



**FARKLI GAM İLAVESİNİN BALIK JELATİNİN
TEKNOLOJİK VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Oylum Şimal YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi

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

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI GAM İLAVESİNİN BALIK JELATİNİN TEKNOLOJİK VE
REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Oylum Şimal YILMAZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ
TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI GAM İLAVESİNİN BALIK JELATİNİN TEKNOLOJİK VE REOLOJİK

ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Oylum Şimal YILMAZ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

Balık jelatininden oluşturulan jeller daha az kararlı olma eğiliminde ve dahazayıfreolojik özelliklere sahip olması nedeniyle gıda sanayinde doğrudan kullanılmaları uygun olmayıp modifiye edilmeleri gerekmektedir. Bu çalışma, endüstriyel atık maddelerinin değerlendirilmesi amacıyla balık derilerinden jelatin üretilmesi ve farklı gam ilaveleri ile (ksantan gam, gellan gam, agar agar, keçiboynuzu gamı, karragenan, guar gam, gam arabik) balık jelatininteknolojik ve reolojik özelliklerindeki değişimlerin incelenmesini kapsamaktadır. Sığır ve balık jelatinin de 5 olan pH değeri keçiboynuzu ilaveli balık jelatininde 5,08'e yükselmiş, diğer karışımlarda 4,78'e kadar düştüğü belirlenmiştir. Sığır jelatininde%kül oranı 3,75 iken, balık jelatininde bu oran 6,80 olarak tespit edilmiştir. Gellan gam ve karragenan ilaveli karışımların sırasıyla %protein oranları 7,02 ve 8,21 olarak belirlenmiş, diğer karışımlardaki %protein oranının 6,80'nin altına düştüğü görülmüştür. Balık jelatini solüsyonuna farklı tür gam ilave edilmesiyle G' ve G'' değerlerinin arttığı, elastik yapısının kuvvetlendiği, belirgin olarak daha yüksek jel özelliği gösterdiği belirlenmiştir (G'>G''). Gam arabik ilavesi ise balık jelatinin yapısını olumsuz etkileyerek jel kuvvetinin azalmasına ve daha viskoz bir yapı oluşmasına neden olmuştur. En yüksek jel kuvveti değerine balık jelatinine gellan gam (%7,50) ilave edilmesi ile ulaşılmıştır. Gam arabik dışında tüm gamların ilavesi ile balık jelatininin jel kuvvetinde ve kıvam indeksinde artış sağlanmıştır. Gamların jelleşme kinetiği ve balık jelatininin gücü üzerine etkisi incelendiğinde gellan gam ilavesinin K_{gel} , G' ve jel kuvvetini diğer gamlara göre daha olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Genel eğilim olarak gam konsantasyonu arttıkça G', jel kuvveti ve K_{gel} değerleri artmıştır. Balık jelatininin erime sıcaklıkları, gam arabik hariç diğer tüm gamlarınilavesiyle artmıştır. Balık jelatininin en büyük eksiklerinden olan düşük erime noktasını farklı hidrokolloidlerin ilavesi ile gidermeyi amaçladığımız bu çalışmada en yüksek erime sıcaklığına 15,93°C olarak balık jelatinine %5,00 ksantan gam ilavesi ile ulaşılmıştır. Benzer şekilde gellan gam, agar agar, karregenan ve keçiboynuzu ilavesi ile de erime noktasında kontrol örneğine göre artış olduğu tespit edilmiştir. Sığır jelatininin erime noktası olan 29,74°C'ye denenen gamların optimum konsantrasyonlarında ulaşamamıştır. Bloom değeri sığır jelatini için 247,16, balık jelatini için ise 31,29 olarak belirlenmiştir.%7,50gellan gam ilaveli karışımda bu değer; 409,363'e çıkarken diğer karışımlarda 8,11-131,08 arasında değişmiştir. Su tutma kapasitesi (STK) sığır jelatininde %784,36, balık jelatininde ise 35,14 olarak bulunmuş, karışımlar içerisinde en yüksek STK oranı %5,00ksantan gam (%232,5) ilavesiyle olmuştur. Yağ Bağlama Kapasitesi (YBK) sığır ve balık jelatininde sırasıyla %190,87 ve %148,43 iken, en yüksek YBK gellan gam ilaveli örnekte (%166,33) bulunmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan gamlar kendi içerisinde değerlendirildiğinde en iyi sonuçların gellan gam ilavesi ile elde edildiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Balık jelatini, Hidrokolloid, Gellan gam

2021,81sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

EFFECT OF DIFFERENT GUMS ADDITION ON TECHNOLOGICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FISH GELATIN

Oylum Şimal YILMAZ

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

Gels created from fish gelatin tend to be less stable and have weaker rheological properties, so they are not suitable for direct use in the food industry and should be modified. With this study, gelatin was produced from fish skins to evaluate industrial waste materials. The change in technological and rheological properties of fish gelatin was determined with different gum additions (xanthan gum, gellan gum, agar-agar, locust bean gum, carrageenan, guar gum, gum arabic). The pH value of 5 for beef and fish gelatin increased to 5,08 for Carob added fish gelatin, and it was determined to drop to 4,78 pH in other mixtures. While the ash content of beef was 3,75%, it was determined as 6,80 in fish gelatin. Gellan gum and Carrageenan mixtures were determined as 7,02 and 8,21% protein ratios, respectively, and it was determined that the protein ratio in other mixtures fell below 6,80. G' value and G'' values increase with the addition of gum to the fish gelatin solution. It has been determined that its elastic structure becomes stronger and shows a significantly higher gel property ($G' > G''$). It was determined that the addition of gum arabic adversely affected the structure of fish gelatin, causing a decrease in gel strength and a more viscous structure. The highest gel strength value was achieved by adding gellan gum (7,50%) to fish gelatin. With the addition of all gums except gum arabic, the gel strength and consistency index of fish gelatin were increased. Regarding the effect of gums on gelatin kinetics and strength of fish gelatin, gellan gum affected K_{gel} , G' and gel strength more positively than other gums. As a general trend, G', gel strength, and k_{gel} values also increased with the increase in gum concentration. The melting temperatures of fish gelatin were increased by gum arabic other than gum arabic. In this study, where we aimed to eliminate the low melting point, which is one of the biggest deficiencies of fish gelatin, with the addition of different hydrocolloids, addition of 5,00% xanthan gum to fish gelatin was reached to 15,93°C which is the highest melting temperature. In similarly, increase of the melting point was detected in the control sample with the addition of gellan gum, agar-agar, carrageenan, and carob. The melting point of bovine gelatin (29,74°C) could not be reached at the optimum concentrations of the gums which were tested. Bloom value was determined as 247.16 for beef gelatin and 31.29 for fish gelatin. This value in the mixture with gellan gum; While it increased to 409,363, it changed between 8,11-131,08 in other mixtures. Water holding capacity (STK) was found to be 784,36% in bovine gelatin, 35,14% in fish gelatin. And xanthan gum (232,5%) has the highest STK value in mixtures. While Fat Binding Capacity (YBK) was 190,87% in bovine gelatin, 148,43% in fish gelatin, the highest YBK was found in sample which was added gellan gum (166,33%). When the hydrocolloids used within the scope of the study were evaluated, it was determined that the best results were obtained with the addition of gellan gum.

Key words: Fish gelatin, Hydrocolloid, Gellan gum

2021, 81 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR dizini	viii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Jelatin	4
2.2. Balık Jelatini	6
2.3. Ksantan Gam	8
2.4. Guar Gam.....	9
2.5. Gam Arabik	10
2.6. Karragenan.....	11
2.7. Keçiboynuzu Gamı	12
2.8. Gellan Gam.....	13
2.9. Agar Agar	14
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	16
4. MATERYAL VE YÖNTEM	19
4.1. Materyal	19
4.2. Metod	19
4.2.1. Jelatin Ekstraksiyonu	19
4.2.2. Balık Jelatini Solüsyonlarının Hazırlanması	21
4.2.3. Balık Jelatini Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	22
4.2.4. Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	22
4.2.5. Jel Kuvveti (Bloom Derecesi)'nin Belirlenmesi.....	24
4.2.6. Tekstür Profil Analizi	24
4.2.7. Su Tutma Kapasitesi (STK) ve Yağ Bağlama Kapasitesinin (YBK) Belirlenmesi	25
4.2.8. Renk Analizleri	25
4.2.9. Mikroyapısal Özellikleri (SEM).....	26

4.2.10. İstatistiksel Analiz	26
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	27
5.1. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatinlerinin Fizikokimyasal Özellikleri.....	29
5.1.1. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatinlerinin pH Değerleri	30
5.1.2. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin %Kül Miktarları	32
5.1.3. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin %Protein Miktarı.....	34
5.2. Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Reolojik Özellikleri	35
5.3. Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Jel Kuvveti (Bloom Derecesi)'nin Belirlenmesi	45
5.4. Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Tekstür Profil Analizi (TPA) Sonuçları	47
5.5. Su Tutma Kapasitesi ve Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi	50
5.6. Balık Jelatini + Farklı Gam İlaveli Örneklerin Mikro Yapısal Karakteristiği (SEM) ..	52
5.7. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin Renk Değerleri (Lab)	55
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	58
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. Farklı oranlarda gam ilavesi yapılan balık jelatininin en yüksek jel kuvveti ve erime derecesi değerleri.....	27
Çizelge 5.2. En iyi reolojik özellik gösteren gam miktarları.....	29
Çizelge 5.3. Farklı gam ilave edilmiş balık jelatininin bazı fizikokimyasal özellikleri.....	30
Çizelge 5.4. Gam ilaveli balık jelatini solüsyonlarının Power-Law(PL) model parametreleri	38
Çizelge 5.5. Jelasyon kinetik parametreleri.....	41
Çizelge 5.6. Jel Kuvveti (Bloom Derecesi) Sonuçları.....	45
Çizelge 5.7. Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Tekstür Analiz Sonuçları.....	49
Çizelge 5.8. Su Tutma Kapasitesi Ve Yağ Bağlama Kapasitesi Sonuçları.....	51
Çizelge 5.9. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin Renk Değerleri (Lab)	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ksantan gamın kimyasal yapısı (Kennedy ve Bradshaw, 1984).....	9
Şekil 2.2. Guar gamın kimyasal yapısı (Mudgil, Barak ve Khatkar, 2014)	9
Şekil 2.3. Gam arabik kimyasal yapı (Williams ve Phillips, 2021)	10
Şekil 2.4. Karragenan kimyasal yapıları (Campo vd., 2009)	12
Şekil 2.5. Keçiboynuzu gamının kimyasal yapısı (Barak ve Mudgil, 2014).....	13
Şekil 2.6. Gellan gamın kimyasal yapısı (Sarkar, Nandi, Changder, Hudati, Sarkar ve Ghosh, 2017).....	14
Şekil 2.7. Agar agarın kimyasal yapısı (Usov, 2011).....	15
Şekil 4.1. Jelatin elde edilen gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus Mykiss) derisi	19
Şekil 4.2. Küçük parçalara ayrılıp yıkanan balık derileri.....	20
Şekil 4.3. Balık derilerinin sodyum klorür ile muamelesi.....	20
Şekil 4.4. Ekstrakte edilen balık jelatini çözeltisinin filtre edilmesi.....	21
Şekil 4.5. Jelatinin filtrasyon sonrasında etüvde kurutulması ve kurutma sonrası görünümü .	21
Şekil 4.6. Reometre cihazı.....	22
Şekil 4.7. Tekstür analizinde kullanılan cihaz.....	24
Şekil 4.8. Tekstür analizi için hazırlanan örnekler	25
Şekil 4.9. Renk analiz cihazı	26
Şekil 4.10. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	26
Şekil 5.1. Farklı gam ilave edilmiş balık jelatinin pH değerleri	31
Şekil 5.2. Farklı oranlarda gam ilaveli balık jelatinin % kül miktarı	32
Şekil 5.3. Farklı oranlarda gam ilaveli balık jelatininin % protein miktarı.....	34
Şekil 5.4. Balık jelatini ve gam karışımlarının G' değerlerinin açısal hıza bağlı değişimi	36
Şekil 5.5. Balık jelatini ve gam karışımlarının G" değerlerinin açısal hıza bağlı değişimi.....	36
Şekil 5.6. Balık jelatini ve gam karışımlarının G'değerlerinin zamana bağlı değişimi	40
Şekil 5.7. Balık jelatini ve gam karışımlarının G" değerlerinin zamana bağlı değişimi	41
Şekil 5.8. Balık jelatini ve gam karışımlarının G' değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi	43
Şekil 5.9. Balık jelatini ve gam karışımlarının G" değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi	44
Şekil 5.10. Bloom Derecesi Sonuç Grafiği	46
Şekil 5.11. Balık Jelatini + Farklı Gam İlaveli Örneklerde Tekstür Analiz Sonuçlarındaki değişim	50
Şekil 5.12. Su Tutma Kapasitesi Sonuç Grafiği.....	51
Şekil 5.13. Yağ Bağlama Kapasitesi Sonuç Grafiği.....	52

Şekil 5.14. Kontrol örneklerinin SEM görüntüleri (a:balık jelatini, b:sığır jelatini).....	53
Şekil 5.15. BJ + Keçiboynuzu Gamı (a) ve BJ + Agar agar (b) karışımının SEM görüntüleri	53
Şekil 5.16. BJ + Karragenan (a) ve BJ + Ksantan gam (b) karışımlarının SEM görünleri	54
Şekil 5.17. BJ +Guar gam (a) ve BJ + Gellan gam (b) karışımlarının SEM görüntüleri	54
Şekil 5.18. BJ + Gam arabik karışımının SEM görüntüsü	54
Şekil 5.19. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin Renk Değerlerindeki Değişim (L, a, b).....	56



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BJ	: Balık jelatini
BSE	: Deli Dana Hastalığı
FAO	: Uluslar Arası Tarım Örgütü
FDA	: Gıda ve İlaç Dairesi
FMD	: Şap Hastalığı
G	: Gram
GRAS	: Genel olarak güvenli olarak kabul edilen
M	: Molar
MgSO ₄	: Magnezyum sülfat
N	: Normal
NaCl	: Sodyum Klorür
NaHPO ₄	: Sodyum fosfat
NaOH	: Sodyum Hidroksit
(NH) ₄ SO ₄	: Amonyum sülfat
SJ	: Sığır Jelatini
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
%	: Yüzde

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmamın her aşamasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok kıymetli hocam Prof.Dr. Tuncay GÜMÜŞ'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, analizler sırasında karşılaştığım bütün zorluklarda yanımda olan hocam Arş. Gör. Dr. Deniz Damla ALTAN KAMER'e ve Öğr.Gör. Gülce Bedis KAYNARCA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca eğitimim ve bütün hayatım boyunca hep yanımda olan ve beni destekleyen aileme de sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak balık derilerini temin etmemde bana yardımcı olan ve hayatım boyunca her anımda, her kararımdayanımda olacağına inandığım Musa UZUN'a çok teşekkür ederim.

Haziran, 2021

Oylum Şimal YILMAZ
Gıda Mühendisi

1. GİRİŞ

Jelatin, teknolojik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle gıdalarda elastikite, kıvam ve stabilitenin geliştirilmesinde yaygın olarak tercih edilen önemli bir fonksiyonel biyopolimerdir. Jelatin, fonksiyonel ve teknolojik özelliklerinden dolayı gıda ve ilaç endüstrisinde de yaygın olarak tercih edilmekle birlikte özellikle ilaç endüstrisinde, sert ve yumuşak kapsüllerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde ise jelatin; şekerlemelerde çoğunlukla çiğneme, doku ve köpük stabilizasyonu sağlamak, jelly ürünlerinde sürülebilir kremli yapı ile ağız tadını geliştirmek, süt ürünlerinde stabilizasyon ve tekstür sağlamak, fırınlanmış ürünlerde emülsifikasyon, jelleşme ve stabilizasyonu, et ürünlerinde su bağlamayı geliştirmek amacıyla kullanılan bir hidrokolloittir (Karim ve Bhat, 2009).

Jelatinin kullanım alanı geniş olduğu için ekonomik değeri de oldukça yüksektir. Küresel jelatin talebi giderek daha da artmaktadır. Bugün Dünyada yaklaşık 400 bin ton civarında jelatin üretilmektedir. Üretimde en yüksek oran %46 ile domuz derisi türevlerine ait olup bunu %29,4 ile sığır derisi, %23,1 ile kemikler ve %1,5 ile diğer kaynaklar takip etmektedir (GME, 2008). Ülkemizde ise yılda 5000 ton civarında jelatin kullanılmakta, bunun da yaklaşık %90'ı ithal edilmektedir. Grand View Research (GME, 2016), araştırmasına göre 2024'de jelatinin dünya pazarındaki payı 4 milyar doları aşacaktır.

Jelatinin bu tür faydalı ve geniş uygulama alanlarına rağmen, tüketicilerin kötümser ve güçlü kaygıları halen devam etmektedir. Ticari olarak üretilen jelatinin büyük bir kısmı domuz derisinden üretilmektedir. Hindular, sığır kaynaklı ürünlerin tüketimini yasaklarken, hem İslamiyet hem de Yahudilik dini domuz kaynaklı ürünlerin tüketimini yasaklamaktadır. Ayrıca, BSE (deli dana hastalığı) ve şap hastalığı (FMD) ile ilgili sağlık kaygıları nedeniyle sığır jelatinine alternatif olan kaynaklara talep artmasının yanında, helal gıda pazarının artması da yine alternatif kaynaklara olan yönelimi arttırmıştır.

Dünyada ticari jelatin üretimi çoğunlukla domuz derisinden veya sığır kemiğinden elde edilmektedir. Bunun nedeni kolajenin kemiklerde, derilerde ve bağ dokularında daha fazla bulunmasıdır. Jelatinin gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılması için gereken ana kalite parametreleri, yüksek jel mukavemeti, uygun erime ve jelleşme sıcaklıklarıdır. Jelatin eldesinde, domuz ve sığır jelatininin dinsel tercihler, güvenlik endişeleri ve ekonomik hususlar gibi faktörler nedeniyle balık derisi veya kemik

malzemelerin kullanılması son yıllarda popüler hale gelmiştir (Sow ve Yang, 2015; Yang ve Wang, 2009). Bu nedenle balık jelatini, gıda endüstrisinde sığır ve domuz jelatine alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kaewruang, Benjakul, Prodpran, Encarnacion ve Nalinanon, 2014). Balık jelatini, memeli jelatinininkalite parametrelerine sahip olmadığı için alternatif olarak gıda sanayinde doğrudan kullanılmayıp farklı proses ve/veya katkı maddeleri ilavesiyle modifiye edilerek, gıda sanayiindekikullanımı arttırılabilir.

Balıkların işlenmesi sırasında yüksek miktarda atık ürün oluşmaktadır. Balıklarda fileto ayırımından sonra yaklaşık %75 oranında atık çıkmaktadır bunun yaklaşık %30'luk kısmı kemik ve deri atıklarından oluşmaktadır (Songchotikunpan, Tattiyakul, amp ve Supaphol, 2008). Bu atıklar genellikle balık unu, çok düşük oranda protein kaynağı (dünyada üretilen toplam jelatinin %1'i) ve hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla balık atıkları uygulanabilirliği yüksek materyaller olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda balık jelatini, memeli jelatinine iyi bir alternatif olarak vurgulanmaktadır. Balık jelatinin temel avantajları hem bu kaynakların BSE salgın riskleri ile ilişkilerinin olmaması hem de Müslümanlar, Hinduizm ve Museviler için alternatif kullanılabilir bir jelatin olmasıdır. Ayrıca atık ve kirliliğe sebep olan balık üretimi sonrası temel yan ürünü jelatin kaynağı olarak kullanılabilir (Binsi, Shamasundar, Dileep, Badii ve Howell, 2009).

Jelatinin fonksiyonel özellikleri (Jel kuvveti, viskozite, erime noktası vb.), kollajenin elde edildiği kaynaktan etkilenmektedir (Gomez-Guillen, Turnay, Fernandez-Dıaz, Ulmo, Lizarbe, amp, Montero, 2002). Ayrıca kullanılan kimyasallar ve derişimler, sıcaklık ve zaman gibi işleme ve ekstraksiyon koşulları da polipeptit zincirlerinin uzunluğunu ve jelatin özelliklerini etkilemektedir (Kolodziejska, Kaczorowski, Piotrowska, amp, Sadowska, 2004). Balık jelatini üzerine yapılan çalışmaların genellikle domuz jelatini ile balık jelatinin karşılaştırması üzerine olduğu görülmektedir. Balık jelatini genellikle balık derilerinden ve kemiklerinden elde edilmektedir. Balık derisindeki mevcut kolajenin memeli kolajenine göre daha geniş çeşitlilik gösterdiği, hidroksiprolin ve prolin içeriklerinin memeli jelatinine göre daha düşük olduğu, balık jelatinin ise daha yüksek serin ve treonin içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Balian ve Bowes, 1977). Prolin ve hidroksiprolin seviyesi ne kadar yüksek olursa, erime noktası ve jel mukavemeti de o kadar yüksek olmaktadır (Karim ve Bhat, 2009). Sıcak su balığından elde edilen jelatin, soğuk suda yaşayan balık derisinden hazırlanan jelatine kıyasla, daha yüksek erime sıcaklığına sahiptir (Eastoe, amp ve Leach, 1977). Balık jelatin veriminin %6-19 arasında değiştiği ve memeli jelatininden daha düşük ekstraksiyon

verimine sahip olduğu bildirilmiştir. Balık jelatini ekstraksiyon veriminin düşük olması yıkama aşamalarında süzme nedeniyle kolajen kaybı veya kolajen hidrolizinin tam olmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Jamilah ve Harvinder, 2002). Bunun tersine, Rahman, Al-Saidi ve Guizani, (2008), sarı yüzgeçli ton balığı derisinin jelatin veriminin diğer balıklara göre daha yüksek olduğunu, jelatin veriminin balık türüne göre çeşitlilik gösterdiğini bildirirken, Gomez-Gullien vd. (2002) ekstraksiyon veriminin balık türleri arasında çok az farklılık gösterdiğini bildirmiştir.

Yukarıda belirtilen balık jelatinindeki zayıf jel kuvvetini yükseltmek amacıyla balık jelatininin modifikasyonu için çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla; yüksek jel kuvvetine sahip jelatinler ile balık jelatininin 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-Murphy, 2000; Avena- Bustillos, Olsen, Olson, Chiou, Yee, Bechtel ve McHugh, 2006; Pranoto, Lee ve Park, 2007; Lin, Regenstein, Lv, Lu ve Jiang, 2017).Başta kalınlaştırıcı, jelleştirici, film oluşturucu ve stabilize edici özellikler olmak üzere birçok vazgeçilmez fonksiyonlara sahip olmaları nedeniyle gamlar, gıda ürünlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Balık jelatininin fizikokimyasal özellikleri, gıda polisakkaritleri ile karıştırılmasıyla modifiye edilebileceği bildirilmiştir (Sow, Peh, Pekerti, Fu, Bansal ve Yang, 2017; Sow, Chong, Liao ve Yang, 2018).

Bu araştırma ile endüstriyel atık maddelerinin ekonomik olarak değerlendirilmesi amacıyla atık balık derilerinden katma değerli yüksek bir ürün olan jelatin üretilmişve bu üretilen jelatine farklı gam ilaveleri ile (ksantan gam, gellan gam, agar agar, keçiyoynuzu gamı, karragenan, guar gam, gam arabik)teknolojik ve reolojik özelliklerindeki değişim belirlenmeye çalışılmıştır. Balık jelatininin alternatif olarak kullanılma imkanının ortaya çıkarılması hem yerli kaynaklardan jelatin üretilmesinehem de jelatinde ithalat oranının azaltılmasını sağlayacaktır.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 Atık ve Artıkların Geri Dönüşümünün Sağlanması ve Tekrar Değerlendirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar” önem kazanmıştır. Bu çalışma Yeşil Mutabakat kapsamında atıkların değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Jelatin

Jelatin farmasötik, kozmetik ve gıda endüstrisi alanında en sık kullanılan biopolimer olup özellikle gıda endüstrisinde stabilizatör, koyulaştırıcı, dengeleyici, elastikiyet artırıcı, emülgatör ve jelleştirici olarak kullanılmaktadır (Cai, Feng, Regenstein, Lv, amp ve Li, 2017). Jelatin deride, kemikte ve bağ dokularında bulunan ana polimer olan lifli kolajenden, termal denatürasyon veya kısmi hidroliz yoluyla elde edilen suda çözünebilir, yüksek moleküler ağırlıklı bir protein sınıfıdır (Johnston-Banks, 1990; Karim ve Bhat, 2009; Bode, Da Silva, Drake, Ross-Murphy ve Dreiss, 2011; Kuan, Nafchi, Huda, Ariffin, amp ve Karim, 2016). Kolajen, doğal bir makro moleküldür ve hayvan derisinden, kemik ve beyaz bağ dokularından ekstrakte edilmektedir. Jelatin, kollajenin ısıtılması, kısmi hidrolizi ve denatüre edildikten sonra çözünür proteinlerin ayrılmasıyla elde edilir (Kundu, Das, Basu, Abdullah ve Mukherjee, 2017).

Jelatinin kolajenden hidrolizi, çapraz bağları parçalamak ve kollajeni suda çözünür parçacıklara dönüştürmek asit veya alkali yöntemlerle yapılır (Arfat, Ahmed, Hiremath, Auras ve Joseph, 2017). Jelatin üretimi sırasında, ham hayvan materyali seyreltik asit veya baz ile muamele edilerek kolajenin polipeptit zincir bağları arasındaki çapraz bağların parçalanması sağlanır. Yapının çökmesi sonucu; sıcak, sulu, çözünür kolajen yani jelatin oluşmaktadır (See, Hong, Wan Aida, amp ve Babji, 2010). Jelatin üretim prosesi, hammaddelerin ön işlenmesi, jelatinin ekstraksiyonu ve saflaştırılması, kurutulması gibi üç ana aşamadan oluşmaktadır (Karim ve Bhat, 2009).

Ayrıca, kolajenin nasıl ön işleme tabi tutulduğuna bağlı olarak, iki farklı jelatin türü elde edilir. Bunlar A tipi ve B tipi jelatin olarak adlandırılır. Bu jelatin örneklerini birbirinden ayıran önemli fark izoelektrik noktalarıdır. Tip A jelatin için izoelektrik nokta aralığı pH 6-9 iken tip B jelatin için pH 5' tir. A tipi jelatin üretiminde asit ile ön işlemden geçirilmiş kolajenden üretilirken, B tipi jelatin ise alkali ile ön işlemden geçirilir (Karim ve Bhat, 2009). Ticari olarak üretilen jelatinin büyük bir bölümü de bu iki yolla üretilmektedir (Schreiber, amp ve Gareis, 2007). Bu farklı şekillerde üretilen jelatinler gıdalarda kullanılırken de bu özelliklerine göre seçilir. Örneğin, şarap ve meyve suyu üretiminde nispeten düşük olan, 70-90g kadar jel kuvvetine sahip A tipi jelatin kullanılır. Şekerleme ürünlerinde 125-250g jel gücünde B tipi jelatin kullanılmaktadır (Karim ve Bhat, 2009).

Jelatin çoğunlukla sığır derisi, sığır kemikleri ve domuz derisi gibi memeli hayvan yan ürünlerinden elde edilmektedir. Bununla birlikte tavuk gibi kanatlılar ve balık atıklarından da jelatin üretilmektedir. Jelatinin fonksiyonel özellikleri (Jel kuvveti, viskozite, erime noktası vb.), kollajenin elde edildiği kaynaktan etkilenmektedir (Gomez-Guillen vd., 2002; See vd., 2010). Ayrıca kullanılan kimyasallar ve derişimleri, sıcaklık ve zaman gibi işleme ve ekstraksiyon koşulları da polipeptit zincirlerinin uzunluğunu ve jelatin özelliklerini etkilemektedir (Kolodziejska vd., 2004).

