

T.C.
ANAkkALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*), ÇİPURA (*Sparus aurata*) VE LEVREK (*Dicentrarchus labrax*) BALIKLARININ
ATIKLARINDAN JELATİN ELDE EDİLEBİLME
KAPASİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Nail ÜÇYOL

Su Ürünleri Yetiştiriciliğı Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **04/01/2016**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Bayram KIZILKAYA

ANAkkALE

Nail ÜÇYOL tarafından Doç. Dr. Bayram KIZILKAYA yönetiminde hazırlanan ve 04/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), Çipura (*Sparus Aurata*) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Balıklarının Atıklarından Jelatin Elde Edilebilme Kapasitelerinin Araştırılması” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Bayram KIZILKAYA

Başkan

Doç. Dr. Harun YILDIZ

Üye

Doç Dr. Derya GÜROY

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından FYL-2014-428 numaralı projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Nail ÜÇYOL

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam kapsamında yüksek lisans eğitimim boyunca insani ve ahlaki değerleri ile örnek edindiğim, ilminden faydalandığım, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan, maddi ve manevi her türlü yardımlarından dolayı değerli hocam Doç. Dr. Bayram KIZILKAYA'ya, her zaman yardımlarıyla desteğini gördüğüm değerli Arş. Gör. Dr. Hasan Basri Ormancı ve Öğr. Gör. O. Sabri KESBİÇ'e, tez çalışmam boyunca fikirleriyle benden yardımlarını esirgemeyen değerli Arş. Gör. Ümit ACAR'a ve Evren TAN'a, tez yazım aşamasında desteklerini esirgemeyen Fatih AYDIN'a ve şuana kadar bana sonsuz destekleri olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Nail ÜÇYOL

Çanakkale, Ocak 2016

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde oranı
FAO	Uluslar Arası Tarım Örgütü
BSE	Sığırların süngerimsi beyin hastalığı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
M	Molar
N	Normal
PTFE	Politetrafloroetilen
H	Hidrojen
NaCl	Sodyum klorür
KCl	Potasyum klorür
MgCl ₂	Magnezyum klorür
MgSO ₄	Magnezyum sülfat
NaOH	Sodyum hidroksit
KOH	Potasyum hidroksit
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
HCl	Hidroklorik asit
HNO ₃	Nitrik asit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
BF ₃	Bor triflorür
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat
N ₂	Azot
C	Karbon
O	Oksijen
EPA	Eikosapentaeonik Asit
DHA	Dokosaheksaenoik Asit

ÖZET

Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), Çipura (*Sparus Aurata*) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Balıklarının Atıklarından Jelatin Elde Edilebilme Kapasitelerinin Araştırılması

Nail ÜÇYOL

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Bayram KIZILKAYA

04/01/2016, 88

Bu çalışmada çipura (*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) balıklarının deri ve kemiklerinden jelatin ekstraksiyonu için metod çalışması yapılmıştır. En yüksek verim oranı % 14,4 ile alabalık derisi kaynaklı jelatinde bulunmuştur. Elde edilen jelatinler ile ticari sığır jelatininin fiziko-kimyasal analizleri yapılarak birbirleriyle kıyaslanmıştır. Ekstrakte ettiğimiz jelatinlerin yüksek protein, düşük yağ ve kül içeriğine sahip oldukları belirlenmiştir. Balık atıklarından üretilen jelatinin fiziko-kimyasal özellikleri, ticari sığır jelatininin fiziko-kimyasal içeriğiyle benzerlik göstermekle beraber, jelatin için bir kalite indikatörü olan glisin, hidroksiprolin ve prolin miktarları ticari jelatine yakın değerlerdedir. Elde ettiğimiz jelatinlerin viskozite, erime noktası ve FT-IR analizleri sonuçları da ticari sığır jelatinin analiz sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. Çalışma sonucunda balık atık ürünlerinden (çipura, levrek, alabalık) ekstrakte edilen jelatinlerin verimlerinin yüksek, fonksiyonel özelliklerinin ticari sığır jelatinine benzerliği sebebiyle balık deri ve kemiklerinin yüksek ekonomik değere sahip jelatine çevrilerek ekonomik katkı sağlayabilecek bir hammadde olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çipura (*Sparus aurata*), Levrek (*Dicentrarchus labrax*), Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*), Jelatin, Atık Yönetimi

ABSTRACT

Investigation of The Gelatin Obtainment Capacity by Waste Products of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), Sea Bream (*Sparus aurata*) and Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*)

Nail ÜÇYOL

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Marine Science- Cultivation

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Bayram KIZILKAYA

04/01/2016, 88

In this study, three cultured fish species which are Sea Bream (*Sparus aurata*), Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) and Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) chosen to optimize the method for obtaining gelatin from waste fish products such as bones and skins. It is found that rainbow trout skins gelatin had the highest yield (% 14,4). Physico-chemical analyses of extracted gelatins and commercial bovine gelatin were investigated and compared with each other. The imino acid (hydroxyproline and proline) and glycine values that are quality indicator for gelatin were also similar for extracted gelatins and commercial bovine gelatin while physico-chemical properties of gelatins obtained from waste fish products were similar with commercial bovine gelatins physico-chemical properties. The results of viscosity, melting point and FT-IR analyses were near for extracted gelatins and commercial bovine gelatin. As a result, it is defined that waste products of fish (sea bream, sea bass, rainbow trout) are possible raw materials to obtain gelatine which has high economical value because of their high value of yield similar physico-chemical properties with commercial bovine gelatin.

Keywords: Sea Bream (*Sparus aurata*), Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*), Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), Gelatine, Wasteproduct Managament

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1 - GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Deri ve Kemiklerin Hazırlanması	11
3.3. Deri ve Kemiklerden Jelatin Ekstraksiyonu	13
3.4. Kimyasal ve Yapısal Analizler	17
3.4.1 Jelatin Veriminin Hesaplanması	17
3.4.2 Ham Protein Analizi	17
3.4.3 Amino Asit İçeriğinin Belirlenmesi.....	18
3.4.4. Ham Yağ Analizi	19
3.4.5. Yağ Asit İçeriğinin Belirlenmesi	20
3.4.6. GC İle Yağ Asitleri İçeriklerinin Belirlenmesi.....	20
3.4.7. Yağ Asitlerinin Hesaplanması	21
3.4.8. Ham Kül Analizi.....	21
3.4.9. pH Analizi.....	22
3.4.10. Termogravimetrik Analiz (TGA).....	22
3.4.11. Elementel (C, N, H) Analizler	22
3.4.12. FT-IR Analizi.....	22
3.4.13 Viskozite Analizi	22
3.4.14 Erime Noktası Tayini.....	22
3.4.15 İstatistiksel Analizler	23
BÖLÜM 4 - ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	24
4.1 Ekstraksiyon Verimleri	24
4.2. Jelatin Verimi.....	25

4.3. Protein, Yağ ve Kül Analizi Sonuçları	26
4.4. pH Analizi Sonuçları	29
4.5. Termogravimetrik Analiz Sonuçları	32
4.6. Viskozite ve Erime Noktası Analizleri Sonuçları	36
4.7. Elementel (N, C, H) Analizlerin Sonuçları	40
4.8. FT-IR Analizi Sonuçları	43
4.9. Amino Asit Analizi Sonuçları	52
4.10. Yağ Asitleri Analizi Sonuçları	58
BÖLÜM 5 - SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	62
EKLER	I
ÖZGEÇMİŞ	V

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	Balık derisinin ayrılma işlemine ait fotoğraf (orijinal)	11
Şekil 3.2.	Jelatin eldesinde kullanılmak üzere (A) Kurutulmuş balık derisi (orijinal), (B) Kurutulmuş balık kemiği (orijinal), (C) Öğütülmüş balık derisi'ne (orijinal) ait fotoğraflar	12
Şekil 3.3.	200 nmoles/mL konstrasyondaki amino asit standartının GC spektrumu (IS; Norvalin)	19
Şekil 3.4.	Yağ asidi standartının GC spektrumu	21
Şekil 4.1.	Ekstraksiyon çalışması yapılmış jelatin verimlerinin (%) şematik gösterimi	24
Şekil 4.2.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatin verimi (%) şekilsel gösterimi	26
Şekil 4.3.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatinlere ait ham protein, ham yağ ve kül sonuçları (%)	28
Şekil 4.4.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin protein, yağ, kül ve pH özelliklerine göre Cluster benzerlik analizi sonuçları	29
Şekil 4.5.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin pH değerlerinin şematik gösterimi	30
Şekil 4.6.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin TGA analiz sonuçlarına göre Cluster benzerlik analizi sonuçları	35
Şekil 4.7.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin 60 °C'deki viskozite analizi sonuçları (cP) ve erime noktası analizi sonuçları (°C) şematik gösterimi	37
Şekil 4.8.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin viskozite ve erime noktası verilerine göre Cluster benzerlik analizi sonuçları	38
Şekil 4.9.	Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin elementel analizi sonuçları şekilsel gösterimi	41

Şekil 4.10. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin azot, karbon ve hidrojen içeriklerine göre Cluster benzerlik analizi sonuçları	42
Şekil 4.11. J1, J2, J3 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	43
Şekil 4.12. J4, J5, ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	44
Şekil 4.13. J6, J7, J8 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	45
Şekil 4.14. J6, J9, J10 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	46
Şekil 4.15. J9, J11, J12 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	47
Şekil 4.16. J9, J13, J14, J15 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	48
Şekil 4.17. J16, J17, J18 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	49
Şekil 4.18. J20, J21, J22 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	50
Şekil 4.19. J28, J30, J32 ve J34 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları	51
Şekil 4.20. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin amino asit içeriği yönünden Cluster benzerlik analizi sonuçları	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Jelatinin gıda endüstrisindeki fonksiyonları (Yetim, 2011)	2
Çizelge 1.2. Türkiye’de Yetiştiriciliği En Çok Yapılan Türlerin Miktarları (Ton) (Tuik, 2015).....	4
Çizelge 1.3. 2000 - 2014 Yılları Arası Toplam Su Ürünleri Üretimi (Ton/Yıl) (Tuik, 2015).....	4
Çizelge 2.1. Ekstraksiyonu ve karakterizasyonu yapılan balık jelatinlerinin literatür örnekleri (Karim ve Bhat, 2009).....	9
Çizelge 3.1. Ekstraksiyon sonucu derilerden elde edilen jelatinler	16
Çizelge 3.2. Ekstraksiyon sonucu kemiklerden elde edilen jelatinler	17
Çizelge 4.1. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatin verimi (%)	25
Çizelge 4.2. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin protein, yağ ve kül sonuçları (%).....	27
Çizelge 4.3. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin pH değerleri.....	30
Çizelge 4.4. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin termogravemetrik analiz sonuçları	32
Çizelge 4.5. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin 60 °C’deki viskozite ve erime noktası analizi sonuçları	36
Çizelge 4.6. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin elementel analizi sonuçları	40
Çizelge 4.7. J1, J2, J3, J5, J6, J7, J8 ve J9 kodlu jelatinlerin amino asit analizi sonuçları (mg/g).....	53
Çizelge 4.8. J10, J11, J12, J13, J14, J15, J16 ve J17 kodlu jelatinlerin amino asit sonuçları(mg/g).....	54
Çizelge 4.9. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin amino asit analizlerinin sonuçları (mg/g).....	55
Çizelge 4.10.Çipura, levrek ve alabalık deri ve kemiklerinin ham yağ miktarları (%)	58

Çizelge 4.11.Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinin yağ asitleri analizlerinin sonuçları (%)	59
--	----

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Jelatin domuz, sığır ve koyun gibi hayvanlardaki bağ doku ve kemiklerden elde edilen kollajenin kısmi hidrolizi ile elde edilen, yapısı itibariyle geri dönüşümü olmayan saf bir protein olup, suda çözünebilen, uygulama alanı geniş, çevreye zararı olmayan bir biyopolimerdir. Kollajen, insan ve hayvan organizmalarında bulunan toplam proteinin yaklaşık olarak % 60 oranında bulunan bir protein yapısıdır. Kollajeni globüler proteinlerden ayıran fark, doğrusal fiber bir yapıya sahip olması ve üç polipeptid alt biriminden oluşan üçlü sarmal yapılarıdır. Kollajenin yapısında bulunan H bağları ve çapraz bağlar zayıflayıp kısmen yıkıma uğrarlar, uzun amino asit zincirlerinin de parçalanıp kısalmasıyla su moleküllerinin fibrillerin arasına girmesi kolaylaşır. Bu işlemin gerçekleşmesiyle suda çözünebilen yeni yapı ortaya çıkar ve bu yapıya jelatin denir (Yetim, 2011).

Jelatinin ilk çağlarda sadece biyolojik bir yapışkan olarak kullanıldığı düşünülmektedir. Günümüzde, jelatin endüstriyel olarak üretilmekte ve birçok alanda kullanılmaktadır (Yetim, 2011). Dünya jelatin üretimi sonucunda elde edilen jelatinin yaklaşık olarak % 70'i gıda sanayinde, % 15'i ilaç sanayinde, % 10'u fotoğraf sanayinde ve % 5'i diğer sanayi alanlarında kullanılmaktadır. En yaygın kullanım alan olan gıda sanayinde jelatin katkı maddesi E441 olarak bilinmektedir ve jelleştirilmiş et ürünlerinde, dondurma ve süt ürünlerinde, fırıncılık ürünlerinde ve tatlı ve şeker ürünlerinde stabilizasyonun sağlanması, tekstürün geliştirilmesi, su tutma kapasitesinin artırılması, berraklığın sağlanabilmesi için ve depolanan ürünlerin bozulma sürelerinin arttırılması için kaplama materyali olarak kullanılmaktadır (Johston-Banks, 1990). Jelatinin gıda endüstrisindeki fonksiyonları Çizelge 1.1'de verilmiştir. Fotoğrafçılık alanında kullanılan modern gümüş bromür materyallerinin ham maddesi jelatin içeren emülsiyonlardır. Fotoğrafçılık sektöründe jelatin kullanımı bir asırlık bir geçmişe dayanır. Günümüzde jelatin X ışının filmlerinin üretimi için kullanılmaktadır. Kozmetik alanında jelatin saç ve deri bakım ürünlerinde su bağlama verimini arttırmak, deriyi iyileştirmek ve trans-epidermal su kaybını azaltmak için bulunmaktadır. Tıp ve eczacılık alanında kullanılan serumlarda plazma ikamesi olarak, pastillerde, sünger üretiminde, yeni geliştirilen aşılarda formülasyonlarında, damlaların üretiminde, vitamin kaplama malzemelerinde, macun kaplamalarında da jelatinin kullanıldığı bilinmektedir (Yetim, 2011).

Çizelge 1.1. Jelatinin gıda endüstrisindeki fonksiyonları (Yetim, 2011)

Katıldığı Ürün	Miktarı (%)	Ana Görev	Diğer Görev
Tatlılar	1,5-3,0	Jel oluşumu	Tekstür, Saydamlık, Berraklık
Meyveli sakızlar	6,0-10,0	Jel oluşumu	Tekstür, Stabilizasyon
Lokumlar	1,0-3,0	Köpük oluşumu	Köpük stabilizasyonu, Jel oluşumu
Kos helvası	1,5-3,0	Köpük oluşumu	Köpük stabilizasyonu, Jel oluşumu
Pastiller	1,0-2,0	Bağlama ajanı	Tekstür, Dağılmayı önleme, Erime
Et suyu ve Konserve etler	0,5-2,0	Bağlama ajanı	Tekstür, Dilimlenebilirlik
Sürülebilir sandviç ürünleri (etsiz)	0,3-1,5	Emülsiyon stabilizasyonu	Tekstür, Kremsilik
Köpüklü sütlu tatlılar	0,3-3,0	Köpük oluşumu	Tekstür, Stabilizasyon
Jelli süt tatlıları	1,0-2,0	Jel oluşumu	Tekstür, Kremsilik
Karameller	0,5-2,5	Emülsifikasyon ve stabilizasyon	Çiğnenebilirlik
Yoğurt	0,2-1,0	Sinerezis kontrolü	Tekstür, Kremsilik
Et ve Sosisler	0,5-2,0	Emülsiyon stabilizasyonu	Su ve sızıntı suyu bağlama

Dünya jelatin üretimi 2014 yılı verilerine göre yaklaşık olarak 380 bin tondur (FAO, 2014). Artan talep karşısında bu üretim miktarı her yıl artmaktadır ve doğru orantılı olarak fiyatının yükselmesine de sebep olmaktadır. Dünyada üretimi yapılmakta olan jelatinin yaklaşık olarak % 46'sı domuz, % 29,4'ü sığır derisi, % 23,1'i sığır kemiği ve %1,5'u diğer ham madde kaynaklıdır (GME, 2008). Ülkemizde ise jelatin üretimi yapılmamakta, ihtiyaç duyulan yaklaşık 5 bin ton jelatinin tamamı ithalat yoluyla tedarik edilmektedir (Yetim, 2011). Balık atıklarının birçok kısmı ya atılmaktadır ya da balık yemi, balık yağı, yem ve balık silajı yapımından kullanılmaktadır (Choudry ve Gogoid, 1995). Fakat bu ürünlerin ekonomik değerleri jelatine nazaran oldukça düşüktür. Son yıllardan yapılan çalışmalarda

da balık atık ürünlerinden jelatin, kollajen, kitin gibi çeşitli biyoaktif bileşikler elde edilmiştir. (Kim ve ark., 2001; Jeong ve ark., 2002).

Balıktan jelatin elde edilmesi asit ekstraksiyon yöntemi ile 1960 senesinden bu yana gerçekleşmektedir. Deniz kaynaklı jelatin, sığırdan elde edilen jelatine karşı olası bir alternatiftir. Deniz ürünlerinden elde edilen jelatinin öne çıkan avantajlarından biri deli dana hastalığı olarak bilinen BSE ve bunun gibi ruminantlar ve domuzda görülen birçok zoonoz hastalık riskini taşımamasıdır. Deniz kaynaklı jelatinin bir başka önemli avantajı ise İslamiyet, Yahudizm ve Hinduizm dinlerine göre de kabul edilebilir olmasıdır. Bu durum ilgili dinlere inanan toplumların denizel menşeli jelatini tercih etmelerini, sığır ve yan ürünlerinden elde edilen jelatin piyasası üzerindeki baskının azalmasına neden olmakla birlikte, deniz ürünlerinden elde edilen jelatinin sığır jelatinine alternatif ürün potansiyelini arttıracaktır. Ayrıca balık işleme endüstrisinin önemli bir yan ürünü olan balık derisi ve diğer balık atıklarının, atık olarak nitelendirmek yerine jelatin kaynağı olarak kullanması çevreci bir geri dönüşüm olacaktır (Karim ve Bhat, 2009).

Balık atık ürünleri olan kemik, deri ve pullardan ve kalamar (*Loligo vulgaris*) gibi diğer deniz kaynaklı ürünlerin derisinden jelatin elde edilebilmektedir. Jelatin su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan mikropartikül yemlerde bağlayıcı olarak, su ürünleri işleme sektöründe katkı maddesi ve ambalajlama işleminde koruyucu film olarak kullanılmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan balıkların işleme tesislerinde işlenmesinden sonra kalan atıklarından elde edilen jelatin yemlere eklenerek yetiştiricilik sektöründe kullanılabilir.

