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 563-576.
- Kasankala, L. M., Xue, Y., Weilong, Y., Hong, S. D. ve He, Q. (2007). Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fish skin by response surface methodology. *Bioresource Technology*, 98, 3338-3343.
- Kavaz Yuksel, A. (2015). The Effects of Blackthorn (*Prunus Spinosa L.*) Addition on Certain Quality Characteristics of Ice Cream. *Journal of Food Quality*, 38(6), 413-421.
- Kılınç, Şahin S. ve Bekar, A. (2018). Küresel Bir Sorun “Gıda Artıkları”: Otel İşletmelerindeki Boyutları. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(4), 1039-1061.
- Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. ve Shahidi, F. (2010). Comparative study on characteristics of gelatin from the skins of brownbanded bamboo shark and blacktip shark as affected by extraction conditions. *Food Hydrocolloids*, 24(2-3), 164-171.
- Koli, J. M., Basu, S., Nayak, B. B., Patange, S. B., Pagarkar, A. U. ve Gudipati, V. (2012). Functional characteristics of gelatin extracted from skin and bone of Tiger-toothed croaker (*Otolithes ruber*) and Pink perch (*Nemipterus japonicus*). *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 555-562.
- Kołodziejaska, I., Kaczorowski, K., Piotrowska, B. ve Sadowska, M. (2004). Modification of the properties of gelatin from skins of Baltic cod (*Gadus morhua*) with transglutaminase. *Food Chemistry*, 86, 203-209.
- Kosaraju, S. L., Puvanenthiran, A. ve Lillford, P. (2010). Naturally crosslinked gelatin gels with modified material properties. *Food Research International*, 43, 2385-2389.
- Kuan, Y. H., Nafchi, A. M., Huda, N., Ariffin, F. ve Karim, A. A. (2016). Effects of sugars on the gelation kinetics and texture of duck feet gelatin. *Food Hydrocolloids*, 58, 267-275.
- Kulkarni, A. P. ve S. M. Aradhya. (2005). Chemical changes and antioxidant activity pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93 (2), 319-324.

- Kumar, D. P., Chandra, M. V., Elavarasan, K. ve Shamasundar, B. A. (2017). Structural properties of gelatin extracted from croaker fish (*Johnius sp*) skin waste. *International Journal of Food Properties*, 20(sup3), S2612-S2625.
- Kurt, A. ve Atalar, I. (2018). Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 82, 186-195.
- Kurt, A., Bursa, K. ve Toker, O. S. (2021). Gummy candies production with natural sugar source: Effect of molasses types and gelatin ratios. *Food Science and Technology International*, 1082013221993566.
- Kurt, A., Cengiz, A. ve Kahyaoglu, T. (2016). The effect of gum tragacanth on the rheological properties of salep based ice cream mix. *Carbohydrate Polymers*, 143, 116-123.
- Kushwaha, S. C., Bera, M. B. ve Kumar, P. (2013). Nutritional composition of detanninated and fresh pomegranate peel powder. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 7(1), 38-42.
- Kuzmyk, U., Marynin, A., Svyatnenko, R., Zheludenko, Y., Kurmach, M. ve Shvaiko, R. (2021). Prospects of use of vegetable raw materials in the technology of sour-milk dessert. *EUREKA: Life Sciences*, (3), 29-35.
- Kwak, K. S., Cho, S. M., Ji, C. I., Lee, Y. B. ve Kim, S. B. (2009). Changes in functional properties of shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage gelatin produced by different drying methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1480–1484.
- Lansky, E. P. ve Newman, R. A. (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(2), 177-206.
- Lekahena, V. N. J. ve Boboleha, M. R. (2020). The Effects of Sucrose Substitution with Sorbitol on Physicochemical Properties and Sensory Evaluation of Seaweed Jelly Candy. *Agriculture and Natural Resources*, 263-267.
- Leuenberger, B. H. (1991). Investigation of viscosity and gelation properties of different mammalian and fish gelatins. *Food Hydrocolloids*, 5(4), 353-361.
- Li, L., Kim, J. H., Jo, Y. J., Min, S. G. ve Chun, J. Y. (2015). Effect of porcine collagen peptides on the rheological and sensory properties of ice cream. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(2), 156.
- Limpisophon, K., ve Schleining, G. (2017). Use of gallic acid to enhance the antioxidant and mechanical properties of active fish gelatin film. *Journal of Food Science*, 82(1), 80-89.
- Lin, L., Regenstein, J. M., Lv, S., Lu, J. ve Jiang, S. (2017). An overview of gelatin derived from aquatic animals: Properties and modification. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 102-112.
- Liu, H., Li, D. ve Guo, S. (2008). Rheological properties of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) gelatine from fish skins preserved by different methods. *LWT*, 41(8), 1425-1430.
- Liu, W., Zhou, C. L., Zhao, J., Chen, D. ve Li, Q. H. (2014). Optimized microwave-assisted extraction of 6-gingerol from *Zingiber officinale* roscoeand evaluation of antioxidant activity in vitro. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 13(2), 155-168.
- Liu, Y., Weng, R., Wang, W., Wei, X., Li, J., Chen, X., Liu, Y., Lu, F. ve Li, Y. (2020). Tunable physical and mechanical properties of gelatin hydrogel after transglutaminase crosslinking on two gelatin types. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 405-413.