Jelatinin jel oluşturma özelliği, ekstraksiyon metodu, sıcaklık, pH, ekstraksiyon için hammadde tipi ve ekstraksiyon sırasında materyallerin eklenmesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Benzer şekilde jelatinin kalite parametrelerini, jel kuvveti (bloom derecesi), erime ve jelleşme sıcaklıkları gibi dokusal ve reolojik özellikleri oluşturmaktadır (Kaewruang vd., 2014). Bu özellikler sadece ilk kolajen kaynağından değil, jelatinin ekstraksiyon yönteminden de etkilenmektedir (Karim ve Bhat, 2009).

Jelatinin en önemli fiziksel özellikleri jel kuvveti ve viskozitesidir (Wainwright, 1977). Jelatinin kalitesi, düşük (<150), orta (150-220) ila yüksek bloom (220-2300) olmak üzere, jel kuvveti veya bloom değeri ile ölçülmektedir. Ticari olarak, yüksek viskoziteli jelatin tercih edilmesi yüksek maliyeti de beraberinde getirmektedir. (Johnston-Banks, 1984).

Jelatinin bir diğer önemli özelliği de aminoasit bileşimi ve dizilimidir. Aminoasit bileşimi ve uzunluğundaki farklılıklar jelatinlerin özelliklerinde farklılıklara neden olmaktadır (Muyonga, Cole ve Duodu, 2004). Sığır ve domuz jelatininin aminoasit bileşimi, balık jelatinden farklıdır. Sığır ve domuz jelatini, balık jelatininden daha yüksek miktarda prolin (PRO), hidroksiprolin (HYP) ve glisin (GLY) aminoasitlerine sahiptir (Gilsenan ve Ross-Murphy, 2000). Glisin, prolin ve hidroksiprolinin ikincil yapı oluşumunda bir rolü olduğundan, miktarları arttığında jelatinin yapısı da daha kararlı hale gelir (Wu, Ho, Jiang ve Mi, 2015). Jelatinin jelleşme mekanizması, küçük jelatin moleküllerinin hidrojen, kovalent bağ ve van der Waals bağları ile sıvının hareketsiz hale getirilmesine bağlıdır (Farahnaky, Zendeboodi, Azizi, Mesbahi ve Majzoobi, 2017).

2.2. Balık Jelatini

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Salmonidaefamilyasına ait tatlı sularda yaşayan bir balıktır (Webster ve Lim, 2002). Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), özellikle Kuzey Amerika ve Rusya'nın Pasifik kıyılarında soğuk sulara sahip bölgelerde yaygın olarak bulunabilir (Benkhe, 1992; Webster ve Lim, 2002). Balıkların işlenmesi sırasında kemik ve deri olmak üzere yaklaşık toplam ağırlığın %22'si israf edilmektedir (Songchotikunpan vd., 2008). Balık derisi, atık işleme ve kirliliğe neden olan balık işleme endüstrisinin önemli bir yan ürünüdür ve değerli bir jelatin kaynağı olabilir (Choi ve Regenstein, 2000; Gilsenan ve Ross-Murphy, 2000). Kanatlı hayvanlardan jelatin üretimi balık jelatininden daha düşük bir verime sahip olması nedeniyle bu durum balık jelatin üretimine olan ilgiyi arttırmıştır (Karim ve Bhat, 2009).

Balık jelatini, domuz ve sığır jelatine bir alternatif olarak kabul edilir, ancak balık jelatini ve memeli jelatin kaynakları arasında bazı farklılıklar vardır. Balık, temel olarak insan tüketimi için yakalanmakta ve/veya beslenmektedir. Bu bağlamda, genel balık jelatin üretim kaynakları kemik ve deri atıklarıdır (FAO, 2018). Balık jelatini dezavantajları nedeniyle gıda endüstrisinde daha az tercih edilmektedir. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar, balık jelatininin sığır ve domuz jelatininden dezavantajlı özellikleri olan daha düşük jel mukavemeti, jelleşme sıcaklığı ve erime sıcaklığı gibi düşük stabilite ve düşük reolojik özelliklerinin farklı işlemler ve/veya katkı maddeleri ile geliştirilebileceğini göstermiştir (Derkach, Ilyin, Maklakova, Kulichikhin ve Malkin, 2015; Gomez-Guillen, Gimenez ve Montero, 2005; Karim ve Bhat, 2009; Kaewruang vd., 2014).

Balık jelatininin temel kısıtlamaları, düşük erime noktası ve jel mukavemetidir. Memeli jelatine kıyasla balık jelatini nispeten yüksek viskoziteye sahiptir ve oluşturulan jeller daha az kararlı olma eğiliminde ve daha zayıf reolojik özelliklere sahip olması nedeniyle uygulama alanları sınırlıdır (Montero ve Gomez-Guillen, 2000; Fernandez-Diaz, Montero ve Gomez-Guillen, 2001; Gomez-Guillen vd., 2002).

Balık jelatini özellikle daha düşük erime noktası ve ağızda daha hızlı dağılma gibi kalite özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Ticari jelatinlerin jelleşme kuvveti, 100-300 aralığında olmakla birlikte arzu edilen 250-260 bloom değerinde jelatin üretilmesi hedeflenmektedir (Holzer, 1996). Sarı yüzgeçli ton balığından 426 bloom değerine sahip jelatin üretildiği belirtilmiştir (Cho, Gu ve Kim, 2005). Soğuk su balığı jelatininin yüksek

bloom değerine sahip olduğu ve jelleşme istemeyen uygulamalarda kullanılabileceği, buzdolabında çözüldürüldükten sonra hızla tüketilen veya soğutulmuş ürünlerde kullanılabileceği bildirilmiştir (Tekle, 2016).

Balık jelatininin yapısını güçlendirmek amacıyla; çeşitli enzim ilavesiyle çapraz bağlama veya genipin gibi kimyasallar kullanma, bloom değeri yüksek başka hidrokolloidler ile kombine etme, farklı tuzlar eklenmesi, sorbitol gibi şeker alkolü ekleme, UV uygulama gibi birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir (Avena vd., 2006;Gilsenan ve Ross-Murphy, 2000;Pronoto, Lee ve Park, 2007).

Jelatin özelliklerini ve üretim süreçlerini etkileyen faktörler; türler, cinsler, yaş, hayvanı besleme şekli ve ham maddelerin depolanma koşullarıdır (Hinterwaldner, 1977). Balık jelatininin kalitesini etkileyen bir diğer önemli faktör, balık türlerinin çevresel koşuludur. Genel olarak, düşük sıcaklıkta yetişen balık türlerinden hazırlanan kollajen ve jelatin, düşük miktarlarda prolin ve hidroksiprolin, daha düşük hidrojen bağları içerir ve daha yüksek sıcaklık ortamlarındaki türlerden daha düşük erime noktasına sahiptir (Arnesen ve Gildberg, 2002; Te Nijenhuis, 1977).

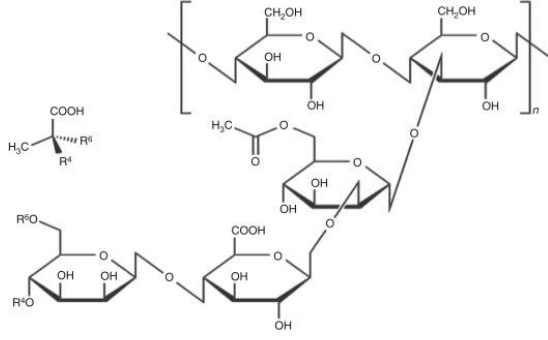
Memeli ve ılık su balıklarından elde edilen jelatinlerdeki yüksek aminoasit içeriğinin, daha düşük bir kritik konsantrasyon ve daha yüksek erime noktası ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. İkincisi, daha yüksek bir moleküler ağırlıklı (300 kDa) jelatinin, düşük moleküler ağırlıklı jelatinden daha yüksek bir bloom değerine sahip olduğu bilinmektedir. Ek olarak, üretim yönteminden ve pH'dan etkilenen polipeptitlerin sayısı ve dağılımı da jelleşme özelliklerini etkiler.Balık jelatininin jelleşmesi ve reolojik özellikleri de ekstrakte edildiği türden veya dokudan, pH, sıcaklık ve hem ön muamele hem de ekstraksiyon işleminin süresi gibi ekstraksiyon işlem koşullarından büyük ölçüde etkilenir (Ahmad, İsmail, Ahmad, Khalil, Kumar, Adeyemi ve Sazili, 2017).Yumuşak jel oluşumu, su çözeltilerinde jelatinin hidrojen bağlanması sırasında önemli olan düşük miktarda prolin ve hidroksiprolin içeriğinden kaynaklanmaktadır. Ek olarak, balık jelatininin özellikleri de türlere göre değişmektedir (Baziwane ve He, 2003; Kolodziejska vd., 2004; Muyonga vd., 2004).

2.3. Ksantan Gam

Ksantan gam, *Xanthomonas campestris* bakterileri tarafından ticari olarak üretilen anyonik bir polisakarittir. Ksantan gam su ile daha fazla etkileşime neden olan hidrojen bağı sayısını artıran hidroksil grupları nedeniyle su tutma kapasitesini artırabilir. Buna ek olarak, ksantan gam psödoplastik özelliklere sahiptir ve glukomananlar ve galaktomananlar gibi bazı polisakkaritler ile sinerjik etki göstermektedir. Bunun sonucu olarak da, daha fazla jelleşmeyi ve viskoelastik kabiliyetini geliştirebilirler (Mohammadi, Sadeghnia, Azizi, Neyestani ve Mortazavian, 2014; Buresova, Masarikova, Hrivna, Kulhanova ve Bures, 2016). Soğuk suda hidratlanabilir ve kesme inceltme davranışını gösteren yapışkan bir çözelti oluşturabilmektedir. Ksantan gam çözeltisi sıcaklık değişimine karşı duyarsız olması nedeniyle pişirme sırasında yüksek viskozitesini kaybetmemektedir (Naji-Tabasi ve Mohebbi, 2015).

Ksantan gamın kimyasal bileşimi, dallı veya dalsız 3 ila 8 monosakkarit içeren selüloz omurgası olarak temsil edilebilir. Temel olarak, D-glukuronik asit, D-mannoz ve D-glukozdan oluşmaktadır. Glikoz birimleri birbirlerini -1,4 glikozidik bağ dallanma ile karbon-3 atomları arasında birbirine bağlı olup, dallar D-mannopiranoz- (2,1) - β -D-glukuronik asit- (4,1) - β -D-mannopiranozdan oluşmaktadır. Ayrıca, %40'dan daha az terminal mannoz grupları, 4-6 pozisyonuna ketal olarak bağlı bir piruvik asit ünitesine sahiptir (Ptaszek, Kabzinski, Ptaszek, Kaczmarczyk, Kruk ve Bienczak, 2016).

Ticari olarak, en yüksek verimde ve kalitede üretilmek için sıklıkla *Xanthomonas campestris* bakterisinden aerobik fermantasyon işlemiyle elde edilir (El Enshasy, Then, Othman, Al Homosany, Sabry, Sarmidi ve Aziz, 2011). Üretim süreci, farklı karbon ve azot kaynaklarının ve diğer ortam bileşenlerinin (Umashankar, Annadurai, Chellapandian ve Krishnan, 1996) sıcaklık, pH, havalandırma, çalkalama türlerinden ve konsantrasyonlarından oldukça etkilenmektedir (Shu ve Yang, 1990,1991; Garcia,amp ve del Carmen Guillen, 2002). Şekil 2.1'de Ksantan gamın kimyasal yapısı görülmektedir.

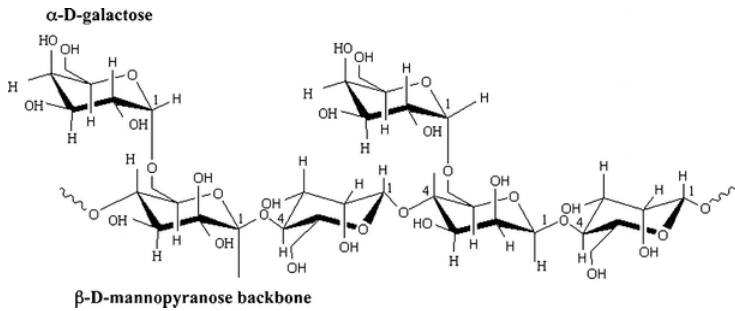


Şekil 2.1.Ksantan gamın kimyasal yapısı (Kennedy ve Bradshaw, 1984)

2.4. Guar Gam

Guar gam çok yüksek moleküler ağırlığa sahip, soğuk suda çözünen, iyonik olmayan ve tuza toleranslı doğal olarak oluşan, toksik olmayan bir polisakarittir. Guar bitkisi (*Cyamopsis tetragonoloba*) tohumlarının öğütülmüş endospermidir. Endospermin ana bileşeni bir galaktomannandır. Galaktomananlar, O-6'ya bağlanmış tek birim α -D-galaktopiranosil dallarıyla birlikte 1,4 bağla birleştirilen bir ana D-mannopiranosil birimi zincirinden oluşur. Guar gamın spesifik polisakarit bileşeni guarandır. Guar'da, D-mannopiranosil ana zincir birimlerinin yaklaşık yarısı bir D-galaktopiranosil yan zincir içermektedir (BeMiller ve Whistler, 1996). Guar gam içindeki mannoz/galaktoz oranı genellikle 2:1'dir (Sandhu, Simsek ve Manthey, 2015).

Guar gam, hem gıda hem de gıda dışı uygulamalar için önemli bir düşük maliyetli kalınlaştırıcı polisakarittir. Besin stabilizatörü olarak ve diyet lifi kaynağı olarak birçok kullanım alanı vardır. Güçlü hidrofilik özelliği nedeniyle salata soslarında, dondurma karışımlarında ve unlu mamullerde kullanılan bir katkı maddesidir (Berk, 1976). Guar gamın kimyasal yapısı Şekil 2.2'de verilmiştir.



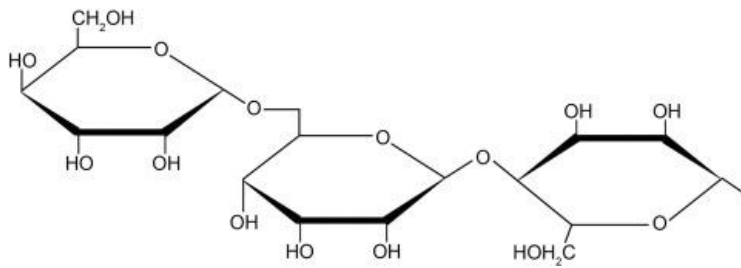
Şekil 2.2.Guar gamın kimyasal yapısı (Mudgil, Barak ve Khatkar, 2014)

Sulu sistemdeki guar gam genellikle sahte plastik davranış gösterir, bu da kayma hızı artarken çözeltinin viskozitesinin azaldığı anlamına gelmektedir. Bu özelliğinden dolayı guar gam, gıda sistemlerinde bir lif kaynağı ve bir dengeleyici olarak sıklıkla tercih edilmektedir. Buna ek olarak, glutenli ve glutensiz unlu mamullerde gluten davranışını ve su tutma özelliğini etkiler, tekstür-doku geliştirici ve viskozite kontrol amacıyla yoğurt üretiminde kullanılır. Buz kristallerinin parçacık boyutunu küçültmek için dondurmada da kullanılır (Mudgil vd., 2014).

2.5. Gam Arabik

Gam arabik Afrika'da yetişen akasya ağacı türlerinden olan *Acacia senegal* ve *Acacia seyal* ağaçlarının kabuğundan çıkarılan doğal bir gamdır. Tuz, protein ve şeker karışımları (çoğunlukla galaktoz) olarak bulunan çok karmaşık, çok dallı polisakarittir (Anderson, Douglas, Morrison ve Weiping, 1990). Gam arabik, gıda ve ilaç endüstrisinde yaygın olarak kullanılan popüler bileşenlerden biridir (Guan ve Zhong, 2014).

Gam arabik soğuk suda çözünür ve çok düşük viskozite sergiler. Gam arabik asit koşullarında karardır ve konsantre içeceklerin, tatlandırıcı yağların üretiminde, alkolsüz içeceklerde kullanılmak üzere yaygın olarak bir emülgatör olarak kullanılır. Gam arabik topaklanmayı ve yağ damlacıklarının birkaç ay boyunca birleşmesini önleyebilir. Ayrıca emülsiyonlar, şişelemeden önce şekerli karbonatlı su içerisinde 500 kat seyreltildiğinde bir yıla kadar stabil kalır (Williams ve Phillips, 2021). Gam arabikin kimyasal yapısı Şekil 2.3'de verilmiştir.



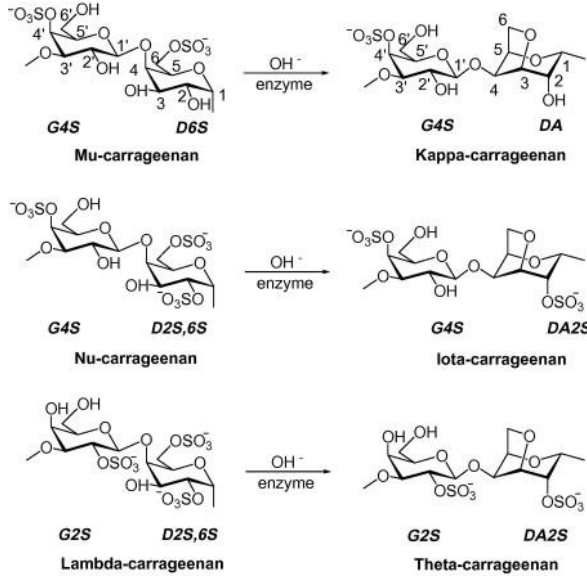
Şekil 2.3. Gam arabik kimyasal yapısı (Williams ve Phillips, 2021)

2.6. Karragenan

Karragenan kırmızı deniz yosunlarından ekstrakte edilen lineer sülfatlanmış bir polisakkarittir. Bu gamin jelatinimsi özütleri yüzlerce yıldır gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Karragenan, jelatine vejetaryen ve vegan bir alternatiftir. Karragenan büyük sarmal yapıda ve oldukça esnek bir moleküldür. Bu onlara oda sıcaklığında çeşitli farklı jeller oluşturma yeteneği vermektedir. Psödoplastik olmaları ve kayma gerilimi altında incelmeleri ve stres giderildikten sonra viskozitelerini geri kazanmaları özel avantajları arasında yer almaktadır (Hui,2006).

Karragenan *Gigartina*, *Chondrus crispus*, *Eucheuma* ve *Hypnea* olmak üzere farklı *Rhodophyta* türlerinden elde edilmektedir (Stanley, 1987). Bu polisakkaritler geleneksel olarak altı temel forma ayrılır: Iota (ι) -, Kappa (κ) -, Lambda (λ) -, Mu (μ) -, Nu (ν) - ve Theta (θ) - karragenan. Bu adlandırma, kimyasal sınıflandırmalarıyla ve ticari üretimle ilgili olup, farklı karragenan alt tipleri farklı yabancı ot kaynaklarından üretilmektedir. κ -karragenan ağırlıklı olarak ticarete *Eucheuma cottonii* olarak bilinen tropikal deniz yosunu *Kappaphycus alvarezii*'nin çıkarılmasıyla elde edilmektedir (Rudolph, 2000). *Eucheuma denticulatum* ι -karragenan üretimi için ana türdür. Deniz yosunları yüksek sıcaklıklarda alkali ile ekstrakte edilerek biyolojik öncüler olan μ - ve ν -karragenlerin, ticari κ ve ι -karragenlerine dönüştürülmesinde kullanılır. λ -Karragenan, *Gigartina* ve *Chondrus* cinsinin farklı türlerinden elde edilmektedir. Tüm karragenanlar, tekrarlanan galaktoz birimleri ve hem sülfatlanmış hem de sülfürlenmemiş 3,6 anhidro galaktozdan (3,6-AG) oluşan yüksek moleküler ağırlıklı polisakkaritlerdir (Şekil 2.4). Birimler, alfa 1-3 ve beta 1-4 glikozidik bağlarla bağlıdır (Hui,2006).

Gıda endüstrisinde karragenan kalınlaşma, jelleşme ve stabilize etme yetenekleri gibi fiziksel ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Süzme peynir dokusunu iyileştirme, puding ve sütlü tatlıların viskozitesini ve dokusunu kontrol etmek için de kullanılmaktadır. Köfte, sosis ve az yağlı hamburger üretiminde ise bağlayıcı ve stabilizatör olarak kullanılabilir (Campo, Kawano, da Silva Jr ve Carvalho, 2009). Karragenanın kimyasal yapısı Şekil 2.4' de verilmiştir.



Şekil 2.4.Karragenan kimyasal yapıları (Campo vd.,2009)

2.7. Keçiboynuzu Gamı

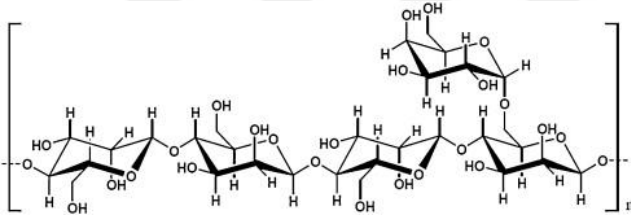
Keçiboynuzu gamı (E410), botanik olarak Akdeniz bölgelerinde bulunan *Ceratonia siliqua* L. olarak bilinen baklagil ailesinin bir üyesi olan keçiboynuzu ağacının tohum endosperminin öğütülmesinden sonra elde edilen kremi beyaz bir tozudur. (Ensminger, Ensminger, Kondale ve Robson, 1983). Keçiboynuzu gamı, hem endüstriyel (kağıt, tekstil, ilaç, kozmetik ve diğer endüstriler) hem de gıda ürünlerinde (dondurma vb.) kullanılan ilk galaktomannandır. Bu biyopolimer, nispeten düşük konsantrasyonda çok viskoz bir çözelti oluşturma, dispersiyon ve emülsiyonu stabilize etme ve birçok süt ürünündeki yağın yerini alma yeteneği sayesinde tercih edilmektedir.

Keçiboynuzu gamının özellikleri genellikle iyonik olmadığı için pH, tuzlar veya ısıl işlemden etkilenmez. Daha elastik ve daha güçlü bir jel oluşturmak için diğer dış etkenler ve kıvam arttırıcı maddelerle (karragenan, agar, ksantan gam) de uyumludur (Goycoolea, Richardson, Morris ve Gidley, 1995). Keçiboynuzu gamı ortam sıcaklığında düşük çözünürlük gösterir ve en iyi su bağlama kapasitesini elde etmek için maksimum çözünürlük için ısıl işlem gereklidir (Gaisford, Harding, Mitchell ve Bradley, 1986; Hui ve Neukom, 1964).

Keçiboynuzu gamı, ağızda kremi bir his sağladığı için birçok gıda uygulamasında tercih edilmektedir. Zenginlik ve sürülebilirlik kazandırmak için tipik olarak krem peynir gibi sürülebilir gıdalara eklenmektedir. Özellikle çeşitli gıda ürünlerinde

sinerezisi önlemede faydalıdır. Keçiyoynuzu gamı ayrıca soslarda ağızda pürüzsüz bir his yaratmaktadır. Suyu bağlama kabiliyeti, dondurma gibi donmuş gıdalardakullanımı için uygundur. Bunun nedeni dondurma içinde nemin keçiyoynuzu gamı tarafından tutulması ve buz-kristal oluşumunun boyutunu azaltmasıdır. Keçiyoynuzu gamı ayrıca yoğurt üretiminde de kullanılmaktadır. Yoğurtta, belirli seviyelerde kullanıldığında sinerjiyi azaltır ve yoğurdun su tutma kapasitesini arttırmaktadır (Ünal, Metin ve Işıklı, 2003).

Son zamanlarda, su buharı geçirgenliği, oksijen geçirgenliği, gerilme mukavemeti gibi filmlerin özelliklerini geliştirdiği için keçiyoynuzu gamı yenilebilir filmlerde kullanılmaktadır (Cerqueira, Bourbon, Pinheiro, Martins, Souza, Teixeira ve Vicente, 2011). Yenilebilir kaplamalarda, keçiyoynuzu gamı, car-karragenan gibi diğer hidrokolloidler ile kombinasyon halinde kullanıldığında;sinerjistik etkisi nedeniyle filmin özelliklerini geliştirir.Ayrıca fırınlanmış gıdalar, içecekler, süt ürünleri ve işlenmiş meyve ürünleri gibi çeşitli gıda ürünlerinde koyulaştırıcı, stabilizatör ve jelleştirici ajan olarak kullanılır. Keçiyoynuzu gamı, FDA tarafından GRAS olarak sınıflandırılır ve stabilize edici, koyulaştırıcı özellikleri için kullanılır (Soma, Williams ve Lo, 2009).Keçiyoynuzu gamının kimyasal yapısı Şekil 2.5’de verilmiştir.

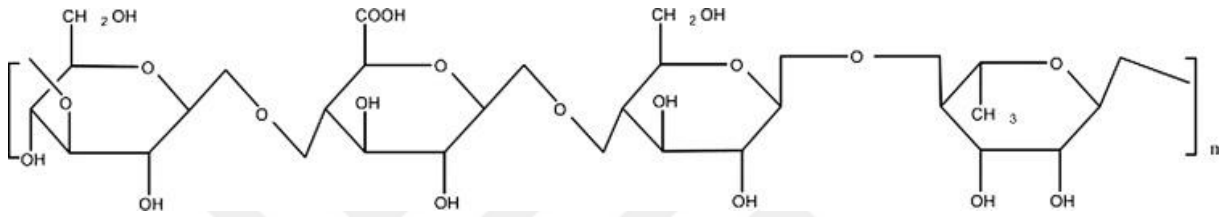


Şekil 2.5.Keçiyoynuzu gamının kimyasal yapısı (Barak ve Mudgil,2014)

2.8. Gellan Gam

Gellan gam, gıda ve ilaç endüstrilerinde geniş uygulama alanlarına sahip bir anyonik ekzopolisakarittir ve *Sphingomonas paucimobilis* kullanılarak fermantasyon yoluyla üretilen bir gıda katkı maddesidir. Gellan gam, 2:1:1 oranında D-glukoz, L-ramnoz ve D-glukuronik asidin tetrasakkarit tekrarlayan birimlerinden oluşur ve D-glukozil kalıntısı üzerinde D'ye bitişik O-asetil ve L-gliseril kısımlarına sahiptir (O'Neill, Selvendran, ve Morris, 1983). Gellan gam, ısıtıldığında ve soğutulduğunda ısıya dayanıklı bir jel oluşturma özelliğine sahiptir, bu da stabilize edici, kıvam arttırıcı, emülsifiye edici, tekstür edici ve jelleştirici ajan olarak kullanılmasını uygun hale getirmektedir (Morris, 1990).

Gellan gam farklı gıda uygulamalarında koyulaştırıcı, bağlayıcı ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Esas olarak tatlılar ve jöleler gibi su bazlı jelleri stabilize eden gellan gam vegan öğelerde yoğurt ve ekşi krema gibi bazı süt ürünlerinde jelatin yerine kullanılmaktadır. Ek olarak, pektinin fonksiyonel olmadığı düşük kalorili (şekersiz) reçellerde, meyve preparatlarında, yoğurtta, soslarda, yağsız salata soslarında ve filmlerde de kullanılmaktadır. Gellan gam kullanımı nişasta şekerlemelerinin sertleşme süresini azaltmak için en iyisidir ve sıcak bir ortama maruz kaldıklarında şekerlerin birbirine yapışmasını da önlemektedir (Mariod ve Fadul, 2013; Saha ve Bhattacharya, 2010). Gellan gamın kimyasal yapısı şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Gellan gamın kimyasal yapısı (Sarkar, Nandi, Changder, Hudati, Sarkar ve Ghosh, 2017)

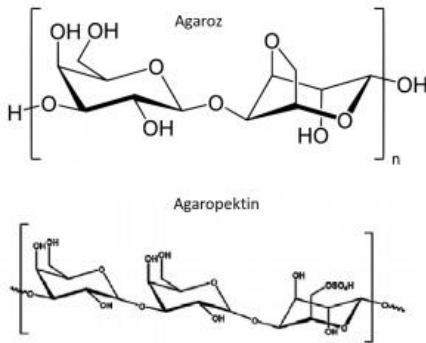
2.9. Agar Agar

Agar agar, agarofit olarak bilinen kırmızı alglerden elde edilen karmaşık bir polisakkarit karışımıdır. Agar agar, özellikle gıda, ilaç, kozmetik ürünleri, biyolojik ve tıbbi araştırmalarda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Dünyada üretilen en büyük agar miktarı *Gracilaria* (%53) ve *Gelidium*'dan (%44) elde edilir. *Gelidiella* ve *Pterocladia* gibi agarofitler sadece küçük bir miktar (%3) üretilir (McHugh, 1991). *Gracilaria* türleri genellikle düşük jel mukavemetine sahip agar üretir ve ticari olarak değerli agarların önemli kaynağı olarak kabul edilirler (Armisen, 1995).