Su ürünleri yetiştiriciliği günümüz dünyasında hızla büyüyen sektörler arasında değerlendirilmektedir. Dünya nüfusu her geçen gün artmaktadır ve artan bu nüfus ile doğru orantılı olarak taze balığa olan talep de artmaktadır. Bu artan talebi karşılayabilmek için ise kültür balıkçılığı etkili bir yöntemdir. FAO'nun elde etmiş olduğu verilere göre 2008 senesinde yetiştiricilik yöntemi ile 52,6 milyon ton su ürünü elde edilmiştir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin yaklaşık olarak iki bin sene öncesine dayanan bir geçmişi vardır ve ilk olarak Asya ülkelerinde denendiği bilinmektedir. Yıllar geçtikçe Asya kıtasının büyük bir kısmına ve oradan da Avrupa kıtasına doğru yayılmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliği ülkemizde de başladığı ilk seneler olan 1970'ler ve 1985 yılından itibaren gittikçe büyüyen bir endüstridir (FAO, 2013).

Su ürünleri yetiştiriciliği sürdürülebilirliği olan ve günden güne büyüyen bir sektördür (Çizelge 1.3). Türkiye'de 2014 senesinde 235133 ton yetiştiricilik yapılmıştır (Çizelge 1.3). Yetiştiriciliği yapılan balık türlerinin ilk üç sırasında alabalık, çipura ve levrek türleri bulunmaktadır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Türkiye’de Yetiştiriciliği En Çok Yapılan Türlerin Miktarları (Ton) (Tuik, 2015)

Yıllar	Alabalık (İçsu)	Alabalık (Deniz)	Alabalık (Toplam)	Çipura	Levrek
2000	42,572	1,961	44,533	15,460	17,877
2001	36,827	1,240	38,067	12,939	15,546
2002	33,707	846	34,553	11,681	14,339
2003	39,674	1,194	40,868	16,735	20,982
2004	43,432	1,650	45,082	20,435	26,297
2005	48,033	1,249	49,282	27,634	37,290
2006	56,026	1,633	57,659	28,463	38,408
2007	58,433	2,740	61,173	33,500	41,900
2008	65,928	2,721	68,649	31,670	49,270
2009	75,657	5,229	80,886	28,362	46,554
2010	78,165	7,079	85,244	28,157	50,796
2011	100,239	7,697	107,936	32,187	47,013
2012	111,335	3,234	114,569	30,743	65,512
2013	122,873	5,186	128,059	35,701	67,913
2014	107,983	5,610	113,593	41,873	74,653

Çizelge 1.3. 2000 - 2014 Yılları Arası Toplam Su Ürünleri Üretimi (Ton/Yıl) (Tuik, 2015)

Yıllar	Avcılık			Yetiştiricilik			TOPLAM
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2000	460,521	42,824	503,345	35,646	43,385	79,031	582,376
2001	484,410	43,323	527,733	29,730	37,514	67,244	594,977
2002	522,744	43,938	566,682	26,868	34,297	61,165	627,847
2003	463,074	44,698	507,772	39,726	40,217	79,943	587,715
2004	504,897	45,585	550,482	49,895	44,115	94,010	644,492
2005	380,381	46,115	426,496	69,673	48,604	118,277	544,773
2006	488,966	44,082	533,048	72,249	56,694	128,943	661,991
2007	589,129	43,321	632,450	80,840	59,033	139,873	772,323
2008	453,113	41,011	494,124	85,629	66,557	152,186	646,310
2009	425,275	39,187	464,462	82,481	76,248	158,729	623,191
2010	445,680	40,259	485,939	88,573	78,568	167,141	653,080
2011	477,658	37,097	514,755	88,344	100,446	188,790	703,545
2012	396,322	36,120	432,442	100,853	111,557	212,410	644,852
2013	339,047	35,074	374,121	110,375	123,019	233,394	607,515
2014	266,078	36,134	302,212	126,894	108,239	235,133	537,345

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Balık ve balıkçılık yan ürünlerinden jelatin eldesi asidik ve bazik ekstraksiyon olarak bilinen bu metotların modifikasyonu ile oluşan birçok farklı metotla uygulanan bir prosedürdür.

Silva ve ark. (2014), *Rachycentron canadum* ve *Micropogonias furnieri* derisinden bazik ve asidik ekstraksiyon metodu ile jelatin elde etmişlerdir. Elde ettikleri jelatinlerden cobia derisinin jelatinin protein miktarı, jelatin miktarı, jel kuvveti, jelleşme noktası, viskozite, erime noktası değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Lassoued ve ark. (2014), vatoz balığı (*Raja clavata*) derisinden pepsinle ve pepsin olmadan ekstraksiyonla jelatin elde etmişlerdir. Pepsin ilavesinin jelatin elde etme oranını arttırdığını belirtmişlerdir. Pepsin ilavesi ile elde ettikleri jelatini helal sığır jelatini ile kıyaslamışlardır ve sonuç olarak birbirlerine yakın protein miktarına sahip olduklarını, moleküler ağırlık ve amino asit miktarının daha düşük olduğunu, hidroksiprolin miktarının düşük olmasından dolayı daha düşük bir jel kuvvetine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Ahmad ve Benjakul. (2011), *Aluterus monoceros* derilerinden farklı konsantrasyonlarda asit ve farklı bekleme zamanlarını kullanarak jelatin ekstraksiyonu gerçekleştirmişlerdir. En yüksek verimle elde ettikleri jelatini 0,2 M fosforik asit kullanılarak ve 8 saat bekletilerek elde etmişlerdir. Fosforik asitle elde ettikleri jelatinin jel kuvvetinin asetik asitle elde ettikleri jelatinin jel kuvvetinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki jelatinin jel kuvveti ise ticari sığır jelatininin jel kuvvetinden daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Jellouli ve ark. (2011), çütre balığı (*Balistes capriscus*) derisinden yağ örnekte % 5,67 verimli asit ekstraksiyon yöntemini kullanarak jelatin elde etmişleridir. Jelatinin yüksek protein düşük yağ miktarının olduğunu belirlemişlerdir. Helal sığır jelatininin amino asit kompozisyonu ile farklılıklar olduğunu gözlemlemişlerdir. Düşük hidroksiprolin oranından dolayı helal sığır jelatinine göre jel sertliğinin daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

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

Khiari ve ark. (2011), uskumru balığı (*Scomber scomburus*) kafa kemiklerinden çeşitli

organik asitleri kullanarak jelatin elde etmiş ve jelatinlerin özelliklerini karşılaştırmışlardır. Elde ettiklere sonuçlara göre sitrik asit ve malik asit ile ön işlem uygulanarak ekstraksiyonu yapılan jelatinlerin fizikokimyasal özelliklerinin en kaliteli olduklarını belirlemişlerdir.

Haddar. (2011), *Thunnus thynnus* kafa kemiklerinden jelatin elde etmiştir. Jelatinin kuru ağırlık olarak verimi % 18,1 olarak belirlenmiştir. Jelatinin protein oranı % 88,3 ve yağ miktarı % 1,1 olarak rapor edilmiştir. Ticari sığır jelatinine göre su tutma kapasitesi daha yüksek, emülsüfiye ve yağ tutma kapasitesi ise daha düşük olarak belirlenmiştir.

Alfaro ve ark. (2011), *Macrodon ancylodon* türünden elde ettikleri kemik jelatininde, ekstraksiyon sıcaklığı (60-80 °C), ve bekletme sürelerinin (48-72 saat) yanısıra NaOH konsantrasyonu (2-4/100 g) gibi üç temel parametrenin etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ekstraksiyon sıcaklığındaki yükselme ile doğru orantılı olarak jelatinin jel gücünde düşüşün gerçekleştiğini, ayrıca NaOH konsantrasyonunda ve bekletme süresindeki artış ile ürün verimliliğinin arttığını belirtmişlerdir.

Nikoo ve ark. (2011), kültür mersin balığı (*Acipenser schrenckii*) derisinden jelatin eldesi ve karakterizasyonu isimli bir çalışmada, jelatin veriminin % 19,6 olduğunu ve elektroforetik analizinde ise iki protein bantı içerdiğini (α -zinciri ve β - zinciri) belirtmişlerdir.

Jongjareonrak ve ark. (2010), mekong dev yayın balığı (*Pangasianodon gigas*) derisinden yaş ağırlıkta % 20,1 oranında verimle jelatin elde etmişlerdir. Ticari jelatine göre amino asit bileşiminin farklı olduğunu bildirmişlerdir.

Kittiphattanabawon ve ark. (2010), kahverengi çizgili bambu köpekbalığı (*Chiloscyllium punctatum*) ve siyah uçlu köpekbalığı (*Carcharnicus limbatus*) derisinden farklı sıcaklıklar ve ekstraksiyon sürelerinde jelatin elde etmişlerdir. 45 °C’de 6 saat bekletilerek elde edilen her iki jelatinin bloom sertliğinin ticari sığır jelatininin bloom sertliğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Mohtar ve ark. (2010), bir mezgıt türü olan (*Macruronus novaezealandiae*) derisinden bazik ekstraksiyon yöntemiyle jelatin elde etmişlerdir. Elde ettikleri jelatinin optimizasyonunu jel gücü ve SDS-PAGE ile belirlemişlerdir.

Mohtar ve ark. (2010), mavi grenadier balığı (*Macruronus novaezealandiae*) derisinden bazik ekstraksiyon yöntemiyle jelatin elde etmişlerdir. Elde ettikleri jelatinin jel gücü diğer balık jelatinlere göre daha yüksek, ticari jelatinlere göre daha düşük bulunmuştur.

Taheri ve ark. (2009), zurna balığı (*Saurida tumbil*) deri ve kemiklerinden jelatin elde etmişlerdir. Deriden elde edilen jelatinin kül miktarının kemikten elde edilen jelatine göre daha düşük, viskozitesinin ise daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Her iki jelatinin farklı

molekül ağırlıklarına sahip olmasının fonksiyonel özellikleri arasında farklara sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Boran ve Regenstein. (2009), gümüş sazan balığı (*Hypophthalmichthys molitrix*) derisinden jelatin elde edebilmek için optimum ekstraksiyon koşulunu belirleyip, elde ettikleri jelatinin verimini, viskozitesini ve jel gücünü araştırmışlardır.

Liu ve ark. (2009), *Ictalurus punctatus* kafa kemiklerinden elde edilen jelatinin ekstraksiyon koşullarını değiştirerek üç farklı özellikte jelatin elde etmişlerdir.

Wangtueai ve Noomhorm. (2009), zurna balığı (*Saurida spp.*) pullarından elde edilen jelatinin karakterizasyonu üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, jelatin ekstaksiyon sıcaklığı ve süresini belirlemek için optimum NaOH konsantrasyonunda ve uygulama süresinde değişikliklerde gerçekleştirmişlerdir.

Arnesen ve Gildberg. (2006), morina balığı (*Gadus morhea*) derisinden ve kafa kemiklerinden jelatin elde edip özelliklerini karşılaştırmışlardır. Kemikten jelatin elde etme aşamasında sıcaklığın artması ve güçlü asit kullanımının hidrolizasyonu arttırdığını fakat jelleşme özelliklerini kötüleştirdiğini belirtmişlerdir. Deri ve kemikten elde ettikleri jelatinler arasında çok önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Cho ve ark. (2005), sarı yüzgeçli orkinos (*Thunnus albacares*) derisinden elde ettikleri jelatini ticari sığır jelatini ile karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre jelleşme ve erime noktalarının ticari sığır jelatinine göre daha düşük jel gücünün ise daha yüksek olduklarını belirtmişlerdir.

Gime'nez ve ark. (2005), bayağı dil balığı (*Solea vulgaris*) derisini NaCl, KCl, MgCl₂ ve MgSO₄ ile yıkayarak jelatin elde etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada tuzla yıkamanın jelatin üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. NaCl ve KCl ile yıkanarak elde edilen jelatinlerin molekül ağırlıkları, jel sertlikleri ve reolojik özelliklerinden değişimler gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Muyonga ve ark. (2004), nil sudağı (*Lates niloticus*) genç ve ergin bireylerinden elde ettikleri deri ve kemiklerinden jelatin ekstraksiyonunda fiziko-kimyasal özelliklerin belirlendiği bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deri ve kemikten oluşan jelatinin düşük molekül ağırlığında peptidlerden oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

Zhou ve Regenstein. (2004), Pollock derisinden elde edilen jelatinin ekstraksiyon koşullarını inceledikleri çalışmalarında 7 farklı parametre üzerinde çalışmışlardır. Bunlar; ön işlem süresi ve sıcaklığı, bazik ve asidik çözeltinin konsantrasyonu, ekstraksiyon süresi ve sıcaklığı ile deri/su oranıdır.

Fernandez-Di'az ve ark. (2003), pisi balığı (*Platichthys flesus*) derisini farklı

sıcaklıklarda dondurduktan sonra elde edilen jelatinleri incelemişlerdir. -12 °C’de dondurulan deriden elde edilen jelatinin erime noktasının yüksek jel gücünün ise düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Jamilah ve Harvinder. (2002), kırmızı tilapia (*Oreochromis nilotica*) ve siyah tilapia (*Oreochromis mossambicus*) derisinden bazik ve asidik ekstraksiyon ile jelatin elde etmişlerdir. Siyah tilapia derisinden elde ettikleri jelatinin viskozite ve erime noktasını değerlerinin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Choi ve Regenstien. (2000), yaptıkları çalışmada domuzdan ve balıktan elde edilen jelatinin fizikokimyasal özelliklerini karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre her ikisi jelatinin birbirlerine yakın özelliklerde olduğunu ve balıktan elde edilen jelatinin domuz jelatinine yerine bir çok gıda alanında kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Montero ve Gomez-Guillen. (2000), *Lepidorhombus boscii* derisinden jelatin ve kollajen elde etmişler ve fonksiyonel özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Ekstraksiyon koşullarının jelatinin fiziksel özelliklerini etkilediğini belirtmişlerdir.

Leuenberger. (1991), ticari ve balık jelatinlerini karşılaştırdığı çalışmasında ticari jelatinin balık jelatinine göre daha düşük viskozite ve daha yüksek jelleşme sıcaklığına sahip olduğunu belirlemiştir.

Yapılan literatür çalışması neticesinde farklı kemikli balık (teleost) atıklarından jelatin eldesi ve bunların birbirleriyle ve ticari jelatinle karşılaştırmaları hususunda yeterli çalışmaya rastlanamamıştır. Ekstraksiyonu ve karakterizasyonu yapılan balık jelatinlerinin literatür örnekleri çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ekstraksiyonu ve karakterizasyonu yapılan balık jelatinlerinin literatür örnekleri (Karim ve Bhat, 2009)

Balık Türleri	Kaynaklar
Atlantik morinası (<i>Gadus morhua</i>), somon (<i>Salmo salar</i>), ringa (<i>Clupea harengus</i>)	Kolodziejska ve ark, (2008)
Pisi (<i>Platichthys flesus</i>)	Fernandez-Diaz ve ark., (2003)
Alaska mezigit (<i>Theragra chalcogramma</i>)	Zhou ve Regenstein, (2005)
<i>Lepidorhombus boscii</i>	Fernandez-Diaz ve ark., (2001)
Berlam (<i>Merluccius merluccius</i>)	
Atlantik morinası (<i>Gadus morhua</i>)	Gomez-Guillen ve ark., (2002)
Dil balığı (<i>Solea vulgaris</i>)	
<i>Lepidorhombus boscii</i>	
Dil balığı (<i>Solea vulgaris</i>)	Sarabia ve ark., (2000)
Uskumru (<i>Trachurus trachurus</i>)	Badii ve Howell, (2006)
Morina (<i>Gadus morhua</i>)	Fernandez-Diaz ve ark., (2001)
Yayın balığı (<i>Ictalurus punctatus</i>)	Yang ve ark., (2007),
<i>Johnius dussumieri</i> ,	
<i>Decapterus macrosoma</i>	Cheow ve ark., (2007)
Siyah tilapya (<i>Oreochromis mossambicus</i>),	Jamilah ve Harvinder (2002)
Kırmızı tilapya (<i>Oreochromis nilotica</i>)	
<i>Priacanthus macracanthus</i> , <i>Lutjanus vitta</i>	Jongjareonrak ve ark., (2006)
Sarı yüzgeçli ton balığı (<i>Thunnus albacares</i>)	Chiou ve ark., (2006)
Mavi köpek balığı (<i>Prionace glauca</i>)	Yoshimura ve ark., (2000)
Sudak (<i>Lates niloticus</i>)	Muyonga ve ark., (2004)
Çim sazani (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	Kasankala ve ark., (2007)
<i>Raja kenojei</i>	Cho ve ark., (2006)
Atlantik salmon (<i>Salmo salar</i>)	Arnesen ve Gildberg (2007)

Bilindiği üzere günümüzde jelatin birçok alanda geniş olarak kullanılmaktadır. Atık balık ürünlerinin, domuz ve sığır atık ürünleri gibi jelatin için hammadde olarak kullanılabileceği bilinmektedir. Bu çalışmada çipura, levrek ve alabalığın derileri ve kemiklerinden jelatin elde edilmiştir. Elde edilen ürünlerin fonksiyonel özellikleri

incelenerek ticari jelatinle olan farklılıkları saptanmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında balık atık ürünlerinden jelatin ekstraksiyonunda optimal metodun belirlenmesi için mevcut jelatin eldesi literatürü taranarak ilgili ürünlerden jelatin eldesi için metot optimizasyonu yapılmıştır. Buna bağlı olarak balık atık ürünlerinden yüksek ekonomik değere sahip jelatin ekstraksiyonunda ham madde olarak kullanılarak ülke ekonomisine ve sanayisine katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak Çanakkale balık halinden temin edilen Çipura (*Sparus aurata*), Levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve Gökkuşaağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) balıkları kullanılmıştır.

3.2. Deri ve Kemiklerin Hazırlanması

Jelatin eldesi için kullanılacak olan balıklar öncelikle kemik ve derilenrine zarar verilmeden fileto çıkartma işlemine tabii tutulup, çıkartılan filetolardan derileri dikkatle alınmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Balık derisinin ayrılma işlemine ait fotoğraf (orijinal)

Elde edilen farklı türelere ait deri ve kemikler birbirleri ile karıştırılmadan su ile yıkanmıştır. Temizlenen deri ve kemikler 36 saatta liyofilizatörde kurutulmuştur. Nemden tamamen arındırılan örnekler homojenize edilmiştir. Kurutulmuş balık derisi, kurutulmuş balık kemiği ve homojenize edilmiş balık derisi Şekil 3.2’de görülmektedir.



A

B

C

Şekil 3.2. Jelatin eldesinde kullanılmak üzere (A) Kurutulmuş balık derisi (orijinal), (B) Kurutulmuş balık kemiği (orijinal), (C) Öğütülmüş balık derisi’ne (orijinal) ait fotoğraflar

3.3. Deri ve Kemiklerden Jelatin Ekstraksiyonu

Homojenizasyon işleminden sonra en verimli yöntemi belirlemek amacıyla sırasıyla optimum sıcaklık, optimum baz türü, optimum baz konsantrasyonu, optimum asit türü, optimum asit konsantrasyonu, ekstraksiyon işleminde kullanılacak saf suyun optimum pH'sı ve optimum ekstraksiyon sıcaklığı belirlenecek şekilde jelatin elde edilmiştir.