- Mariod, A. A. ve Adam, H. F. (2013). Review: gelatin, source, extraction and industrial applications. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(2), 135-147.
- Martono, Y. (2010). Potency of industrial tea waste: Comparison between green and black tea industrial wastes as uv filter for sunscreen. *Indonesian Journal of Cancer Chemoprevention*, 1(1), 54-59.
- Medeiros, S. R. A., Oliveira, V. A. D., Oliveira, A. M. C. D., Araujo, M. L. H., Feitosa, J. P. D. A., Paula, R. C. M. D., F. D. D., Sousa, A. C. D. O. M., Moreira, F. J., Beserra ve Moreira, R. D. A. (2020). Caesalpinia pulcherrima seed galactomannan on rheological properties of dairy desserts. *Ciência Rural*, 50.
- Mehder, A. O. A. (2013). Pomegranate peels effectiveness in improving the nutritional, physical and sensory characteristics of pan bread. *Current Science International*, 2(2), 8-14.
- Meyer, M. (2019). Processing of collagen based biomaterials and the resulting materials properties. *Biomedical Engineering Online*, 18(1), 1-74. 10.07.2021
- Milliatti, M. C. ve LANNES, S. C. D. S. (2018). Impact of stabilizers on the rheological properties of ice creams. *Food Science and Technology*, 38, 733-739.
- Mirabella, N., Castellani, V. ve Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.
- Mohd Rasidek, N. A., Mad Nordin, M. F., Iwamoto, K., Abd Rahman, N., Nagatsu, Y. ve Tokuyama, H. (2018). Rheological flow models of banana peel pectin jellies as affected by sugar concentration. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2087-2099.
- Mohtar, N. F., Perera, C. O. ve Hemar, Y. (2014). Chemical modification of New Zealand hoki (*Macrurus novaezelandiae*) skin gelatin and its properties. *Food Chemistry*, 155, 64–73.
- Monteiro, G. C., Minatel, I. O., Junior, A. P., Gomez-Gomez, H. A., de Camargo, J. P. C., Diamante, M. S. ve Lima, G. P. P. (2021). Bioactive compounds and antioxidant capacity of grape pomace flours. *LWT*, 135, 110053.
- Montero, P., Fernández-Díaz, M. D. ve Gómez-Guillén, M. C. (2002). Characterization of gelatin gels induced by high pressure. *Food Hydrocolloids*, 16(3), 197-205.
- Moorthy, I. G., Maran, J. P., Muneeswari, S., Naganyashree, S. ve Shivamathi, C. S. (2015). Response surface optimization of ultrasound assisted extraction of pectin from pomegranate peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 1323-1328.
- Muhammad, K. M. L., Ariffin, F., Abd Razak, H. K. B. ve Sulaiman, P. D. S. (2016). Review of fish gelatin extraction, properties and packaging applications. *Food Science and Quality Management*, 56, 47-59.
- Mukherjee, I. ve Rosolen, M. (2013). Thermal transitions of gelatin evaluated using DSC sample pans of various seal integrities. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 114(3), 1161-1166.
- Mulaudzi, R. B., Ndhlala, A. R., Kulkarni, M. G. ve Van Staden, J. (2012). Pharmacological properties and protein binding capacity of phenolic extracts of some Venda medicinal plants used against cough and fever. *Journal of Ethnopharmacology*, 143(1), 185-193.
- Muyonga, J. H., Cole, C. G. B. ve Duodu, K. G. (2004). Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. *Food Hydrocolloids*, 18, 581–592.