Agar, D- ve L-galaktozdan oluşan jelleşen polisakkaritlerin bir karışımını tarif etmek için kullanılan kolektif bir terimdir. Kırmızı alg galaktanlarının adlandırılması, agaroz, agaroidler, agarans ve agaropektin, farklı konformasyonlara ve yan zincir ikamelerine sahip farklı agar bileşenlerini tanımlamak için kullanılır (Craigie, 1990; Knutsen, Myslabodski, Larsen ve Usov, 1994; Usov, 2011). Agaroz yaygın olarak kabul edilen bir isim olup, sırasıyla β -1,3- ve α -1,4-glikosidik bağlarla birleştirilen tekrarlanan D-galaktoz ve 3,6-anhidro-L-galaktoz birimlerine sahip nötr polisakkariti ifade etmektedir (Marinho-Soriano ve Bourret,

2005).Bu lineer yapının agar polisakkaritinin %70'ine kadar katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir.Sülfat ester, metoksil grubu ve piruvat ketal gibi yan zincir ikame edicileri, agarın omurgasında (örneğin, alternatifd- vel-galaktoz) ve daha az bir ölçüde agarın genel olarak jelleşme özelliğini azaltan agarozda bulunabilir (Usov, 2011).

α -1,3 ve β -1,4 bağlantıları ile birbirine bağlanan agaroz (doğrusal) ve agaropektin (dallı) olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Bu iki polisakkarit aynı monomerlere ancak farklı yapıya sahiptir. Birincisi, glikozidik bağlarla bağlanan alternatif β -D-galaktoz ve 3,6-anhidro-L-galaktoz birimlerinden oluşan doğrusal bir polimerdir ve agarın jelleşme özelliklerini çoğunlukla belirleyen fraksiyondur.İkinci agar bileşeni olan agaropektin, bazı 3,6-anhidro-L-galaktoz halkalarının L-galaktoz-6-sülfat veya metoksi veya piruvat gruplarıyla değiştirildiği aynı tekrar birimlerinden oluşan heterojen bir agarozdur ve sonuç olarak polimer jelleşme özelliklerini etkilemektedir(Duckworth,Hong veYaphe, 1971).Kimyasal yapısı, diğer biyomoleküllere reaktivite olmaması, aside direnç ve düşük konsantrasyonlarda sağlam jel oluşturma kabiliyeti nedeniyle bu biyopolimer çeşitli biyoteknoloji endüstrilerindeki uygulamaları desteklemektedir (Clark, Kamide, Ross-Murphy ve Saito, 1987).Tüm bu özelliklerin yanı sıra, agar-agar son derece gözeneklidir, bu da onu proteinlerin tutulması için mükemmel bir matris yapar. Literatüre göre, kırmızı deniz yosunu türleri, deniz yosunu büyümesinin çevresel durumu ve fizyolojik faktörler ve ekstraksiyon yöntemleri, hem sülfat miktarıyla hem de ana bileşenlerin nisbi oranını ve sonuç olarak agar jelleşmesini ve reolojik özelliklerini güçlü bir şekilde etkiler(Marinho-Soriano, 2001). Agar agarın kimyasal yapısı şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Agar agarın kimyasal yapısı (Usov, 2011)

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tekle (2016), Çipura (*Sparus aurata*) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*) balık türlerinin derilerinden jelatin üretimi ve elde edilen jelatinlerin özelliklerini incelediği çalışmada, Çipura'da %17,93 ve Levrek'de %13,71 oranında jelatin verimi elde etmiştir. Çipura'da jel kuvveti (Bloom), viskozite ve pH sırasıyla 129,9g, 8,4 cP ve 4,62 olarak, Levrek'de ise 70g, 5,69 cP ve 3,56 olarak tespit etmiştir. Çipura derisinden elde edilen jelatininin su tutma ve yağ bağlama kapasitesi ile köpük oluşturma ve köpük stabilitesinin levrek derisinden daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Levrek jelatininin jelleşme sıcaklığını 16,79°C ve Çipura jelatininin jelleşme sıcaklığını 21,21°C olarak tespit etmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, balık jelatininin gıda ürünlerinde memeli jelatine alternatif olarak kullanılabilceğini bildirmiştir.

Sezer (2019), Yüksek hidrostatik basınç (YHB) ve ultrasonikasyon (US) metotlarını kullanarak balık jelatininin modifikasyonunu araştırmıştır. Çalışmada kullanılan jelatin konsantrasyonu 6,67% olup, yüksek basınç metodu 400 MPa basınçta ve 10°C-30°C sıcaklık kombinasyonları ve 15 dakika süreyle uygulanmış, ultrasonikasyon deneyleri için 60% ve 100% güç, 24kHz frekansta 5 ve 10 dakika parametrelerinde uygulanmıştır. Sonuç olarak çalışmaların jelatinin stabilitesi üzerinde bir etkiye sahip olduğunu ve balık jelatininin jelleşme özelliklerini iyileştirdiğini ileri sürmüştür.

Muyonga vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada balık derisi ve balık kemiğinden asit ekstraksiyonu ile jelatin elde etmiş ve elde edilen bu jelatinler kalite özellikleri ve fonksiyonel özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara göre kemik jelatini elde etmek için daha yüksek ısı işlem gerektiğini, kemikten elde edilen jelatin veriminin deriden elde edilen jelatin verimine göre daha düşük olduğunu ve bunun sebebinin de kemiğin yapısında yüksek oranda bulunan inorganik maddelerin uzaklaştırılması zorunluluğunun jelatin verimini düşürdüğü şeklinde açıklamışlardır.

Koli, Basu, Nayak, Patange, Pagarkar ve Gudipati(2012), yapmış oldukları bu çalışmada balık kemiği ve derisinden ekstraksiyon ile jelatin elde etmiş ve elde edilen jelatinlerin fonksiyonel özelliklerini belirlemiştir. Balık derisinden elde edilen jelatin verimi %7,5 iken balık kemiğinden elde edilen jelatin verimi %4,5 olarak bulmuşlardır. Aynı zamanda balık derisinden elde edilen jelatinin protein içeriği balık kemiğinden elde

edilenekıyasla daha yüksek bulmuşlardır ve sonuç olarakta deriden elde edilen jelatinlerin fonksiyonel özelliklerinin daha üstün olduğunu belirlemişlerdir.

Orhan (2014), Çipura (*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*), alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) omurga, kafatası, yüzgeçleri kullanılarak elde edilen jelatinlerin kalitelerini incelemiştir. Balık jelatinlerini 24 saat süresince 0,05M derişimde Sitrik asit ($C_6H_8O_7$) ile ön muamele ederek, 65°C'de 6 saat boyunca hidrolize etmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen son ürünlerin standartları yakalayarak, insan gıdası olarak güvenli bir şekilde tüketilebileceğini bildirmiştir.

Kamer, Palabiyik, Işık, Akyuz, Demirci ve Gumus (2019), Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) derisinden elde edilen balık jelatinine farklı konsantrasyonlarda sorbitol ve sukroz ilave edilip reolojik özelliklerini incelemiştir. FTIR analizi ile incelenen jelatinin yapısal özelliklerindeki değişiklikler nedeniyle sorbitol ve sukroz ilavesinin jelleşmeyi, dokuyu, termal ve reolojik özellikleri olumlu etkilediğini ileri sürmüşlerdir. 10g/100mL sorbitol ve sukroz ilavesinin jelatinde jel mukavemeti 828 Pa'dan sırasıyla 2317 Pa'ya ve 1996 Pa'ya yükselttiğini tespit etmişlerdir. Erime sıcaklığının ise sorbitol ve sukroz ilavesiyle 17,5°C'den sırasıyla 22°C'ye ve 22,1°C'ye yükseldiğini bildirmişlerdir.

Gökçin (2013), Uskumru (*Scomber Scombrus*) ve Levrek (*Dicentrarchus Labrax*) kemiklerinden jelatin elde edip reolojik ve fonksiyonel özelliklerini incelemiştir. Elde edilen jelatinlerin verimleri sırasıyla %5,98 ile %6,20 olarak bulmuştur. Her iki balık kemiğinden ekstrakte edilen jelatinlerin protein içeriklerini %91,47 ve %92,42, yağ içeriklerini ise %0,1 olarak bulmuştur. Uskumru ve levrek jelatinlerinin pH değerlerini sırasıyla 5,49 ve 5,96 olarak belirlemiştir. Uskumrudan ekstrakte edilen jelatinin erime noktası (25,50°C), levrekten ekstrakte edilen jelatinden (23°C) ve ticari jelatinin erime noktasından (21,03°C) yüksek olduğunu bildirmiştir.

Sarabia, Gomez-Guillen ve Montero (2000), *Lepidorhombus boscii* (megrim) derisinden asidik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen jelatinin viskoelastik özelliklerinin çeşitli tuzların ilavesiyle nasıl değişeceğini araştırmışlardır. Tuzların jelatinin jelasyon süresini uzattığını, magnezyum sülfat ($MgSO_4$), amonyum sülfat ($(NH)_4SO_4$) ve sodyum fosfat ($NaHPO_4$) tuzlarının ilavesiyle erime sıcaklığının yükseldiğini bildirmişlerdir.

Tabarestani, Maghsoudlou, Motamedzadegan ve Mahoonak (2010), Gökkuşuğu alabalığı derisinden elde edilen jelatinin fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği çalışmada, NaOH konsantrasyonu (0,01-0,21N), asetik asit konsantrasyonu (0,01-0,21N) ve ön işlem süresinin (1-3 saat) jelatinin verimi, molekül ağırlığı, jel gücü, viskozitesi ve erime noktası üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ön işlem süresince H⁺ iyonlarının konsantrasyonunun, jelatinin molekül ağırlığı, erime noktası ve jel gücü üzerine önemli etki gösterdiğini bildirirken, OH⁻ iyonlarının konsantrasyonunun ekstraksiyon verimi ve viskozite üzerine etkilerinin bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Ninan, Jose ve Abubacker (2011), Sazan balığı (*Cyprinus carpio*) ve Rohu (*Labeo rohita*) derisinden sırasıyla %12 ve %12,93 verimle jelatin elde etmişlerdir. Jelatinlerin viskozite değerlerinin sırasıyla 5,96 cP ve 6,06 cP olduğu ve sazan derisinden elde edilen jelatinin, rohu derisinden elde edilen jelatine göre daha düşük erime noktasına ve yağ tutma kapasitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Sow vd. (2018), Tilapia derisinden elde edilen jelatine düşük açilli gellan gam ilave edip reolojik özelliklerini ve yapı değişikliğini incelemişlerdir. Sonuç olarak gellan gamın, karışım oranına bağlı olarak balık jelatininin yapısını ve fiziksel özelliklerini değiştirdiğini ve üçlü sarmal miktarı, jelatinin görünümü, fiziksel özelliklerinde ciddi değişiklikler olmaksızın jelin mukavemetini ve termal stabilitesini geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Derkach, Voron'ko, Kuchina, Kolotova, Gordeeva, Faizullin ve Makshakova (2018), k-karragenan ve jelatin karışımının moleküler yapısı ve özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak kullanılan k-karragenanın miktarının önemli olduğunu, bu miktarın arttıkça erime sıcaklığı ve jel mukavemetini arttırdığını bildirmişlerdir.

Üçyol (2016), Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*), Çipura (*Sparus Aurata*) ve Levrek (*Dicentrarchus Labrax*) balıklarının atıklarından jelatin elde edilebilme kapasitelerini araştırmıştır. Alabalık derisinden elde edilen jelatinin verimini %14,4, levrek derisinden elde edilen jelatinin verimini %11,3, çipura derisinden elde edilen jelatinin verimini %8,1 olarak belirlemiştir.

Sow vd. (2017), gellan gam ve kalsiyum klorür ilavesinden etkilenen Tilapia balık jelatininin nanoyapı analizi ve dokusal modifikasyonunu incelemişlerdir. Sonuç olarakta gellan gamın oluşturulan balık jelatininin sertlik derecesini arttırdığını belirtmişlerdir.

Pronoto vd. (2007), balık jelatininden elde edilen filmlere gellan gam ve k-karragenan ilavesi yapıp etkisini incelemiştir. Sonuç olarak gellan gam ve k-karragenanın filmlerin mekanik özelliklerini arttırdığını ancak eklenen polisakkaritlerin filmleri koyulaştırdığını, gellan gamın k-karragenana göre çapraz bağlanma eyleminde daha etkili olduğunu bildirmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Araştırmada jelatin üretiminde gökkuşacağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) derisi kullanılmıştır. Alabalık derileri Çanakkale’de bir alabalık üretme çiftliğinden alınmış kullanılabilecek kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

Araştırmada kullanılan gellamlar (Gellan gam, gam arabik, ksantan gam, keçiyoynuzu gamı, guar gam, karragenan, agar agar) ve kullanılan sığır jelatiniticari bir firmadan satın alınmıştır.

4.2. Metod

4.2.1. Jelatin Ekstraksiyonu

Daha önceki çalışmalarda denemesi yapılmış ve yüksek verim elde edilmiş (Kamer vd., 2019) olan balık derisinden, jelatinin ekstrakte edilmesinde Garcia vd. (2002)’nin çalışmasında kullanılan metot kullanılmıştır. Dondurulmuş balık derileri küçük parçalar (3x3 cm) halinde kesilip, kesilen balık derileri musluk suyu ile yıkanmıştır. Şekil 4.1’de jelatin elde edilen gökkuşacağı alabalığı derisi ve Şekil 4.2’de parçalara ayrılmış balık derisi görülmektedir.



Şekil 4.1. Jelatin elde edilen gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*) derisi



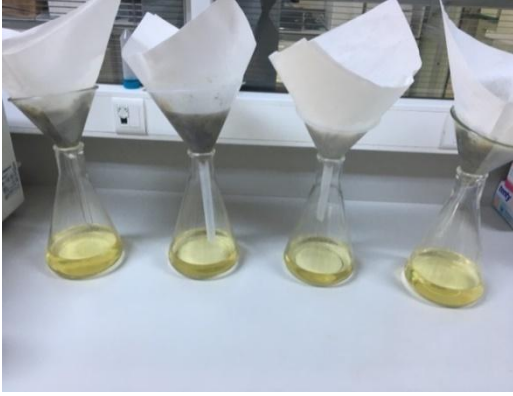
Şekil 4.2. Küçük parçalara ayrılıp yıkanan balık derileri

Deriler 5°C'deki 0,5M sodyum klorür içerisinde daldırılarak 5 dakika boyunca bir baget yardımı ile karıştırılmıştır. Deriler 0,1N sodyum hidroksit ile muamele edilmeden önce musluk suyu ile etkin bir şekilde yıkanmıştır. Yıkanmış derilerin aktarıldığı ve sodyum hidroksit içeren (1:5 w/v) beher çalkalamalı inkübatör cihazı (INFORS) ile 20°C'de ve 180 rpm karıştırma hızında 40 dakika boyunca çalkalanmıştır. Daha sonra deriler distile su ile 3 defa yıkanmıştır. Şekil 4.3'de balık derilerinin sodyum klorür ile muamelesi görülmektedir.



Şekil 4.3.Balık derilerinin sodyum klorür ile muamelesi

Ekstraksiyonun ikinci aşamasında deriler 0,1M asetik asit çözeltisi ile 50°C'de ve 180 rpm karıştırma hızında 18 saat boyunca ekstrakte edilmiştir. Ekstrakte edilen balık jelatini çözeltisi filtre edildikten sonra fanlı etüvde (ERTICK) 80°C'de kurutulmuştur. Şekil 4.4'de Ekstrakte edilen balık jelatini çözeltisinin filtre edilmesi, şekil 4.5'de filtrasyon sonrasında etüvde kurutulması ve kurutma sonrası jelatin görülmektedir.



Şekil 4.4. Ekstrakte edilen balık jelatini çözeltisinin filtre edilmesi



Şekil 4.5. Jelatinin filtrasyon sonrasında etüvde kurutulması ve kurutma sonrası görünümü

4.2.2. Balık Jelatini Solüsyonlarının Hazırlanması

Çalışmada ksantan gam(1), gellan gam(2), agar agar(3), keçiyoynuzu gamı(4), karragenan(5), guar gam(6), gam arabik(7) olmak üzere toplam 7 farklı gam kullanılmıştır. İlave edilecek gam miktarları ön denemelerle belirlenmiş ve %0,5, %2,50, %5,00, %7,50 ve %10 olmak üzere 5 farklı oranda gam %6,67 (w/v) balık jelatinine ilave edilerek balık jelatini gam solüsyonları hazırlanmıştır.

Solüsyonlar hazırlanmadan önce kurutulmuş balık jelatini öğütülerek daha kolay çözünebilir forma getirilmiştir. Solüsyonlar oda sıcaklığında 1 saat boyunca bekletilerek hidratize olması sağlanmıştır. Daha sonra tüm jelatin çözünene kadar çalkalamalı inkübatör yardımıyla 20 dakika 65°C'de 180 rpm'de karıştırılmıştır. Hazırlanan solüsyonlar jel formuna gelmesi için 4°C'de buzdolabında 16-18 saat dinlendirilmiştir (Cai vd., 2017). Balık jelatini ve gam solüsyonları Çizelge 5.1' de belirtilen oranlarda hazırlanmış ve her örnekten en düşük %0,5 ile en yüksek %10 aralığında olacak şekilde 35 örneğin reolojik özellikleri reometrede analiz edilmiştir.

4.2.3. Balık Jelatini Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Balık jelatini örneklerinin, kül, protein ve pH değerleri AOAC (2000) metoduna göre belirlenmiştir. Balık jelatinlerinin kül miktarı 550°C sıcaklıktaki kül fırınında (CARBOLITE) sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılması ve yakılan örneklerin desikatörde soğutulduktan sonra tartılması ile hesaplanmıştır. Gamların pH değerleri dijital pH metre (ISOLAB) kullanılarak ölçülmüştür ve protein miktarı Kjeldahl metodu ile tespit edilmiştir. Protein içeriği azot içeriğinden ($N \times 6.25$) belirlenmiştir.

4.2.4. Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Örneklerin reolojik özellikleri, sıcaklık kontrollü (Peltier sistem) Discovery Hybrid Rheometer-2 (TA Instruments New Castle, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Reolojik analizler solüsyon formunda yapılmış olup farklı oranlarda gam içeren balık jelatini %6,67 (w/v) karışımı 60°C çalkalamalısu banyosunda (ISOLAB) 30 dk tutularak tamamen çözündürülmüş ve ardından cihaza yerleştirilmiştir. Şekil 4.6'da analizlerde kullanılan Reometre cihazı görülmektedir.



Şekil 4.6. Reometre cihazı

4.2.4.1. Gam ilaveli balık jelatini solüsyonlarının viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi

Jelasyon kinetiği Kuan vd. (2016) tarafından belirtilen metot referans alınarak belirlenmiştir. Solüsyonlar 10°C'de reometre plakasına aktarılmıştır. Reolojik ölçümler, belirli bir koni plaka konfigürasyonunda (koni çapı 40 mm, 0,8mm uzaklıkta), 1 Hz sabit frekansta ve %5 strain değerinde hassas olarak gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık 1°C/dak. hızda 24°C'den 5°C'ye düşürülmüştür. Daha sonra örnekler 4°C'de 3 saat tutulmuştur.

Numunelerin lineer viskoelastik bölgeleri (LVR) belirlendikten sonra, time sweep testleri 4°C'de 4000 saniye boyunca 1 Hz sabit frekansta ve %1 gerilme amplitüdünde çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak örneklerin elastik modülü (G' /storege modulus) ve viskoz modülü (G'' /Loos modulus) belirlenmiştir. Sonuçlar, cihazla birlikte verilen yazılım kullanılarak belirlenmiş ve elastik sertliğin ölçüsü, birikim modülü (G') olarak, viskoz sertliğin ölçüsü ise kayıp modülü (G'') olarak ifade edilmiştir.

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

G_t : t sürede G' değerini, t_{gel} : jelasyon süresini, C, bir sabittir ve k_{gel} , jelleşme hızı sabitidir.

Jel kuvveti, time sweep testinden sonra frequency sweep test ile 0,01-100 rad/s oranları arasında hesaplanmıştır(Kuan vd., 2016). Depolama şartlarına uygunluğunun bir göstergesi olarak, jelle uygulanan kayma kuvvetine karşı, gösterdiği stabilite

$$J' = \frac{G'}{G'^2 + G''^2} \text{ denklemler kullanılarak belirlenmiştir.}$$

Jel kuvveti, G_N^0 , depolama şartlarına uygunluk değeri ile ilişkilidir. J_N^0 , G'' modülünün sığ daldırma gösterdiği frekanstır (Ferry, 1980).

$$G_N^0 = \frac{1}{J_N^0}$$

Reolojik veriler Power-law modeli ile uyumluluk açısından test edilmiştir. Gam-balık jelatini solüsyonlarının akış davranışları, en yüksek determinasyon katsayısına (R^2) sahip model Power-law kullanılarak kıvam katsayısı (K -Pa.sⁿ) ve akış davranış indeksi (n) değerleri hesaplanmıştır. Denklem aşağıda belirtildiği şekilde kullanılmıştır:

$$\text{Power law (Ostwald-de Waele denklemi) modeli: } \sigma = K (\dot{\gamma})^n$$

4.2.4.2. Gam ilaveli balık jelatini solüsyonların erime sıcaklığının belirlenmesi

Gam ilaveli balık jelatini solüsyonların erime sıcaklıklarını belirlemek için temperature sweep analizi yapılmıştır. Solüsyonlar 10°C'ye ısıtılmış burada 300s dengeye geldikten sonra 50°C'ye 1°C/min oranda ısıtılmıştır. Birikim modülünün (G') azalmaya başladığı nokta reometre cihazı arayüzünde onset analizi ile tespit edilerek erime noktası kabul edilmiştir.

4.2.5. Jel Kuvveti (Bloom Derecesi)'nin Belirlenmesi

Bloom değeri, GME, (2000) tarafından tarif edilen yöntemle göre belirlenmiştir. Jel Kuvveti TA HD plus tekstür analizcihazında ölçülmüştür. Karışım, jelatin (7,5g) ve gam (en yüksek erime derecesi ve jel kuvveti gösteren konsantrasyon) 105mL saf suda çözündürülüp bloom kavanozuna alınmıştır. Jelatinin jel kuvveti (Bloom Derecesi) 4°C'de tespit edilmiştir. Jel kuvvetin ölçümü tekstür analiz cihazı ile yapılmıştır. Baş penetrasyon hızı 1 mm/s olacak şekilde numunelere 4 mm penetrasyon için gerekli kuvvet, jel kuvveti(g) olarak ölçülmüştür. Şekil 4.7'de bloom testinde kullanılan tekstür analiz cihazı görülmektedir.



Şekil 4.7. Tekstür analizinde kullanılan cihaz

4.2.6. Tekstür Profil Analizi

Jelatinin sertlik özellikleri 36 mm çaplı (R/36) probu kullanılarak TA HD plus tekstür analiz cihazında belirlenmiştir. Örnekler 4°C'de soğutucudan çıkartıldıktan sonra hızlı bir şekilde test edilmiştir. Test hızı 2 mm/s olacak şekilde test parametreleri; Hedef modu: Sıkıştırma mesafesi: 5 mm; Süre:3,0s; Tetikleyici türü: Otomatik (kuvvet); Tetikleme kuvveti: 0,1g olarak ayarlanmıştır (Kuan vd., 2016). Şekil 4.8'de tekstür analizi için hazırlanan örnekler görülmektedir.



Şekil 4.8. Tekstür analizi için hazırlanan örnekler

4.2.7. Su Tutma Kapasitesi (STK) ve Yağ Bağlama Kapasitesinin (YBK) Belirlenmesi

Su bağlama kapasitesi Lin, Humbert ve Sosulski(1974) metoduna göre yapılmıştır. Jelatin örneklerinden alınarak 1g örnek santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Tartımı alınmış, tüplere sırasıyla 50mL destile su ve 10mL mısır yağı eklenmiştir. Oda sıcaklığında 1 saat muhafaza sonrasında 15 dakika aralıklarla 5 saniye süresince 4 kez vortekslenmiştir. İşlem bitiminde 450xg kullanılarak santrifüjleme işlemi 20 dakika süreyle yapılmıştır. İşlem tamamlanınca üst faz alınarak ve santrifüj tüpünün iktiva ettiği faz 45 derecelik açı ile 30 dakika filtre kağıdından geçirilmiştir. Tüp ve kalan kısım (pelet) tartılarak ve sonuçlar aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{STK} = \{[\text{Pelet ağırlığı (g)} - \text{Jelatin ağırlığı (g)}] / \text{Jelatin ağırlığı (g)}\} \times 100$$

$$\% \text{YBK} = \{[\text{Pelet ağırlığı (g)} - \text{Jelatin ağırlığı (g)}] / \text{Jelatin ağırlığı (g)}\} \times 100$$

4.2.8. Renk Analizleri

Jelatin solüsyonlarının rengi Konica Minolta cihazı kullanılarak belirlenmiştir. L*(parlaklık), a* (kırmızı-yeşil) ve b* (sarı-mavi) parametreleri ölçülmüştür. L değeri 100'e yaklaştıkça gönderilen ışığın tamamını yansıtmaktadır. a değeri yeşilden kırmızıya, b değeri ise maviden sarıya renk değişimini göstermektedir. a değerinin pozitif değerleri kırmızı, negatif değerleri yeşil rengi; b değerinin pozitif değerleri sarı, negatif değerleri mavi rengi göstermektedir (Abbott JA, 1999). Analizlerde kullanılan renk analiz cihazı şekil 4.9'da görülmektedir.



Şekil 4.9. Renk analiz cihazı

4.2.9. Mikroyapısal Özellikleri (SEM)

Jelatin örneklerinin görüntüleri Namık Kemal Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında FEI- QUANTA FEG 250 marka Taramalı Elektron mikroskopu (SEM) ile alınmıştır. Analizlerde kullanılan taramalı elektron mikroskopu şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)

4.2.10. İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen veriler JMP 5.0.1.a paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilere tek yönlü ANOVA ile varyans analizi uygulanmış ve farklılıkların karşılaştırılmasında Tukey karşılaştırma testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizlerde α değeri, 0,05 olarak belirlenmiştir.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmada %0,5-10 arasındaki oranlarda 7 farklı gam (Ksantan gam, gellan gam, agar agar, keçiyoynuzu gamı, karragenan, guar gam, gam arabik) ilave edilerek 35 farklı denemede yapılan reolojik analizler sonucu erime dereceleri ve jel kuvveti tespit edilmiştir (Çizelge 5.1). Balık jelatinine ilave edilmesi gereken en ideal gam miktarları en yüksek jel kuvveti ve erime sıcaklığına göre belirlenmiştir (Çizelge 5.2). Reolojik analizler sonucunda en iyi sonuçları gösteren örnekler seçilmiş ve diğer bütün analizler bu örneklerle uygulanmıştır. 12 Kod numaralı %10 gellan gam ilaveli örnekte katı forma dönüşmesi ve yapının bozulmasından dolayı 12 kod numaralı örnek yerine %7,50 gellan gam ilaveli 11 numaralı örnek dahil edilmiştir.