Optimum sıcaklığı belirlemek için 10 gram tartılan örnekler 0, 1 M NaOH çözeltisi ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C'de, 10 °C'de ve 20 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler baz çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Bir sonraki aşama için deriler katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde % 0, 1'lik H₂SO₄ ile 5 °C'de, 10 °C'de ve 20 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler asit çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf su ile 24 saat boyunca 50 °C'de işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözünmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C'de beklemeye alınmıştır.

Uygun baz türünün belirlenmesi için 10 gram tartılan örnekler 0,2 M NaOH ve 0,2 M KOH çözeltisi ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler baz çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Bir sonraki aşama için deriler katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde % 0,1'lik H₂SO₄ ile 5 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler asit çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf su ile 24 saat boyunca 50 °C'de işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözünmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C'de beklemeye alınmıştır.

Uygun baz konsantrasyonunun belirlenmesi için 10 gram tartılan örnekler 0,05 M, 0,5 M ve 1 M KOH çözeltisi ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler baz çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Bir sonraki aşama için deriler katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde % 0,1'lik H₂SO₄ ile 5 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler asit çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf su ile 24 saat boyunca 50 °C'de işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözünmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç

kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C’de beklemeye alınmıştır.

Uygun asit türünün belirlenmesi için 10 gram tartılan örnekler 0,05 M KOH çözeltisi ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C’de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler baz çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Bir sonraki aşama için deriler katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde % 0,1’lik HCl, H₂SO₄ ve HNO₃ ile 5 °C’de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler asit çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf su ile 24 saat boyunca 50 °C’de işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözönmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C’de beklemeye alınmıştır.

Uygun asit konsantrasyonunun belirlenmesi için 10 gram tartılan örnekler 0,05 M KOH çözeltisi ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C’de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler baz çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Bir sonraki aşama için deriler katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde % 0,1’lik, % 0,5’lik ve % 1’lik HCl ile 5 °C’de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler asit çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf su ile 24 saat boyunca 50 °C’de işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözönmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C’de beklemeye alınmıştır.

Uygun pH’ın belirlenmesi için 10 gram tartılan örnekler 0,05 M KOH çözeltisi ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C’de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler baz çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Bir sonraki aşama için deriler katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde % 0,1’lik HCl ile 5 °C’de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler asit çözeltisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde pH’ları 4, 7, 9 ve pH’sı değiştirilmemiş olan saf su ile 24 saat boyunca 50 °C’de işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözönmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C’de beklemeye alınmıştır.

Uygun ekstraksiyon sıcaklığının belirlenmesi için 0,05 M KOH çözeltisi ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C’de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler baz

çözeltilisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Bir sonraki aşama için deriler katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde % 0,1'lik HCl ile 5 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. İşlem gören deriler asit çözeltilisinden arındırılmak için saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf su ile 24 saat boyunca 40 °C'de, 50 °C'de, 60 °C'de ve 70 °C'de işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözünmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C'de beklemeye alınmıştır.

En verimli yöntem için bütün parametreleri belirledikten sonra kurutulmuş balık derileri katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 0,05 M KOH çözeltilisi ile 5 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. 2 saatin sonunda derilerin baz çözeltilisinden arındırılması için soğuk distile su ile yıkanmışlardır. Yıkama işleminden sonra % 0,1'lik HCl ile katı sıvı oranı 1/4 olacak şekilde 5 °C'de 2 saat boyunca işlem görmüşlerdir. Asidik yıkama işlemi bittikten sonra derilerin asit çözeltilisinden arındırılması için soğuk distile su ile yıkanmışlardır. Yıkanan deriler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf suyun pH'sında hiçbir değişiklik yapılmadan 70 °C'de 24 saat boyunca işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözünmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C'de beklemeye alınmıştır.

Balık kemiklerinden jelatin elde edilebilmesi için örnekler önce yağın uzaklaştırılması amacıyla katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde Methanol-Kloroform (1-2) çözeltilisi içerisinde 1 gün boyunca oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiştir. İşlem gören örneklerden süzme yöntemiyle çözeltili uzaklaştırılmıştır. Çözeltiliden arındırılan örnekler jelatin ekstraksiyonu için katı sıvı oranı 1/10 olacak şekilde saf suyun pH'sında hiçbir değişiklik yapılmadan 70 °C'de 24 saat boyunca işlem görmüşlerdir. 24 saatin sonunda saf su içerisinde çözünmüş halde bulunan jelatinin elde edilebilmesi için örnekler önce süzgeç kağıdı vasıtasıyla süzölmüş ve daha sonrasında suyun uçurulması ve jelatinin kuru bir şekilde elde edilmesi için 50 °C'de beklemeye alınmıştır.

Metot belirleme çalışmaları sonucunda balık derilerinden elde edilen jelatinlerin ekstraksiyon koşulları Çizelge 3.1'de ve balık kemiklerinden elde edilen jelatinlerin ekstraksiyon koşulları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ekstraksiyon sonucu derilerden elde edilen jelatinler

Kod	Hammadde	Baz	Asit	Ön İşlem Sıcaklığı	Ekstraksiyon Sıcaklığı	pH
J1	Çipura Derisi	0,1 M NaOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	5 °C	50 °C	S ₁
J2	Çipura Derisi	0,1 M NaOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	10 °C	50 °C	S ₁
J3	Çipura Derisi	0,1 M NaOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	20 °C	50 °C	S ₁
J4	Çipura Derisi	0,2 M NaOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	5 °C	50 °C	S ₁
J5	Çipura Derisi	0,2 M KOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	5 °C	50 °C	S ₁
J6	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	5 °C	50 °C	S ₁
J7	Çipura Derisi	0,5 M KOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	5 °C	50 °C	S ₁
J8	Çipura Derisi	1 M KOH	% 0,1 H ₂ SO ₄	5 °C	50 °C	S ₁
J9	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	50 °C	S ₁
J10	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HNO ₃	5 °C	50 °C	S ₁
J11	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 1 HCl	5 °C	50 °C	S ₁
J12	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,5 HCl	5 °C	50 °C	S ₁
J13	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	50 °C	4
J14	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	50 °C	7
J15	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	50 °C	9
J16	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	40 °C	S ₁
J17	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	60 °C	S ₁
J18	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	70 °C	S ₁
J20	Çipura Derisi	0,05 M KOH	% 0,1 HCl	5 °C	70 °C	S ₁
J21	Levrek Derisi	0,05 M KOH	% 0,1HCl	5 °C	70 °C	S ₁
J22	Alabalık Derisi	0,05 M KOH	% 0,1HCl	5 °C	70 °C	S ₁

S₁: Saf suyun doğal ph'sı.

Çizelge 3.2. Ekstraksiyon sonucu kemiklerden elde edilen jelatinler

Kod	Hammade	Ön işlem	Ekstraksiyon Sıcaklığı	pH
J30	Çipura Kemiği	Methanol-Kloroform (1-2)	70 °C	S ₁
J32	Levrek Kemiği	Methanol-Kloroform (1-2)	70 °C	S ₁
J34	Alabalık Kemiği	Methanol-Kloroform (1-2)	70 °C	S ₁

S₁: Saf suyun doğal ph'sı.

3.4. Kimyasal ve Yapısal Analizler

Jelatin örneklerinde verim, ham protein, amino asit kompozisyonu, ham yağ, yağ asidi kompozisyonu, ham kül, pH, termogravimetrik, elemental, FT-IR, viskozite ve erime noktası tayini analizleri yapılmıştır.

3.4.1 Jelatin Veriminin Hesaplanması

Jelatin verimi hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Verim (\%)} = \frac{\text{Kuru jelatin ağırlığı}}{\text{Yaş örnek ağırlığı}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.4.2 Ham Protein Analizi

Protein tayini Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre; Kjeldahl tüpleri içerisine homojenize edilmiş örnekten 0,5 g tartılmış ve 20 ml % 96'lık H₂SO₄, 10 ml % 35'lik H₂O₂ ve 1 adet kjeldahl tableti ilave edilmiştir. Tüpler yağ yakma bloğuna (InKjel M) yerleştirilmiş ve içerisindeki örnek yeşil sarı saydam bir renk oluşturuncaya kadar 420°C'de yaklaşık 2-3 saat yakma işlemi uygulanmıştır. Yakma işleminin ardından bu tüpler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış, soğuma sağlandıktan sonra tüplere 50 ml distile su ve 50 ml % 33'lük NaOH ilave edilmiştir. Distilasyon esnasında ortamda bulunan azotu ölçmek için bir tanede kör örnek hazırlanmıştır. Yakma işlemi sonrasında protein tüpleri ve içerisinde 25 ml doymuş borik asit çözeltisi ve 3-4 damla indikatör (metil kırmızısı; 0,1 g metil kırmızısı/100ml alkol) bulunan erlenmayer ile Kjeldahl destilasyon ünitesine yerleştirilerek NaOH ile destilasyona tabi tutulmuş ve bu işlem yaklaşık erlen mayerde 100ml destilat toplanıncaya kadar devam edilmiştir. Elde edilen destilat 0,1 N'lik HCl ile titre edilerek sarfiyat belirlenmiş ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

$$\text{Ham Protein(\%)} = (T_1 - T_K) \times 0.014 \times N \times 6.25 / m \times 100 \quad (3.2)$$

T₁:Titrasyonda Harcanan Miktarlar

T_K:Kör Örneğin Titrasyonunda Harcanan Miktar

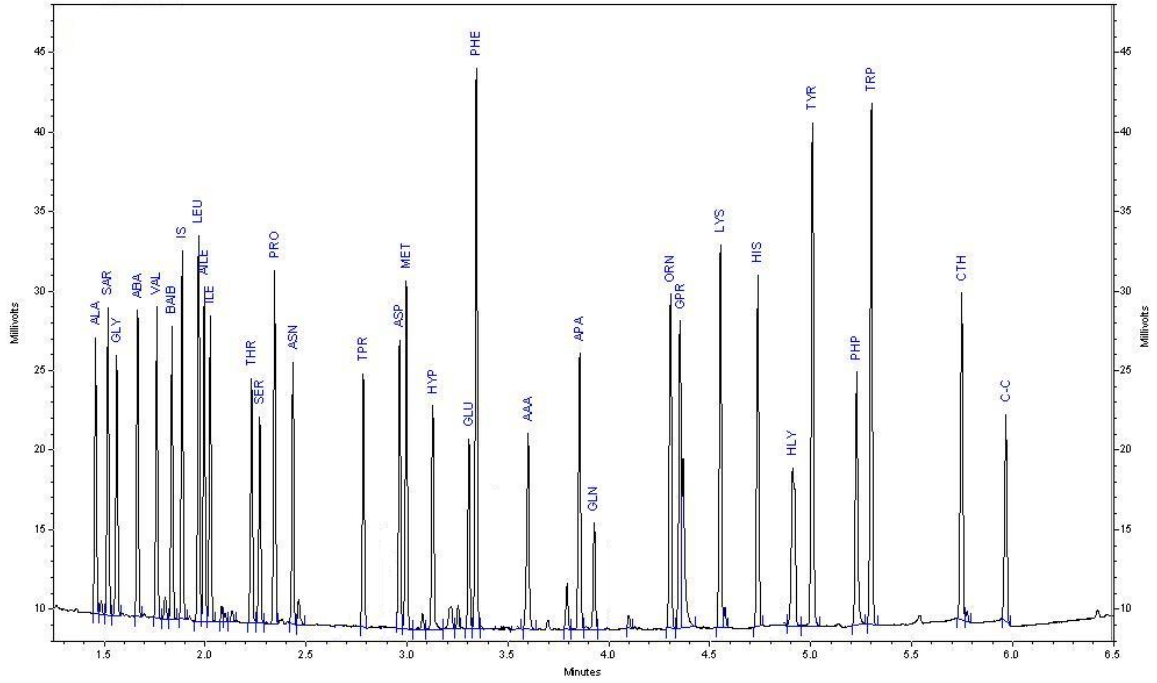
N:HCl Çözeltisinin Derişimi

m:Örnek Ağırlığı

3.4.3 Amino Asit İçeriğinin Belirlenmesi

Örneklerde amino asit içeriklerinin belirlenmesi için öncelikle protein içerikleri belirlendi, her örnek içinde % 30 düzeyinde protein olacak şekilde tartım yapılmıştır. Etüv 110 ± 1 °C'ye ayarlanmıştır. Sıcağa dayanıklı cam şişelere konulacak örneklerin üzerlerine 20 ml 6 N HCl ilave edilip azot gazından geçirilerek etüve konulmuştur. 24 saat sonra alınarak 0,20 µm PTFE şırınga filtrelerinden süzölmüştür. Örnekler rotary evaporatörün balonuna koyularak su banyosu 65 °C'ye ayarlanarak hidroklorik asit uçurulmuştur. Uçurma sonrası balonda kalan örnekler sitrat-sodyum sitrat tamponu (0,1 M, pH 2.2) ile seyreltme çözeltisine alınarak amino asit analizine hazır hale getirilmiştir.

Jelatin örneklerindeki amino asit miktarları EZ:fast kits (EZ:fast GC/FID Protein Hydrolysate Amino Acid Kit) kullanılarak gaz kromatografisinde hesaplanmıştır (Badawy ve ark., 2008). Amino asit analizi prosedürü türevlendirme ve sıvı/sıvı ekstraksiyon aşamalarının katı faz ekstraksiyonu aşamasını takip etmesini içermektedir (Badawa ve ark., 2008). Hazırlanmış ve türevlendirilmiş örneklerin gas kromatografisiyle analizleri yapıldı. Internal standart olarak norvaline kullanılmıştır. Gaz kromatografisi analizi için 200 nmoles/mL konsantrasyonunda internal standart (IS; Norvaline) hazırlandı. Amino asit analizi için gaz kromatografisi (Finnigan Trace GC Ultra AI 3000 Thermo Finnigan analyzer, Milan, Italy) kullanılmıştır. Kromatografik kolon olarak Zebron Zebron™ ZB-HAAC 10 m x 0.25 mm kullanılmıştır. GC çalışma şartları; enjeksiyon modu; split ratio, split; 1/15, enjeksiyon miktarı; 2 µL, enjeksiyon ve dedektör sıcaklığı; 250 °C ve 320 °C, taşıyıcı gaz ve kolon akışı; helium ve 1 mL/dakika, sıcaklık programı; dakikada 35 °C artışla 110 °C'den 320 °C'ye ve 320 °C'de 1 dakika bekleme, kullanılan dedektör; FID. Cihazın kalibrasyonu multi amino asit standartı (EZ:fast SD solutions) ile yapılmıştır. 200 nmoles/mL konsantrasyonunda amino asit standartının (IS; Norvaline) GC spektrumu şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3 200 nmoles/mL konstrasyondaki amino asit standartının GC spektrumu (IS; Norvalin)

3.4.4. Ham Yağ Analizi

Yağ analizi Erickson (1993) uyguladığı yöntem esas alınarak yapılmıştır. Bu amaçla 5 g örnek alınmış ve 100 ml metanol/kloroform (1/2) ile birlikte homojenize edilmiştir. Homojenizat 20 ml metanol-kloroform ile yıkama yapılarak darası alınan balon joje içerisine filtre kâğıdı ile süzölmüştür. Süzöntüye 20 ml % 4'lük CaCl_2 ilave edilerek balon jojenin kapağı kapatılarak 1 gece karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bu süre sonunda faz oluşumu gözlemlenmiş ve içerik ayırma hunisine alınarak alt faz balon jojeye alınmış üst faz ise atılmıştır. Alt fazın bulunduğu balon joje, 60 °C'lik su banyosunda rotary evaporatör (IKA RV10 basic) kullanılarak çözücü uçurulmuştur.

Balon jojede yağ ayırımı gerçekleştirildikten sonra düzenden çıkartılarak 65 °C'deki etüvde (Nüve FN500) 2 saat bekletilmiş daha sonra desikatöre alınarak soğutulmuş ve son tartımı yapılmıştır. Belirlenen değerler aşağıdaki formülde yerine konularak hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ (\%)} = \frac{T_1 - T_0}{m} \times 100 \quad (3.3)$$

T_0 : İlk Tartım

T_1 : Son Tartım

m: Örnek Ağırlığı

3.4.5. Yağ Asit İçeriğinin Belirlenmesi

Yağ asidi analizlerinde elde edilen ham yağ materyal olarak kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen ham yağın öncelikle esterleşmesi yapılmış, bunun için 0,150 gr ham yağ numunesi balon joje de tartılarak, üzerine 5 ml metanolik 0,5 N NaOH ilave edilmiştir.

Daha sonra üzerine kaynama taşı atılarak soğutucu eşliğinde su banyosunda 15 dakika kaynatılarak sabunlaştırılmıştır. Soğutucunun üzerinden 5 ml BF_3 reaktifi akıtıldıktan sonra 5 dakika daha kaynatılarak üzerine 2 ml heptan ilave edilmiştir. Sonra tekrar 1 dakika daha kaynamadan sonra soğutucu çıkarılarak örnek hassas olarak 25 ml'lik balon jojeye alınmıştır.

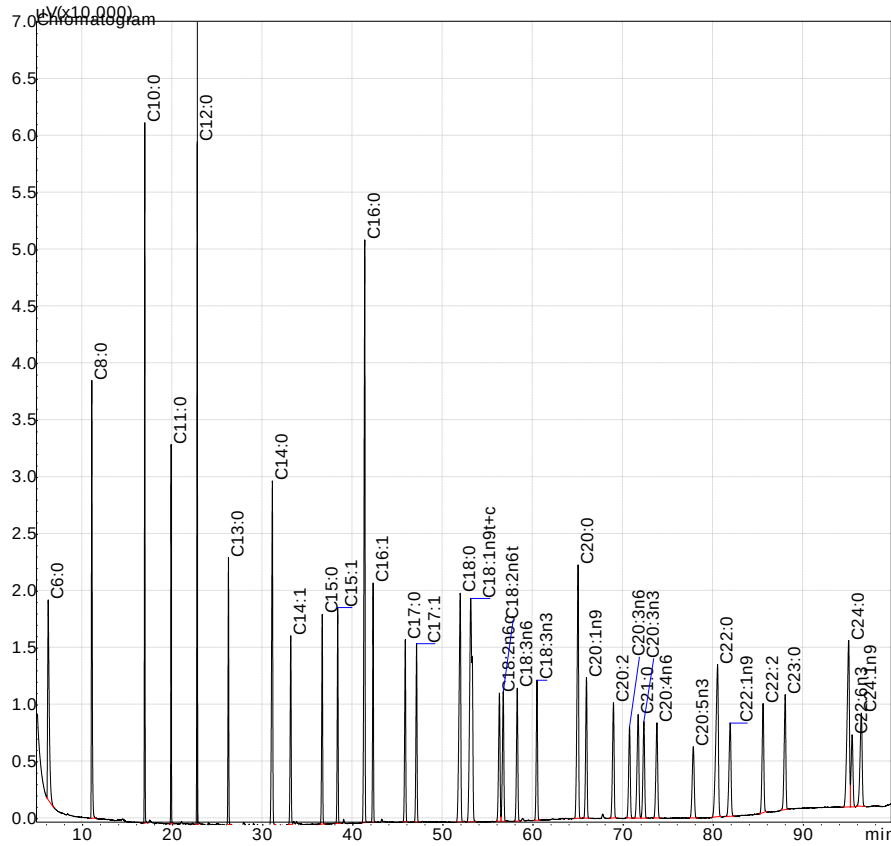
Balon joje doymuş NaCl ile çalkalanarak bu çalkantı da ilave edilmiş ve üstteki heptan fazından mikro pipetle 1-2 ml alınarak bir test tüpü aracılığı ile cam şişeye aktarılmıştır. Şişe içine birkaç kristal anhidrik Na_2SO_4 atılarak, enjektörle bu solüsyondan çekilmiş ve 1 µl gaz kromatografisine (GC) enjekte edilerek yağ asitleri kompozisyonu tespit edilmiştir (IUPAC, 1979).