- Nasehi, M., Torbatinejad, N. M., Rezaie, M. ve Ghoorchi, T. (2018). The effect of green tea waste extract on ruminal degradability and intestinal digestibility of barley grain. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 42(6), 624-632.
- Nejatian, M., Jonaidi-Jafari, N., Abbaszadeh, S., Saberian, H., Darabzadeh, N. ve Ghanizadeh, G. (2019). Using the mixture design approach to predict the rheological properties of low-calorie dairy desserts containing gum tragacanth exuded by three Iranian *Astragalus* species. *Food Science and Biotechnology*, 28(2), 405-412.
- Ninan, G., Joseph, J. ve Aliyamveetil, Z. A. (2014). A comparative study on the physical, chemical and functional properties of carp skin and mammalian gelatins. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2085-2091.
- Ningrum, A., Hapsari, M. W., Perdani, A. W., Sutrisno, E., Pravitri, K. G., Ramadhani, N. F. ve Munawaroh, H. S. H. (2020). Characteristic of yellow tuna skin (*Thunnus albacares*) gelatin enriched with cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and roselle (*Hibiscus sabdariffa*) powder. *Food Research* 4 (6), 2082-2088.
- Norziah, M. H., Al-Hassan, A., Khairulnizam, A. B., Mordi, M. N. ve Norita, M. (2009). Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: Thermal analysis and effect of transglutaminase on gel properties. *Food Hydrocolloids*, 23, 1610-1616.
- Núñez-Flores, R., Giménez, B., Fernández-Martín, F., López-Caballero, M. E., Montero, M. P. ve Gómez-Guillén, M. C. (2013). Physical and functional characterization of active fish gelatin films incorporated with lignin. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 163-172.
- Obas, F. L., Lee, S. Y., Thomas, L. C. ve Schmidt, S. J. (2021). Characterization and categorization of commercial confectionary gels through napping-ultra flash profile (UFP) and hierarchical clustering analysis. *Journal of Food Science*, 1-16.
- Okonogi, S., Duangrat, C., Anuchpreeda, S., Tachakittirungrod, S. ve Chowwanapoonpoh, S. (2007). Comparison of antioxidant capacities and cytotoxicities of certain fruit peels. *Food Chemistry*, 103(3), 839-846.
- Orak, H. H., Yagar, H. ve Isbilir, S. S. (2012). Comparison of antioxidant activities of juice, peel, and seed of pomegranate (*Punica granatum L.*) and inter-relationships with total phenolic, Tannin, anthocyanin, and flavonoid contents. *Food Science and Biotechnology*, 21(2), 373-387.
- Özbek Yazıcı, S., Aşkın, B., Kaynarca, G. B. (2020). Determination of Antioxidant Properties and Composition of Rosemary and Thyme Essential Oils. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(10): 2105-2112.
- Padrão, J., Silva, J. P., Rodrigues, L., Dourado, F., Lanceros-Méndez, S. ve Sencadas, V. (2014). Modifying fish gelatin electrospun membranes for biomedical applications: Cross-linking and swelling behavior. *Soft Materials*, 12, 247-252.
- Pang, Z., Deeth, H., Sopade, P., Sharma, R. ve Bansal, N. (2014). Rheology, texture and microstructure of gelatin gels with and without milk proteins. *Food Hydrocolloids*, 35, 484-493.
- Pastrana-Bonilla, E., Akoh, C. C., Sellaphan, S. ve Krewer, G. (2003). Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grape. *Journal of Agricultural Food Chemical*, 51, 5947-4503.
- Paul, R. G. ve Bailey, A. J. (2003). Chemical stabilisation of collagen as a biomimetic. *The Scientific World Journal*, 3, 138-155.