Çizelge 5.1. Farklı oranlarda gam ilavesi yapılan balık jelatininin en yüksek jel kuvveti ve erime derecesi değerleri

Model	Gamlar	Erime derecesi (°C)	Jel Kuvveti (Pa)
1	Sığır Jelatini	29,74±0,005 ^a	5600,87±0,07 ^b
2	Balık Jelatini	15,27±0,011 ^{efghij}	1649,14±0,04 ^{ghij}
3	BJ+%0,5 Ksantan Gam	15,22±0,011 ^{efghij}	1723,57±1,57 ^{efghi}
4	BJ+%2,50 Ksantan Gam	15,61±0,005 ^{bcde}	1327,60±2,9 ^{ghij}
5	BJ+%5,00 Ksantan Gam	15,93±0,011 ^b	2658,29±5,64 ^{cde}
6	BJ+%7,50 Ksantan Gam	15,50±0,001 ^{cdefg}	1684,17±4,25 ^{efghij}
7	BJ+%10 Ksantan Gam	15,80±0,046 ^{bc}	1931,85±4,79 ^{efgh}
8	BJ+%0,5 Gellan Gam	14,80±0,017 ^{klm}	951,89±21,94 ^{ij}
9	BJ+%2,50 Gellan Gam	14,50±0,003 ^m	2896,58±14,13 ^{cd}
10	BJ+%5,00 Gellan Gam	14,90±0,046 ^{ijklm}	1532,51±2,19 ^{ghij}
11	BJ+%7,50 Gellan Gam	15,60±0,017 ^{bcde}	11390,17±10,17 ^a
12	BJ+%10 Gellan Gam	-*	-*
13	BJ+%0,5 Agar Agar	15,10±0,017 ^{ghijkl}	1109,88±5,66 ^{hij}
14	BJ+%2,50 Agar Agar	15,10±0,001 ^{ghijkl}	1681,85±1,37 ^{hij}
15	BJ+%5,00 Agar Agar	15,20±0,028 ^{efghijkl}	2593,06±10,17 ^{cdef}
16	BJ+%7,50 Agar Agar	15,31±0,005 ^{defghi}	3384,56±62,91 ^c
17	BJ+%10 Agar Agar	15,60±0,017 ^{bcde}	5656,14±56,14 ^b
18	BJ+%0,5 Keçiyoynuzu Gamı	15,60±0,075 ^{bcde}	1466,10±66,1 ^{ghij}
19	BJ+%2,50 Keçiyoynuzu Gamı	15,80±0,011 ^{bc}	3506,20±6,2 ^c

Çizelge 5.1. (devam)

20	BJ+%5,00 Keçiboynuzu Gamı	15,51±0,005 ^{cdefg}	1455,83±3,18 ^{ghij}
21	BJ+%7,50 Keçiboynuzu Gamı	15,52±0,023 ^{bcdef}	2581,93±1,8 ^c
22	BJ+%10 Keçiboynuzu Gamı	15,58±0,021 ^{bcde}	1206,43±0,95 ^{hij}
23	BJ+%0,5 Karragenan	15,43±0,017 ^{cdefgh}	2236,56±22,08 ^{defg}
24	BJ+%2,50 Karragenan	15,80±0,017 ^{bc}	1399,635±4,36 ^{ghij}
25	BJ+%5,00 Karragenan	15,22±0,017 ^{efghij}	1046,77±1,28 ^{hij}
26	BJ+%7,50 Karragenan	15,71±0,005 ^{bcd}	1543,205±1,67 ^{ghij}
27	BJ+%10 Karragenan	15,69±0,0175 ^{bcd}	3196,742±1,38 ^c
28	BJ+ %0,5 Guar Gam	14,79±0,005 ^{lm}	928,82±1,48 ^{ij}
29	BJ+%2,50 Guar Gam	15,00±0,323 ^{defgh}	1377,61±2,79 ^{ghij}
30	BJ+%5,00 Guar Gam	15,22±0,017 ^{efghij}	1814,04±0,04 ^{efghi}
31	BJ+%7,50 Guar Gam	15,11±0,017 ^{fghijkl}	1026,42±0,56 ^{hij}
32	BJ+%10 Guar Gam	15,21±0,005 ^{efghijk}	1000,51±14,19 ^{hij}
33	BJ+%0,5 Gam Arabik	14,79±0,011 ^{lm}	1136,54±0,04 ^{hij}
34	BJ+%2,50 Gam Arabik	14,89±0,005 ^{ijklm}	934,45± 4,04 ^{ij}
35	BJ+%5,00 Gam Arabik	15,06±0,028 ^{hijkl}	749,77±2,16 ^j
36	BJ+%7,50 Gam Arabik	14,79±0,005 ^{lm}	777,44±1,82 ^j
37	BJ+%10 Gam Arabik	15,11±0,260 ^{defgh}	1438,67±0,07 ^{ghij}

± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir.

*Kati forma dönüşmesinden dolayı ölçülemedi.

Çizelge 5.1’de erime dereceleri incelendiğinde örneklerin erime dereceleri 14,50-29,74 °C aralığında değişmiştir. En yüksek erime derecesi 29,74°C ile sığır jelatininde görülürken, en düşük erime derecesi de 14,50°C ile balık jelatinine %2.50 gellan gam ilavesiyle görülmüştür. Balık jelatini, sığır jelatini ve balık jelatinine gam ilaveli örnekler arasındaki erime derecesi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Örneklerin jel kuvveti değerleri incelendiğinde jel kuvvetinin 749,77-11390,17 Pa arasında olduğu tespit edilmiştir. Jel kuvvetinde 11390,17 Pa ile en yüksek değer balık jelatinine %7,50 oranında gellan gam ilavesiyle, en düşük değer ise 749,77Pa olarak balık jelatinine %5,00 gam arabik ilavesiyle görülmüştür. Balık jelatini, sığır jelatini ve balık jelatinine gam ilaveli örnekler arasındaki jel kuvveti sonuçları arasındaki farklılıklar istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 5.2. En iyi reolojik özellik gösteren gam miktarları

ÖRNEK NO	ÖRNEK ADI	% Karışım	Konsantrasyon
Kontrol 1 (K1)	Balık Jelatini	% 100 BJ	6,67%
1	Ksantan Gam	%6,67 BJ+0,033 Ksantan Gam	5,00%
2	Keçiboynuzu Gamı	%6,67 BJ+0,166 Keçiboynuzu Gamı	2,50%
3	Guar Gam	%6,67 BJ+0,333 Guar Gam	5,00%
4	Gam Arabik	%6,67 BJ+0,667 Gam Arabik	10%
5	Agar Agar	%6,67 BJ+0,667 Agar Agar	10%
6	Karragenan	%6,67 BJ+0,667 Karragenan	10%
7	Gellan Gam	%6,67 BJ+0,050 Gellan Gam	7,50%

Çizelge 5.2’de de görüldüğü gibi balık jelatini %6,67 oranında kontrol örneği olarak hazırlanırken, 1. örnekte %6,67 balık jelatini üzerine, hacmin %5,00’i kadar Ksantan gam ilave edilerek karışım sağlanmıştır. 2. örnekte %6,67 balık jelatini üzerine %2,50 keçiboynuzu gamı, 3. örnekte %6,67 balık jelatini üzerine %5,00 Guar gam, 4. örnekte %6,67 balık jelatini üzerine %10 Gam arabik, 5. örnekte %6,67 balık jelatini üzerine %10 Agar agar, 6. örnekte %6,67 balık jelatini üzerine %10 karragenan ve son olarakta 7. örnekte %6,67 balık jelatini üzerine %7,50 Gellan gam ilavesi yapılarak karışımlar hazırlanmıştır. Tüm analizler en iyi özellik gösteren Balık jelatini + Gam karışım örnekleri üzerinde yapılmıştır. Kontrol örneği olarak sığır jelatini ve balık jelatini örnekleri kullanılmış, karşılaştırmalar bu iki örneğe göre yapılmıştır.

5.1. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatinlerinin Fizikokimyasal Özellikleri

Farklı gam ilave edilmiş balık jelatinin bazı fizikokimyasal özellikleri çizelge 5.3’de verilmiştir.

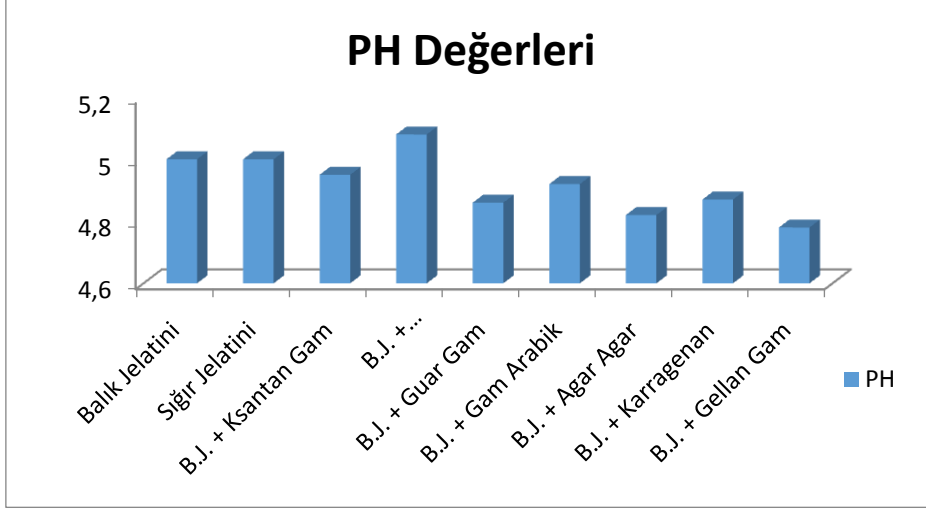
Çizelge 5.3. Farklı gam ilave edilmiş balık jelatininin bazı fizikokimyasal özellikleri

ÖRNEK NO	ÖRNEK ADI	PH DEĞERİ	KÜL MİKTARI (%)	PROTEİN MİKTARI (%)
Kontrol 1 (K1)	Balık Jelatini (BJ)	5 ±0,02 ^b	6,80±0,02 ^c	95,92±0,5 ^a
Kontrol 2 (K2)	Sığır Jelatini (SJ)	5 ±0,01 ^b	3,75 ±0,01 ¹	97,22±0,5 ^a
1	BJ + Ksantan Gam	4,95 ±0,02 ^{bc}	6,41±0,01 ^d	52,46±0,7 ^e
2	BJ + Keçiboynuzu Gamı	5,08 ±0,03 ^a	5,79±0,04 ^g	57,41±0,4 ^e
3	BJ + Guar Gam	4,86 ±0,02 ^{de}	5,69 ±0,1 ^h	72,64±0,5 ^{bc}
4	BJ + Gam Arabik	4,92 ±0,02 ^{cd}	5,99 ±0,01 ^e	66,14±0,7 ^d
5	BJ + Agar Agar	4,82 ±0,03 ^{ef}	5,89 ±0,05 ^f	56,23±0,8 ^e
6	BJ + Karragenan	4,87 ±0,01 ^{de}	8,21 ±0,01 ^a	69,35 ±1,06 ^{cd}
7	BJ + Gellan Gam	4,78 ±0,03 ^f	7,02 ±0,02 ^b	77,23±1,49 ^b

± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir.

5.1.1. Farklı Gam İleveli Balık Jelatinlerinin pH Değerleri

Balık jelatini, sığır jelatini ve farklı gam ilave edilmişjelatin karışımların pH değerleri oda sıcaklığında ölçülmüş olup sonuçlar çizelge 5.3’de verilmiştir.Balık jelatinine farklı gam ilave edilmesi ilejelatinin pH değerlerindeki değişimi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).Balık ve sığır jelatininde 5 olan pH değerinde sadece balık jelatini (BJ)+Keçiboynuzu gamı karışımında 5,08’e yükselmiş, diğer karışımlarda pH değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. pH değeri düşüş gösteren örnekler sırasıyla; BJ+Ksantan gam karışımı 4.95, BJ+Gam Arabik 4,92, BJ+Karragenan 4,87, BJ+Guar Gam 4,86, BJ+Agar agar 4,82, BJ+Gellan Gam 4,78 pH olarak ölçülmüştür. En düşük pH derecesine ise 4,78ile balık jelatini ve gellan gam karışımının sahip olduğu belirlenmiştir(Çizelge 5.3).Farklı gam ilave edilmiş balık jelatinin pH değerlerindeki değişim Şekil 5.1’ de verilmiştir.



Şekil 5.1.Farklı gam ilave edilmiş balık jelatinin pH değerleri

Gökçin, (2013) çalışmasında uskumrudan elde edilen jelatinin pH değerini 5,49, levrek derisinden elde edilen jelatinin pH değerini 5,96 olarak bulmuştur.

Orhan, (2014) yapmış olduğu çalışmada çipura balığı derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 5,80, levrek balığının derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 5,83, Alabalık derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 5,21 olarak belirlemiştir.

Tekle, (2016) yapmış olduğu çalışmada levrek balığının derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 3,56, çipura balık derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 4,62 olarak bulmuştur.

Tümerkan, Cansu, Boran, Mac Regenstein ve Özoğul, (2019) yaptıkları çalışmada ton balığı derisinden elde edilen jelatinin pH değerini 6,3 olarak belirlemişlerdir.

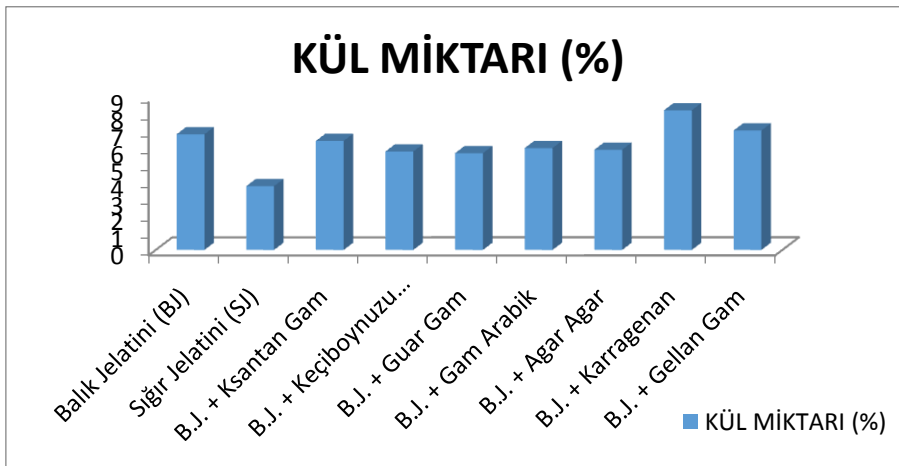
Üçyol, (2016) yapmış olduğu tezde çipura (*Sparus aurata*) derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 6,13, levrek (*Dicentrarchus labrax*) derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 5,84 ve gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) derisinden elde ettiği jelatinin pH değerini 6,03 olarak tespit etmiştir.

Bu araştırmada tespit edilen pH değerleri yukarıda literatürde belirtilen Gökçin (2013), Tümerkan vd. (2019), Üçyol (2016)'nın belirlediği pH değerinden düşük bulunurken, Tekle'nin ölçmüş olduğu pH değerinden yüksek olarak belirlenmiştir. Ksantan gam ilaveli balık jelatininin pH değeri diğer karışımlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Uygulanan ekstraksiyon işlemlerine bağlı olarak üretilen jelatinin pH değerinin değiştiği bildirilmiştir (Songchotikunpan vd., 2008). Kolajene uygulanan ön işleme bağlı olarak farklı tipte ve farklı özellikte jelatinler elde edilir. Bunlar A tipi ve B tipi jelatin olarak adlandırılır. Tip A jelatin pH 6,9'da izoelektrik noktaya sahip iken, tip B ise pH 5'de izoelektrik noktaya sahiptir. A tipi asit ile ön işlemde geçirilmiş kolajenden üretilirken, B tipi alkali ile ön işlemde geçirilir (Karim ve Bhat, 2009). Bu farklı şekillerde üretilen jelatinler gıdalarda kullanılırken de pH özelliklerine göre sınıflandırma önem arz etmektedir. Ayrıca pH balık jelatininin jelleşme özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir (Kaewruang vd., 2014). Bizim ürettiğimiz jelatinin B tipi jelatin olduğu ve özellikle asitli gıdalarda kullanılabilir potansiyelinin olabileceği söylenebilir.

5.1.2. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatinin %Kül Miktarları

Gökkuşuğu alabalığından elde edilen jelatin ve farklı oranlarda gam ilave edilmiş örneklerin %kül miktarları çizelge 5.3'de verilmiş olup balık, sığır jelatini ve gam ilaveli örneklerin %kül oranları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Bu sonuçlara göre balık jelatininde kül oranı %6,80 bulunurken, sığır jelatininde %3,75 ile kül oranı daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. En yüksek kül içeriğine %8,21 ile balık jelatini-karragenan karışımı ve %7,02 ile balık jelatini-gellan gam karışımının sahip olduğu tespit edilmiştir. Karışımlar incelendiğinde en düşük %kül oranının %5,69 ile BJ+Guar gam olduğu, sığır jelatininin ise %kül oranı %3,75 ile tüm örneklerden daha düşük olduğu görülmektedir. Farklı oranlarda gam ilaveli balık jelatinin %kül oranlarına ait sonuçlar Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Farklı oranlarda gam ilaveli balık jelatinin % kül miktarı

Orhan, (2014) yapmış olduğu çalışmada çipura, levrek ve alabalıktan elde edilen jelatinlerin içerdikleri kül miktarları sırasıyla %3,55 , %5,6 , %9,10 olarak belirlemiştir.

Üçyol, (2016) çalışmasında kül içeriklerini çipuraderisinde %0,40, levrek derisinde %0,54, alabalık derisinde %0,24 ve ticari sığır jelatininde %0,12 olarak tespit etmiştir.

Gökçin, (2013) yapmış olduğu çalışmada kül içeriklerini uskumru jelatininde %0,52, levrek jelatininde %1,03, ticari balık jelatininde %0,20 ve ticari sığır jelatininde %0,70 olarak bulmuştur.

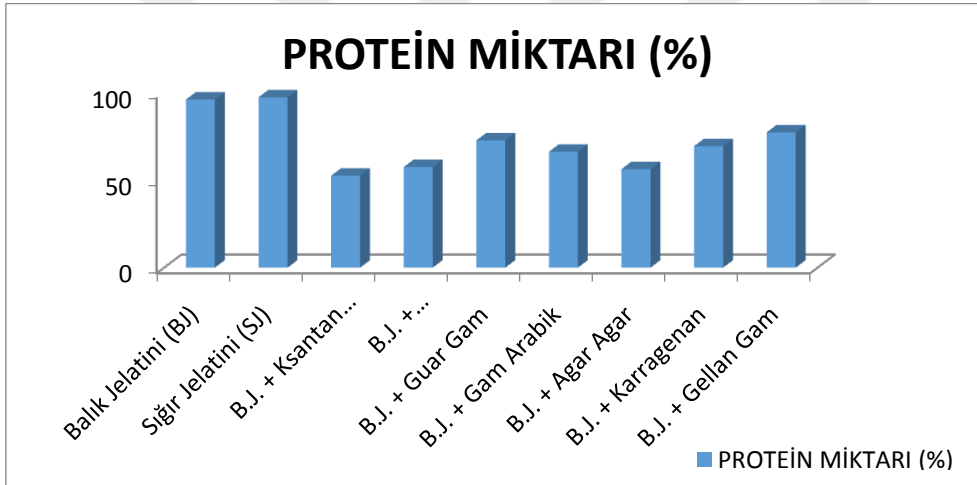
Muyonga vd. (2004) yapmış oldukları çalışmada genç balık derilerinden elde edilen jelatinde kül içeriği %3,7, yetişkin balık derilerinden elde edilen jelatinde kül içeriği %6,0 olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

Bu araştırmada tespit edilen % kül oranları yukarıda literatürde belirtilen değerler ile karşılaştırıldığında Orhan (2014)'ün belirlediği, alabalıktan üretilmiş jelatinin %kül oranından düşük bulunurken, Üçyol (2016)'nın belirlediği %kül oranından yüksek olduğu söylenebilir. Karragenan ilaveli balık jelatininin %kül oranı diğer karışımlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kül içeriği balıklarda yaş arttıkça artış göstermektedir. Muhtemelen yaşla birlikte artan kalsifikasyon nedeniyle, yetişkin balıklar için içerdikleri kül miktarı genç balık derilerinin içerdiklerinden daha fazladır (Muyonga vd., 2004). Yüksek kaliteli jelatinin %0,5'den daha az kül içeriğine sahip olması önerilmekte ve gıda uygulamalarında bu oran FAO tarafından %3'den az olması gerektiği şeklinde belirlenmiştir. Bizim ürettiğimiz balık jelatini de dahil, jelatine ilave edilen gam karışımlarının tamamı %3'den daha fazla kül oranına sahiptir. Balık jelatinlerinin içerdikleri kül miktarları, genel olarak memeli jelatinlerine kıyasla daha yüksektir. Ekstrakte edilen balık jelatini kalitesinin yüksek olması, jelatinin düşük kül içeriğine sahip olmasına bağlıdır. Ekstraksiyon aşamasında uygulanan demineralizasyon işleminin, jelatinin içerdği kül miktarıyla ilişkisi vardır. Demineralizasyon işlemi yetersiz yapıldığı takdirde daha yüksek kül içeriğiyle karşılaşılır (Muyonga vd., 2004). Demineralizasyon için sitrik asit, HCl ve EDTA gibi kimyasallar kullanılır. Bu çalışmada demineralizasyon için asetik asitte bekletme işlemi uygulanmıştır. Örneklerde kül miktarının %3'ün üzerinde çıkmasından dolayı, çalışmada farklı demineralizasyon işlemleri uygulanarak kül miktarlarında azalma sağlanabileceği düşünülmektedir.

5.1.3. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin %Protein Miktarı

Gökkuşığı alabalığından elde edilen balık jelatininin, sığır jelatininin ve karışımların protein analiz sonuçları çizelge 5.3’de verilmiştir. Balık jelatini, sığır jelatini ve gam ilaveli jelatin örneklerin arasındaki %protein miktarları arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Çizelge 5.3’de görüldüğü gibi en yüksek protein miktarı %97,22 ile sığır jelatini ve %95,92 ile balık jelatininde belirlenmiştir. Balık jelatinine ilave edilen gamların, karışımların protein miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Karışımlardan en yüksek protein oranına sahip karışım %77,23 ile BJ+Gellan gam olurken bunu %69,35 ile BJ+Karragenan karışımı takip etmektedir. En düşük protein oranına sahip karışım ise %52,56 ile BJ+Ksantan gam karışımı olduğu tespit edilmiştir. Farklı oranlarda gam ilaveli balık jelatininin %protein miktarları Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3. Farklı oranlarda gam ilaveli balık jelatininin % protein miktarı

Gökçin, (2013) yaptığı çalışmada uskumru jelatininin protein değerini %91,47, levrek jelatininin protein değerini %92,42, ticari balık jelatininin protein değerini %87,94, ticari sığır jelatininin protein miktarını ise %88,49 olarak bulmuştur.

Orhan, (2014) Çipura, levrek ve alabalık derisinden elde ettiği jelatinleri kullanarak yaptığı çalışmada protein değerlerini sırasıyla %86,31, %86,77, %76,55 olarak belirlemiştir.

Nikoo, Benjakul, Bashari, Alekhorshied, Cissouma, Yang ve Xu, (2014) *Acipenser schrenkii* kültür balığı derisinden ürettikleri jelatininprotein miktarının %0,26olduğunu bildirmiştir.

Üçyol, (2016) gökkuşuğu alabalığı, çipura ve levrek balıklarının atıkları kullanılarak elde edilen jelatinlerin protein miktarlarını; çipura derisi %96,08, çipura kemiği %94,80, levrek derisi %92,11, levrek kemiği %93,87, alabalık derisi %97,14, alabalık kemiği %96,67, ticari sığır jelatini %98 olarak bildirmiştir.

Benjakul, Oungbho, Visessanguan, Thiansilakul, Roytrakul, (2009)*Priacanthus tayenus* ve *Priacanthus macracanthus* derilerinden elde ettikleri jelatinlerin protein miktarlarının sırasıyla %93,66 ve %97,34 olduğunu bildirmişlerdir.

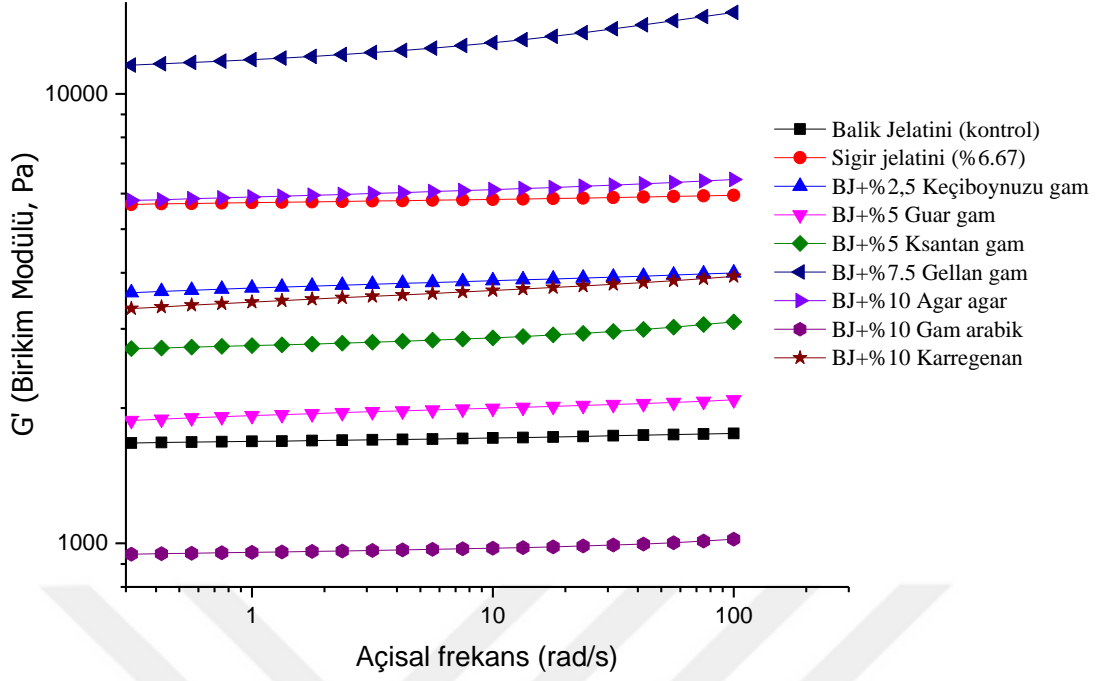
Muyonga vd. (2004), nil sudağı (*Lates niloticus*) deri ve kemiklerinden elde ettikleri jelatinlerin protein oranlarını sırasıyla %88,8 ve %83,3 olarak bulduklarını ifade etmişlerdir.

Jelatinin ana maddesi proteindir. Jelatindeki proteinin miktarı genellikle %85-92 civarındadır ve kurutma işlemi sonrası mineral ve nem kalıntılarının yeterince uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığının göstergesidir (Nikoo vd., 2011). Bu araştırmada tespit edilen balık ve sığır jelatinlerinin % protein miktarlarının sanayide kabul gören standart değerlerin üstünde olduğu görülmüştür ve literatürde belirtilen değerler ile karşılaştırıldığında Orhan (2014)'ün belirlediği %protein miktarından yüksek bulunurken, Üçyol (2016)'nın belirlediği %protein miktarından düşük olarak belirlenmiştir. Ancak, balık jelatinine ilave edilen gamların, balık jelatin+gam karışımlarında %protein miktarlarında düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir.