3.4.6. GC İle Yağ Asitleri İçeriklerinin Belirlenmesi

Yağ asitlerinin belirlenmesi için Shimadzu GC (Gaz Kromatografisi) kullanılmıştır. Sistem FID dedektör (Flame Ionization Dedector), gaz chromatograph (Shimadzu, GC 2014, Japan) ve autoinjector (AOC-20i, Shimadzu,, Japan) kısımlarından oluşmaktadır. Cihaz GC solution software (Version 2.41.00 su_1) ile kontrol edilmektedir. Kromatografik kolon olarak FAME WAX (polyethylene glycol, 30 meter*0.25 mm I.D*0.2 µm, GC Columns Restek) kullanılmıştır. GC çalışma şartları; enjeksiyon modu: split ratio, split: 1/10; enjeksiyon ve dedektör sıcaklığı: 260 and 280 °C, taşıyıcı gaz ve kolon akışı: helium and 1,4 mL min⁻¹; sıcaklık programı: başlangıç sıcaklığı 5 dakika 100 °C, 100 °C'den 150 °C'ye dakikada 5 °C artış, 150 °C'de 15 dakika, 210 °C'ye dakikada 10 °C artış, ve 210 °C'de 20 dakikadır.

3.4.7. Yağ Asitlerinin Hesaplanması

Piklerin tanımlanması (Supelco 37 Component FAMES Mix) standardı kullanılarak gaz kromatografisinde belirlenmiştir. Verilerin elde edilmesinde yağ asidi metil esterleri toplam yağ asitlerinin yüzdesi şeklinde hesaplanmıştır. Yağ asidi standartının GC spektrumu şekil 3.4’da verilmiştir.



Şekil 3.4 Yağ asidi standartının GC spektrumu

3.4.8. Ham Kül Analizi

Kül tayini için; analiz öncesinde yakma için kullanılan porselen krozelere 550 °C’de 1 saat süre bekletilmiş ve desikatörde soğutulmuş ve desikatörde 0,0001 mg hassasiyetli terazide daraları alınmıştır. Darası alınan krozelere 2 g jelatin örneği konulmuştur. Hazırlanan krozelere kül fırınına (Elektromag M 1811) yerleştirilerek 550 °C’de sigara külü rengine dönüşüncüye kadar yaklaşık 4-5 saat tutulmuştur. Yakma işlemi sonrasında krozelere kül fırınından alınarak soğutulmak üzere desikatöre yerleştirilmiş ve daha sonra hassas terazide tartımları yapılmış ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplamaları yapılmıştır (AOAC, 2000).

$$\text{Ham Kül (\%)} = \frac{T_1 - T_0}{m} \times 100 \quad (3.4)$$

T₀: İlk Tartım

T₁: Son Tartım

m: Örnek Ağırlığı

3.4.9. pH Analizi

Jelatinlerin pH analizi için % 1'lik jelatin solüsyonu 60 °C sıcaklıkta, saf su ile hazırlanmıştır (BSI, 1975). Elde edilen jelatin solüsyonlarının pH değerleri pH metre (WTV, inoLab pH 7110) ile ölçülmüştür.

3.4.10. Termogravimetrik Analiz (TGA)

Termogravimetrik analiz çalışma kapsamında elde edilen jelatinlerin sıcaklığa bağlı olarak meydana gelebilecek ağırlık kayıp ve değişiklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Termogravimetrik analiz (TGA) üniversitemizin kimya bölümünün polimer araştırma laboratuvarında bulunan Perkin Elmer-Diamond marka cihazı ile yapılmıştır. Termogravimetrik analiz dakikada 10 °C artış ile 30-650 °C'de arasında azot (N₂) ortamında çalışılmıştır.

3.4.11. Elementel (C, N, H) Analizler

Çalışma kapsamında elde edilen jelatinlerin karbon, azot ve hidrojen içerikleri Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında LECO (CHNS 628) marka cihaz ile yapılmıştır. Analizler 1050 °C'nin üstünde oksijenli ortamda yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen her jelatinin içerdiği karbon, azot ve kükürt miktarları belirlenerek karşılaştırılmıştır.

3.4.12. FT-IR Analizi

FT-IR spektrumları Perkin-Elmer SpectrumOne cihazında ATR tekniği ile 650-4000 cm⁻¹ aralığında ölçülmüştür.

3.4.13 Viskozite Analizi

Jelatinlerin viskozite ölçümleri için % 6,67'lik 10 mL jelatin solüsyonu saf su ile hazırlanmıştır ve ölçümler SOIF NDJ-8S Dijital Viskozimetre ile 60 °C sıcaklıkta yapılmıştır.

3.4.14 Erime Noktası Tayini

% 6,67'lik olarak saf su ile hazırlanan jelatinler 5 °C sıcaklıkta 12 saat bekletilmiştir ve daha sonrasında 10 °C sıcaklıktaki su banyosunun içerisine yerleştirilip 40 °C sıcaklığa kadar ısıtılıp erime noktaları belirlenmiştir.

3.4.15 İstatistiksel Analizler

Çalışmanın istatistiksel analizinde en yüksek verimliliğe sahip grupların ticari jelatin (sığır jelatini) ile benzerlikleri Minitab 17 paket programında Cluster testi ile analiz edilmiştir. Analizde grup bağlantıları ortalama ve uzaklıklar Öklid uzaklığı olarak seçilmiştir.

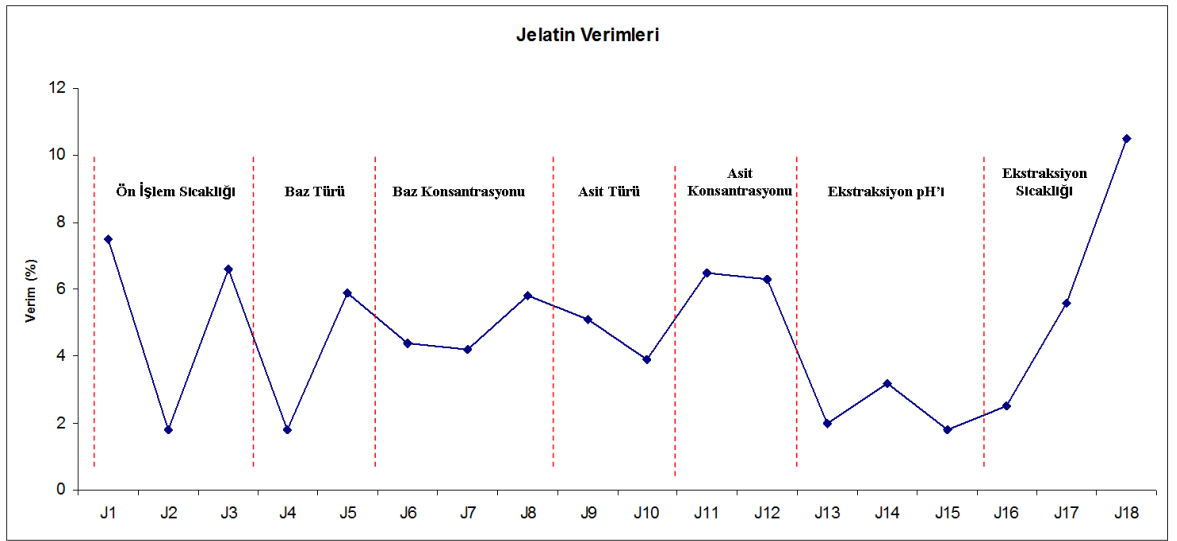
BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda elde edilen jelatinler hem birbirleriyle hem de temin edilen ticari sığır jelatiniyle karşılaştırılmıştır.

4.1 Ekstraksiyon Verimleri

Uygun verim ve metot belirleme çalışması kapsamında ön işlem sıcaklığı, baz türü ve konsantrasyonu, asit türü ve konsantrasyonu, ekstraksiyon pH ve sıcaklığı olmak üzere 7 ana başlık altında 18 farklı jelatin elde edilmiştir. Elde edilen jelatinlerin verim oranları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Ekstraksiyon çalışması yapılmış jelatin verimlerinin (%) şematik gösterimi

Uygun sıcaklığın belirlenme aşamasında en yüksek verim % 7,5 ile 5 °C’de işlem gören derilerden elde edilen jelatindir. Optimum baz türünün belirlenme aşamasında en yüksek verim % 5,9 ile KOH çözeltisi ile işlem gören derilerden elde edilen jelatindir. Optimum baz konsantrasyonunun belirlenme aşamasında en yüksek verim % 5,8 ile 1 M KOH çözeltisi ile işlem gören derilerden elde edilen jelatindir fakat bu aşamada kullanılan bazın konsantrasyonu arttıkça derilerdeki protein ve yağ daha fazla çözüldüğü için elde edilen jelatinin saflığı azalmıştır. Bu nedenden dolayı % 4,4 verim elde edilen 0,05 M KOH çözeltisi en uygun baz konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Optimum asit türünün belirlenme aşamasında en yüksek verim % 5,1 ile HCl çözeltisi ile işlem gören derilerden elde edilen jelatindir. Optimum asit türünün belirlenme aşamasında en yüksek verim %

6,5 ile % 1'lik HCl ile işlem gören derilerden elde edilen jelatinedir fakat bu aşamada kullanılan bazın konsantrasyonu arttıkça derilerdeki protein ve yağ daha fazla çözüldüğü için elde edilen jelatinin saflığı azalmıştır. Bu nedenden dolayı % 5,1 verim elde edilen % 0,1'lik HCl çözeltisi en uygun asit konsantrasyonu olarak belirlenmiştir.

Ekstraksiyon işleminde kullanılacak suyun optimum pH'sının belirlenme aşamasında en yüksek verim % 5,1 ile pH'sı değiştirilmemiş saf su içerisinde ekstraksiyonu yapılan jelatinedir. Optimum ekstraksiyon sıcaklığın belirlenme aşamasında en yüksek verim % 10,5 ile 70 °C'de işlem gören derilerden elde edilen jelatinedir.

4.2. Jelatin Verimi

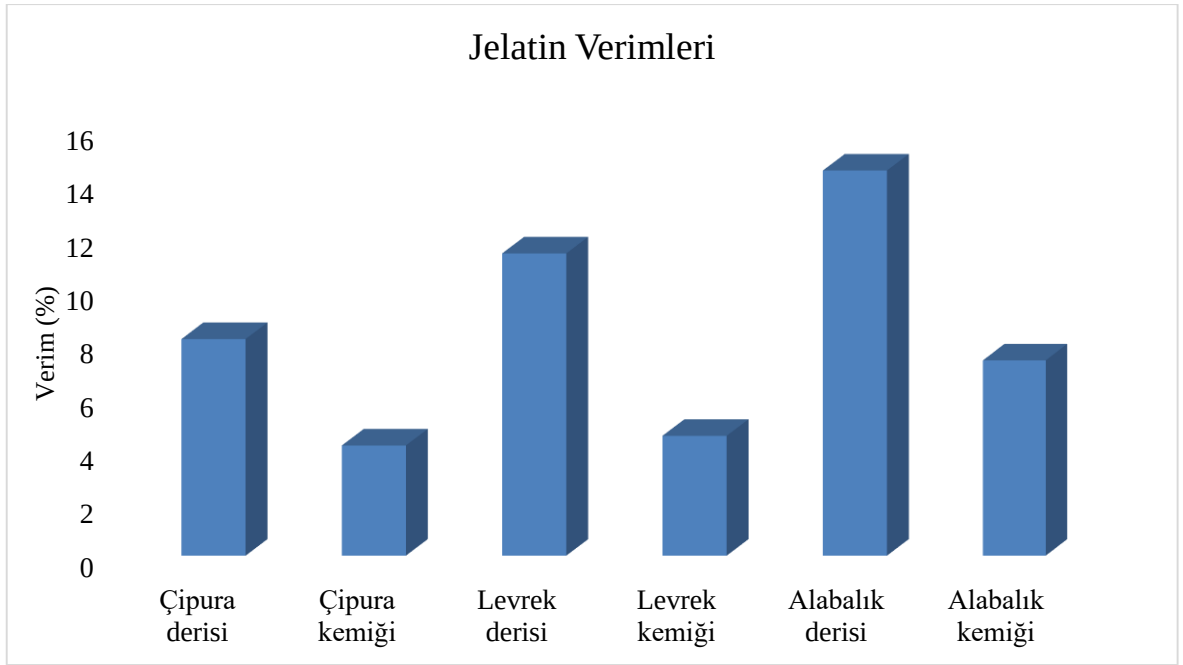
Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin verimleri çizelge 4.1'de ve sonuçların grafiği şekil 4.2'de verilmiştir. Verim, jelatin üretimindeki önemli bulgulardan bir tanesidir. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz jelatinlerin verimleri 100g ham maddeden elde edilen kuru jelatinin gram miktarı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatin verimi (%)

	ÇD ¹	ÇK ¹	LD ¹	LK ¹	AD ¹	AK ¹
Verim (%)	8,1	4,12	11,3	4,48	14,4	7,3

ÇD¹:Çipura derisi, ÇK¹:Çipura kemiği, LD¹:Levrek derisi, LK¹:Levrek kemiği, AD¹:Alabalık derisi, AK¹:Alabalık kemiği.

Çalışmamızda alabalık derisinden ekstraksiyonu yapılmış jelatinin verimi % 14,4, levrek derisinden ekstraksiyonu yapılmış jelatinin verimi % 11,3, çipura derisinden ekstraksiyonu yapılmış jelatinin verimi % 8,1, alabalık kemiklerinden ekstraksiyonu yapılmış jelatinin verimi % 7,3, levrek kemiklerinden ekstraksiyonu yapılmış jelatinin verimi % 4,48 ve çipura kemiklerinden ekstraksiyonu yapılmış jelatinin verimi % 4,12 bulunmuştur.



Şekil 4.2. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatin verimi (%) şekilsel gösterimi

Ninan ve ark. (2011), sazan balığı (*Cyprinus carpio*) ve rohu balığı (*Labeo rohita*) derisinden elde ettikleri jelatinlerin verimini sırasıyla % 12 ve % 12,93, Jellouli ve ark. (2011), çütre balığı (*Balistes capriscus*) derisinden elde ettikleri jelatinin verimini % 5,67, Jamilah ve ark. (2011), nil tilapyası (*Oreochromis nilotica*), yürüyen kedi balığı (*Clarias batrachus*), çizgili kedi balığı (*Pangasius sutchi fowler*) derilerinden elde ettikleri jelatinlerin verimlerini sırasıyla % 12,92, % 13,06 ve % 11,17 bulmuşlardır.

Önceki çalışma sonuçlarına bakacak olursak deriden elde jelatinlerin veriminin kemikten elde edilen jelatinlerin verimine göre daha yüksek oldukları gözükmemekte olup yapmış olduğumuz çalışmayla benzerlik göstermektedir. Elde edilen verimler değerlendirildiğinde, deri ve kemiklerde mevcut kollajenin yeterli miktarda hidrolize olduğu söylenebilir.

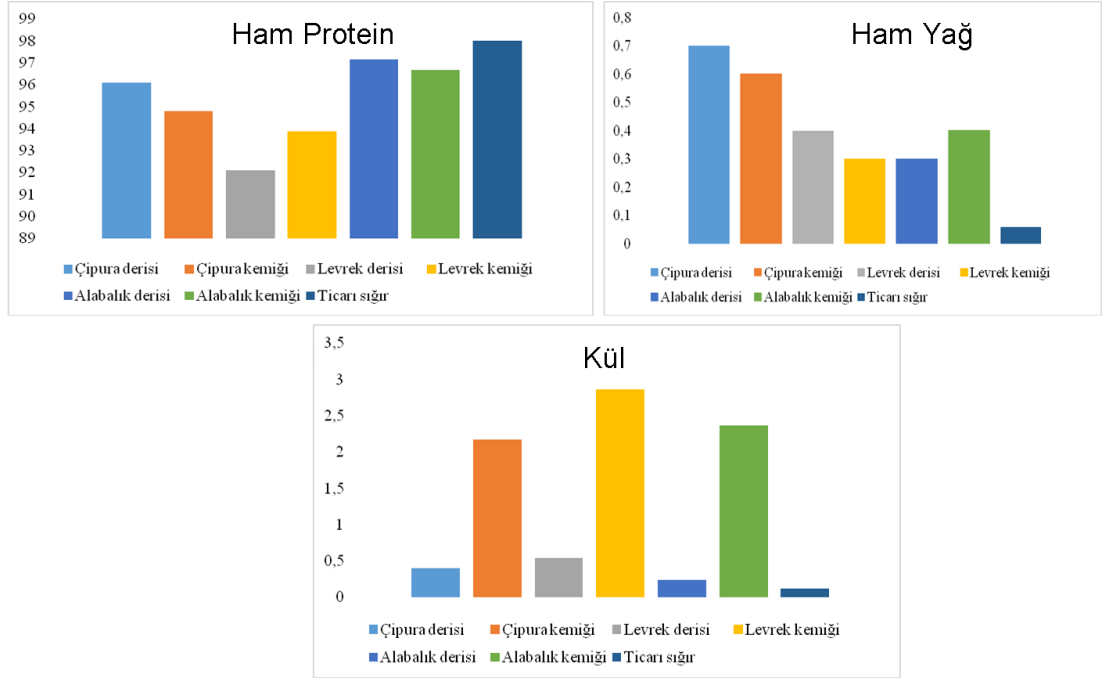
4.3. Protein, Yağ ve Kül Analizi Sonuçları

Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin protein, yağ ve kül sonuçları çizelge 4.2’de ve sonuçlara ait grafikler ise şekil 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatinin protein, yağ ve kül sonuçları (%)

Jelatin Örnekleri	Ham Kül (%)	Ham Protein (%)	Ham Yağ (%)
Çipura derisi	0,40	96,08	0,7
Çipura kemiği	2,17	94,80	0,6
Levrek derisi	0,54	92,11	0,4
Levrek kemiği	2,86	93,87	0,3
Alabalık derisi	0,24	97,14	0,3
Alabalık kemiği	2,37	96,67	0,4
Ticari sığır	0,12	98	0,06