- Pavlović, J. N. V. A. N., Tošić, S. S. M. S. B., Kaličanin, G. S. S. B. M., Stojković, D. M. S. M. B. ve Brčanović, M. N. M. J. M. (2013). Evaluation of individual phenolic compounds and antioxidant properties of black, green, herbal and fruit tea infusions consumed in Serbia: spectrophotometrical and electrochemical approaches. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52(1), 12-24.
- Petcharat, T., Benjakul, S. ve Hemar, Y. (2017). Improvement of gel properties of fish gelatin using gellan. *International Journal of Food Engineering*, 13(8).
- Phillips, G. O. ve Williams, P. A. (2009). *Handbook of hydrocolloids*. Elsevier.
- Poungchawanwong, S., Klaypradit, W., Li, Q., Wang, J. ve Hou, H. (2020). Interaction effect of phenolic compounds on Alaska Pollock skin gelatin and associated changes. *LWT*, 133, 110018.
- Pranoto, Y., Lee, C. M. ve Park, H. J. (2007). Characterizations of fish gelatin films added with gellan and κ -carrageenan. *LWT*, 40(5), 766-774.
- Prozil, S. O., Evtuguin, D. V. ve Lopes, L. P. C. (2012). Chemical composition of grape stalks of *Vitis vinifera* L. from red grape pomaces. *Industrial Crops and Products*, 35(1), 178-184.
- Qiao, C., Zhang, J., Ma, X., Liu, W. ve Liu, Q. (2018). Effect of salt on the coil-helix transition of gelatin at early stages: Optical rotation, rheology and DSC studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1074-1079.
- Quattrosoldi, S., Androsch, R., Janke, A., Soccio, M., & Lotti, N. (2020). Enthalpy Relaxation, Crystal Nucleation and Crystal Growth of Biobased Poly (butylene Isophthalate). *Polymers*, 12(1), 235.
- Rafe, A. ve Razavi, S. M. (2017). Scaling law, fractal analysis and rheological characteristics of physical gels cross-linked with sodium trimetaphosphate. *Food Hydrocolloids*, 62, 58-65.
- Rahimah, S., Fadhila, A., Lembong, E., Sukri, N. ve Cahyanto, T. (2020). Characteristics of spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) bone gelatin for ice cream stabilizer. *Indonesian Journal of Halal Research*, 2(1), 1-7.
- Rahman, M. S., Al-Saidi, G. S. ve Guizani, M. (2008). Thermal characterisation of gelatin extracted from yellowfin tuna skin and commercial mammalian gelatin. *Food Chemistry*, 108, 472-481.
- Rawdkuen, S., Thitipramote, N. ve Benjakul, S. (2013). Preparation and functional characterisation of fish skin gelatin and comparison with commercial gelatin. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(5), 1093-1102.
- Sadat, A., Ezzatpanah, H. ve Bakhoda, H. (2018). Rheological properties of instant milk-based puddings prepared with emulsifying salt-containing milk powders. *International Journal of Dairy Technology*, 71(3), 791-800.
- Saenmuang, S., Phothiset, S. ve Chumnanka, C. (2020). Extraction and characterization of gelatin from black-bone chicken by-products. *Food Science and Biotechnology*, 29(4), 469-478.
- Sahin, S. ve Sumnu, S. G. (2006). *Physical properties of foods*. Springer Science & Business Media.