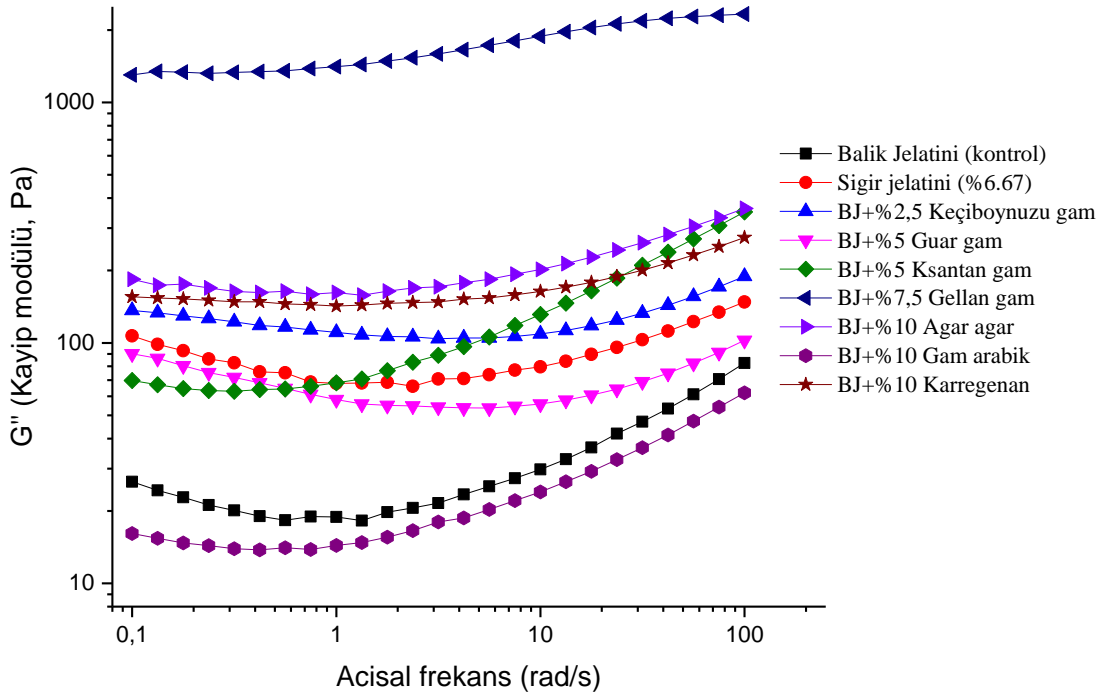
5.2. Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Reolojik Özellikleri

Hidrokolloidlerin içindeki temel rolü, karışımdaki serbest suyu bağlamak ve jel yapısı oluşturarak gıda içerisinde serbest suyu azaltmaktır. Jelatinde benzer özelliklerinden dolayı gıdalarda kullanılmaktadır. Ancak balık jelatinin sığır jelatinine nazaran düşük jel kuvveti göstermesi, düşük erime sıcaklığı gibi nedenlerden tercih edilme nedenini sınırlandırmaktadır.

Sığır jelatini, balık jelatini ve farklı gam ilave edilmiş balık jelatinlerin viskoelastik özellikleri frekans tarama testi %1 strain altında ölçülmüş olup G' (Birlikim modülü) ve G'' (Kayıp modülü) değerlerinin frekansabağı değişim grafiği Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler power law modeline uyarlanmış ve kıvam indeksleri (K) ve akış indeksleri (n) Çizelge 5.4'de verilmiştir. R^2 değerleri ise 0,77 ve 0,99 aralığında bulunmuştur.



Şekil 5.4. Balık jelatini ve gam karışımlarının G' değerlerinin açısal hıza bağlı değişimi



Şekil 5.5. Balık jelatini ve gam karışımlarının G'' değerlerinin açısal hıza bağlı değişimi

Genel eğilim olarak balık jelatini solüsyonuna gam ilave edilmesiyle G' (birikim modülü) değeri ve G'' (kayıp modülü) değerlerinin arttığı görülmüştür. Hidrokolloid ilavesi ile balık jelatinin elastik yapısının kuvvetlendiği görülmektedir. Örneklerin elastiki özelliğinin akıcılık özelliğinden daha baskın olduğu ve jelsi yapı oluşturduğu saptanmıştır. Bir solüsyonun elastik davranışı G' olarak tanımlanır ve kesme işlemi sırasında numunede depolanan (birikim modülü) deformasyon enerjisinin bir ölçüsüdür. Gamlar içerisinde gellan gam ilaveli balık jelatini solüsyonu belirgin olarak daha yüksek jel özelliği göstermiştir ($G' > G''$). Yalnızca gam arabik ilavesinin balık jelatinin yapısını olumsuz etkileyerek jel kuvvetinin azalmasına ve daha viskoz yapı oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Salınım testleri altında elde edilen sonuçlar, yatışkan faz (shear steady) akışı ile elde edilenlere uyumluluk gösterdiği saptanmıştır. Tüm örnekler için G' (birikim modülü), G'' dan en az 100 kat daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum güçlü jel sisteminin tipik bir özelliğidir (Z. Yang vd., 2018).

Frequency sweep (frekans taraması) testi hidrojellerin mekanik mukavemetini karşılaştırmak için 10°C 'de gerçekleştirilmiştir (Anvari ve Chung, 2016). Şekil 5.4 ve 5.5 incelendiğinde, dinamik koşullar altında (doğrusal viskoelastik bölgede) frekans taraması, gam ilaveli tüm örneklerde ve kontrol örneklerinde hem G' hem de G'' modülünün artan frekans ile birlikte hafifçe arttığı görülmektedir. Bu özellik konsantre bir polimer çözeltisi için tipiktir (Mei, Ma, Yang, Yang, Wen ve Sheng, 2012). Ek olarak Şekil 5.6 ve 5.7 incelendiğinde, G' (birikim modülü), G'' (kayıp modülü)'dan daha zayıf bir şekilde frekansa bağımlı olduğu görülmektedir, bu katı benzeri reolojik özellik gösteren sistemlerde tipiktir (Zhong ve Ikeda, 2012). Gellan gam, agar agar ve karregen an ilaveli balık jelatini solüsyonlarında G'' nin frekansa göre bağımlılığı için daha yavaş karakteristik eğimler sergilemiştir. Bu davranış güçlü jel yapısını ifade etmekte ve gellan gam, agar agar ve karregenanın balık jelatininin jel yapısını güçlendirdiğini göstermektedir. Tüm örneklerde gam çeşidine bakılmaksızın gerçek jel davranışı sergilediği tespit edilmiştir. G' eğrisi, salınım frekansından bağımsız olarak neredeyse paralel olarak konumlanmıştır. Birikim modülü (G') pratik olarak tüm frekans aralığı boyunca kayıp modülünden (G'') daha yüksek tespit edilmiştir. Bu davranış özelliği sert ve kırılabilir yapıya sahip katı sistemlerin tipik davranışı olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Lin ve Huang, 2003). Gam arabik dışındaki tüm gam örneklerinin balık jelatinine ilave edilmesi ile hem G' hem de G'' de önemli artış olmuştur. Bunun nedeni hidrokolloidlerin molekül içi interaksiyonuna bağlı olarak G' ve G'' artışına katkıda bulunmasıdır (Sow vd., 2018).

Reolojik veriler Power-law modeli ile uyumluluk açısından test edilmiştir. Gam-balık jelatini solüsyonlarının akış davranışları kıvam katsayısı ($K\text{-Pa}\cdot\text{s}^n$) ve akış davranış indeksi (n) değerleri Çizelge 5.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Gam ilaveli balık jelatini solüsyonlarının Power-Law(PL) model parametreleri

Örnekler	k ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$)	n	R^2
Balık Jelatin Kontrol	1685,1±5,5 ^{kl}	0,0085±0,0002 ^l	0,99
Sığır Jelatin Kontrol	5720,9±22,3 ^d	0,0081±0,0009 ^l	0,99
BJ+%0,5 Ksantan Gam	1765,7±6,4 ^k	0,0103±0,0002 ^l	0,97
BJ+%2,50 Ksantan Gam	1374,7±4,6 ^{no}	0,0191±0,0006 ^{fgh}	0,94
BJ+%5,00 Ksantan Gam	2761,3±18,2 ^h	0,0206±0,009 ^{efgh}	0,95
BJ+%7,50 Ksantan Gam	1745,5±10,8 ^k	0,0195±0,0015 ^{fgh}	0,94
BJ+%10 Ksantan Gam	2009,7±8,1 ^j	0,0227±0,0018 ^{ddefg}	0,93
BJ+%0,5 Gellan Gam	1058,3±2,1 ^{pq}	0,0133±0,0004 ^{ijkl}	0,97
BJ+%2,50 Gellan Gam	3048,1±10,9 ^g	0,025±0,005 ^{cdef}	0,98
BJ+%5,00 Gellan Gam	915,88±2,26 ^f	-0,045±0,007 ^m	0,77
BJ+%7,50 Gellan Gam	12051±1 ^b	0,0411±0,001 ^b	0,94
BJ+%10 Gellan Gam	15888±2 ^a	0,079±0,001 ^a	0,95
BJ+%0,5 Agar Agar	1135,3±0,2 ^p	0,009±0,001 ^l	0,95
BJ+%2,50 Agar Agar	1731,5±3,1 ^{kl}	0,0125±0,0002 ^{ijkl}	0,99
BJ+%5,00 Agar Agar	2650,8±16,6 ^h	0,0133±0,0013 ^{ijkl}	0,97
BJ+%7,50 Agar Agar	3512,8±1,6 ^f	0,0169±0,0009 ^{hijk}	0,99
BJ+%10 Agar Agar	5892,7±2,6 ^c	0,018±0,003 ^{ghij}	0,99
BJ+%0,5 Keçiboynuzu Gamı	1506±11,6 ^m	0,0112±0,0003 ^{kl}	0,99
BJ+%2,50 Keçiboynuzu Gamı	3683,3±3,9 ^e	0,018±0,004 ^{ghij}	0,99
BJ+%5,00 Keçiboynuzu Gamı	863,83±3,35 ^{rs}	0,0287±0,0008 ^c	0,94
BJ+%7,50 Keçiboynuzu Gamı	1283,3±2,4 ^o	0,0397±0,0005 ^b	0,98
BJ+%10 Keçiboynuzu Gamı	1283,3±0,9 ^o	0,0397±0,0002 ^b	0,98
BJ+%0,5 Karragenan	2285,2±0,3 ^l	0,0106±0,0005 ^l	0,96
BJ+%2,50 Karragenan	1435,4±205,5 ^{mn}	0,0123±0,0004 ^{ijkl}	0,90
BJ+%5,00 Karragenan	1081±1,5 ^p	0,0128±0,0005 ^{ijkl}	0,98
BJ+%7,50 Karragenan	1626,4±1 ^l	0,0205±0,0002 ^{efgh}	0,99
BJ+%10 Karragenan	3429,6±5,4 ^f	0,0282±0,0003 ^{cd}	0,99

Çizelge 5.4. (devam)

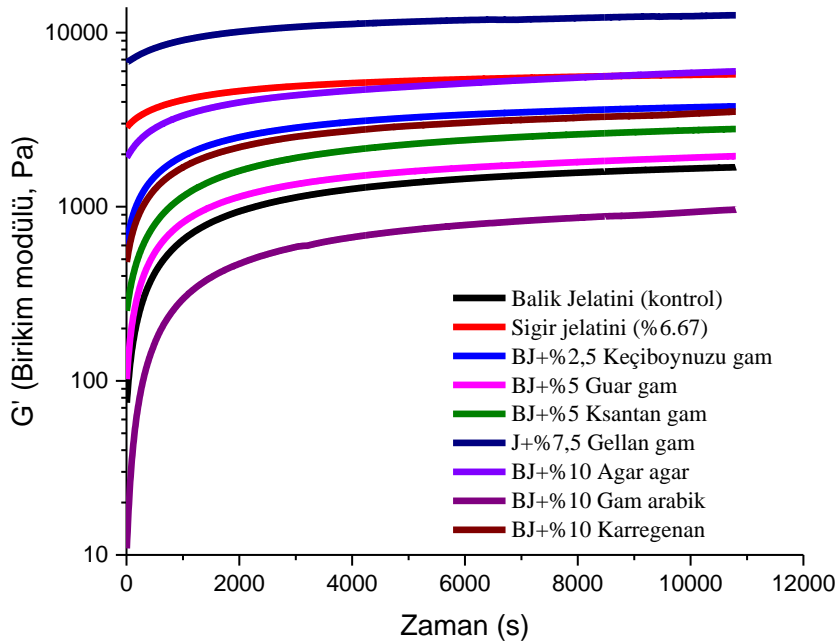
BJ+ %0,5 Guar Gam	950,08±3,28 ^{qr}	0,0077±0,0002 ^l	0,99
BJ+%2,50 Guar Gam	1429,3±9,4 ^{mn}	0,0127±0,0003 ^{kl}	0,99
BJ+%5,00 Guar Gam	1914,5±4,9 ^j	0,0188±0,0002 ^{ghl}	0,98
BJ+%7,50 Guar Gam	1093,1±3,2 ^p	0,0219±0,0004 ^{efgh}	0,98
BJ+%10 Guar Gam	1081±4,5 ^p	0,0258±0,0006 ^{cde}	0,97
BJ+%0,5 Gam Arabik	1162,9±2,1 ^p	0,0084±0,0003 ^l	0,99
BJ+%2,50 Gam Arabik	1465,5±2,7 ^{mn}	0,0083±0,0003 ^l	0,98
BJ+%5,00 Gam Arabik	767,54±0,04 ^s	0,0086±0,0004 ^l	0,99
BJ+%7,50 Gam Arabik	794,99±3,63 ^s	0,0126±0,0001 ^{kl}	0,87
BJ+%10 Gam Arabik	955,87±3,22 ^{qr}	0,0112±0,0003 ^{kl}	0,95

± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir.

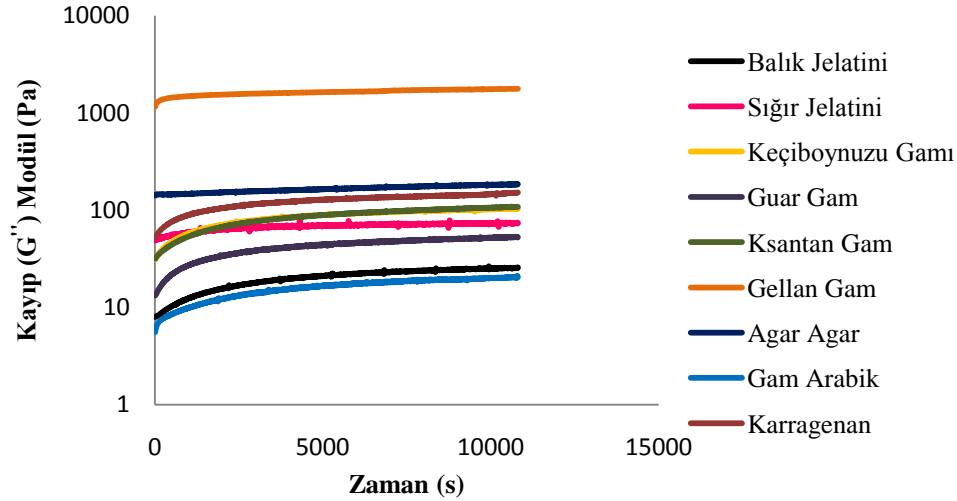
Çizelge 5.4 incelendiğinde örneklerin k değerinin 767,54-12051 $Pa.s^n$ arasında değiştiği görülmektedir. Balık jelatinine %5.00 gam arabik ilavesiyle en düşük k değeri 767,54 $Pa.s^n$ olarak tespit edilmiştir. En yüksek k değeri ise 12051 $Pa.s^n$ ile balık jelatinine %7,50 gellan gam ilavesiyle görülmüştür. Balık jelatini, sığır jelatini kontrol örnekleri ile gam ilaveli örnekler arasındaki k değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Örneklerin n değeri -0,045-0,041 aralığında değişmiştir. n değeri en düşük -0,045 ile balık jelatinine %5,00 gellan gam ilavesiyle, en yüksek değer ise 0,041 ile balık jelatinine %7,50 gellan gam ilave edilmesiyle görülmüştür. Balık jelatini, sığır jelatini kontrol örnekleri ile gam ilaveli örnekler arasındaki n değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

K (kıvamlilik indeksi) değerlerinde (Çizelge 5.4) görülebildiği gibi kontrol örneği balık jelatinine %0,5 konsantrasyonda karregen ve ksantan gam, %2,50 konsantasyonda agar agar, gellan gam ve keçiyoynuzu, %5,00 konsantrasyonda ksantan gam, agar agar ve guar gam, %7,50 konsantasyonda gellan gam, ksantan gam ve agar agar, %10 konsantrasyonda ise agar agar, gellan gam, karregen ve ksantan gam ilavelerinin jelatinin kıvam indeksini arttırdığı tespit edilmiştir. K (kıvamlilik indeksi) değerleri incelendiğinde gamların kendi içerisinde en iyi etkiyi sağladığı değerler sırasıyla %2,50keçiyoynuzu gamı, %5,00 ksantan gam, %5,00 guar gam, %7,50 gellan gam, %10 karragenan ve %10 agar agar olarak tespit edilmiştir. %10 gellan gam ilavesi jelatinin yapısını aşırı sert ve kırılğan yapmasından dolayı reometre cihazında analiz edilememiş ve bu değerler içerisine

katılmamıştır. Çalışma kapsamında kullanılan hidrokolloidler kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise en iyi sonuçların gellan gam ilavesi ile elde edildiği tespit edilmiştir. %7,50 gellan gam ilavesi ile balık jelatinin kıvam indeksi sığır jelatinine göre daha kuvvetli forma dönüşmüştür. Bunun nedeni artan gellan gam konsantrasyonu ile gellan gamın kendi moleküler arası interaksyonu sonucu G' ve G'' 'a katkısı olabilir. Benzer sonuçlar Sow vd. (2018); Haug, Draget ve Smidsrod, (2004) gibi pekçok araştırmacının karregenan gibi hidrokolloidler ile gerçekleştirdikleri çalışmalarda da bildirilmiştir. Gam arabik ilavesinin tüm konsantrasyonlarda balık jelatinin reolojik özelliklerini olumsuz etkilediği ve kıvam indeksini düşürdüğü saptanmıştır. Çizelgedeki değerler ile grafik sonuçları birbirini destekler niteliktedir. Akış davranış indeksi $n1$ 'e eşit olduğunda, sistem tamamen elastiktir. Bununla birlikte, $n0$ olduğunda, sistem tamamen viskozdur (Nakauma, Funami, Fang, Nishinari, Draget ve Phillips, 2016). Tüm örneklerde akış davranış indeksi $n1$ değerinin altında bulunmuştur. Örneklerin tümünün elastik özellikleri viskoz özelliklerine göre daha baskındır. Tüm örnekler arasında %10 agar agar ilavesi ile balık jelatinin reolojik davranışı sığır jelatini ile benzer olduğu saptanmıştır. %7,50 gellan gam ilavesi ile balık jelatinin jel yapısı sığır jelatininden yaklaşık 2 kat daha kuvvetli hale gelmiştir (Balık jelatini+%7,50 gellan gam $k; 12051(\text{Pa.s}^n)$, Sığır jelatin kontrol $k; 5720,9(\text{Pa.s}^n)$). Sow vd. 2018, karregenan ilavesinin balık jelatininin yapısı ve reolojik özellikleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada karregenanın balık jelatinin reolojik özelliklerini kuvvetlendirdiğini bildirmektedir. Çalışma kapsamında elde ettiğimiz sonuçlar bu çalışma ile uyumlu bulunmuştur.



Şekil 5.6. Balık jelatini ve gam karışımlarının G' değerlerinin zamana bağlı değişimi



Şekil 5.7. Balık jelatini ve gam karışımlarının G'' değerlerinin zamana bağlı değişimi

Şekil 5.6 ve 5.7 belirlenen en iyi konsantrasyonda gam ilavesiyle balık jelatin solüsyonlarının jelleşmesini göstermektedir. Tüm örnekler 4°C 'de sabit sıcaklıkta bekletildiğinde birikim modülü (G') ve kayıp modülü (G'')'ın zamanla arttığı görülmektedir. Bu durum bekletilme süresi arttıkça heliks yapısının arttığı dolayısıyla da jel kuvvetinin de arttığını ve jelleşmenin gerçekleştiğini göstermektedir. Şekil 5.6, tüm numunelerin G' 'ın yaklaşık 1000 saniye boyunca hızla arttığı ve artış oranının kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Bu durum kuvvetlenen jellerin mevcut bağlantılarının sürekli olarak yeniden organize edildiğini ve uzun sürelerde stabilize olma eğiliminde olduğunu göstermektedir (Choi ve Regenstein, 2000; Kuan vd., 2016). Jelasyon kinetik parametreleri, deneysel verilerin logaritmik fonksiyon modeline uydurulmasıyla bulunmuş ve Çizelge 5.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Jelasyon kinetik parametreleri

Model	Gamlar	Jelleşme Kinetiği		
		Kgel	C (-)	R^2
1	Sığır Jelatini	$630,99 \pm 3,93^{rs}$	$112,54 \pm 1,09^a$	0,98
2	Balık Jelatini	$378,63 \pm 5,29^{ij}$	$1863,9 \pm 10,41^{lmn}$	0,96
3	BJ+%0,5 Ksantan Gam	$390,62 \pm 0,01^{jk}$	$1900,9 \pm 34,41^{mno}$	0,96
4	BJ+%2,50 Ksantan Gam	$318,37 \pm 1,78^g$	$1612,8 \pm 1,38^{jk}$	0,95
5	BJ+%5,00 Ksantan Gam	$604,16 \pm 0,92^f$	$1784,7 \pm 3,14^{klmn}$	0,96
6	BJ+%7,50 Ksantan Gam	$390,93 \pm 0,74^{jk}$	$1214,2 \pm 0,46^{gh}$	0,96
7	BJ+%10 Ksantan Gam	$428,04 \pm 1,60^{lm}$	$1204,8 \pm 0,23^{gh}$	0,97

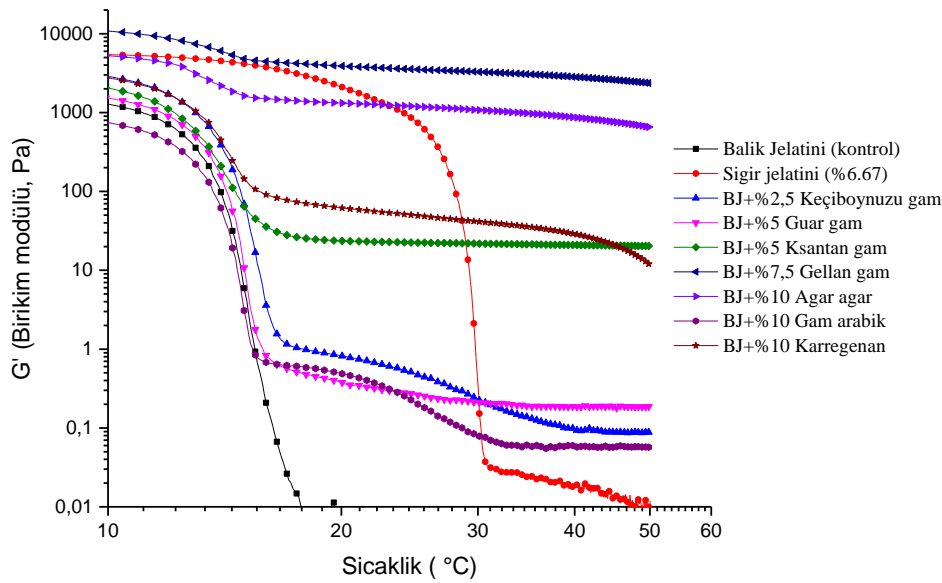
Çizelge 5.6. (devam)

8	BJ+%0,5 Gellan Gam	284,99±0,02 ^f	1531,7±0,75 ^j	0,94
9	BJ+%2,50 Gellan Gam	531,46±0,61 ^{no}	1806,2±0,46 ^{klmn}	0,98
10	BJ+%5,00 Gellan Gam	445,1±0,92 ^m	5849,4±0,17 ^t	0,91
11	BJ+%7,50 Gellan Gam	1307,1±0,40 ^v	346,1±0,57 ^b	0,97
12	BJ+%10 Gellan Gam	*-	*-	*-
13	BJ+%0,5 Agar Agar	262,21±2,89 ^{ef}	1320,1±55,13 ^{hi}	0,96
14	BJ+%2,50 Agar Agar	371,59±1,26 ^{ij}	1756,1±0,92 ^{klm}	0,96
15	BJ+%5,00 Agar Agar	544,42±1,10 ^{op}	2345,5±0,92 ^p	0,96
16	BJ+%7,50 Agar Agar	600,57±0,15 ^p	2064,6±0,28 ^o	0,97
17	BJ+%10 Agar Agar	913,95±2,03 ^u	2786,3±0,28 ^s	0,95
18	BJ+%0,5 Keçiboynuzu Gamı	353,43±16,48 ^{hi}	1685,3±81,75 ^{kl}	0,96
19	BJ+%2,50 Keçiboynuzu Gamı	702,08±1,08 ^t	1496,7±23,20 ^{ij}	0,98
20	BJ+%5,00 Keçiboynuzu Gamı	145,8±2,85 ^b	2554,3±2,39 ^f	0,94
21	BJ+%7,50 Keçiboynuzu Gamı	514,49±1,18 ⁿ	912,9±1,37 ^{cd}	0,99
22	BJ+%10 Keçiboynuzu Gamı	327,17±20,25 ^{gh}	937,3±243,46 ^{cd}	0,98
23	BJ+%0,5 Karragenan	452,56±1,01 ^m	1935,8±3,66 ^{mno}	0,97
24	BJ+%2,50 Karragenan	321,46±0,0 ^g	988,3±0,0 ^{cde}	0,97
25	BJ+%5,00 Karragenan	258,42±0,76 ^{ef}	1352,7±6,87 ^{hi}	0,95
26	BJ+%7,50 Karragenan	378,5±1,16 ^{ij}	1207,2±0,80 ^{gh}	0,96
27	BJ+%10 Karragenan	672,03±0,62 ^s	1614,8±8,44 ^{jk}	0,98
28	BJ+%0,5 Guar Gam	0,07±0,0 ^a	290,1±6,14 ^b	0,88
29	BJ+%2,50 Guar Gam	230,01±2,02 ^d	1224±1,75 ^{gh}	0,95
30	BJ+%5,00 Guar Gam	416,2±1,93 ^{kl}	1958,7±3,15 ^{no}	0,97
31	BJ+%7,50 Guar Gam	259,9±7,56 ^{ef}	1304,2±5,10 ^h	0,96
32	BJ+%10 Guar Gam	260,59±1,21 ^{ef}	841,4±0,48 ^c	0,97
33	BJ+%0,5 Gam Arabik	238,69±1,22 ^{de}	752,8±237,11 ^{fgh}	0,72
34	BJ+%2,50 Gam Arabik	336,17±2,48 ^{gh}	1671,1±59,90 ^{jk}	0,96
35	BJ+%5,00 Gam Arabik	191,64±2,91 ^c	704,4±1,59 ^c	0,94
36	BJ+%7,50 Gam Arabik	195,67±3,00 ^c	1045,6±3,03 ^{efg}	0,95
37	BJ+%10 Gam Arabik	330,02±2,81 ^{gh}	1650,6±4,60 ^{jk}	0,96

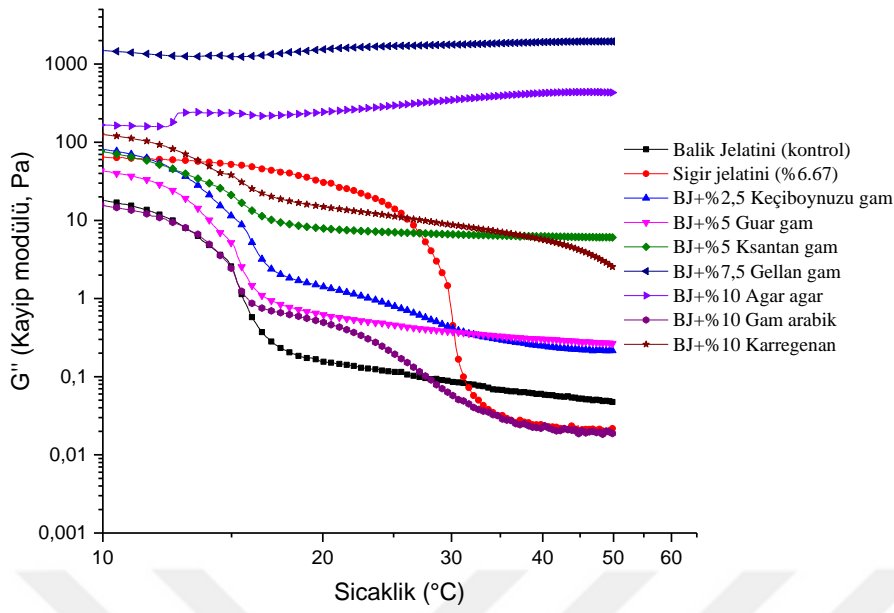
± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir.