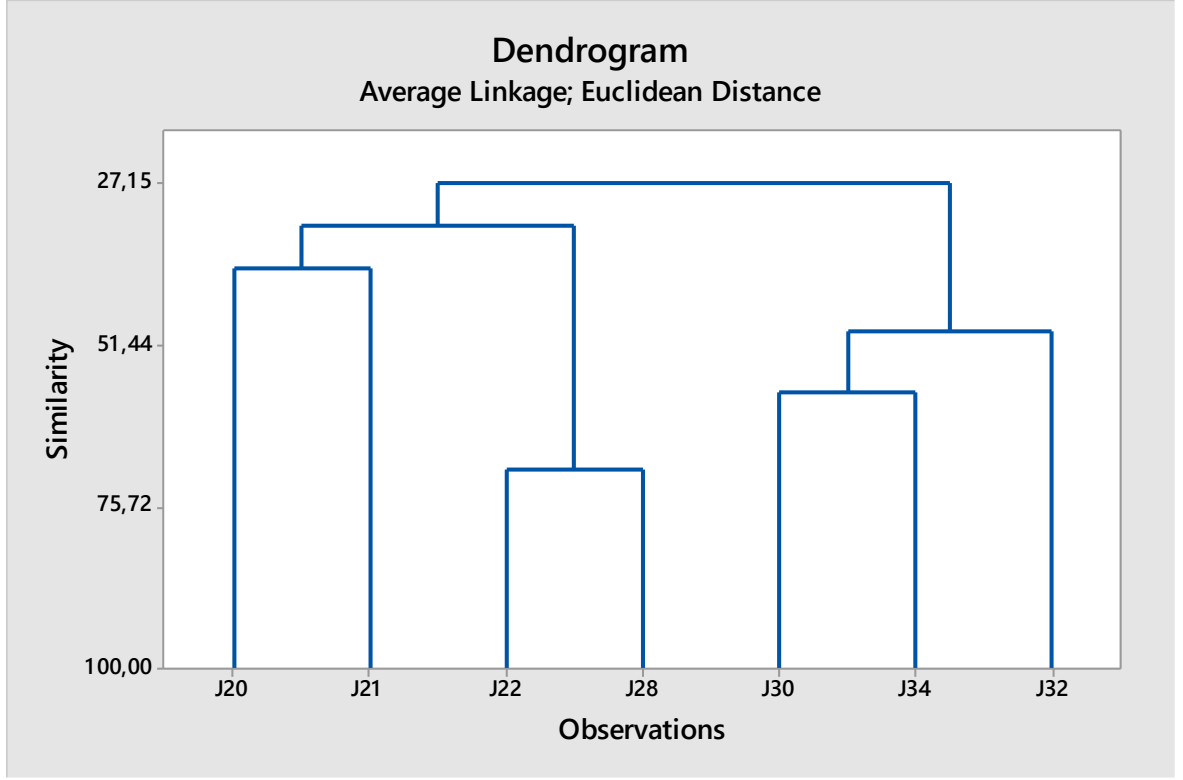
Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre protein miktarları hem ticari jelatinde hem de ekstrakte ettiğimiz jelatinlerde oldukça yüksek bulunmuştur. Çipura (% 96,08) derisi, çipura (% 94,80) kemiği, levrek (% 92,11) derisi, levrek (% 93,87) kemiği, alabalık (% 97,14) ve alabalık (% 96,67) kemiği kaynaklı jelatinlerin protein miktarları ticari sığır jelatininin (% 98) protein miktarına yakın bulunmuştur. Çipura (% 0,7) derisi, çipura (% 0,6) kemiği, levrek (% 0,4) derisi, levrek (% 0,3) kemiği, alabalık (% 0,3) ve alabalık (% 0,4) kemiği kaynaklı jelatinlerin yağ miktarları ticari sığır jelatininin (% 0,06) yağ miktarından yüksek çıkmıştır. Toplam besin kompozisyona baktığımız zaman ise ekstraksiyonu yapılan jelatinlerde yağ miktarı düşük çıkmıştır. Jelatinde düşük yağ miktarı istenilen bir durumdur. Bu durum jelatin ekstraksiyonu sırasında kullandığımız deri ve kemiklerden yağların uzaklaştırılması işleminin başarıyla gerçekleştiğinin göstergesidir. Çipura (% 0,40) derisi, çipura (% 2,17) kemiği, levrek (% 0,54) derisi, levrek (% 2,86) kemiği, alabalık (% 0,24) ve alabalık (% 2,37) kemiği kaynaklı jelatinlerin kül miktarları ticari sığır jelatininin (% 0,12) kül miktarından daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.3. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatinlere ait ham protein, ham yağ ve kül sonuçları (%)

Ktari ve ark. (2014), *Salaria basilisca* derisinden ekstrakte ettikleri jelatinin protein miktarının % 90,77, yağ miktarının % 0,83, kül miktarının % 2,7, Benjakul ve ark. (2009), *Priacanthus tayenus* ve *Priacanthus macracanthus* derilerinden ekstrakte ettikleri jelatinlerin protein miktarlarının sırasıyla % 93,66 ve % 97,34, yağ miktarlarının sırasıyla % 0,64 ve % 0,61, kül miktarlarının sırasıyla % 6,16 ve % 2,5, Jongjareonrak ve ark. (2010), mekong dev yayın balığı (*Pangasianodon gigas*) derisinden ekstrakte ettikleri jelatinin protein miktarının % 89,1, yağ miktarının %0,7, kül miktarının % 0,3 olduğunu bildirmişlerdir.

Muyonga ve ark. (2004), nil sudağı (*Lates niloticus*) deri ve kemiklerinden ekstrakte ettikleri jelatinlerin protein miktarlarını sırasıyla % 88,8 ve % 83,3 olarak bulduklarını bildirmişlerdir.



Şekil 4.4. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin protein, yağ, kül ve pH özelliklerine göre Cluster benzerlik analizi sonuçları

Protein, yağ, kül ve pH özelliklerinde Cluster benzerlik analizi sonucuna göre deriden elde edilen jelatinler kendi aralarında, kemiklerden elde edilen jelatinler de kendi aralarından birbirlerine benzerlik göstermektedir. Alabalık derisinden elde edilen jelatinin ticari sığır jelatinine benzerlik oranı % 70'dir. Levrek kemiğinden elde edilen jelatin ise ticari sığır jelatinine en az benzeyen jelatin örneğidir (Şekil 4.4).

Yukarıda bahsi geçen çalışmaların sonuçlarına baktığımız zaman, yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz jelatinlerin protein miktarları hem balık derisinden hem balık kemiklerinden elde edilen jelatinin protein miktarlarına göre daha yüksek, yağ miktarları birbirlerine benzer, kül miktarları ise nispeten daha düşük çıkmıştır. Bu sonuçlar tür ve ekstraksiyon şartlarına bağlı olarak sonuçların farklılık göstermesine neden olduğu söylenebilir.

4.4. pH Analizi Sonuçları

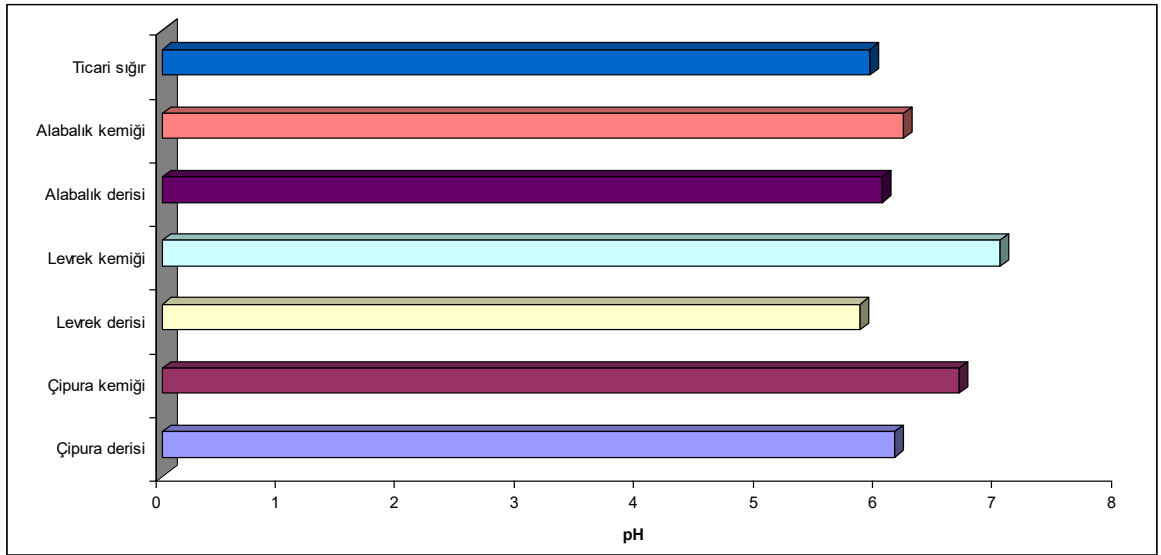
Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin pH değerleri çizelge 4.3'de ve grafikleri şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin pH değerleri

	ÇD ¹	ÇK ¹	LD ¹	LK ¹	AD ¹	AK ¹	TS ¹
pH	6,13	6,67	5,84	7,01	6,03	6,2	5,92

ÇD¹:Çipura derisi, ÇK¹:Çipura kemiği, LD¹:Levrek derisi, LK¹:Levrek kemiği, AD¹:Alabalık derisi, AK¹:Alabalık kemiği, TS¹:Ticari sığır.

Levrek derisinden elde edilen jelatinin pH değeri, ticari jelatinin pH değerine yakın ve diğer tüm jelatinlerin pH değerleri ticari jelatinin pH değerinden yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.5. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin pH değerlerinin şematik gösterimi

Haddar ve ark., (2012), atlantik mavi yüzgeçli tuna balığı (*Thunnus thynnus*) derisinden hem asit hem alkali ile ön işlem uygulayarak elde ettikleri jelatinin pH değerini 7,2 bulduklarını bildirmişlerdir. Jamilah ve ark. (2011), nil tilapyası (*Oreochromis nilotica*), yürüyen kedi balığı (*Clarias batrachus*), çizgili kedi balığı (*Pangasius sutchi fowler*) derilerinden elde ettikleri jelatinlerin pH değerlerini sırasıyla 5,38, 5,02 ve 5,12 bulduklarını bildirmişlerdir. Ninan ve ark. (2011), sazan balığı (*Cyprinus carpio*) ve rohu balığı (*Labeo rohita*) derisinden elde ettikleri jelatinlerin pH değerlerini sırasıyla 4,05 ve 4,08 olarak bildirmişlerdir. Jamilah ve Harvinder (2002), siyah tilapya balığı (*Oreochromis mossambicus*) ve nil tilapyası balığı (*Oreochromis nilotica*) derilerinden elde ettikleri jelatinlerin pH değerlerini sırasıyla 3,9 ve 3,1 olarak bildirmişlerdir.

Ekstraksiyon işlemleri sırasında elde edilen jelatinin pH değerini değiştiği bilinmektedir (Songchotikunpan ve ark., 2008). Bu çalışmada örnekler asit ve bazik işlemlere tabi tutuldukları için ekstrakte edilen jelatinlerin pH'nın 6 ile 7 arasında değiştiği görülmektedir.

4.5. Termogravemetrik Analiz Sonuçları

Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin termogravemetrik analiz sonuçları çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin termogravemetrik analiz sonuçları

	TGA				
	BBS (°C)	MBS (°C)	%20 BS ¹ (°C)	%30 BS ² (°C)	KM (%) (590°C)
J1	185	303	277	301	32,96
J2	115	310	227	285	26,48
J3	178	324	278	310	29,28
J4	147	322	293	318	30,41
J5	149	323	233	284	23,76
J6	226	319	291	312	26,11
J7	161	324	288	314	27,26
J8	252	319	299	320	31,75
J9	179	317	292	313	29,75
J10	194	320	287	312	26,79
J12	230	330	302	325	31,08
J13	204	325	285	317	31,54
J15	156	331	232	281	26,75
J16	182	311	281	310	30,59
J17	146	316	217	257	18,58
J20	176	315	241	283	21,84
J21	168	319	225	262	17,59
J22	187	312	232	274	21,54
J28	114	328	275	302	22,49
J30	107	294	213	268	39,79
J32	167	303	261	296	33,33
J34	171	306	245	289	38,79

BBS: Bozunmaya Başlama Sıcaklığı; MBS: Maksimum Bozunma Sıcaklığı; BS¹ ve BS²: Kütle kaybının %20 ve %30 Bozunma Sıcaklığı; KM: Kalıntı Miktarı.

Elde edilen jelatinlerin termogravemetrik analizleri yapılmıştır. Herbir jelatinin içerdiği kimyasal bileşiğe bağlı olarak bozunmaya başlama sıcaklığı, maksimum bozunma sıcaklığı ve kalıntı miktarları araştırılmıştır. Bunun yanında % 20 ve % 30’luk kütle kaybına ait sıcaklıklar belirlenerek değişimler araştırılmış ve malzemeler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Jelatinlerden gelebilecek kalıntı miktarı genellikle karbon kalıntısıdır. Böylece elde edilen bu veriler ışığında jelatinlerin sıcaklık karşısındaki kütle kayıplarına bağlı olarak modifikasyonların olup olmadığı hakkında bilgi sağlanması amaçlanmıştır. Jelatinlerin termal analiz verileri incelendiğinde, termal bozunmaların 115 ile 252 °C’ler arasında başladığı gözlenmiştir.

J1 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 185 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 303 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 277 ve 301 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 32,96 olduğu gözlenmiştir. J2 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 115 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 310 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 227 ve 285 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 26,48 olduğu gözlenmiştir. J3 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 178 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 324 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 278 ve 310 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 29,28 olduğu gözlenmiştir. J4 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 147 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 322 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 293 ve 318 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 30,41 olduğu gözlenmiştir. J5 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 149 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 323 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 233 ve 284 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 23,76 olduğu gözlenmiştir.

J6 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 226 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 319 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 291 ve 312 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 26,11 olduğu gözlenmiştir. J7 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 161 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 324 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 288 ve 314 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 27,26 olduğu gözlenmiştir. J8 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 252 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 319 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 299 ve 320 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 31,75 olduğu gözlenmiştir. J9 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 179 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 317 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 292 ve 313 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 29,75 olduğu gözlenmiştir.

J10 jelatine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 194 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 320 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 287 ve 312 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı

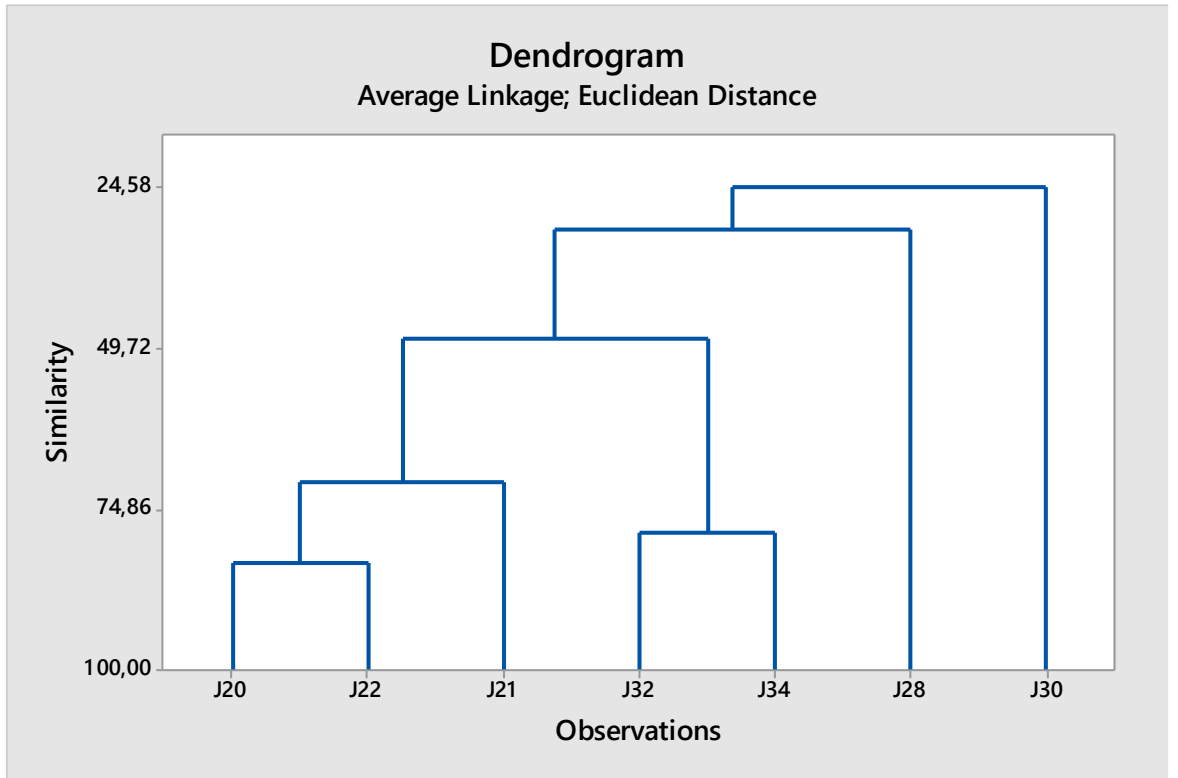
miktarının % 26,79 olduğu gözlenmiştir. J12 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 230 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 330 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 302 ve 325 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 31,08 olduğu gözlenmiştir. J13 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 204 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 325 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 285 ve 317 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 31,54 olduğu gözlenmiştir. J15 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 156 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 331 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 232 ve 281 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 26,75 olduğu gözlenmiştir.

J16 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 182 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 311 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 281 ve 310 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 30,59 olduğu gözlenmiştir. J17 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 146 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 316 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 217 ve 257 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 18,58 olduğu gözlenmiştir.

J20 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 176 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 315 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 241 ve 283 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 21,84 olduğu gözlenmiştir. J21 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 168 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 319 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 225 ve 262 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 17,59 olduğu gözlenmiştir. J22 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 187 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 312 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 232 ve 274 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 21,54 olduğu gözlenmiştir.

J28 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 114 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 328 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 275 ve 302 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 22,49 olduğu gözlenmiştir. J30 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 107 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 294 °C, % 20

ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 213 ve 268 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 39,79 olduğu gözlenmiştir. J32 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 167 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 303 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 261 ve 296 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 33,33 olduğu gözlenmiştir. J34 jelatinine ait termal verilere bakıldığında, termal bozunmanın başladığı sıcaklık 171 °C, maksimum bozunma sıcaklığı 306 °C, % 20 ve % 30'luk kütle kaybının gözleendiği sıcaklıklar sırasıyla 245 ve 289 °C olarak belirlenmiştir. 590 °C'deki toplam kalıntı miktarının % 38,79 olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.6. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin TGA analiz sonuçlarına göre Cluster benzerlik analizi sonuçları

TGA analiz sonuçlarının Cluster benzerlik analizi sonuçlarına göre balık kemiklerinden elde edilen jelatinler ile ticari sığır jelatini benzer çıkmıştır. Bunun nedeni, ticari olarak satılan sığır jelatininin genel olarak kemik ağırlıklı olarak elde edilmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Çipura derisinden elde edilen jelatin ile alabalık derisinden elde edilen jelatin arasında % 83'lük bir benzerlik oranı vardır. Deriden elde edilen jelatinler ile kemiklerden elde edilen jelatinlere göre TGA analiz sonuçları açısından bir benzerlik teşkil

etmediği görülmüştür (Şekil 4.6). Termogravimetrik analiz sonucuna göre yapılan istatistiksel değerlendirmeler sınırlı veriler üzerine olduğundan, genel olarak tüm analizler üzerinden yapılacak değerlendirmeler daha uygun olacaktır.