- Sahin, S., Hamamci, H. ve Garayev, S. (2016). Rheological properties of lactose-free dairy desserts. *Food Science and Technology International*, 22(7), 609-620.
- Şanlıdere Aloğlu, H., Özcan, Y., Karasu, S., Çetin, B. ve Sağdıç, O. (2018). Influence of transglutaminase treatment on the physicochemical, rheological, and melting properties of ice cream prepared from goat milk. *Mljekarstvo*, 68(2), 126-138.
- Sarabia, A. I., Gomez-Guillen, M. C. ve Montero, P. (2000). The effect of added salts on the viscoelastic properties of fish skin gelatin. *Food Chemistry*, 70, 71-76.
- Sarbon, N. M., Badii, F. ve Howell, N. K. (2015). The effect of chicken skin gelatin and whey protein interactions on rheological and thermal properties. *Food Hydrocolloids*, 45, 83-92.
- 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.
- Sarıca, Ş. (2011). Nar suyu yan ürünlerinin hayvan beslemede kullanım olanakları. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011(2).
- Schmidt, S. J. ve Fontana Jr, A. J. (2020). E: Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products. *Water activity in foods: Fundamentals and applications*, 573-591.
- Schreiber, R. ve Gareis, H. (2007). *Gelatine handbook*. Weinheim: Wiley-VCH GmbH and Co.
- Sen, M. A., Palabiyik, I. ve Kurultay, S. (2018). The effect of saleps obtained from various Orchidaceae species on some physical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology*, 39, 82-87.
- Sezer, P., Okur, I., Oztop, M. H. ve Alpas, H. (2020). Improving the physical properties of fish gelatin by high hydrostatic pressure (HHP) and ultrasonication (US). *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), 1468-1476.
- Sha, X.-M., Hu, Z.-Z., Ye, Y.-H., Xu, H. ve Tu, Z.-C. (2019). Effect of extraction temperature on the gelling properties and identification of porcine gelatin. *Food Hydrocolloids*, 92, 163-172.
- Shahidi, F. (1994). *Proteins from seafood processing discards*. In *Seafood proteins* (171-193). New York: Springer.
- Shen, L., Tian, Z., Liu, W. ve Li, G. (2015). Influence on the physicochemical properties of fish collagen gels using self-assembly and simultaneous cross-linking with the Nhydroxysuccinimide adipic acid derivative. *Connective Tissue Research*, 56, 244-252.
- Sibirian, W. Z., Rochima, E., Andriani, Y. ve Praseptianga, D. (2020). Fish gelatin (definition, manufacture, analysis of quality characteristics, and application): A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(4), 90-95.
- Sim, J. Y., Enteshari, M., Rathnakumar, K. ve Martínez-Monteagudo, S. I. (2021). Hydrodynamic cavitation: Process opportunities for ice-cream formulations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 70, 102675.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. ve Singh, N. (2018). Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (*Punica granatum L.*) peel: A review. *Food Chemistry* 261, 75-86.