Çizelge 5.5 incelendiğinde en yüksek jel kuvveti değerine balık jelatinine %7,50 oranında gellan gam ilave edilmesi ile ulaşıldığı görülmektedir. Gellan gam ilavesi ile balık jelatinin jel kuvveti yaklaşık 7 kat artmıştır. Diğer kontrol örneği olan sığır jelatinine göre ise jel kuvvetinde yaklaşık 2 kat artış sağlanmıştır. Gam arabik dışında tüm gam örneklerinin belirlenen en iyi oranda ilavesi ile balık jelatinin jel kuvvetinde artış sağlanmıştır. Gellan gamın ardından belirlenen oranlarda katılan gamların jel kuvveti üzerine etkisi sırasıyla agar agar 5656,14 Pa, keçiyoynuzu gamı 3506,20 Pa, karregen an 3196,742 Pa, ksantan gam 2658,29 Pa ve guar gam 1814,04 Pa olarak gerçekleşmiştir. Kontrol örnekleri olan balık jelatini ve sığır jelatini k_{gel} değerleri 378,63 ve 630,99 olarak bulunmuştur. Gam ilaveli balık jelatini örneklerinin ise k_{gel} değerleri ise 007-307,1 arasında değişmektedir. Balık jelatini, sığır jelatini ve balık jelatinine gam ilaveli örnekler arasındaki K_{gel} , C , sonuçları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Gamların jelleşme kinetiği ve balık jelatininin gücü üzerindeki etkisi ile ilgili olarak gellan gam K_{gel} , G' ve jel kuvvetini diğer gamlara göre daha olumlu etkilemiştir. Benzer şekilde kontrol örnekleri balık ve sığır jelatinine göre agar agar, karregen an ve keçiyoynuzu gam ilavesinin yapıyı olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Gellan gam, agar agar, keçiyoynuzu ve karregen an ilavesiyle daha stabil jellerin oluştuğu görülmektedir. Balık jelatinine karregen an ve keçiyoynuzu gamı ilavesi ile k_{gel} yaklaşık 2 kat, agar agar ilavesi ile yaklaşık 2,5 kat ve gellan gam ilavesi ile yaklaşık 3,5 kat artış sağlanmıştır. Genel eğilim olarak gam konsantasyonunun artması ile G' , jel kuvveti ve k_{gel} değerleri de artmıştır. Bu sonuçlar Cai vd. (2017) ve Kuan vd. (2016) ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.8. Balık jelatini ve gam karışımlarının G' değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi



Şekil 5.9. Balık jelatini ve gam karışımlarının G'' değerlerinin sıcaklığa bağlı değişimi

Jelatin solüsyonlarının ısıtılması sırasında G' ve G'' değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 5.8 ve 5.9'da verilmiştir. Balık jelatin sistemlerinin erime sıcaklıklarını belirlemek için tipik G' ve G'' profilleri elde edilmiştir (Kamer vd., 2019). Burada G' , materyaldeki elastik deformasyondan kaynaklanan enerji depolanmasını gösterirken, G'' deforme olan materyalin deformasyon sırasında kaybettiği enerjiyi göstermektedir (Sha, Hu, Ye, Xu, Tu, 2019). Örneklerin tümünde G' ve G'' değerlerinde ısıtma prosesi ile bir azalma görülmüştür. Bu sonuçlar Casas-Forero, Moreno-Osorio, Orellana-Palma ve Petzold, 2021 ve Kamer vd. 2019 ile uyumlu bulunmuştur. Balık jelatin solüsyonlarına ksantan gam, agar agar, gellan gam, karregenana, keçiboynuzu ve guar gam eklenmesi ile erime sıcaklığı kontrol numunesine (balık jelatini) göre artmıştır. Örneklerin erime sıcaklıkları $14,79^{\circ}\text{C}$ ile $15,93^{\circ}\text{C}$ arasında değişmiştir. Kontrol örnekleri balık jelatinin erime sıcaklığı $15,11^{\circ}\text{C}$ sığır jelatini erime sıcaklığı ise $29,74^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Erime noktasındaki artış, genellikle gamlar yüksek çözünen konsantrasyonlara sahip oldukları için gıda ürünlerinde memeli jelatinine alternatif olarak balık jelatininin kullanımı için önem arz etmektedir. Balık jelatinin en büyük eksiklerinden olan düşük erime noktasını farklı hidrokolloidlerin ilavesi ile gidermeyi amaçladığımız bu çalışmada en yüksek erime sıcaklığına $15,93^{\circ}\text{C}$ olarak balık jelatinine %5,00 ksantan gam ilavesi ile ulaşılmıştır. Benzer şekilde gellan gam, agar agar, karregenana ve keçiboynuzu ilavesi ile de erime noktasında kontrol örneğinde artış tespit edilmiştir. Sığır

jelatininin erime noktası olan 29,74°C'ye denenen gamların en iyi özellik gösteren konsantrasyonlarında ulaşamamıştır.

5.3. Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Jel Kuvveti (Bloom Derecesi)'nin Belirlenmesi

Gökkuşuğu alabalığından elde edilen jelatin ve farklı oranlarda gam ilave edilmiş örneklerin bloom dereceleri çizelge 5.6 ve şekil 5.10'da verilmiştir. Örnekler arasındaki bloom derecesi sonuçları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Belirtilen metoda göre uygulanan bloom derecesi analizinde sığır jelatininin bloom derecesi 247,16g, balık jelatininin bloom derecesi de 31,29g olarak tespit edilmiştir. Balık jelatinine gellan gam ilavesiyle elde edilen örneğin bloom derecesi 409,33g çıkarak en yüksek değere ulaşmıştır. Bunu BJ+agar agar ilavesiyle yapılan karışım 131,08g bloom değeri ile izlemiş en düşük bloom değeri ise BJ+ksantan gam ilavesi yapıldığında 9,94g ile belirlenmiştir.

Çizelge 5.7. Jel Kuvveti (Bloom Derecesi) Sonuçları

ÖRNEK	BLOOM DERECESİ (g)
Balık Jelatini (BJ)	31,29 ± 0,02 ^d
Sığır Jelatini (SJ)	247,16 ± 0,03 ^b
BJ+Ksantan Gam	9,94 ± 0,02 ^h
BJ+Keçiboynuzu Gamı	11,52 ± 0,02 ^g
BJ+Guar Gam	8,11 ± 0,01 ⁱ
BJ+Gam Arabik	18,76 ± 0,01 ^f
BJ+Agar Agar	131,08 ± 0,03 ^c
BJ+Karragenan	19,89 ± 0,01 ^e
BJ+Gellan Gam	409,33 ± 0,03 ^a

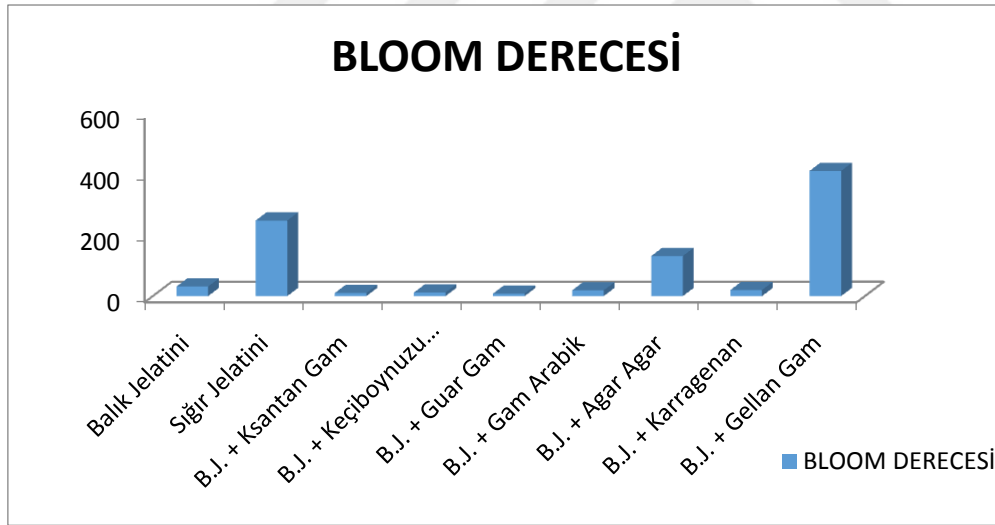
± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistiki farklılıkları ($P < 0,05$) belirtmektedir.

Orhan, (2014) yaptığı çalışmada çipuradan elde edilen jelatinde bloom derecesini 9g, levrekten elde edilen jelatinde bloom derecesini 24,13g, alabalık derisinden elde edilen jelatinde bloom derecesini 9,8g bulmuştur.

Tekle, (2016) çalışmasında levrek ve çipura balığından elde edilen jelatinin bloom derecesini sırasıyla 70g ve 129,9g olarak bulmuştur.

Tümerkan vd., (2019) yaptıkları çalışmada ton balığı derisinden elde edilen jelatinin bloom derecesini 336g olarak tespit etmiştir.

Bu araştırmada tespit edilen bloom dereceleri yukarıda literatürde belirtilen değerler ile karşılaştırıldığında Orhan (2014)'ün belirlediği bloom derecesinden yüksek bulunmuştur. Jelatinin jel oluşturma özelliği, ekstraksiyon metodu, sıcaklık, pH, ekstraksiyon için hammadde tipi ve ekstraksiyon sırasındaki materyallerin eklenmesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Jelatin numunesinin soğutma sıcaklığı ve iyonik gücü de bloom değerlerini etkiler (GME, 2000). Jelatinin kalitesi, düşük (<150), orta (150-220) ila yüksek bloom (220-2300) olmak üzere, jel kuvveti veya bloom değeri ile ölçülür (Johnston-bank, 1983). Çalışmamızda sığır jelatini ve gellan gam ilaveli karışım hariç düşük bloom değerine sahip örnekler olduğu söylenebilir. Karışımların bloom değerlerine ait sonuçlar Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. Bloom Derecesi Sonuç Grafiği

Ticari jelatinlerin jelleşme kuvveti, 100-300 aralığında olmakla birlikte, arzu edilen 250-260 bloom değerinde jelatin üretilmektedir (Holzer, 1996). Sarı yüzgeçli ton balığında 426 bloom değerine sahip jelatin üretildiği belirtilmiştir (Cho vd., 2005). Daha yüksek bir moleküler ağırlıklı (300 kDa) jelatinin, düşük moleküler ağırlıklı jelatinden daha yüksek bir bloom değerine sahip olduğu bilinmektedir. Soğuk su balıklarının jelatinlerinin yüksek bloom değerine sahip olduğu bildirilmiştir (Tekle, 2016).

5.4. Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Tekstür Profil Analizi (TPA) Sonuçları

Gam ilaveli jelatin örneklerinin tekstürel özelliği hakkında bilgi veren sertlik, kırılgenlik, kohezyon, yapışkanlık ve esneklik gibi birincil parametreler elde edilmekte ve bu birincil parametreler kullanılarak da sakızimsılık ve çiğnenebilirlik gibi ikincil parametreler hesaplanmaktadır. TPA ölçümlerinde özellikle ağızdaki çiğneme hareketi simüle edilmektedir.

Hardness (sertlik), ağızda ilk ısırık dediğimiz ilk sıkıştırma döngüsü sırasındaki sırasında maksimum pik kuvveti olarak ifade edilmektedir. Birimi kg, g veya N olarak verilebilir. Springiness (yaylanma), örneğin, ilk ısırmanın sonu ile ikinci ısırmanın başlangıcı arasındaki geçen süre boyunca toparlandığı yüksekliğe ilişkin bir sonuçtur. Elastikiyet olarak ifade edilir ve birimi yoktur. Cohesiveness (iç yapışkanlık), ikinci sıkıştırma sırasında pozitif kuvvet alanının, birinci sıkıştırma sırasındaki pozitif kuvvet alanına oranı olarak hesaplanmaktadır. İç yapışkanlık, malzemenin mekanik işlem sırasında parçalanma hızı olarak ölçülebilir. Birimi yoktur.

Chewiness (çiğnenebilirlik), gumminess x springiness (hardness x cohesiveness x springiness) çarpımına eşittir. Bu nedenle bu parametrelerden herhangi birinin değişmesinden bu sonuç etkilenmektedir. TPA'da bu parametre için birim bulunmamakla birlikte matematiksel olarak (g, kg veya N cinsinden) x yapışkanlık (birim yok) x yaylanma (birim yok) bir kuvvet birimine sahip olmalıdır. Resilience (esneklik), geri kazanım olarak da ifade edilmektedir. Numunenin hem hız hem de farklı kuvvetlerde deformasyondan nasıl kurtulduğunun bir ölçüdür. Bu parametrenin birimi yoktur.

Farklı gam ilaveli jelatin örneklerinin TPA sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir. Çizelgeye göre sertlik (hardness) derecesi incelendiğinde; balık jelatinin sertlik derecesi 17,98g iken, sığır jelatinin sertlik derecesi 298,17g olarak ölçülmüştür. Her iki örnek arasında sertlik bakımından fark olduğu görülmektedir. Balık jelatinine ilave edilen gamlar ile sertlik derecesi, gellan gam ilaveli örnekte 231,76g değeri ile sığır jelatinine yaklaşmıştır. İkinci olarak agar-agar ilaveli örnekte 104,15g, diğer gamların sertlik derecesi de 16,18g ile 42,86g arasında değişmiştir. Tüm örneklerin sertlik dereceleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

TPA'da ikinci parametre olan springiness (yaylanma) dereceleri incelendiğinde; en iyi sonucu 0,44 ile gellan gam ilaveli balık jelatini örneği verirken, ikinci 0,399 ile sığır jelatini,

bunu keiboyuzunu gamı ve gam arabik karışımlı balık jelatini rneęi takip etmiştir. Balık jelatininde 0,357 iken karragenan ilaveli balık jelatininde 0,33 ile en dūřuk springiness değeribelirlenmiştir. Tüm örneklerin yaylanma derecesi arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Dięer bir parametre olan Cohesiveness (yapışkanlık) incelendiğinde; en yüksek değeri 0,821 ile sığır jelatini gösterirken en dūřuk değer 0,392 ile agar agar ilaveli balık jelatininde llmřtir. Balık jelatininde bu değer 0,462 olarak belirlenmiştir. Sığır jelatine en yakın yapışkanlık değeri ksantan gam ilaveli balık jelatini örneğinde belirlenmiştir. Tüm örneklerin yapışkanlık değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

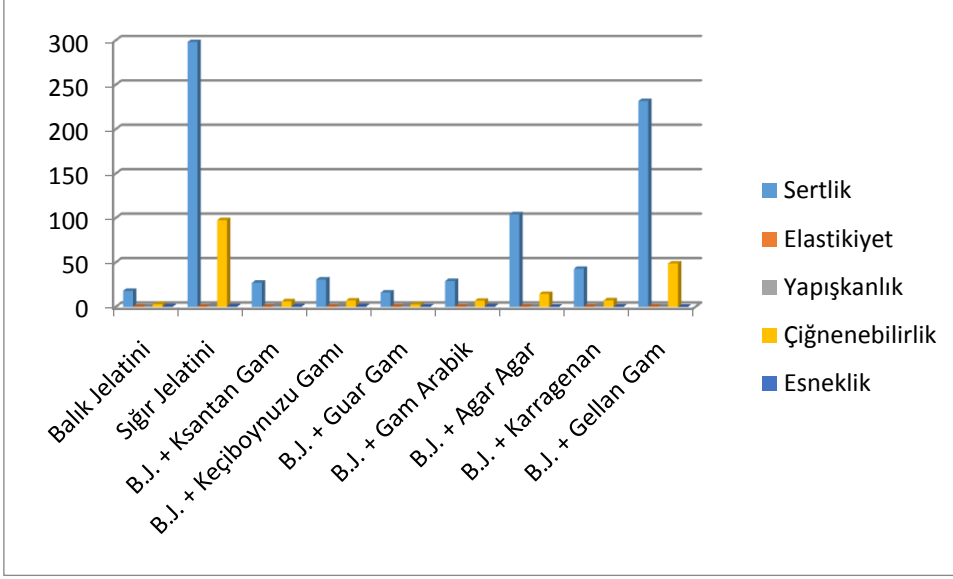
Chewiness (ięnenebilirlik) değeri incelendiğinde benzer şekilde en iyi değer sığır jelatininde 97,64 olarak tespit edilmiş, en dūřuk değer guar gam ilaveli balık jelatininde 2,81 olarak llmřtir. Balık jelatininde 2,96 olarak llen bu değeri guar gam ilavesi ile azalmıştır. İlave edilen diğer gam örnekleri sınırlı da olsa balık jelatinin çiğnenebilirlik özelliği üzerine olumlu etkisi olmuştur. Gam ilaveli balık jelatini örnekleri içerisinde en büyük artış 48,84 değeri ile gellan gam ilaveli balık jelatini örneğinde tespit edilmiştir. Tüm örneklerin yapışkanlık değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Resilience (esneklik) geri kazanım olarak bilinen değerler incelendiğinde esneklik bakımından llen değerler balık jelatini (0,606) ile sığır jelatini (0,626) birbirine benzerlik gösterirken sonuçlar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0,05$). En dūřuk esneklik değerini gellan gam ilaveli balık jelatini örneğinden belirlenirken (0,089), gam ilaveli balık jelatini örnekleri içerisinde en yüksek değer gam arabik ilaveli örnekte 0,634 olarak llmřtir. Balık jelatini + farklı gam ilaveli örneklerde tekstür analiz sonuçlarındaki değişim şekil 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.8.Balık Jelatini + Gam Karışımlarının Tekstür Analiz Sonuçları

	Sertlik (g)	Elastikiyet	Yapışkanlık	Çiğnenebilirlik	Esneklik
Balık Jelatini (BJ)	17,989±0,002 ^h	0,357±0,001 ^d	0,462±0,002 ^h	2,969±0,002 ^h	0,606±0,001 ^c
Sığır Jelatini (SJ)	298,174±0,004 ^a	0,399±0,002 ^b	0,821±0,001 ^a	97,641±0,001 ^a	0,626±0,001 ^b
BJ+Ksantan Gam	27,123±0,001 ^g	0,349±0,002 ^e	0,656±0,001 ^b	6,207±0,002 ^g	0,537±0,003 ^e
BJ+Keçiboynuzu Gamı	30,758±0,002 ^e	0,390 ±0,001 ^c	0,601±0,001 ^d	7,206±0,001 ^e	0,586±0,003 ^d
BJ+Guar Gam	16,183±0,003 ¹	0,350 ±0,003 ^d	0,489±0,003 ^f	2,812±0,002 ¹	0,405±0,001 ^f
BJ+Gam Arabik	29,103±0,002 ^f	0,390 ±0,001 ^c	0,615±0,002 ^c	6,979±0,001 ^f	0,634±0,004 ^a
BJ+Agar Agar	104,156±0,001 ^c	0,350 ±0,002 ^d	0,392±0,002 ¹	14,563±0,003 ^c	0,128±0,003 ^h
BJ+Karragenan	42,863±0,004 ^d	0,330 ±0,002 ^f	0,521±0,001 ^e	7,374±0,004 ^d	0,276±0,001 ^g
BJ+Gellan Gam	231,765±0,003 ^b	0,440 ±0,003 ^a	0,471±0,001 ^g	48,842±0,002 ^b	0,089±0,001 ¹

± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsüsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($P<0,0001$) belirtmektedir.



Şekil 5.11.Balık Jelatini + Farklı Gam İvelerinde Örneklerde Tekstür Analiz Sonuçlarındaki Değişim

5.5. Su Tutma Kapasitesi ve Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi

Balık jelatini ve farklı gam ilaveli örneklerin su tutma kapasitesi değerleri çizelge 5.8 ve şekil 5.12’de verilmiştir. Örnekler arasındaki % su tutma kapasitesi değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek su tutma kapasitesi olan örnek %784,36 ile sığır jelatini olmuştur. Bunu %232,59 ile balık jelatini ve ksantan gam karışımı takip etmiştir. En düşük su tutma kapasitesine de %35,14 ile gam ilave edilmemiş balık jelatini olduğu tespit edilmiştir. İlave edilen gamların tamamı balık jelatininin su tutma kapasitesi üzerine olumlu etki yapmış, STK’yi artırmıştır.

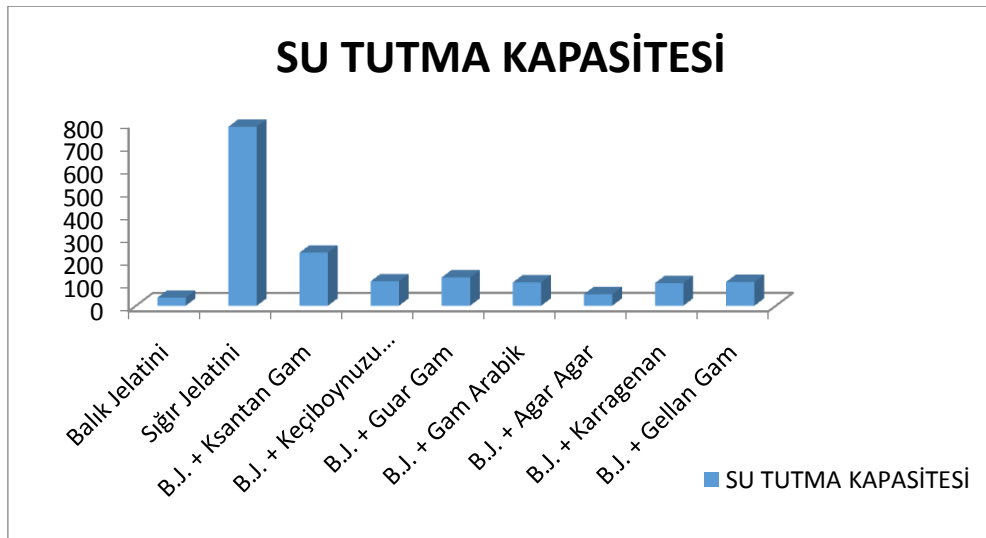
Örneklerin yağ bağlama kapasitesi değerleri çizelge 5.8 ve şekil 5.13’te verilmiştir. Örnekler arasındaki % yağ tutma kapasitesi değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). En yüksek değere %190,87 ile sığır jelatini sahiptir. Sığır jelatininden sonra en yüksek değeri %166,33 ile balık jelatini + gellan gam karışımı göstermiştir. En düşük yağ bağlama kapasitesi de %138,83 ile balık jelatini + keçiboynuzu gamı karışımı olan örnekte belirlenmiştir.

Çizelge 5.9.Su Tutma Kapasitesi Ve Yağ Bağlama Kapasitesi Sonuçları

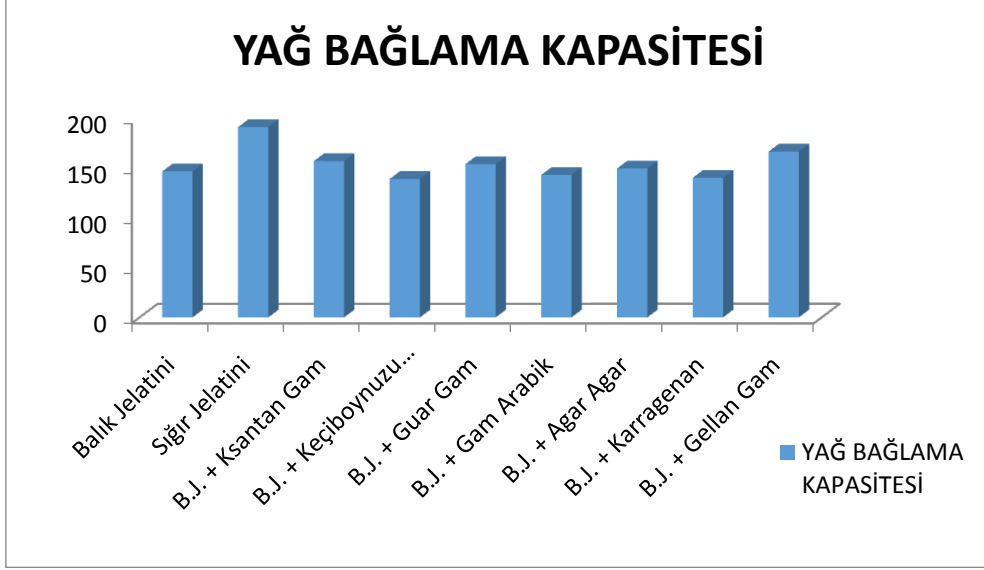
ÖRNEK	SU TUTMA KAPASİTESİ (%)	YAĞ BAĞLAMA KAPASİTESİ (%)
Balık Jelatini (BJ)	35,14±5,105 ^d	146,43±11,975 ^{bc}
Sığır Jelatini (SJ)	784,36±13,87 ^a	190,87±6,155 ^a
BJ+Ksantan Gam	232,59±16,68 ^b	156,77±13,77 ^{bc}
BJ+Keçiboynuzu Gamı	106,82±15,17 ^c	138,83±4,935 ^c
BJ+Guar Gam	124,36±4,485 ^c	153,75±0,25 ^{bc}
BJ+Gam Arabik	102,19 ±0,375 ^c	142,89±4,425 ^c
BJ+Agar Agar	50,50± 14,995 ^d	149,34±7,125 ^{bc}
BJ+Karragenan	99,22±2,92 ^c	140,01±3,83 ^c
BJ+Gellan Gam	104,17±1,72 ^c	166,33±4,51 ^b

± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistikî farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir.

Tekle (2016), levrek ve çipura derisinden elde ettiği balık jelatinlerinin özelliklerini incelediği çalışmasında, levrek derisinden elde ettiği balık jelatininin su tutma kapasitesini %32,46, yağ bağlama kapasitesini %202,9 olarak bulmuştur. Çipura derisinden elde edilen balık jelatininin su tutma kapasitesini %37,34, yağ bağlama kapasitesini %219,2 olarak bildirmiştir.