Jelatinlerin bozulmaya başlama sıcaklıklarına bakıldığında örnekler arasında belirgin farkların olduğu gözükmemektedir. Elde edilen bütün jelatinlerin bozulmaya başlama sıcaklıkları ticari jelatinin bozulmaya başlama sıcaklığından daha yüksektir fakat maksimum bozulma sıcaklığı için tam tersi bir durum söz konusudur. Bunun yanında kemik jelatinleri olan J30, J32 ve J34 nolu örneklerde kalıntı miktarının diğer jelatinlere göre fazla olmasının temel nedeni, protein tabanlı biyopolimer olan jelatinlerin molekül ağırlıklarının farklı olması ile termal davranışları da değişebilmektedir. Bu nedenle kemiklerden elde edilen jelatinlerin kalıntı miktarlarının yüksek olması, jelatinin molekül ağırlığından kaynaklandığını söyleyebiliriz.

4.6. Viskozite ve Erime Noktası Analizleri Sonuçları

Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin viskozite ve erime noktası analiz sonuçları çizelge 4.5’de ve grafikleri şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin 60 °C’deki viskozite ve erime noktası analiz sonuçları

	ÇD ¹	ÇK ¹	LD ¹	LK ¹	AD ¹	AK ¹	TS ¹
Viskozite (cP)	7,85	6,27	8,28	6,98	7,43	6,43	9,84
Erime Noktası (°C)	25	21	27	23	27	22	29

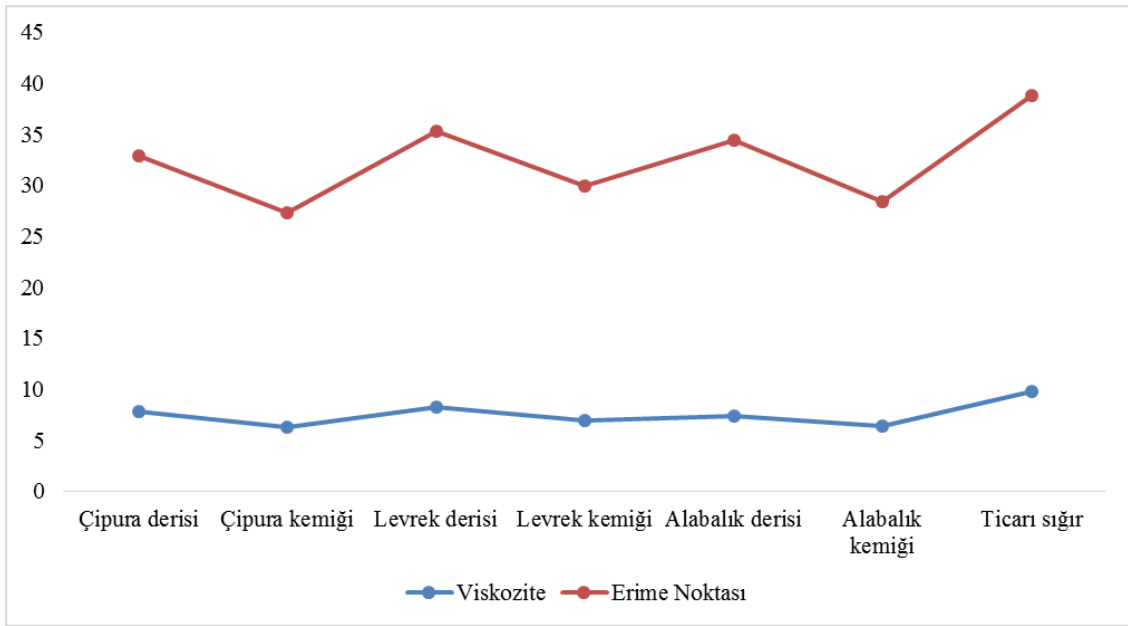
ÇD¹:Çipura derisi, ÇK¹:Çipura kemiği, LD¹:Levrek derisi, LK¹:Levrek kemiği, AD¹:Alabalık derisi, AK¹:Alabalık kemiği, TS¹:Ticari sığır.

Jelatinin, jel gücünden sonraki en önemli ikinci ticari özelliği viskozitedir (Ward ve Courts., 1977). Viskozite kısmen molekül ağırlığına ve molekül boyutu dağılımına bağlıdır (Sperling., 1985). Ticari jelatinlerin bir çoğunun viskoziteleri 2,0 ve 7,0 cP aralığında olduğu, bazı özelleştirilmiş olanların ise 13,0 cP’ e kadar çıktığı bildirilmiştir (Johston-Banks., 1990). Çalışmamızda ticari sığır jelatininin viskozitesi 9,84 cP olarak ölçülmüştür. Bu sonuç diğer tüm jelatin gruplarından daha yüksektir. Ticari sığır jelatinine en yakın sonuç 8,28 cP ile levrek derisinden ekstrakte edilen jelatinde bulunmuştur. Ticari sığır jelatinini

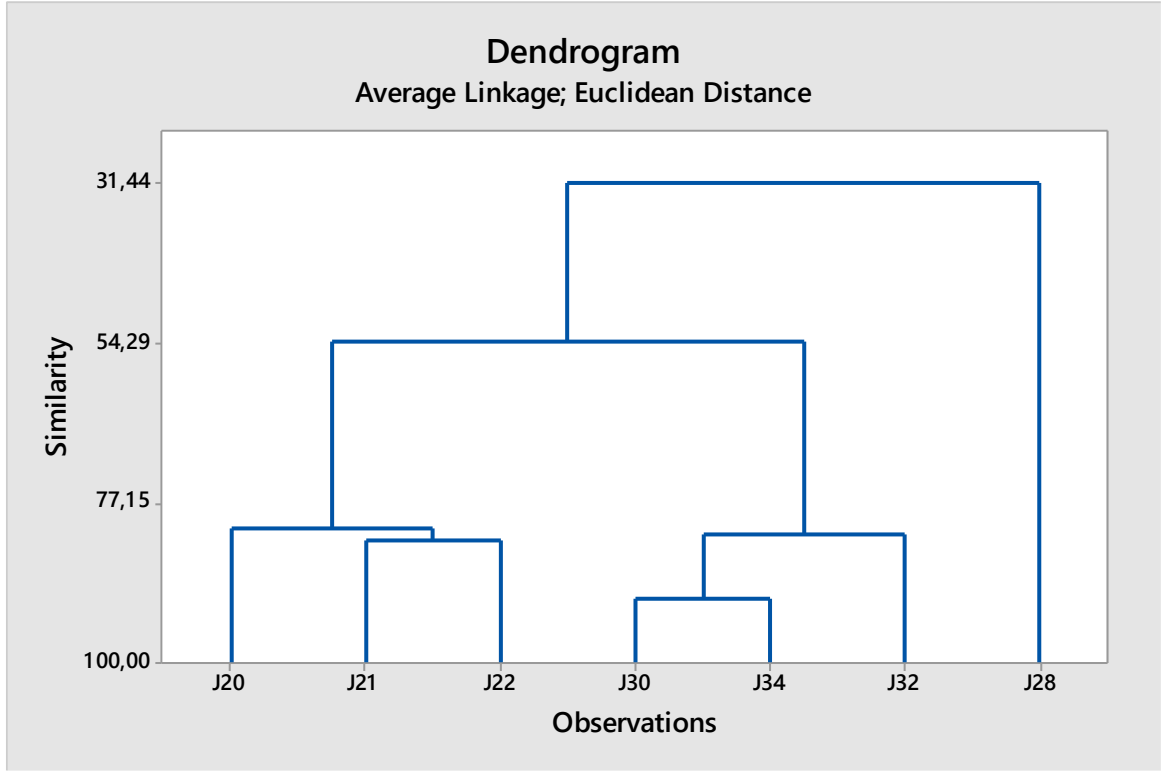
sırasıyla levrek derisi, çipura derisi, alabalık derisi, levrek kemiği, alabalık kemiği ve çipura kemiği jelatinleri takip etmektedir.

Jelatin için önemli parametrelerden bir tanesi erime noktasıdır ve erime noktası jel gücünün artışı ile doğru orantılıdır (Choi ve Regenstern., 2000). Jelatinin erime sıcaklığının orjinal kollajendeki imino asit miktarı ile doğru orantılı olduğu bulunmuştur (Ninan ve ark., 2011).

Çalışmamızda ticari sığır jelatinin erime noktası 29 °C, levrek derisi ve alabalık derisi jelatinlerinin erime noktası 27 °C, çipura derisi jelatinin erime noktası 25 °C, levrek kemiği jelatinin erime noktası 23 °C, alabalık kemiği jelatinin 22 °C ve çipura kemiği jelatinin erime noktası 21 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.7. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin 60 °C'deki viskozite analizi sonuçları (cP) ve erime noktası analizi sonuçları (°C) şematik gösterimi



Şekil 4.8. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin viskozite ve erime noktası verilerine göre Cluster benzerlik analizi sonuçları

Viskozite ve erime noktası analiz sonuçlarının Cluster benzerlik analizi sonuçlarına göre jelatin ekstraksiyonu yapılan kısmın oldukça belirleyici olduğu saptanmıştır. Buna göre derilerden elde edilen jelatinler birbirlerine benzer, kemiklerden elde edilen jelatinler de birbirlerine benzer tespit edilmiş olup ticari sığır jelatinine göre oldukça farklı bulunmuştur (Şekil 4.8).

Ninan ve ark. (2011), sazan balığı (*Cyprinus carpio*) ve rohu balığı (*Labeo rohita*) derisinden elde ettikleri jelatinlerin viskozitelerini % 6,67'lik jelatin solüsyonu hazırlayıp 30 °C sıcaklıkta ölçmüşlerdir ve viskozite sonuçlarını sırasıyla 5,96 ve 6,06 cP bulduklarını bildirmişlerdir. Ktari ve ark. (2014), *Salaria basilisca* derisinden ekstrakte ettikleri jelatinin viskozitesini % 6,67'lik jelatin solüsyonu hazırlayıp 30 °C sıcaklıkta ölçmüşlerdir ve viskozite sonucunu 5,95 cP bulduklarını bildirmişlerdir. Jamilah ve Harvinder (2002), siyah tilapya balığı (*Oreochromis mossambicus*) ve nil tilapyası balığı (*Oreochromis nilotica*) derilerinden elde ettikleri jelatinlerin viskozitelerini sırasıyla 7,12 ve 3,20 cP bulduklarını bildirmişlerdir. Mohtar ve ark. (2010), hoki balığı (*Macruronus novaezelandiae*) derisinden ekstrakte ettikleri jelatinin, ticari sığır ve ticari domuz jelatinlerinin viskozitelerini % 6,67'lik jelatin solüsyonu hazırlayıp 60 °C sıcaklıkta ölçmüşlerdir ve viskozite sonuçlarını sırasıyla 10,8, 9,8 ve 5,0 cP bulduklarını bildirmişlerdir. Bulgularımızın literatürle

karşılaştırılması neticesinde jelatin viskozitesinin jelatinin elde edildiği hammaddeye bağlı değişkenlik gösterdiği neticesine varılmıştır.

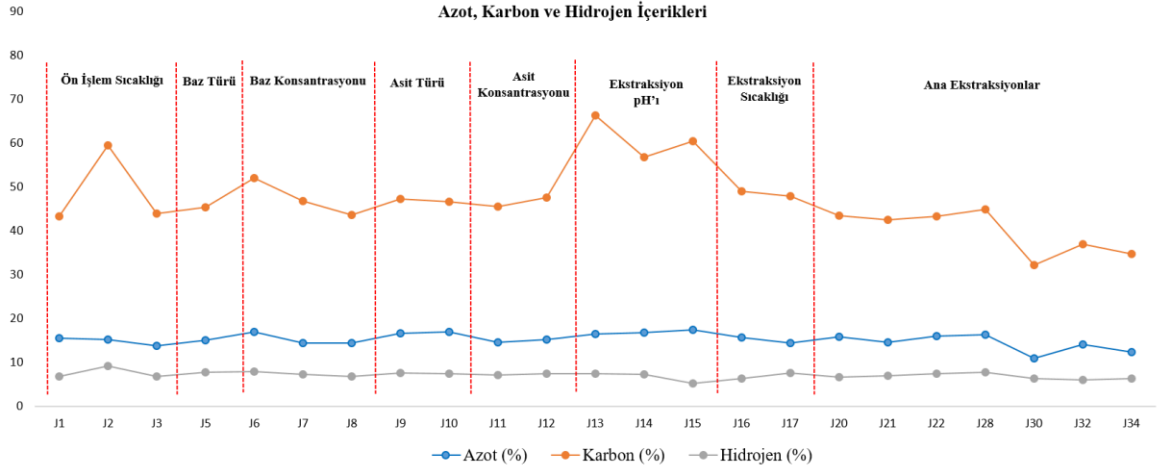
Zhou ve ark. (2006) alaska mezgiti balığı (*Gadus chalcogrammus*) derisinden elde ettikleri jelatinin erime noktasını 21,2 °C olarak ölçtüklerini rapor etmişlerdir. Cheow ve ark. (2007), *Johnius dussumieri* derisinden elde ettikleri jelatinin erime noktasını 18,5 °C ölçtüklerini bildirmişlerdir. Jamilah ve Harvinder (2002), siyah tilapya balığı (*Oreochromis mossambicus*) ve nil tilapyası balığı (*Oreochromis nilotica*) derilerinden elde ettikleri jelatinlerin erime noktalarını sırasıyla 28,9 °C ve 22,4 °C ölçtüklerini bildirmişlerdir. Gomez-Guillen ve ark. (2002), berlam balığı (*Merluccius merluccius*), atlantik morinası balığı (*Gadus morhua*), dil balığı (*Solea vulgaris*), megrim balığı (*Lepidorhombus boscii*) derilerinden elde ettikleri jelatinlerin erime noktalarını sırasıyla 14 °C, 13,8 °C, 19,4 °C ve 18,8 °C ölçtüklerini bildirmişlerdir. Kasankala ve ark. (2007), çim sazanı balığı (*Ctenopharyngodon idella*) jelatininin, ticari sığır ve domuz jelatinlerinin erime noktalarını sırasıyla 26,8 °C, 30,0 °C ve 31,5 °C ölçtüklerini bildirmişlerdir.

4.7. Elementel (N, C, H) Analizlerin Sonuçları

Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin elementel analizlerinin sonuçları çizelge 4.6’da ve grafikleri şekil 4.9’da verilmiştir.

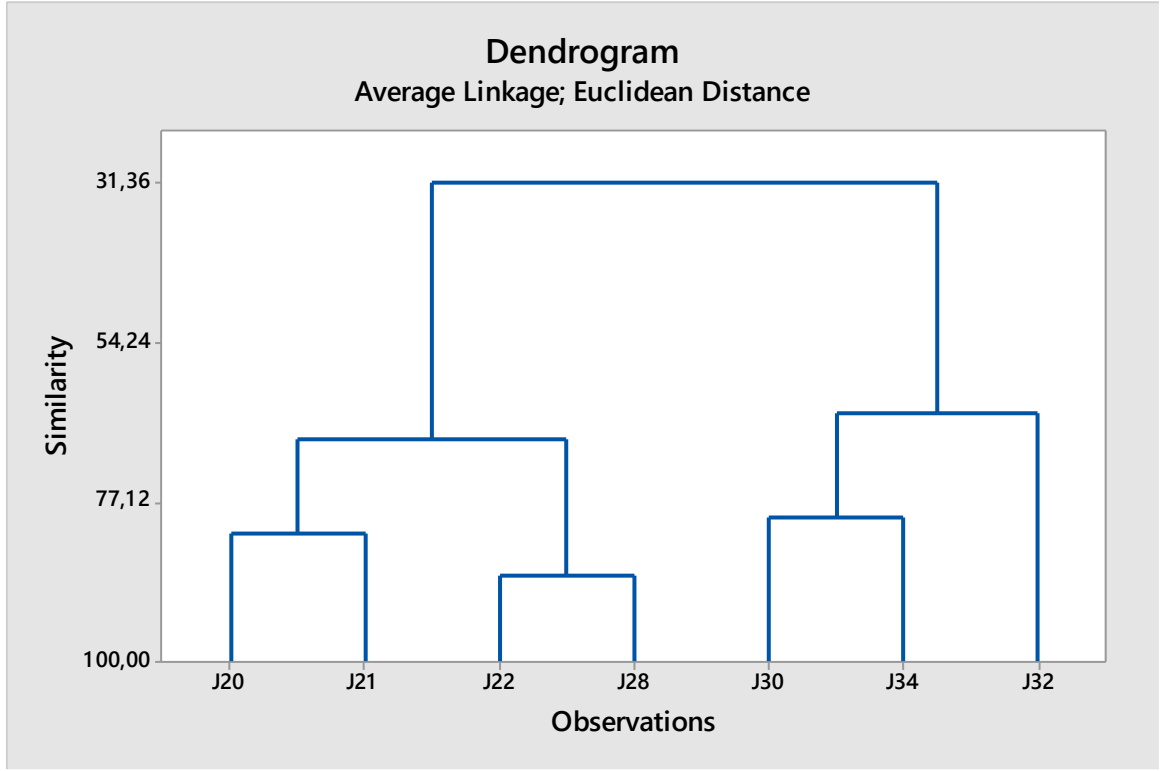
Çizelge 4.6. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin elementel analizi sonuçları

Jelatin Örnekleri	Azot (%)	Karbon (%)	Hidrojen (%)
J1	15,54	43,22	6,84
J2	15,13	59,43	9,07
J3	13,69	43,99	6,78
J5	15,07	45,30	7,73
J6	16,98	52,04	7,93
J7	14,35	46,83	7,25
J8	14,35	43,52	6,78
J9	16,56	47,23	7,49
J10	16,88	46,64	7,40
J11	14,58	45,56	7,12
J12	15,16	47,53	7,35
J13	16,48	66,23	7,41
J14	16,76	56,79	7,27
J15	17,34	60,42	5,11
J16	15,65	48,93	6,27
J17	14,42	47,89	7,55
J20	15,80	43,45	6,66
J21	14,47	42,44	6,90
J22	15,95	43,32	7,39
J28	16,23	44,90	7,64
J30	10,83	32,20	6,27
J32	14,08	36,98	5,98
J34	12,32	34,70	6,33



Şekil 4.9. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin elementel analizi sonuçları şekilsel gösterimi

Çizelge 4.7'yi incelediğimiz zaman, jelatinlerin azot miktarlarının % 10 ve % 17 arasında, karbon miktarlarının % 32 ve % 66 arasında ve hidrojen miktarlarının % 6 ile % 9 arasında değiştiği görülmektedir. J28 kodlu ticari sığır jelatininin azot miktarı % 16, karbon miktarı % 44 ve hidrojen miktarı ise % 7 olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlara en yakın örnekler J20 kodlu çipura derisinden elde edilen jelatin ve J22 kodlu alabalık derisinden elde edilen jelatindir. Örneklerin azot miktarları arasında çok belirgin bir farklılık yoktur ve en düşük azot miktarı çipura kemiğinden elde edilen jelatindedir. Örneklerin karbon miktarları genellikle aynı seviyededir. Karbon miktarının en fazla olduğu aralığın ekstraksiyon pH'ının azaldığı metotlarda olduğu şekil 4.9'da görülmektedir. Örneklerdeki hidrojen miktarları arasında belirgin bir fark yoktur. En yüksek hidrojen miktarı ön işlem sıcaklığı arttılınca elde edilmiştir. Kemiklerden elde edilen jelatinlerin azot, karbon ve hidrojen içeriklerinin derilerden elde edilen jelatinlerin azot, karbon ve hidrojen içeriklerine göre daha düşük olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.10. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin azot, karbon ve hidrojen içeriklerine göre Cluster benzerlik analizi sonuçları

Azot, karbon ve hidrojen içeriklerinin Cluster benzerlik analizi sonuçlarına göre alabalık derisinden elde edilen jelatin ticari sığır jelatinine en benzer jelatin olarak bulunmuştur ve benzerlik oranı % 87'dir. Derilerden elde edilen jelatinler birbirlerine benzer, kemiklerden elde edilen jelatinlerden de birbirlerine benzer bulunmuştur. Diğer bir taraftan ise kemiklerden elde edilen jelatinler ticari sığır jelatinine göre oldukça farklılık arz etmektedir (Şekil 4.10).