- Sinthusamran, S., Benjakul, S. ve Kishimura, H. (2014). Characteristics and gel properties of gelatin from skin of seabass (*Lates calcarifer*) as influenced by extraction conditions. *Food Chemistry*, 152, 276-284.
- Songchotikunpan, P., Tattiyakul, J. ve Supaphol, P. (2008). Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 42(3), 247-255.
- Soper, J. C. (1999). *Method of encapsulating food or flavor particles using warm water fish gelatin, and capsules produced therefrom*. CA 2208793: Canadian Intellectual Property Office.
- Soukoulis, C., Lebesi, D. ve Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115(2), 665-671.
- Sow, L. C. ve Yang, H. (2015). Effects of salt and sugar addition on the physicochemical properties and nanostructure of fish gelatin. *Food Hydrocolloids*, 45, 72–82.
- Sow, L. C., Peh, Y. R., Pekerti, B. N., Fu, C., Bansal, N. ve Yang, H. (2017). Nanostructural analysis and textural modification of tilapia fish gelatin affected by gellan and calcium chloride addition. *Food Science and Technology*, 85, 137-145.
- Staroszczyk, H., Pielichowska, J., Sztuka, K., Stangret, J. ve Kołodziejaska, I. (2012). Molecular and structural characteristics of cod gelatin films modified with EDC and TGase. *Food Chemistry*, 130, 335-343.
- Stines, A. P., Naylor, D. J., Høj, P. B. ve Van Heeswijck, R. (1999). Proline accumulation in developing grapevine fruit occurs independently of changes in the levels of $\Delta 1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase mRNA or protein. *Plant Physiology*, 120(3), 923-923.
- Strauss, G. ve Gibson, S. M. (2004). Plant phenolics as cross-linkers of gelatin gels and gelatin-based coacervates for use as food ingredients. *Food Hydrocolloids*, 18, 81-89.
- Sung, W. -C. ve Chen, Z. -Y. (2014). UV treatment and γ irradiation processing on improving porcine and fish gelatin and qualities of their premix mousse. *Radiation Physics and Chemistry*, 97, 208–211.
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Tarım Ürünleri Piyasaları ÇAY, Ürün no:4 Temmuz 2018.
- Tárrega, A. ve Costell, E. (2007). Colour and consistency of semi-solid dairy desserts: Instrumental and sensory measurements. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 655-661.
- Tau, T. ve Gunasekaran, S. (2016). Thermorheological evaluation of gelation of gelatin with sugar substitutes. *LWT*, 69, 570-578.
- Tekinşen, C. (2008). *Dondurma: temel bilgiler, teknoloji, kalite kontrolü*. Selçuk Üniversitesi Basımevi.
- Tekle, Ş. 2016. *Balık derilerinden jelatin üretimi, teknolojik ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Tireki, S. (2017). *Investigation of sensory and instrumental methods to predict shelf-life of jelly gums* (Degree of Doctor). Middle East Technical University, Graduate School of Natural And Applied Sciences, Ankara.
- Toker, O. S., Dogan, M., Camyılmaz, E., Ersöz, N. B. ve Kaya, Y. (2013). The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert: a mixture design approach. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 896-908.

- Tongnuanchan, P., Benjakul, S. ve Prodpran, T. (2012). Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils. *Food Chemistry*, 134(3), 1571-1579.
- Tournour, H. H., Segundo, M. A., Magalhães, L. M., Barreiros, L., Queiroz, J. ve Cunha, L. M. (2015). Valorization of grape pomace: Extraction of bioactive phenolics with antioxidant properties. *Industrial Crops and Products*, 74, 397-406.
- Tu, Z. -C., Huang, T., Wang, H., Sha, X. -M., Shi, Y., Huang, X. -Q., Man, Z. -Z. ve Li, D. -J. (2015). Physicochemical properties of gelatin from bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) scales by ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Science & Technology*, 52, 2166–2174.
- TÜİK, 2019a. Su ürünleri <http://tuik.gov.tr>, Haziran 2019.
- TÜİK, 2019b. Nar Raporu. <http://tuik.gov.tr>, Haziran 2019.
- Türker, D. A., Saraç, M. G. ve Doğan, M. (2021). Influence of sucrose reduction and starch type on bulk and powder properties of ready-to-use powdered dessert. *European Food Research and Technology*, 247(2), 453-464.
- Ürkek, B. (2021). Effect of using chia seed powder on physicochemical, rheological, thermal, and texture properties of ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), e15418.
- Vaccarino, C., Curto, R. L., Tripodo, M., Patane, R. ve Ragno, A. (1992). Grape marc as a source of feedstuff after chemical treatments and fermentation with fungi. *Bioresource technology*, 40(1), 35-41.
- Valiente, C., Arrigoni, E., Esteban, R. M. ve Amado, R. (1995). Grape pomace as a potential food fiber. *Journal of Food Science*, 60(4), 818-820.
- Vieira, M. G. A., da Silva, M. A., dos Santos, L. O. ve Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, 47(3), 254-263.
- Voigt, M.N. ve Botta, J.R. (1990). *Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability*. In Atlantic Fisheries Technology Conference 1989: St. John's, Nfld.; Seafood Biotechnology Workshop (1989: St. John's, Nfld.): Technomic Pub. Co.
- Wang, R. ve Hartel, R. W. (2021). Confectionery gels: Gelling behavior and gel properties of gelatin in concentrated sugar solutions. *Food Hydrocolloids*, 107132.
- Wu, B., Freire, D. O. Ve Hartel, R. W. (2019). The effect of overrun, fat destabilization, and ice cream mix viscosity on entire meltdown behavior. *Journal of Food Science*, 84(9), 2562-2571.
- Wu, C. -K., Tsai, J. -S. ve Sung, W. -C. (2015). Impact of ultraviolet treatment on improving gel strength of tilapia skin gelatin. *International Journal of Food Properties*, 18, 1702–1706.
- Yan, M., Li, B., Zhao, X. ve Yi, J. (2011). Physicochemical properties of gelatin gels from walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) skin cross-linked by gallic acid and rutin. *Food Hydrocolloids*, 25, 907–914.
- Yetim, H. (2011). *Jelatin üretimi, özellikleri ve kullanımı*. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi: Gıda Katkı Maddeleri: Sorunlar ve Çözüm Önerileri, 19-20.
- Yılmaz, B. ve C. Usta. (2010). Narın (*Punica granatum*) terapötik etkileri. *Türk Aile Hekimliği Dergisi*, 14 (3), 146-153.