Şekil 5.12. Su Tutma Kapasitesi Sonuç Grafiği



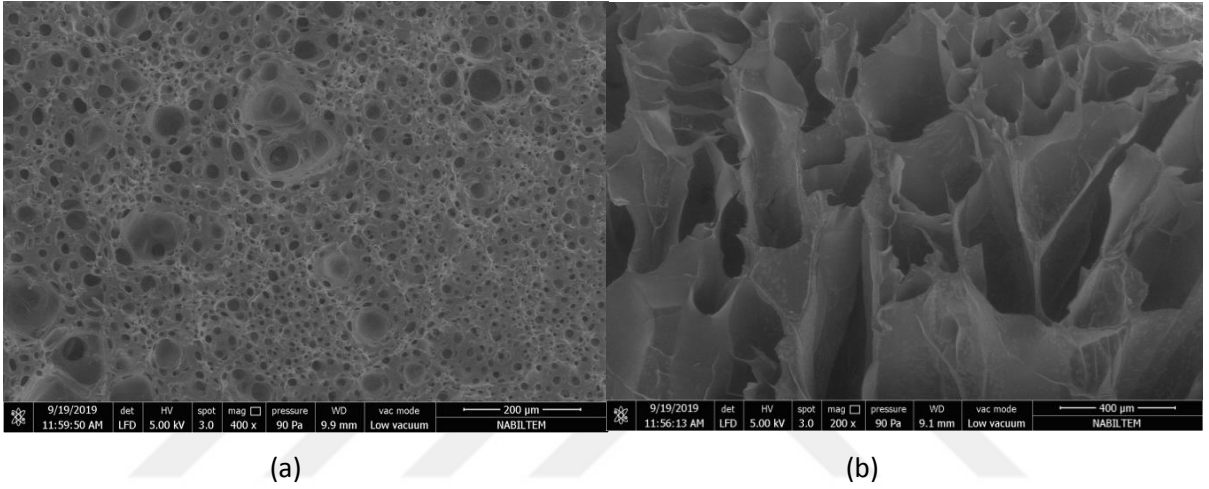
Şekil 5.13.Yağ Bağlama Kapasitesi Sonuç Grafiği

Su tutma kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesi jelin karakterizasyonunda çok önemlidir. Nurul ve Sarbon, (2015),su tutma kapasitesinin jel ağında yüksek miktarlarda gözenek ve boşluk olup olmadığı hidrofobik aminoasit miktarıyla ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Düşük su tutma kapasitesi hidrofobik aminoasit düzeyinin ve hidroksiprolin düzeyinin düşük olması gibi durumlarda ortaya çıkar (Ninan vd., 2011).Yağ bağlama kabiliyeti açısından, Çizelge 5.8’de gösterildiği gibi numuneler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Jelatinlerdeki önemli farklılıklar ekstraksiyon yöntemlerinden etkilenebilecek çeşitli hidrofobik kalıntılar ve tirozin seviyeleri ile ortaya çıkabileceği bildirilmiştir (Ninanvd., 2011).

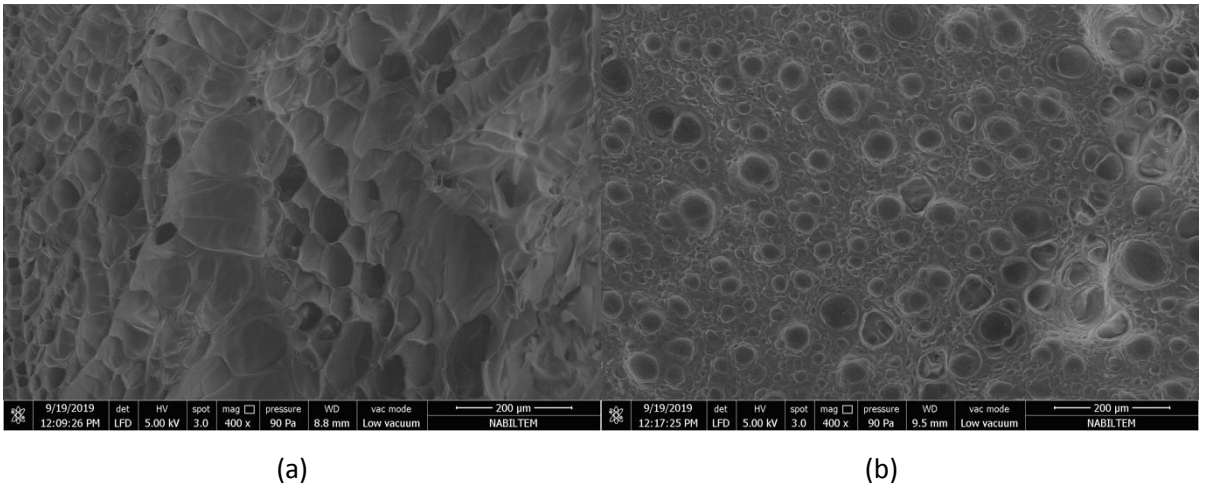
5.6. Balık Jelatini + Farklı Gam İleveli Örneklerin Mikro Yapısal Karakteristiği (SEM)

Kontrol örneği olarak balık jelatini ve sığır jelatini ile farklı oranlarda 7 farklı gam ilavesiyle elde edilen balık jelatini örneklerinin mikroyapıları, taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenmiştir. Polimer yapılarının yüzey özelliklerinin incelenmesi, elde edilen karışımın karakterizasyonunun ortaya konulması açısından çok önemlidir. Farklı gam ilave edilmiş balık jelatini örneklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri Şekil 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18 de verilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde; sığır jelatinin ipliksi-lifli yapı gösterdiği (Şekil 5.14b), balık jelatinin ise daha homojen ve küçük gözeneklere sahip olduğu (Şekil 5.14a) görülmektedir. BJ+Keçiboynuzu örneğinin (Şekil 5.15a), BJ+Karragenan (Şekil 5.16a) örneklerinin sığır jelatinine benzerlik gösterdiği,

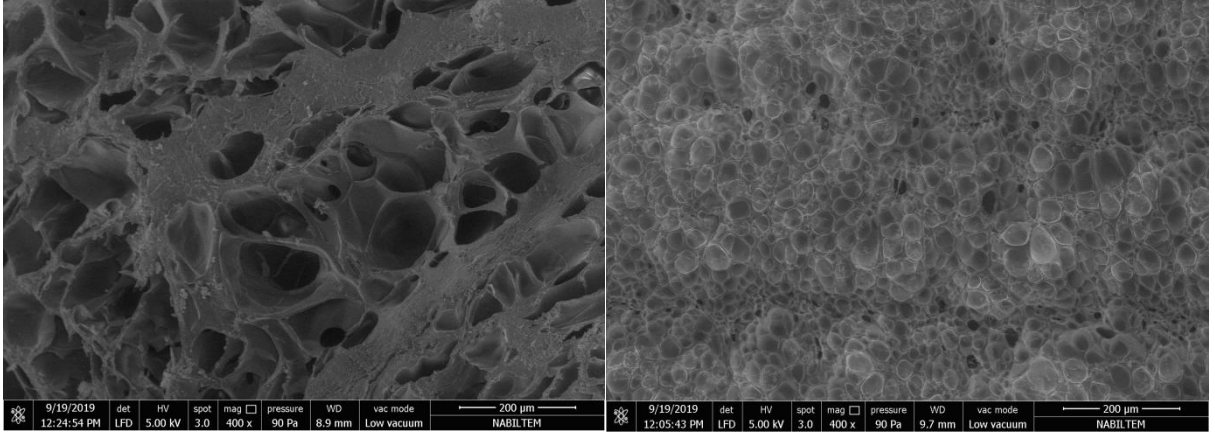
BJ+Agar agar (Şekil 5.15b), BJ+Ksantan Gam (Şekil 5.16b), BJ+ Gam Arabik (Şekil 5.18) ise balık jelatini ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. BJ+ Guar Gam ve BJ+Gellan gam ise homojen neredeyse pürüzsüz bir yapı göstermektedir. Homojen ve pürüzsüz olan bu iki örneğin % protein değerlerinin diğerlerine göre yüksek olduğu görülmektedir. Farklı gam ilave edilmiş olan balık jelatininde SEM görüntülerindeki farklılığın, gamların farklı hammaddelerden üretilmesi, ekstraksiyon, saflaştırma gibi üretim metotlarındaki farklılıklar gibi nedenlerden dolayı gamların kimyasal kompozisyonunda farklılıklar olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.14. Kontrol örneklerinin SEM görüntüleri (a:balık jelatini, b:sığır jelatini)



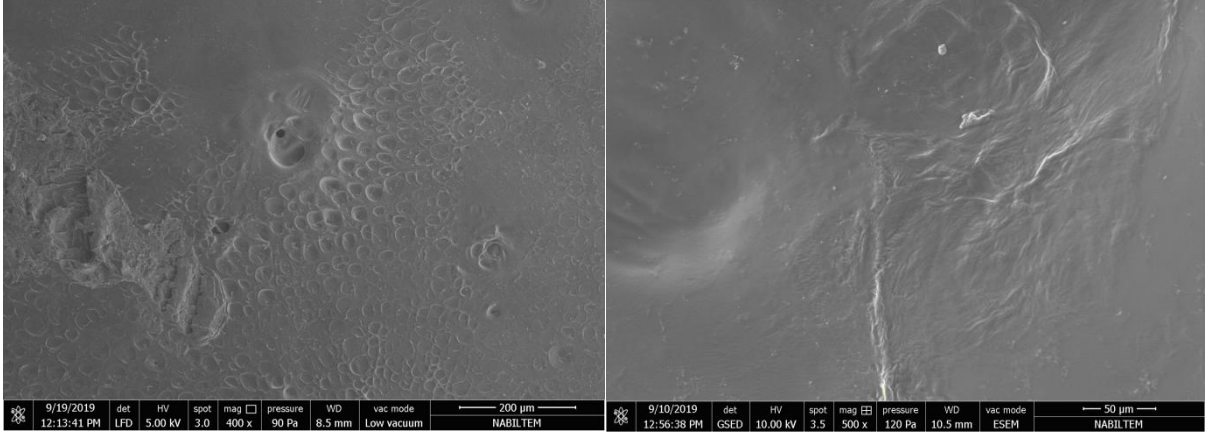
Şekil 5.15. BJ + Keçiboynuzu Gamı (a) ve BJ + Agar agar (b) karışımının SEM görüntüleri



(a)

(b)

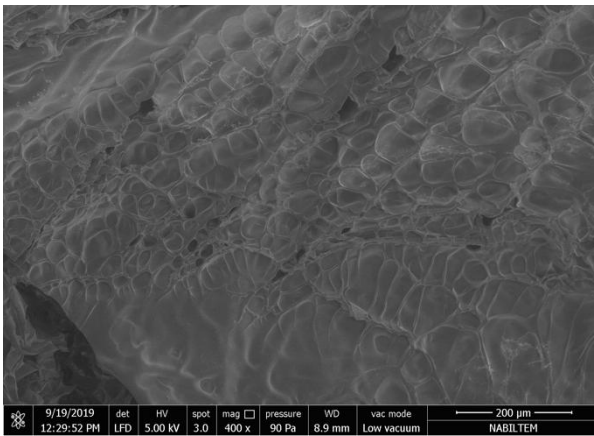
Şekil 5.16. BJ + Karragenan (a) ve BJ + Ksantan gam (b) karışımlarının SEM görüntüleri



(a)

(b)

Şekil 5.17. BJ +Guar gam (a) ve BJ+ Gellan gam (b) karışımlarının SEM görüntüleri



Şekil 5.18. BJ + Gam arabik karışımının SEM görüntüsü

5.7. Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin Renk Değerleri (Lab)

Gökkuşluğu alabalığından elde edilen balık jelatininin, sığır jelatininin ve karışımların renk değerleri çizelge 5.9 ve şekil 5.19'de verilmiştir. Çizelge 5.9'da görüldüğü gibi balık jelatini, sığır jelatini ve gam ilaveli karışımların arasındaki renk parametreleri arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Renk ölçüm parametrelerinden olan L^* değeri parlaklığı, a^* değeri kırmızılık-yeşilliği gösterirken, b^* değeri sarılığ-maviliği göstermektedir.

Çizelge 5.10.Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin Renk Değerleri (Lab)

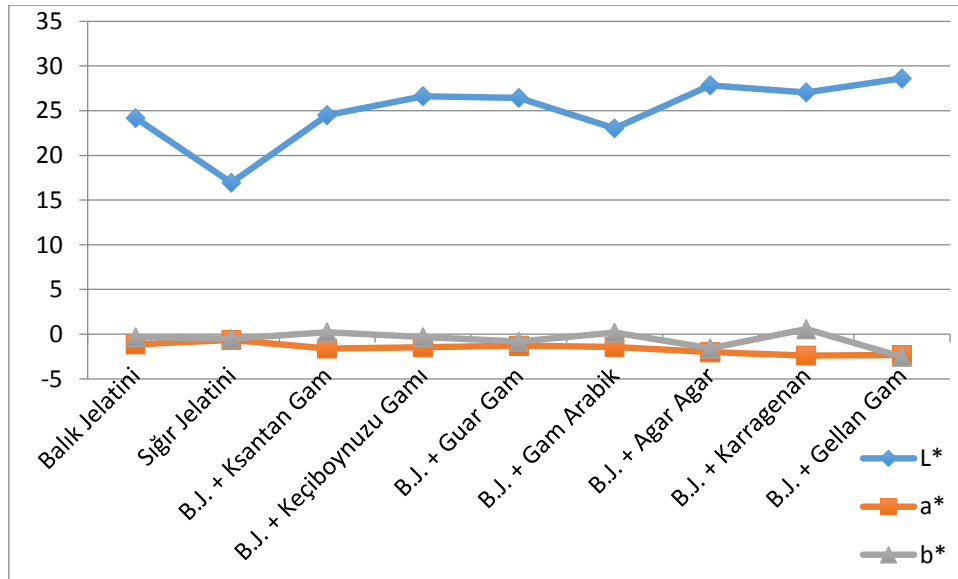
ÖRNEK NO	ÖRNEK	L^*	a^*	b^*
K1	Balık Jelatini (BJ)	24,173±3,65 ^{ab}	-1,156±0,21 ^b	-0,313±0,52 ^{ab}
K2	Sığır Jelatini (SJ)	16,953±0,31 ^c	-0,65±0,20 ^a	-0,5±0,64 ^{abc}
1	BJ+Ksantan Gam	24,516±0,63 ^{ab}	-1,603±0,04 ^{bc}	0,213±0,13 ^{ab}
2	BJ+Keçiboynuzu Gamı	26,626±1,49 ^{ab}	-1,45±0,13 ^b	-0,326±0,44 ^{ab}
3	BJ+Guar Gam	26,44±2,82 ^{ab}	-1,296±0,20 ^b	-0,84±0,31 ^{bc}
4	BJ+Gam Arabik	23,026±1,00 ^b	-1,44±0,23 ^b	0,17±0,76 ^{ab}
5	BJ+Agar Agar	27,846±2,76 ^{ab}	-2,02±0,25 ^{cd}	-1,59±0,29 ^{cd}
6	BJ+Karragenan	27,056±0,5 ^{ab}	-2,40±0,03 ^d	0,56±0,18 ^a
7	BJ+Gellan Gam	28,606±28,61 ^a	-2,34±0,04 ^d	-2,55±0,13 ^d

± Standart sapmayı ifade etmektedir. Aynı sütunda yer alan rakamlar üzerinde üstsel olarak gösterilen harfler gruplar arasındaki istatistik farklılıkları ($P<0,05$) belirtmektedir.

Parlaklık/koyuluk göstergesi olan L değerleri ($L:0$ siyah; $L:100$ beyaz) incelendiğinde en koyu rengin BJ+Gellan Gam örneklerinde olduğu, bunu sırasıyla, BJ+Agar agar, BJ+Karragenan, BJ+Keçiboynuzu, BJ+Guar Gam, BJ+Guar gam ve BJ+Ksantan Gam örnekleri gelmektedir. En düşük L değeri ise sığır jelatininde olduğu, balık jelatininin de L değerinin sığır jelatininden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılıkların özellikle karışımlar içerisinde agarların üretildikleri hammaddelerin renginden kaynaklandığı, balık jelatininde ise % kül miktarının sığır jelatinine göre fazla olmasından dolayı renginde koyulaşma olduğu düşünülmektedir.

Renk değerlerinde kırmızılık indeksi olarak bilinen a değeri incelendiğinde tüm örnekler negatif a değerine sahip oldukları belirlenmiştir. Sığır jelatini -0,65 a değeri ile en düşük yeşillik değerine sahipken, BJ+Karragenan ve BJ+ Gellan Gam örnekleri en yüksek yeşillik değerine (yaklaşık -2,4) sahip oldukları görülmektedir.

Renk değerlerinde sarılık indeksi olarak bilinen b değeri incelendiğinde kontrol örnekleri sığır ve balık jelatini, BJ+Keçiboynuzu gamı, BJ+Guar gam, BJ+ Agar agar ve BJ+ Gellan gam karışım örnekleri -b değerleri ile mavi renge döndüğü, diğer örnekler ise +b değeri ile sarılık özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Kontrol örnekleri ile BJ+Gam karışım örneklerinin L, a, b değerlerindeki değişim şekil 5.19'da verilmiştir.



Şekil 5.19.Farklı Gam İlaveli Balık Jelatininin Renk Değerlerindeki Değişim (L, a, b)

Jelatinin rengi ve saydamlığı, üretiminde ısı ile ekstraksiyon işlemi sırasında protein ve karbonhidratlar arasındaki Maillard reaksiyonu ile oluşur. Buna bağlı olarak jelatinde kahverengiye yakın bir renk elde edilmektedir. Rengin yoğunluğu da uygulanan ekstraksiyon sıcaklığına ve süresine göre değişiklik göstermektedir. Oluşan bu renk değişiklikleri jelatinin fonksiyonel özelliklerini etkilememiş olsa da, estetik açıdan önemlidir. Jelatinin rengi, elde edilirken kullanılan materyale göre de değişiklik gösterir. Etkileyen diğer faktörlerin de ön işlemde uygulanan kimyasallar ve pH olduğu, pH'nın da arttıkça rengin koyulaştığı bildirilmiştir (Erge ve Zorba, 2016).

Khiari, Rico, Martin-Diana ve Barry-Ryan, (2011), asetik asit ön işlemleri ile ekstrakte edilen jelatinin daha yüksek b^* değerine sahip olduğunu, sarı renk gösterdiğini ve pH derecesi yükseldikçe jelatin renginin koyulaştığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda özellikle balık jelatinine farklı gam ilavesi yapılmasından dolayı ölçülen pH değerlerinin L değerleri üzerine herhangi bir etkinin olmadığı tespit edilmiştir. Kontrol örnekleri olan sığır ve balık jelatinleri aynı pH değerine sahip olmasına rağmen L değerleri bakımından sığır jelatininin daha koyu olduğu tespit edilmiştir.

Jelatin, cam gibi ve hafif sarı renktedir (Srividya, Sowmya, Reddy, 2014). Ticari jelatinin rengi açık sarı - koyu sarı arasında değişir. (Jamilah ve Harvinder, 2002). Balık türlerinin ve kullanılan ham materyalin, elde edilen jelatinin renk özellikleri üzerinde etkilerinin olabileceği (Koli, Basu, Nayak, Patange, Pagarkar ve Gudipati, 2012), renkte oluşan bulanıklık ve koyu rengin daha çok ekstraksiyon aşamasında ayrıştırılmayıp içerikte kalan inorganik madde ve protein bulaşmalarından kaynaklandığı (Eastoe vd., 1977) ve rengin jelatinin işlevsel özellikleri üzerinde etkisinin bulunmadığı (Ockerman ve Hansen, 1988) sonucuna ulaşılmıştır.

Al-Saidi, Rahman, Al-Alawi ve Guizani, (2011), ekstraksiyon koşullarının renk üzerinde etkili olduğu saptamışlardır.

Orhan (2014), yaptığı çalışmada renk analiz sonuçlarında parlaklık (L^*) değerlerini, çipura jelatinleri için 71,81, levrek jelatinleri için 68,53, alabalık jelatinleri için de 75,08 olarak bildirmiştir. Kırmızı/yeşil (a^*) değerini sırasıyla -3,01, -5,68, 4,19 olarak bulmuştur. Sarı/mavi (b^*) değerini ise sırasıyla 20,16; 24,04; 15,76 olarak bulmuştur. Bizim bulduğumuz değerler Orhan(2014) ün yapmış olduğu çalışmadan a değeri bakımından benzerlik gösterirken L ve b değeri bakımından farklı bulunmuştur.

Gökçin, (2013), yaptığı çalışmada renk analizlerini uskumru balığı derisinde L^* değerini 37,10, a^* değerini -4,98, b^* değerini ise 8,46 olarak bulmuştur. Levrek balığı derisinden elde ettiği jelatinde ise L^* değerini 19,41, a^* değerini -2,95, b^* değerini ise -5,45 olarak bulmuştur. Yine yapmış olduğu aynı çalışmada ticari balık jelatininin L^* değerini 23,89, a^* değerini -0,26, b^* değerini ise 3,69 olarak, ticari sığır jelatininin ise L^* değerini 38,06, a^* değerini -0,30, b^* değerini ise 4,38 olarak belirtmiştir. Bizim bulduğumuz değerler Gökçin (2013)'in bulduğu değerler ile benzerlik göstermektedir.

Pranoto vd. (2007) yaptıkları balık jelatinine karragenan ve gellan gam ekleyip film oluşturduğu çalışmalarında renk değerlerini şu şekilde bulmuşlardır: kontrolün L* değerini 93,22, a* değerini -1,39, b* değerini 1,37, değişik oranlarda gellan gam ilave ettikleri iki örnekte L* değerini 93,16 ve 93,12, a* değerini -1,39 ve 1,41, b* değerini 1,34 ve 1,43, yine aynı şekilde değişik oranlarda karragenan ilave ettikleri iki örnekte L* değerini 93,23 ve 93,12, a* değerini -1,38 ve -1,42, b* değerini ise 1,29 ve 1,46 olarak saptamışlardır.

Tümerkan vd. (2019) ton balığı jelatininin örnekte L* değerini 92,6, a* değerini 0,56 ve b* değerini 3,7 olarak bulunmuştur.

Bu araştırmada tespit edilen renk parametreleri yukarıda literatürde belirtilen değerler ile karşılaştırıldığında Orhan (2014)'ün belirlediği renk parametrelerinden düşük olarak bulunmuştur. Gökçin (2013)'ün belirlediği ticari sığır jelatininin renk parametreleri karşılaştırıldığında, L* ve b* değeri düşük bulunurken, a* değeri yüksek olarak bulunmuştur.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Jelatin, teknolojik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle gıdalarda kıvam ve stabilitenin geliştirilmesinde yaygın olarak tercih edilir. Domuz ve sığır jelatinlerinedini inanç, güvenlik endişeleri ve ekonomik hususlar gibi faktörler nedeniyle alternatif olarak balık derisi veya kemiklerininkullanılmasıüzerine çalışmalar artış göstermektedir.Fakat Balık jelatininin, kalite parametrelerinin düşük olması sebebiylegıda sanayindealternatif olarak kullanılmaları için farklı proses ve/veya katkı maddeleri ilavesiyle modifiye edilmeleri önem arz etmektedir.

Gökkuşığı alabalığı derisinden elde edilen jelatininin yapısını kuvvetlendirmek için eklenen gamlarla pH değeri; (BJ)+Keçiboynuzu gamı karışımında 5,08'e yükselmiş, diğer karışımlarda pH değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Bu durum jelatininalkali ile ön işlemde geçirilerek ekstraksiyon işlemine tabi tutulması ile açıklanabilir. pH balık jelatininin jelleşme özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Elde edilen bulgular ışığında gökkuşığı alabalığından elde edilen jelatinin Tip B sınıfına girdiği söylenebilir.

% kül sonuçları incelendiğinde yüksek kül içeriğine %8,21 ile balık jelatini+karragenan karışımı ve %7,02 ile balık jelatini+gellan gam karışımının sahip olduğu belirlenmiştir. Balık jelatinlerinin kül içeriğinin yüksek oluşu yetersiz demineralizasyon veya balığın yaşı ve türü, yetiştirildiği çevresel koşulların bir sonucu olabilir. Gam ilavelisi ile artış gözlenmesinde gamlardan gelen mineral maddeler ile ilişkilendirilebilir. FAO verilerine göre jelatinlerde kül içeriğinin %3'den az olması gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmamızda edilen % kül miktarları FAO tarafından belirlenen değerden yüksek olarak bulunmuştur.

Jelatindeki proteinin miktarı genellikle %85-92 civarındadır ve kurutma işlemi sonrası mineral ve nem kalıntılarının yeterince uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığının göstergesidir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarda balık jelatini ve sığır jelatini bu değerlerin üstünde bulunurken gam ilaveli karışımların değerleri bu değerlerin altında bulunmuştur.

Ticari jelatinlerin jelleşme kuvveti, 100-300 aralığında olmakla birlikte, arzu edilen 250-260 Bloom değerinde jelatin üretmektir. Elde ettiğimiz sonuçlarla kıyasladığımızda balık jelatininin düşük, sığır jelatininin yüksek bloom değeri gösterdiği belirlenmiştir. Gam ilavesinin balık jelatininin bloom değeri üzerine etkisini incelediğimizde agar agar ve gellan gamın bloom değerine olumlu etki ettiği, diğer gamlarda ise balık jelatininin bloom değerini düşürdüğü görülmüştür.

Su tutma kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesi jelin karakterizasyonunda çok önemlidir. Düşük su tutma kapasitesi hidrofilik aminoasit düzeyinin ve hidroksiprolin düzeyinin düşük olması gibi durumlarda ortaya çıkar. Yağ bağlama kabiliyeti açısından, jelatinlerdeki önemli farklılıklar ekstraksiyon yöntemlerinden etkilenebilecek çeşitli hidrofobik kalıntılar ve tirozin seviyeleri ile ortaya çıkabilir (Ninan vd., 2011). Elde edilen sonuçlara bakıldığında eklenen gamların su tutma kapasitesini arttırdığı ve en yüksek su tutma kapasitesine de BJ+Ksantan gam karışımının sahip olduğu gözlenmiştir. Yağ bağlama kapasitesinde ise ksantan gam, guar gam, agar agar ve gellan gamın arttırdığı, keçiyoynuzu gamı, gam arabik ve karragenanın ise yağ bağlama kapasitesini düşürdüğü gözlenmiştir.

Farklı gam ilave edilmiş balık jelatini örneklerinin Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) görüntüleri incelendiğinde; sığır jelatininin iplikli-lifli yapı gösterdiği, balık jelatininin ise daha homojen ve küçük gözeneklere sahip olduğu görülmektedir. BJ+Keçiyoynuzu ve BJ+Karragenan örneklerinin sığır jelatinine benzerlik gösterdiği, BJ+Agar agar, BJ+Ksantan Gam, BJ+ Gam Arabikkarışımları ise balık jelatini ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Farklı gam ilave edilmiş olan balık jelatinlerinde SEM görüntülerindeki farklılığın gamların farklı hammaddelerden üretilmesi, ekstraksiyon, saflaştırma gibi üretim metotlarındaki farklılıklar gibi nedenlerden dolayı, gamların kimyasal kompozisyonunun da farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Parlaklık/koyuluk göstergesi olan L değerleri (L:0 siyah; L:100 beyaz) incelendiğinde en koyu rengin BJ+Gellan Gam örneklerinde olduğu, en düşük L değerinin ise sığır jelatininde olduğu, balık jelatininin de L değerinin sığır jelatininden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu farklılıkların özellikle karışımlar içerisinde, gamların üretildikleri hammaddelerin renginden kaynaklandığı, balık jelatininde ise % kül miktarının sığır jelatinine göre fazla olmasından dolayı renginde koyulaşma olduğu düşünülmektedir.

Renk değerlerinde kırmızılık indeksi olarak bilinen a değeri incelendiğinde tüm örneklerin negatif a değerine sahip oldukları belirlenmiştir. Sığır jelatini -0,65 a değeri ile en düşük yeşillik değerine sahipken, BJ+Karragenan ve BJ+ Gellan Gam örnekleri en yüksek yeşillik değerine (yaklaşık -2,4) sahip oldukları görülmektedir.

Renk değerlerinde sarılık indeksi olarak bilinen b değeri incelendiğinde kontrol örnekleri olan sığır ve balık jelatini, BJ+Keçiyoynuzu gamı, BJ+Guar gam, BJ+ Agar agar ve BJ+ Gellan gam karışım örneklerinin -b değerleri ile mavi renge döndüğü, diğer örneklerin ise +b değeri ile sarılık özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre balık jelatinine ilave edilen gamların renk üzerinde büyük farklılıklar yaratmadığı gözlenmiştir.