4.8. FT-IR Analizi Sonuçları

Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin FT-IR analizlerinin sonuçları şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19’da verilmiştir.



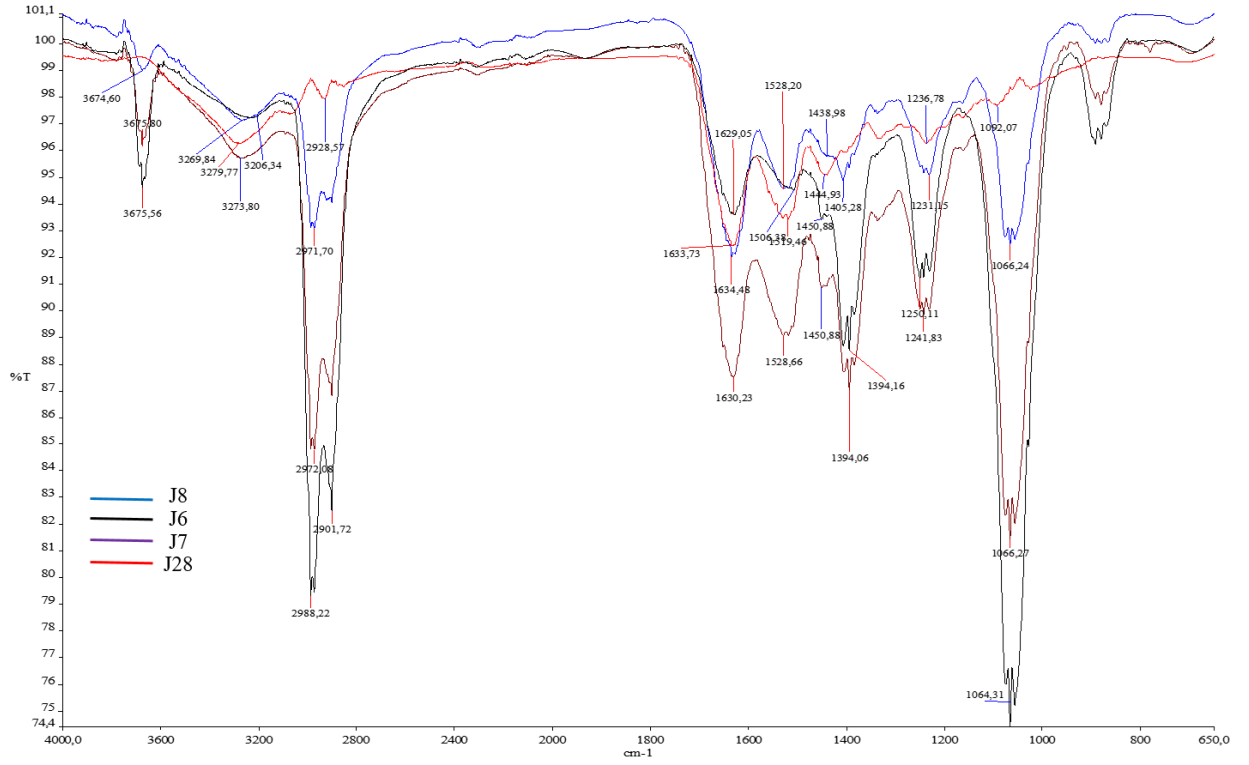
Şekil 4.11. J1, J2, J3 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları

J28, J3, J1 ve J2 jelatinlerinin FT-IR analizlerine baktığımızda sırasıyla; 3279,77 cm^{-1} , 3285,71 cm^{-1} , 3275,04 cm^{-1} ve 3275,83 cm^{-1} ’de Amit A bandının N-H esneme titreşimleri, 3071,42 cm^{-1} , 3067,46 cm^{-1} , 3059,52 cm^{-1} ve 3067,46 cm^{-1} ’de Amit B bandının =C-H esneme titreşimleri, 1633,73 cm^{-1} , 1631,90 cm^{-1} , 1630,41 cm^{-1} ve 1627,03 cm^{-1} ’de Amit I bandının C=O esneme titreşimleri, 1519,46 cm^{-1} , 1531,71 cm^{-1} , 1523,33 cm^{-1} ve 1534,14 cm^{-1} ’de Amit II bandının N-H eğilme titreşimleri, 1236,78 cm^{-1} , 1238,76 cm^{-1} , 1236,70 cm^{-1} ve 1240,81 cm^{-1} ’de Amit III bandının C-N esneme titreşimleri olduğu görülmektedir. FT-IR sonuçlarına bakıldığında en şiddetli piklerin 10 °C’de ekstrakte edilen J2 kodlu jelatinde olmasına rağmen en yüksek verim 5 °C’de ekstrakte edilen J1 kodlu jelatinde olduğu için ekstraksiyon sıcaklığı 5 °C olarak tercih edilmiştir (Şekil 4.11).



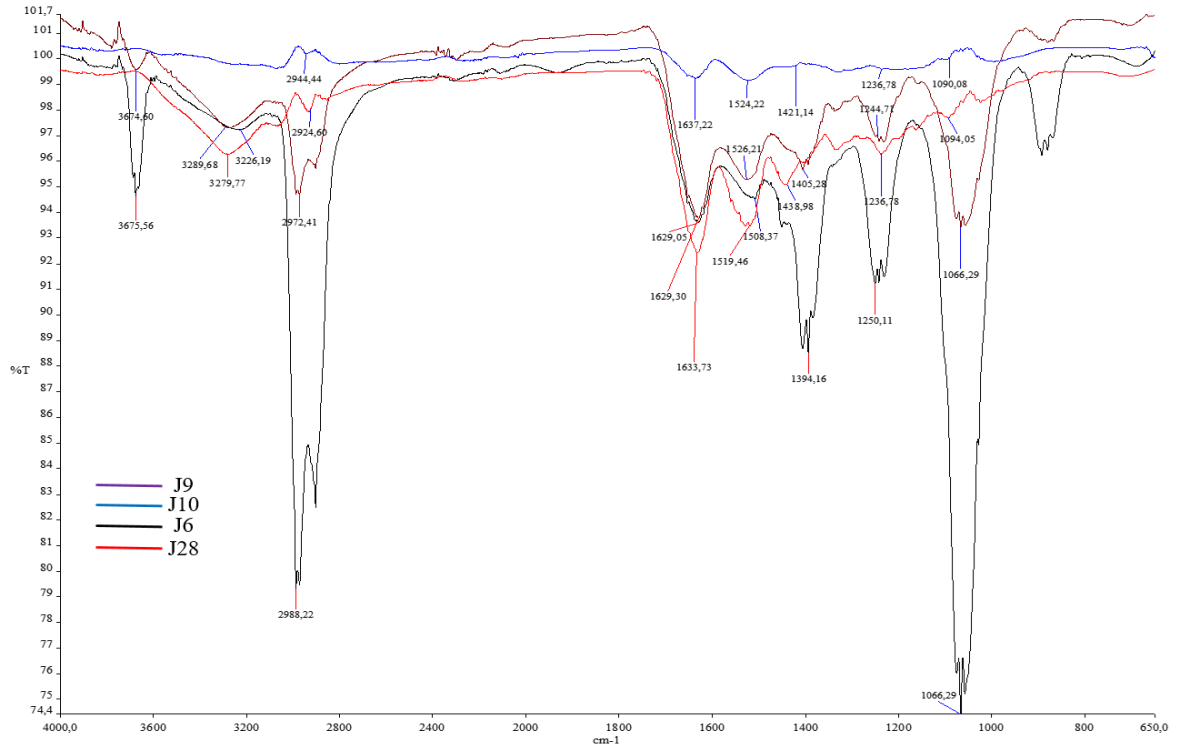
Şekil 4.12. J4, J5, ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları

J28, J5 ve J4 jelatinlerinin FT-IR analizlerine baktığımızda sırasıyla; 3279,77 cm^{-1} , 3267,59 cm^{-1} ve 3275,04 cm^{-1} 'de Amit A bandının N-H esneme titreşimleri, 3075,39 cm^{-1} , 3087,30 cm^{-1} ve 3063,49 cm^{-1} 'de Amit B bandının =C-H esneme titreşimleri, 1633,73 cm^{-1} , 1632,65 cm^{-1} ve 1631,27 cm^{-1} 'de Amit I bandının C=O esneme titreşimleri, 1549,46 cm^{-1} , 1523,33 cm^{-1} ve 1538,97 cm^{-1} 'de Amit II bandının N-H eğilme titreşimleri, 1236,78 cm^{-1} , 1236,70 cm^{-1} ve 1246,69 cm^{-1} 'de Amit III bandının C-N esneme titreşimleri olduğu görülmektedir. FT-IR sonuçlarına bakıldığında en şiddetli piklerin J5 kodlu jelatinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.12).



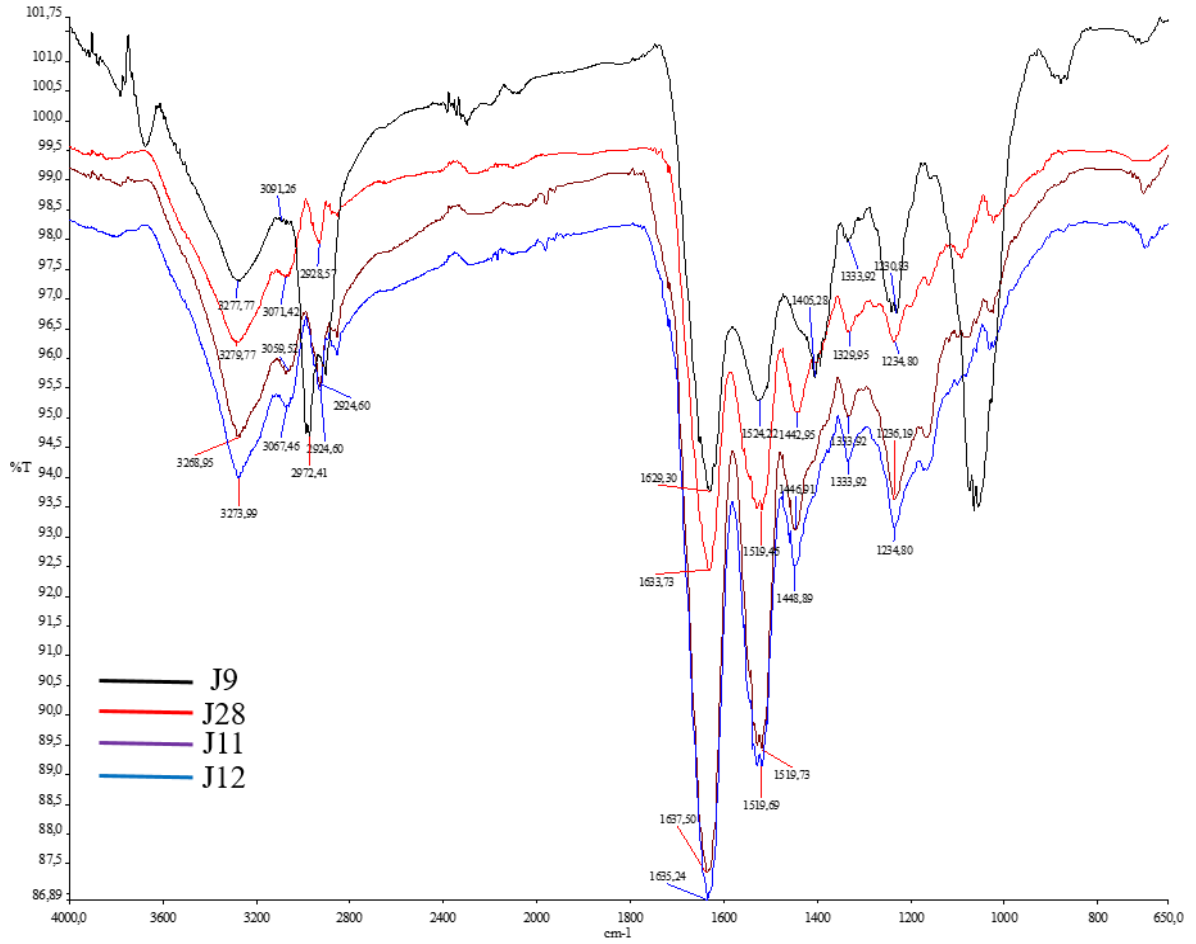
Şekil 4.13. J6, J7, J8 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları

J8, J6, J7 ve J28 jelatinlerinin FT-IR analizlerine baktığımızda sırasıyla; 3269,84 cm^{-1} , 3206,34 cm^{-1} , 3273,80 cm^{-1} ve 3279,77 cm^{-1} 'de Amit A bandının N-H esneme titreşimleri, 2971,70 cm^{-1} , 2988,22 cm^{-1} , 2972,08 cm^{-1} ve 3075,39 cm^{-1} 'de Amit B bandının =C-H esneme titreşimleri, 1634,48 cm^{-1} , 1629,05 cm^{-1} , 1630,23 cm^{-1} ve 1633,73 cm^{-1} 'de Amit I bandının C=O esneme titreşimleri, 1528,20 cm^{-1} , 1506,38 cm^{-1} , 1528,66 cm^{-1} ve 1519,46 cm^{-1} 'de Amit II bandının N-H eğilme titreşimleri, 1231,15 cm^{-1} , 1250,11 cm^{-1} , 1241,83 cm^{-1} ve 1236,78 cm^{-1} 'de Amit III bandının C-N esneme titreşimleri olduğu görülmektedir. FT-IR sonuçlarına bakıldığında en şiddetli piklerin J6 kodlu jelatinde olduğu gözükmemektedir (Şekil 4.13).



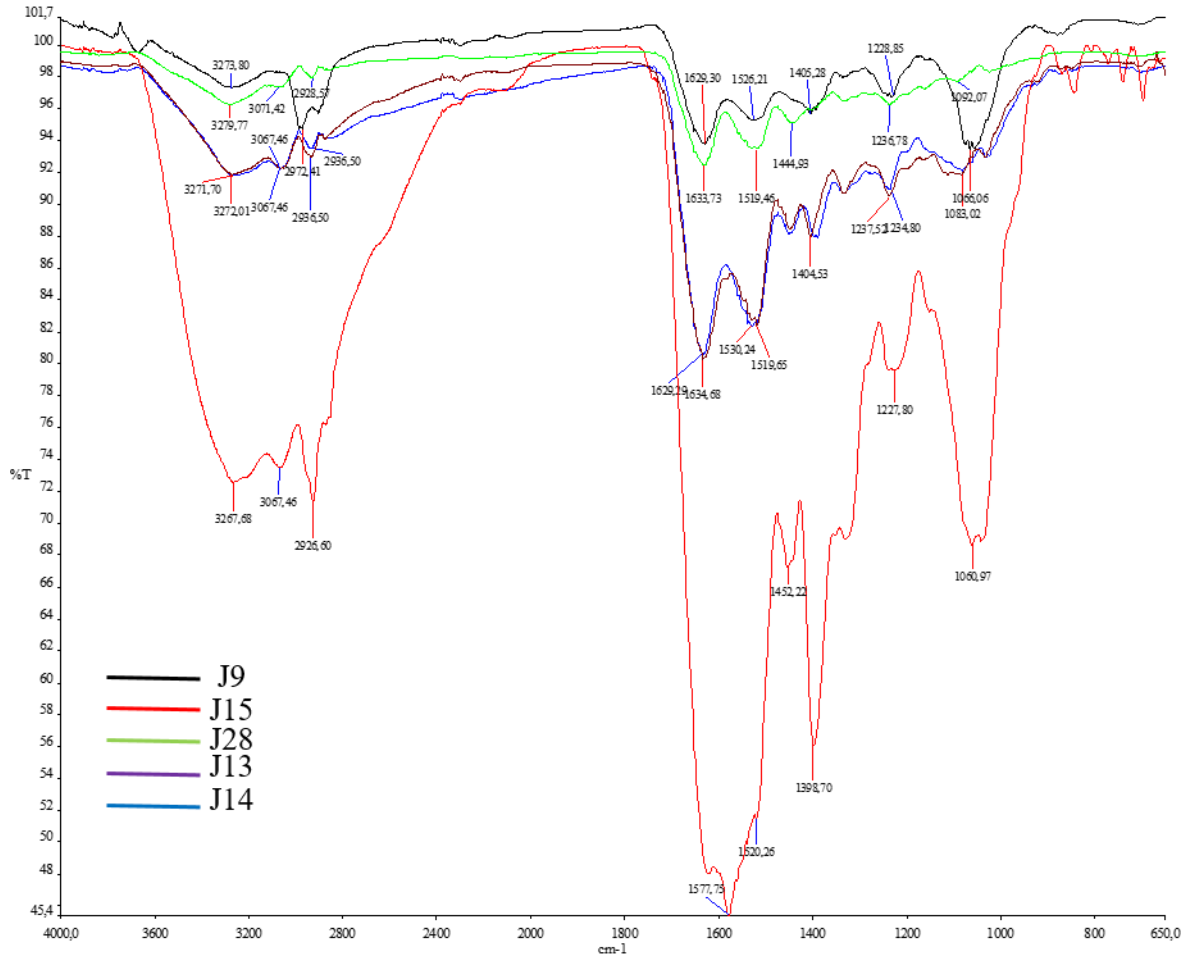
Şekil 4.14. J6, J9, J10 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları

J9, J10, J6 ve J28 jelatinlerinin FT-IR analizlerine baktığımızda sırasıyla; 3289,68 cm^{-1} , 3286,34 cm^{-1} , 3226,19 cm^{-1} ve 3279,77 cm^{-1} 'de Amit A bandının N-H esneme titreşimleri, 2972,41 cm^{-1} , 3088,22 cm^{-1} , 2988,22 cm^{-1} ve 3075,39 cm^{-1} 'de Amit B bandının =C-H esneme titreşimleri, 1629,30 cm^{-1} , 1637,22 cm^{-1} , 1629,05 cm^{-1} ve 1633,73 cm^{-1} 'de Amit I bandının C=O esneme titreşimleri, 1526,21 cm^{-1} , 1524,22 cm^{-1} , 1508,37 cm^{-1} ve 1519,46 cm^{-1} 'de Amit II bandının N-H eğilme titreşimleri, 1244,71 cm^{-1} , 1236,78 cm^{-1} , 1250,11 cm^{-1} ve 1236,78 cm^{-1} 'de Amit III bandının C-N esneme titreşimleri olduğu görülmektedir. FT-IR sonuçlarına bakıldığında en şiddetli piklerin % 0,1'lik H_2SO_4 ile elde edilen J6 kodlu jelatinde olduğu gözükmesine rağmen en yüksek verim % 0,1'lik HCl ile elde edilen J9 kodlu jelatinde olduğu için uygun asit olarak HCl tercih edilmiştir (Şekil 4.14).