- Yu, J. ve Ahmedna, M. (2013). Functional components of grape pomace: their composition, biological properties and potential applications. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 221–237.
- Yuan G, Lv H, Tang W, Zhang X ve Sun H. (2016). Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage. *Food Control*, 59: 818-823.
- Yüceğönül G. (2020). *Dondurma üretiminde stabilizör olarak boswellia carterii (akgünlük) sakızının salep (orchidaceae) ve diğer stabilizörlere alternatif olarak kullanım olanaklarının araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Yudhistira, B., Affandi, D. R. ve Nusantari, P. N. (2018). Effect of green spinach (*Amaranthus tricolor L.*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) addition in physical, chemical, and sensory properties of marshmallow as an alternative prevention of iron deficiency anemia. *Earth and Environmental Science*, 102, 1, 012007.
- Yurdagel, Ü., & Müftügil, N. (1984). Dondurma İşleminin Bazı Gıdalarda Yapı Üzerine Etkileri ve Donma Süresinin Tayini. *Gıda*, 9(1).
- Zarzycki, P., Ciołkowska, A. E., Jabłońska-Ryś, E. ve Gustaw, W. (2019). Rheological properties of milk-based desserts with the addition of oat gum and κ-carrageenan. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 5107-5115.
- Zhai, X., Zhu, C., Li, Y., Zhang, Y., Duan, Z. ve Yang, X. (2018). Optimization for pectinase-assisted extraction of polysaccharides from pomegranate peel with chemical composition and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 244-253.
- Zhang, X., Do, M. D., Casey, P., Sulistio, A., Qiao, G. G., Lundin, L., Lillford, P. ve Kosaraju, S. (2010). Chemical modification of gelatin by a natural phenolic cross-linker, tannic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 6809-6815.
- Zhao, R., Yan, Y., Li, M. ve Yan, H. (2008). Selective adsorption of tea polyphenols from aqueous solution of the mixture with caffeine on macroporous cross-linked poly(N-vinyl-2-pyrrolidinone). *Reactive & Functional Polymers*, 68, 768–774.
- Zhou, P. ve Regenstein, J. M. (2007). Comparison of water gel desserts from fish skin and pork gelatins using instrumental measurements. *Journal of Food Science*, 72, C196–C201.
- Zhou, P., Mulvaney, S. J. ve Regenstein, J. M. (2006). Properties of Alaska pollock skin gelatin: A comparison with tilapia and pork skin gelatins. *Journal of Food Science*, 71, C313-C321.