Balık jelatinine %7,50 gellan gam ilavesi ile en iyi sertlik derecesi yakalanırken bu sonuçlar bloom derecesi ile doğru orantı göstermiştir. Sığır jelatinine en yakın yapışkanlık değeri ksantan gam ilaveli balık jelatini örneğinde belirlenmiştir. Bu durum ksantan gam ilavesini yapısal konformasyona katkı sunduğunu gösterir. Chewiness (çiğnenebilirlik) değerleri incelendiğinde aralarında güçlü bir kolerasyon olduğu görülmektedir. Ve en iyi değerler sığır jelatininden sonra gellan gam ve agar agar ilaveli jelatinler bulunmuştur. Bu değerlere en az katkıyı ise guar gam yapmıştır. Resilience (esneklik) değerleri incelendiğinde esneklik bakımından ölçülen değerlerde balık jelatini (0,606) ile sığır jelatini (0,626) birbirine benzerlik göstermiştir. En düşük esneklik değeri gellan gam ilaveli balık jelatini örneğinde belirlenirken (0,089), gam ilaveli balık jelatini örnekleri içerisinde en yüksek değer gam

arabik ilaveli örnekte 0,634 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak TPA ve bloom değerleri bakımından sığır jelatininden sonra en iyi özellikleri gellan gam ilaveli örnek göstermiştir.

Balık jelatini solüsyonuna gam ilave edilmesiyle G' (birikim modülü) değeri ve G'' (kayıp modülü) değerlerinin arttığı görülmüştür. Hidrokolloid ilavesi ile balık jelatininin elastik yapısının kuvvetlendiği görülmektedir. Gamlar içerisinde gellan gam ilaveli balık jelatini solüsyonu belirgin olarak daha yüksek jel özelliği göstermiştir ($G' > G''$). Yalnızca gam arabik ilavesinin balık jelatinin yapısını olumsuz etkileyerek jel kuvvetinin azalmasına ve daha viskoz yapı oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Dinamik koşullar altında frekans taraması, gam ilaveli tüm örneklerde ve kontrol örneklerinde hem G' hem de G'' modülünün artan frekans ile birlikte hafifçe arttığı görülmektedir. Gellan gam, agar agar ve karregen an ilaveli balık jelatini solüsyonlarında G'' 'nün frekansa göre bağımlılığı için daha yavaş karakteristik eğimler sergilemiştir. Bu davranış güçlü jel yapısını ifade etmekte ve gellan gam, agar agar ve karregenanın balık jelatininin jel yapısını güçlendirdiğini göstermektedir.

K (kıvamlilik indeksi) değerlerinde kontrol örneği balık jelatine ilave edilen gamların jelatinin kıvam indeksini arttırdığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan hidrokolloidler kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise en iyi sonuçların gellan gam ilavesi ile elde edildiği tespit edilmiştir. %7,50 gellan gam ilavesi ile balık jelatinin kıvam indeksi sığır jelatine göre daha da kuvvetli forma dönüşmüştür. Gam arabik ilavesinin tüm konsantrasyonlarda balık jelatinin reolojik özelliklerini olumsuz etkilediği ve kıvam indeksini düşürdüğü saptanmıştır.

En yüksek jel kuvveti değerine balık jelatine %7,50 oranında gellan gam ilave edilmesi ile ulaşıldığı görülmektedir. Gellan gam ilavesi ile balık jelatininin jel kuvveti yaklaşık 7 kat artmıştır. Diğer kontrol örneği olan sığır jelatine göre ise jel kuvvetinde yaklaşık 2 kat artış sağlanmıştır. Gam arabik dışında tüm gam örneklerinin en iyi değerleri gösterdiği oranda ilavesi ile balık jelatinin jel kuvvetinde artış sağlanmıştır. Gamların jelleşme kinetiği ve balık jelatininin gücü üzerindeki etkisi ile ilgili olarak gellan gam K_{gel} , G' ve jel kuvvetini diğer gamlara göre daha olumlu etkilemiştir. Benzer şekilde kontrol örnekleri balık ve sığır jelatine göre agar agar, karregen an ve keçiyoynuzu gamı ilavesinin yapıyı olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Genel eğilim olarak gam konsantrasyonunun artması ile G' , jel kuvveti ve k_{gel} değerleri de artmıştır.

Balık jelatin sistemlerinin erime sıcaklıkları belirlendiğinde örneklerin tümünde G' ve G'' değerlerinde ısıtma prosesi ile bir azalma görülmüştür. Balık jelatin solüsyonlarına ksantan gam, agar agar, gellan gam, karregen, keçiyoynuzu ve guar gam eklenmesi ile erime sıcaklığı kontrol numunesine (balık jelatini) göre artmıştır. Balık jelatininin en büyük eksiklerinden olan düşük erime noktasını, farklı hidrokolloidlerin ilavesi ile gidermeyi amaçladığımız bu çalışmada en yüksek erime sıcaklığına $15,93^{\circ}\text{C}$ olarak balık jelatinine %5,00 ksantan gam ilavesi ile ulaşılmıştır. Benzer şekilde gellan gam, agar agar, karregen ve keçiyoynuzu ilavesi ile de erime noktasında kontrol örneğinde artış tespit edilmiştir. Sığır jelatininin erime noktası olan $29,74^{\circ}\text{C}$ 'ye denenen gamların belirlenen en iyi konsantrasyonlarında ulaşılamamıştır.

Sonuç olarak;Memeli jelatinine kıyasla daha zayıf reolojik özellikler gösteren balık jelatinine belirli oranlarda eklenen hidrokolloidlerin solüsyonlarında (Gellan gam, karragenan, agar agar, keçiyoynuzu gamı, ksantan gam) K_{gel} , G' , G'' , kıvam indeksi, jel kuvveti, erime sıcaklığı artış göstermiştir. Gam ilavesi ile balık jelatininin elastik yapısı kuvvetlenip daha yüksek jel özelliği göstermiştir. Çalışmada kullanılan hidrokolloidler arasında sığır jelatinine en yakın sonuçlar gellan gam ilavesi ile sağlanmıştır. Bu çalışmada gam arabik, agar agar ve karragenan en yüksek oran olan %10, balık jelatinine ilave edildiğinde en iyi sonuçları vermesine rağmen optimum sonuçlar olarak değerlendirilmemiştir. Ancak, gellan gam ilavesiyle modifiye edilmiş balık jelatininin gıda endüstrisinde potansiyel bir kullanım alanına sahip olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbott, J.A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology Technology*, 15: 207-225.
- Ahmad, T., İsmail, A., Ahmad, S. A., Khalil, K. A., Kumar, Y., Adeyemi, K. D. ve Sazili, A. Q. (2017). Recent advances on the role of process variables affecting gelatin yield and characteristics with special reference to enzymatic extraction: A review. *Food hydrocolloids*, 63, 85-96.
- Al-Saidi, G., Rahman, M. S., Al-Alawi, A. ve Guizani, N. (2011). Thermal characteristics of gelatin extracted from shaari fish skin. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 104(2), 593-603.
- Anderson, D. M. W., Douglas, D. B., Morrison, N. A. ve Weiping, W. (1990). Specifications for gum arabic (Acacia Senegal); analytical data for samples collected between 1904 and 1989. *Food Additives and Contaminants*, 7(3), 303-321.
- 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, O. (2000). Methods of analysis of the association of official analytical chemists.
- Arfat, Y. A., Ahmed, J., Hiremath, N., Auras, R. ve Joseph, A. (2017). Thermo-mechanical, rheological, structural and antimicrobial properties of bionanocomposite films based on fish skin gelatin and silver-copper nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 62, 191-202.
- Armisen, R. (1995). World-wide use and importance of Gracilaria. *Journal of applied phycology*, 7(3), 231-243.
- Arnesen, J. A. ve Gildberg, A. (2002). Preparation and characterisation of gelatine from the skin of harp seal (*Phoca groenlandica*). *Bioresource Technology*, 82(2), 191-194.
- Avena- Bustillos, R. J., Olsen, C. W., Olson, D. A., Chiou, B. S., Yee, E., Bechtel, P. J. ve McHugh, T. H. (2006). Water vapor permeability of mammalian and fish gelatin films. *Journal of Food Science*, 71(4), E202-E207.
- Balian, G. ve Bowes, J. H. (1977). The structure and properties of collagen. *The science and technology of gelatin*, 1-27.

- Barak, S. ve Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: processing, properties and food applications-a review. *International journal of biological macromolecules*, 66, 74-80.
- Baziwane, D. ve He, Q. (2003). Gelatin: the paramount food additive. *Food Reviews International*, 19(4), 423-435.
- Behnke, R. J. (1992). Native trout of western North America. *Am Fish Soc Monogr*, 6, i-xx+.
- BeMiller, J. N. ve Whistler, R. L. (1996). Carbohydrates Food Chemistry. by Fennema OR. Marcel Dekker, New York, NY, 157-224.
- 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: 445-451.
- Berk, Z., 1976, Introduction to the biochemistry of foods, ElsevierJournal, 116-117.
- Binsi, P. K., Shamasundar, B. A., Dileep, A. O., Badii, F. ve Howell, N. K. (2009). Rheological and functional properties of gelatin from the skin of Bigeye snapper (*Priacanthus hamrur*) fish: Influence of gelatin on the gel-forming ability of fish mince. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 132-145.
- 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(10), 3741-3752.
- Buresova, I., Masarikova, L., Hrivna, L., Kulhanova, S. ve Bures, D. (2016). The comparison of the effect of sodium caseinate, calcium caseinate, carboxymethyl cellulose and xanthan gum on rice-buckwheat dough rheological characteristics and textural and sensory quality of bread. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 659-666.
- Cai, L., Feng, J., Regenstein, J., Lv, Y. ve amp; Li, J. (2017). Confectionery gels: Effects of Low calorie sweeteners on the rheological properties and microstructure of fishgelatin. *Food Hydrocolloids*, 67, 157-165.
- Campo, VL, Kawano, DF, da Silva Jr, DB ve Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis-A review. *Carbohydrate polymers*, 77 (2), 167-180.

- 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.
- Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A. ve Vicente, A. A. (2011). Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications.*Trends in Food Science and Technology*,22(12), 662-671.
- Cho, S. M., Gu, Y. S. ve Kim, S. B. (2005). Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins.*Food Hydrocolloids*,19(2), 221-229.
- Choi, S. S. ve Regenstein, J. M. (2000). Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin.*Journal of Food Science*,65(2), 194-199.
- Clark, A. H., Kamide, K., Ross-Murphy, S. B. ve Saito, M. (1987). *Advances in Polymer Science. Vol. 83: Biopolymers*.Springer-Verlag, 1987, 207.
- Craigie, J. S. (1990). Biology of the red algae.*Cell Walls*, 221-257.
- Derkach, S. R., Ilyin, S. O., Maklakova, A. A., Kulichikhin, V. G. ve Malkin, A. Y. (2015). The rheology of gelatin hydrogels modified by κ -carrageenan.*LWT-Food Science and Technology*,63(1), 612-619.
- Derkach, S. R., Voron'ko, N. G., Kuchina, Y. A., Kolotova, D. S., Gordeeva, A. M., Faizullin, D. A. ve Makshakova, O. N. (2018). Molecular structure and properties of κ -carrageenan-gelatin gels.*Carbohydrate polymers*,197, 66-74.
- Duckworth, M., Hong, K. C. ve Yaphe, W. (1971). The agar polysaccharides of *Gracilaria* species.*Carbohydrate Research*,18(1), 1-9.
- Eastoe, J. ve amp; Leach, A. (1977). *Chemical Constituents of Gelatin*. In (pp. 74): Academic Press, San Diego, CA.
- El Enshasy, H., Then, C., Othman, N. Z., Al Homosany, H., Sabry, M., Sarmidi, M. R. ve Aziz, R. A. (2011). Enhanced xanthan production process in shake flasks and pilot scale bioreactors using industrial semidefined medium.*African Journal of Biotechnology*,10(6), 1029-1038.

- Ensminger, A. H., Ensminger, M. E., Kondale, J. E. ve Robson, J. R. (1983). *Foods and Nutrition Encyclopedia*, Clovis.
- Erge, A. ve Zorba, Ö. (2016). Jelatin ve Fizikokimyasal Özellikleri. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*,14(4).
- FAO, R. F. (2018). *FAO yearbook: Fishery and aquaculture statistics*, 2016.
- Farahnaky, A., Zendeboodi, F., Azizi, R., Mesbahi, G. ve Majzoobi, M. (2017). Solubilization of bovine gelatin using power ultrasound: gelation without heating. *Journal of texture studies*,48(2), 87-94.
- Fernandez-Diaz, M. D., Montero, P. ve Gomez-Guillen, M. C. (2001). Gel properties of collagens from skins of cod and hake and their modification by the coenhancers magnesium sulphate, glycerol and transglutaminase. *Food Chemistry*,74, 161-167.
- Ferry, J. D. (1980). *Viscoelastic properties of polymers*. John Wiley ve Sons.
- Gaisford, S. E., Harding, S. E., Mitchell, J. R. ve Bradley, T. D. (1986). A comparison between the hot and cold water soluble fractions of two locust bean gum samples. *Carbohydrate Polymers*,6(6), 423-442.
- Garcia, M. M. ve amp; del Carmen Guillen, M. (2002). Method for the production of gelatin Of marine origin and product thus obtained. In: Google Patents.
- Gelatin Manufacturers of Europe (GME). (2000). *Standardised Methods for the Testing of Edible Gelatin*. Gelatin Monograph.
- Gilsenan, P. M. ve Ross-Murphy, S. B. (2000). Rheological characterisation of gelatins from mammalian and marine sources. *Food Hydrocolloids*,14(3), 191-195.
- GME. (2008). *Gelatin manufacturers of Europe*.
- GME. (2016). *First-class raw materials as a matter of course*.
- Gomez-Guillen, M. C., Gimenez, B. ve Montero, P. (2005). Extraction of gelatin from fish skins by high pressure treatment. *Food hydrocolloids*,19(5), 923-928.
- Gomez-Guillen, M., Turnay, J., Fernández-Díaz, M., Ulmo, N., Lizarbe, M. ve amp; Montero, P. (2002). Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16(1), 25-34.

- Goycoolea, F. M., Richardson, R. K., Morris, E. R. ve Gidley, M. J. (1995). Stoichiometry and conformation of xanthan in synergistic gelation with locust bean gum or konjac glucomannan: evidence for heterotypic binding. *Macromolecules*, 28(24), 8308-8320.
- Gökçin, (2013). *Uskumru (scomber scombrus) ve levrek (dicentrarchus labrax) kemiklerinde jelatin eldesi ve karakterizasyonu* (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Guan, Y. ve Zhong, Q. (2014). Gum arabic and Fe²⁺ synergistically improve the heat and acid stability of norbixin at pH 3.0–5.0. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(52), 12668-12677.
- Haug, I. J., Draget, K. I. ve Smidsrod, O. (2004). Physical behaviour of fish gelatin-κ-carrageenan mixtures. *Carbohydrate Polymers*, 56(1), 11-19.
- Hinterwaldner, R. (1977). The science and technology of gelatin. by AG Ward and A. Courts, Academic Press Inc., New York, 315.
- Holzer, D. (1996). Jelatin üretimi. ABD Patenti 5,484,888.
- Hui, P. ve Neukom, H. (1964). Some properties of galactomannans. *Tappi J*, 47, 39-42.
- Hui, Y. H. (2006). Handbook of food science. *Technology, and Engineering*, 2, 62-2.
- Jamilah, B. ve Harvinder, K. G. (2002). Properties of gelatins from skins of fish black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Food Chemistry*, 77: 81–84.
- Johnston-Banks, F. (1984). Tannery to table: an account of gelatine production. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 68, 141-5.
- Johnston-Banks, F. A. (1990). Gelatine. In *Food gels* (pp. 233-289). Springer, Dordrecht.
- Kaewruang, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Encarnacion, A. B. ve Nalinanon, S. (2014). Impact of divalent salts and bovine gelatin on gel properties of phosphorylated gelatin from the skin of unicorn leatherjacket. *LWT-Food Science and Technology*, 55(2), 477-482.
- Kamer, D. D. A., 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, Food Science and Technology*, 101, 499-505.
- 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.

- Kennedy, J. F. ve Bradshaw, I. J. (1984). Production, properties and applications of xanthan. *Progress in industrial microbiology*, 19, 319-371.
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A. B. ve Barry-Ryan, C. (2011). The extraction of gelatine from mackerel (*Scomber scombrus*) heads with the use of different organic acids. *Journal of Fisheries Sciences*, 5(1), 52.
- Knutsen, S. H., Myslabodski, D. E., Larsen, B. ve Usov, A. I. (1994). A modified system of nomenclature for red algal galactans.
- 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.
- Kolodziejaska, I., Kaczorowski, K., Piotrowska, B. ve amp; Sadowska, M. (2004). Modification of the properties of gelatin from skins of Baltic cod (*Gadus morhua*) with transglutaminase. *Food Chemistry*, 86(2), 203-209.
- Ktari N., Jridi M., Nasri R., Lassoued I., Ayed H.B., Barkia A. Ve Nasri M., (2014). Characteristics and Functional Properties of Gelatin from Zebra Blenny (*Salariabasilisca*) Skin, *Food Science and Technology*, 58: 602-608.
- Kuan, Y.-H., Nafchi, A. M., Huda, N., Ariffin, F. ve amp; Karim, A. A. (2016). Effects of sugars on the gelation kinetics and texture of duck feet gelatin. *Food Hydrocolloids*, 58, 267-275.
- Kundu, S., Das, A., Basu, A., Abdullah, M. F. ve Mukherjee, A. (2017). Guar gum benzoate nanoparticle reinforced gelatin films for enhanced thermal insulation, mechanical and antimicrobial properties. *Carbohydrate polymers*, 170, 89-98.
- Lin, K. W. ve Huang, H. Y. (2003). Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Science*, 65(2), 749-755.
- 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 and Technology*, 68, 102-112.
- Lin, M. J. Y., Humbert, E. S. ve Sosulski, F. W. (1974). Certain functional properties of sunflower meal products. *Journal of Food Science*, 39(2), 368-370.

- Marinho-Soriano, E. (2001). Agar polysaccharides from *Gracilaria* species (Rhodophyta, Gracilariaceae). *Journal of biotechnology*, 89(1), 81-84.
- Marinho-Soriano, E. ve Bourret, E. (2005). Polysaccharides from the red seaweed *Gracilaria dura* (Gracilariales, Rhodophyta). *Bioresource technology*, 96(3), 379-382.
- Mariod, A. A. ve Fadul, H. (2013). Gelatin, source, extraction and industrial applications. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(2), 135-147.
- McHugh, D. J. (1991). Worldwide distribution of commercial resources of seaweeds including *Gelidium*. In *International workshop on Gelidium* (pp. 19-29). Springer, Dordrecht.
- Mei, J., Ma, G., Yang, M., Yang, Z., Wen, W. ve Sheng, P. (2012). Dark acoustic metamaterials as süper absorbers for low-frequency sound. *Nature communications*, 3(1), 1-7.
- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M. H., Neyestani, T. R. ve Mortazavian, A. M. (2014). Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), 1812-1818.
- Montero, P. ve Gomez- Guillen, M. C. (2000). Extracting conditions for megrim (*Lepidorhombus bosci*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. *Journal of Food Science*, 65(3), 434-438.
- Morris, V. J. (1990). Biotechnically produced carbohydrates with functional properties for use in food systems. *Food Biotechnology*, 4(1), 45-57.
- Mudgil, D., Barak, S. ve Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications a review. *Journal of food science and technology*, 51(3), 409-418.
- 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.
- Naji-Tabasi, S. ve Mohebbi, M. (2015). Evaluation of cress seed gum and xanthan gum effect on macrostructure properties of gluten-free bread by image processing. *Journal of Food Measurement and characterization*, 9(1), 110-119.

- Nakauma, M., Funami, T., Fang, Y., Nishinari, K., Draget, K. I. ve Phillips, G. O. (2016). Calcium binding and calcium-induced gelation of sodium alginate modified by low molecular weight polyuronate. *Food Hydrocolloids*, 55, 65-76.
- Nikoo, M., Benjakul, S., Bashari, M., Alekhorshied, M., Cissouma, A. I., Yang, N. ve Xu, X. (2014). Physicochemical properties of skin gelatin from farmed Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) as influenced by acid pretreatment. *Food Bioscience*, 5, 19-26.
- Ninan, G., Jose, J. ve Abubacker, Z. (2011). Preparation and characterization of gelatin extracted from the skins of rohu (*Labeo rohita*) and common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(2), 143-162.
- Nurul, A. G. ve Sarbon, N. M. (2015). Effects of pH on functional, rheological and structural properties of eel (*Monopterus sp.*) skin gelatin compared to bovine gelatin. *International Food Research Journal*, 22(2), 572-583.
- O'Neill, M. A., Selvendran, R. R. ve Morris, V. J. (1983). Structure of the acidic extracellular gelling polysaccharide produced by *Pseudomonas elodea*. *Carbohydrate Research*, 124(1), 123-133.
- Ockerman, H. W. ve Hansen, C. L. (1988). *Animal by-product processing*. Weinheim: VCH; Chichester: Horwood.
- Orhan, (2014). *Kültür balığı atıklarından jelatin üretimi ve kalitesinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi. İstanbul.
- Pranoto, Y., Lee, C. M. ve Park, H. J. (2007). Characterizations of fish gelatin films added with gellan and κ -carrageenan. *LWT-Food Science and Technology*, 40(5), 766-774.
- Ptaszek, P., Kabzinski, M., Ptaszek, A., Kaczmarczyk, K., Kruk, J. ve Bienczak, A. (2016). The analysis of the influence of xanthan gum and apple pectins on egg white protein foams using the large amplitude oscillatory shear method. *Food Hydrocolloids*, 54, 293-301.
- Rahman, M. S., Al-Saidi, G. S. ve Guizani, N. (2008). Thermal characterisation of gelatin extracted from yellowfin tuna skin and commercial mammalian gelatin. *Food Chemistry*, 108(2), 472-481.
- Rudolph, B. (2000). Seaweed products: red algae of economic significance. *Marine and freshwater products handbook*, 515-529.

- Saha, D. ve Bhattacharya, S. (2010). Characteristics of gellan gum based food gels. *Journal of texture studies*,41(4), 459-471.
- Sandhu, G. K., Simsek, S. ve Manthey, F. A. (2015). Effect of xanthan gum on processing and cooking quality of nontraditional pasta. *International Journal of Food Science and Technology*,50(8), 1922-1932.
- 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(1), 71-76.
- Sarkar, D., Nandi, G., Changder, A., Hudati, P., Sarkar, S. ve Ghosh, L. K. (2017). Sustained release gastroretentive tablet of metformin hydrochloride based on poly (acrylic acid)-grafted-gellan. *International journal of biological macromolecules*,96, 137-148.
- Schreiber, R. ve amp; Gareis, H. (2007). *Gelatine handbook*. Weinheim: Wiley-VCH GmbH and Co.
- See, S., Hong, P., Ng, K., Wan Aida, W. ve amp; Babji, A. S. (2010). Physicochemical properties of gelatins extracted from skins of different freshwater fish species. *International Food Research Journal*, 17(3), 809-816.
- Sezer, P. (2019). *Improving Gelation Properties Of Fish Gelatin By Non-Thermal Processes*(Doctoral dissertation, Middle East Technical University).
- 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.
- Shu, C. H. ve Yang, S. T. (1990). Effects of temperature on cell growth and xanthan production in batch cultures of *Xanthomonas campestris*. *Biotechnology and bioengineering*,35(5), 454-468.
- Shu, C. H. ve Yang, S. T. (1991). Kinetics and modeling of temperature effects on batch xanthan gum fermentation. *Biotechnology and bioengineering*,37(6), 567-574.
- Sow, L. C., Chong, J. M. N., Liao, Q. X. ve Yang, H. (2018). Effects of κ -carrageenan on the structure and rheological properties of fish gelatin. *Journal of Food Engineering*,239, 92-103.

- Soma, P. K., Williams, P. D. ve Lo, Y. M. (2009). Advancements in non-starch polysaccharides research for frozen foods and microencapsulation of probiotics. *Frontiers of Chemical Engineering in China*, 3(4), 413.
- Songchotikunpan, P., Tattiyakul, J. ve amp; Supaphol, P. (2008). Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 42(3), 247-255.
- 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. *LWT-Food Science and Technology*, 85, 137-145.
- Srividya, B., Sowmya, C. ve Reddy, P.C.S., (2014), Capsules and it's technology: An overview, *International journal of pharmaceutics and drug analysis*, (2) 9, 727- 733.
- Stanley, N. (1987). Production, properties and uses of carrageenan. Production and utilization of products from commercial seaweeds. *FAO Fisheries Technical Paper*, 288, 116-146.
- Tabarestani, H. S., Maghsoudlou, Y., Motamedzadegan, A. ve Mahoonak, A. S. (2010). Optimization of physico-chemical properties of gelatin extracted from fish skin of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *Bioresource Technology*, 101(15), 6207-6214.
- Te Nijenhuis, K. (1979). Dynamic mechanical studies on thermo-reversible ageing processes in gels of polyvinyl chloride and of gelatin.
- Tekle, (2016). *Balık derilerinden jelatin üretimi, teknolojik ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes.
- Tümerkan, E. T. A., Cansu, Ü., Boran, G., Mac Regenstein, J. ve Özoğul, F. (2019). Physicochemical and functional properties of gelatin obtained from tuna, frog and chicken skins. *Food Chemistry*, 287, 273-279.
- Ufuk 2020 Dashboard. European Commission, H2020 Dashboard <https://webgate.ec.europa.eu/dashboard>.
- Umashankar, H., Annadurai, G., Chellapandian, M. ve Krishnan, M. R. V. (1996). Influence of nutrients on cell growth and xanthan production by *Xanthomonas campestris*. *Bioprocess engineering*, 14(6), 307-309.

- Usov, A. I. (2011). Polysaccharides of the red algae. *Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry*, 65, 115-217.
- Üçyol, (2016). *Gökkuşığı alabalığı (oncorhynchus mykiss), çipura (sparus aurata) ve levrek (dicentrarchus labrax) balıklarının atıklarından jelatin elde edilebilme kapasitelerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Çanakkale.
- Ünal, B., Metin, S. ve Işıklı, N. D. (2003). Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set yoghurt. *International Dairy Journal*, 13(11), 909-916.
- Wainwright, F. W. (1977). Physical tests for gelatin and gelatin products. *The science and technology of gelatin*, 507-531.
- Webster, C. D. ve Lim, C. (Eds.). (2002). Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. Cabi.
- Williams, P. A. ve Phillips, G. O. (2021). Gum arabic. In *Handbook of hydrocolloids* (pp. 627-652). Woodhead Publishing.
- Wu, S. J., Ho, Y. C., Jiang, S. Z. ve Mi, F. L. (2015). Effect of tannic acid–fish scale gelatin hydrolysate hybrid nanoparticles on intestinal barrier function and α -amylase activity. *Food and Function*, 6(7), 2283-2292.
- Y.-H. Kuan, A.M. Nafchi, N. Huda, F. Ariffin ve A.A. Karim (2016). Effects of sugars on the gelation kinetics and texture of duck feet gelatin. *Food Hydrocolloids*, 58, 267-275
- Yang, H. ve Wang, Y. (2009). Effects of concentration on nanostructural images and physical properties of gelatin from channel catfish skins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 577-584.
- Z. Yang, H. Yang ve H. Yang (2018). Effects of sucrose addition on the rheology and microstructure of κ -carrageenan gel. *Food Hydrocolloids*, 75, 164-173.
- Zhong, Q. ve Ikeda, S. (2012). Viscoelastic properties of concentrated aqueous ethanol suspensions of α -zein. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 46-52.