EKLER

Ek-1. Jelly duyuşal analiz test formu

JELLY DUYUSAL ANALİZ FORMU

Adı- Soyadı:
.../.../2021

Tarih:

	SG	ÇG	OG
Sertlik			
Renk/Görünüş			
Yapışkanlık			
Aroma yoğunluğu/Tat			
Genel Beğeni			
<i>Puanlamayı 9 üzerinden yapınız.</i>			
<i>Yabancı tat veya koku varsa lütfen belirtiniz!</i>			
Puanlama			
<u>Mükemmel denecek kadar beğendim</u>		9	
<u>Cok beğendim</u>		8	
<u>Beğendim</u>		7	
<u>Biraz beğendim</u>		6	
<u>Ne beğendim, ne beğenmedim</u>		5	
<u>Biraz beğenmedim</u>		4	
<u>Cok Beğenmedim</u>		3	
<u>Beğenmedim</u>		2	
<u>Kesinlikle hiç beğenmedim</u>		1	

Ek-2. Dondurma örnekleri için duyuusal analiz test formu

DONDURMA DUYUSAL ANALİZ FORMU

Panelistin Adı-Soyadı:

Tarih:

1. Erime Direnci										
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Yüksek					Düşük					
2. Sıcaklık										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yumuşak					Sert					
3. Viskozite										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Düşük					Yüksek					
4. Pürüzsüzlük										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pürüzlü					Pürüzsüz					
5. Renk ve Görünüş										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Çok Kötü					Çok İyi					
6. Ağız Dolgunluğu										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Düşük					Yüksek					
7. Tat-Koku										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Çok Kötü					Çok İyi					
*Örneklerin ağızda ve genizde bıraktığı tat ve kokuyla ilgili değerlendirmenizi tabloda tik atarak belirtiniz.										
Kusursuz	Asidik tat	Fazla şekerli	Tuzlu tat	Pişmiş tat	Az şekerli	Yabancı tat				
8. Genel Kabul Edilebilirlik										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Düşük					Yüksek					
Her bir özelliği değerlendirmeden önce ağızınızı su ile çalkalayınız. Yukarıdaki formda her bir örnek için isareteleyeceğiniz puanın yanındaki yatay çizgilere örneğin kodunu (S.C.O) yazınız. Örn: S ve Ç örneklerine soğukluk şiddeti için 5 verecekseniz 5 rakamından sonraki boşluğa S/Ç yazınız.										

Ek-3. Puding örneklerine uygulanan duyuusal analiz test formu

PUDİNG DUYUSAL ANALİZ FORMU

Adı- Soyadı:

Tarih: .../.../2021

Renk	S	Çok Açık		Açık		Orta		Koyu		Çok koyu
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yabancı Tat- Koku	S	Çok Fazla		Hizmedilebilir oranda		Az	Çok az		Yok	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tatlılık	S	Çok Fazla		Hizmedilebilir oranda		Az	Çok az		Yok	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aroma	S	Çok Fazla		Hizmedilebilir oranda		Az	Çok az		Yok	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Görzel Kıvam (Bir kaşık pudingin kaşıktaki durumu ve kaşıktan alıp)	S	Düşük Kıvamlı				Koyu Kıvamlı				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ağızdaki Kıvam (Pudingin kaşıktan ağza alınır, ağızda dağılır)	S	Kötü		Orta		İyi				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yapışkanlık (Kaşıkla pudingi alırken kaşığı pudingten ayrılmak için gerekli kuvvet)	S	Az		Orta		Çok Fazla				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Genel Beğeni	S	Beğenmedim				Beğendim				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Ç	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	O	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ek-4. Üzüm posası ekstraktının kalıntı/1000kalıntı cinsinden amino asit içeriği

Amino Asit	Kalıntı/1000Kalıntı
Triptofan	28,00
Fenilalanin	19,82
Tirozin	12,43
Lösin	21,55
İzolösin	11,34
Metiyonin	0,24
Valin	12,57
Alanin	44,09
Treonin	8,16
Serin	9,35
Glisin	7,71
Asparajin	25,37
Hidroksiprolin	26,13
Prolin	731,33
Glutamin	12,94
Arjinin	15,75
Histidin	7,19
Hidroksilisin	0,00
Lisin	6,02
Sistein	0,00
Toplam	1000
İmino Asit	757,46
Hidrofobik amino asit	840,94