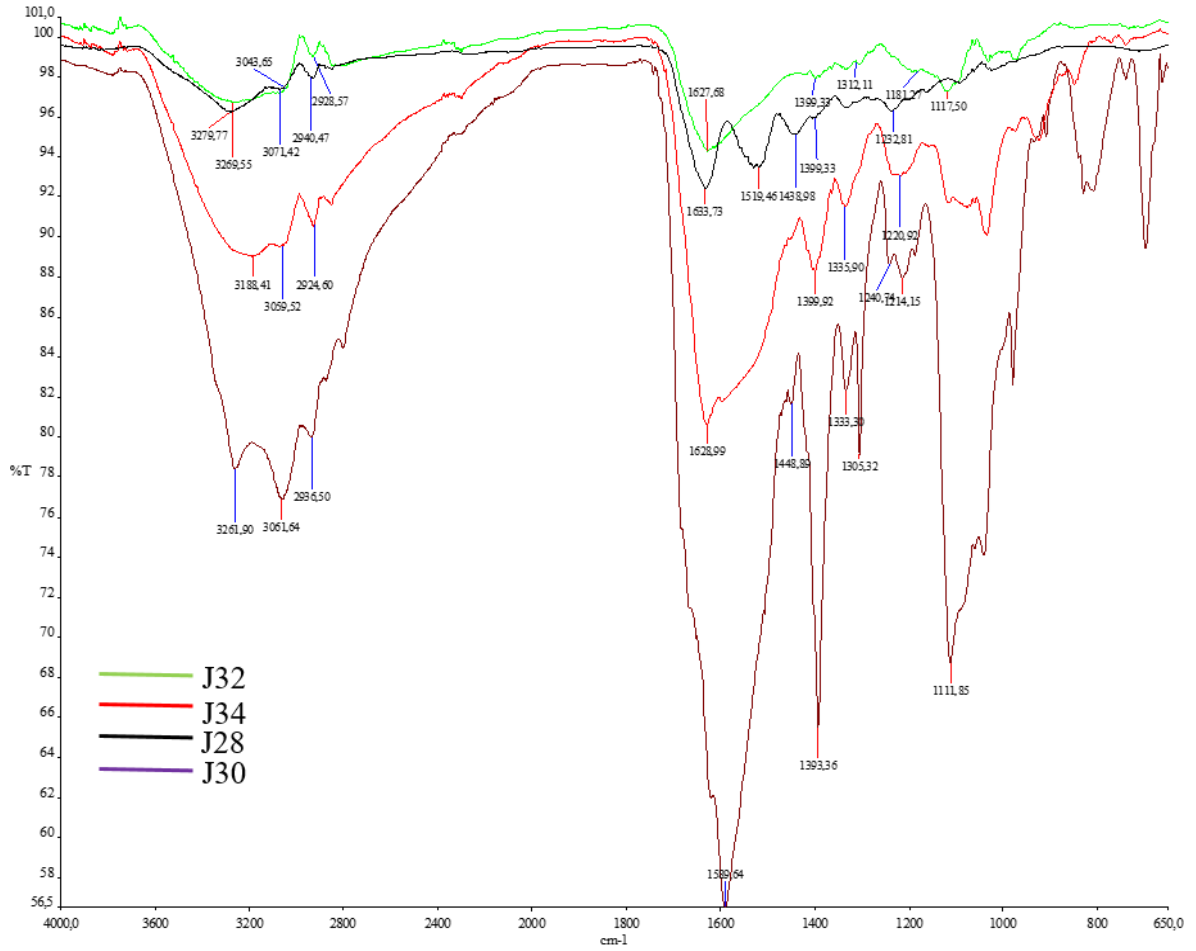
Şekil 4.15. J9, J11, J12 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları

J9, J28, J11 ve J12 jelatinlerinin FT-IR analizlerine baktığımızda sırasıyla; 3289,68 cm⁻¹, 3279,77 cm⁻¹, 3268,95 cm⁻¹ ve 3273,99 cm⁻¹'de Amit A bandının N-H esneme titreşimleri, 2972,41 cm⁻¹, 3071,42 cm⁻¹, 3059,52 cm⁻¹ ve 3067,46 cm⁻¹'de Amit B bandının =C-H esneme titreşimleri, 1629,30 cm⁻¹, 1633,73 cm⁻¹, 1637,50 cm⁻¹ ve 1635,24 cm⁻¹'de Amit I bandının C=O esneme titreşimleri, 1526,21 cm⁻¹, 1519,46 cm⁻¹, 1519,73 cm⁻¹ ve 1519,69 cm⁻¹'de Amit II bandının N-H eğilme titreşimleri, 1244,71 cm⁻¹, 1234,80 cm⁻¹, 1263,19 cm⁻¹ ve 1234,80 cm⁻¹'de Amit III bandının C-N esneme titreşimleri olduğu görülmektedir. FT-IR sonuçlarına bakıldığında en şiddetli piklerin J9 kodlu jelatinde olduğu gözükmemektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.16. J9, J13, J14, J15 ve J28 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları

J9, J15, J28, J13 ve J14 jelatinlerinin FT-IR analizlerine baktığımızda sırasıyla; $3273,80\text{ cm}^{-1}$, $3267,68\text{ cm}^{-1}$, $3279,77\text{ cm}^{-1}$, $3272,01\text{ cm}^{-1}$ ve $3271,70\text{ cm}^{-1}$ 'de Amit A bandının N-H esneme titreşimleri, $2972,41\text{ cm}^{-1}$, $3067,46\text{ cm}^{-1}$, $3071,42\text{ cm}^{-1}$, $3067,46\text{ cm}^{-1}$ ve $3067,46\text{ cm}^{-1}$ 'de Amit B bandının =C-H esneme titreşimleri, $1629,30\text{ cm}^{-1}$, $1577,75\text{ cm}^{-1}$, $1633,73\text{ cm}^{-1}$, $1629,29\text{ cm}^{-1}$ ve $1634,68\text{ cm}^{-1}$ 'de Amit I bandının C=O esneme titreşimleri, $1526,21\text{ cm}^{-1}$, $1520,26\text{ cm}^{-1}$, $1519,46\text{ cm}^{-1}$, $1519,65\text{ cm}^{-1}$ ve $1530,24\text{ cm}^{-1}$ 'de Amit II bandının N-H eğilme titreşimleri, $1228,85\text{ cm}^{-1}$, $1227,80\text{ cm}^{-1}$, $1236,78\text{ cm}^{-1}$, $1234,80\text{ cm}^{-1}$ ve $1237,52\text{ cm}^{-1}$ 'de Amit III bandının C-N esneme titreşimleri olduğu görülmektedir. FT-IR sonuçlarına bakıldığında en şiddetli piklerin pH'sı 9 olan saf su ile ekstrakte edilen J15 kodlu jelatinde olduğu gözükmesine rağmen en yüksek verim pH'sı değiştirilmemiş saf su ile ekstrakte edilen J9 kodlu jelatinde olduğu için pH'sı değiştirilmemiş saf su tercih edilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.19. J28, J30, J32 ve J34 kodlu jelatinlerin FT-IR analiz sonuçları

J32, J34, J28 ve J30 jelatinlerinin FT-IR analizlerine baktığımızda sırasıyla; 3269,55 cm⁻¹, 3188,41 cm⁻¹, 3279,77 cm⁻¹ ve 3261,90 cm⁻¹'de Amit A bandının N-H esneme titreşimleri, 3043,65 cm⁻¹, 3059,52 cm⁻¹, 3071,42 cm⁻¹ ve 3061,64 cm⁻¹'de Amit B bandının =C-H esneme titreşimleri, 1627,68 cm⁻¹, 1628,99 cm⁻¹, 1633,73 cm⁻¹ ve 1589,64 cm⁻¹'de Amit I bandının C=O esneme titreşimleri, 1519,46 cm⁻¹'de sadece J28'de, Amit II bandının N-H eğilme titreşimleri, 1181,27 cm⁻¹, 1220,92 cm⁻¹, 1232,81 cm⁻¹ ve 1214,15 cm⁻¹'de Amit III bandının C-N esneme titreşimleri olduğu görülmektedir. FT-IR sonuçlarına bakıldığında en şiddetli piklerin J30 kodlu çipura kemiğinden elde edilen jelatine olduğu, J32 ve J34 kodlu levrek, alabalık kemiklerinden elde edilen jelatinlerin ise ticari olarak kullanılan jelatine en yakın pikleri verdiği, Amit I bandının kemiklerden ekstrakte edilen jelatin örneklerinde pik vermediği gözlenmiştir (Şekil 4.19).

Ahmad ve Benjakul. (2011), *Aluterus monoceros* derilerinden elde ettikleri 4 farklı jelatinin FT-IR analiz sonuçlarını Amit I bandı için 1649,11 cm^{-1} ve 1634,73 cm^{-1} arasında, Amit II bandı için 1549,87 cm^{-1} ve 1539,69 cm^{-1} arasında, Amit III bandı için 1237,74 cm^{-1} ve 1206,03 cm^{-1} arasında, Amit A bandı için 3300,66 cm^{-1} ve 3275,53 cm^{-1} arasında ve Amit B bandı için 3165,97 cm^{-1} ve 3073,13 cm^{-1} arasında bulduklarını bildirmişlerdir.

Ktari ve ark. (2014), *Salaria basilisca* derisinden elde ettikleri jelatinin FT-IR analiz sonuçlarını Amit A bandı için 3462 cm^{-1} 'de, Amit B bandı için 2965 cm^{-1} 'de, Amit I bandı için 1643 cm^{-1} 'de, Amit II bandı için 1488 cm^{-1} 'de ve Amit III bandı için 1294 cm^{-1} 'de bulduklarını bildirmişlerdir.

Analiz sonuçlarınıza baktığımız zaman kemiklerden elde edilen jelatinlerde Amit I bandı için herhangi bir pik vermediği ve ticari jelatinden en farklı sonuçlara sahip jelatinin J15 kodlu jelatin olduğu gözlenmiştir. Bu farklılığın sebebi ham maddelerdeki yağın yeterince uzaklaştırılamamasıdır

4.9. Amino Asit Analizi Sonuçları

Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin amino asit analizlerinin sonuçları çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. J1, J2, J3, J5, J6, J7, J8 ve J9 kodlu jelatinlerin amino asit analizi sonuçları (mg/g)

	J1	J2	J3	J5	J6	J7	J8	J9
Essansiyel AA (EAA)								
HIS	5,94	9,53	13,84	15,27	7,16	9,98	9,60	7,47
ILE	11,46	9,47	14,91	10,91	15,84	8,34	10,54	12,63
LEU	26,15	26,03	25,69	23,46	18,07	21,49	20,83	24,22
LYS	29,08	26,45	27,19	28,93	31,88	24,59	26,20	26,2
MET	15,95	16,39	12,87	14,77	12,99	18,02	14,60	13,77
PHE	14,42	13,85	15,82	14,66	12,75	16,4	13,60	14,21
THR	18,03	20,56	19,62	18,87	19,80	17,89	18,44	20,85
VAL	19,16	15,64	18,61	14,38	17,56	17,76	15,28	16,73
Toplam EAA (mg/g)	140,23	137,92	138,59	141,30	136,05	134,49	129,13	136,08
Essansiyel olmayan AA (NEAA)								
ALA	94,13	98,07	100,41	96,68	94,78	96,53	100,33	100,3
ASP	29,09	30,11	27,56	33,98	28,7	27,30	25,76	31,3
GLU	43,15	43,74	42,97	44,76	49,94	47,32	42,08	45,12
GLY	342,47	340,5	342,19	349,53	348,1	347,35	350,33	320,8
PRO	101,4	104,40	106,92	105,46	103,96	100,61	101,87	100,9
SER	51,92	54,84	58,43	50,21	50,44	50,17	48,79	49,72
TYR	2,03	2,21	2,21	2,50	2,05	1,92	2,043	2,52
TRP	0	0	0	0	0	0	0	0
C-C	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam NEAA (mg/g)	664,22	673,87	680,72	683,14	677,97	671,22	671,21	650,66
EAA/NEAA	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20
Diğer AA (OAA)								
HYP	76,86	77,51	76,46	78,12	73,16	73,32	75,10	74,63
HLY	5,44	4,89	5,01	5,56	6,03	5,26	5,36	5,73
ASN	20,15	21,29	21,50	23,76	20,46	20,75	20,78	21,82
GLN	30,88	32,45	30,45	31,26	34,1	31,47	30,49	31,21
Toplam OAA (mg/g)	133,34	136,15	133,44	138,72	133,75	130,82	131,74	133,40
Toplam AA (mg/g)	937,79	947,95	952,76	963,17	947,78	936,54	932,09	920,15

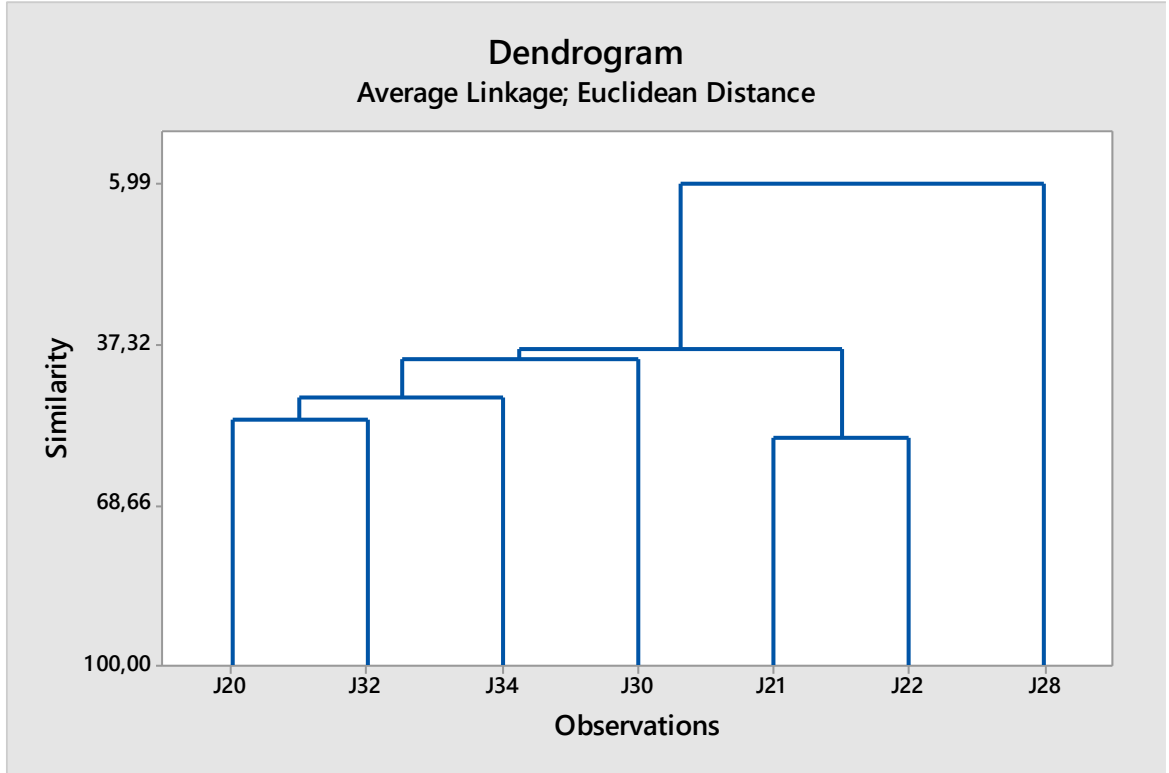
Çizelge 4.8. J10, J11, J12, J13, J14, J15, J16 ve J17 kodlu jelatinlerin amino asit sonuçları (mg/g)

	J10	J11	J12	J13	J14	J15	J16	J17
Essansiyel AA (EAA)								
HIS	9,59	11,22	2,13	6,543	7,936	3,518	7,189	10,17
ILE	11,33	12,93	8,99	10,63	10,00	11,89	11,15	11,44
LEU	24,26	24,49	26,16	21,47	22,89	15,23	18,51	23,74
LYS	26,95	30,79	28,09	27,17	28,70	30,03	27,18	24,8
MET	6,748	8,99	18,78	8,121	11,41	11,8	8,20	13,58
PHE	17,45	12,71	13,17	15,45	14,05	13,72	14,14	15,99
THR	19,92	19,04	19,94	18,77	18,39	19,14	19,17	20,15
VAL	17,47	16,14	14,55	15,87	17,32	14,8	14,45	15,08
Toplam EAA (mg/g)	133,75	136,31	131,81	124,04	130,07	120,13	120,02	134,95
Essansiyel olmayan AA (NEAA)								
ALA	99,35	98,89	101,3	99,98	98,59	99,6	99,91	101,59
ASP	29,41	29,2	34,95	27,41	32,06	29,4	24,57	30,66
GLU	44,69	49,14	42,3	42,717	48,05	44,76	41,91	45,54
GLY	330,47	344,36	344,48	344,74	341,44	344,5	346,54	345,1
PRO	101,27	97,74	104,1	106,00	98,39	96,42	104,57	102,7
SER	51,35	50,59	44,67	46,81	44,01	43,94	50,55	46,15
TYR	2,38	2,41	2,36	3,02	2,93	2,88	2,807	2,37
TRP	0	0	0	0	0	0	0	0
C-C	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam NEAA (mg/g)	658,93	672,33	674,17	670,68	665,48	661,53	670,88	674,11
EAA/NEAA	0,20	0,20	0,19	0,18	0,19	0,18	0,17	0,20
Diğer AA (OAA)								
HYP	75,44	77,03	76,46	75,02	74,66	78,53	76,36	76,88
HLY	5,90	5,55	6,46	5,50	5,91	5,86	5,145	5,278
ASN	21,94	20,77	20,58	20,08	21,66	22,57	20,56	19,36
GLN	33,51	33,11	32,90	31,65	33,25	30,45	32,54	34,84
Toplam OAA (mg/g)	136,80	136,46	136,41	132,27	135,50	137,41	134,62	136,36
Toplam AA (mg/g)	929,49	945,11	942,40	927,01	931,70	919,09	925,53	945,43

Çizelge 4.9. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin ve ticari sığır jelatininin amino asit analizlerinin sonuçları (mg/g)

	Çipura Derisi	Levrek Derisi	Alabalık Derisi	Ticari	Çipura Kemigi	Levrek Kemigi	Alabalık Kemigi
Essansiyel AA (EAA)							
HIS	7,35	3,83	6,13	4,22	3,24	8,25	12,82
ILE	9,82	11,65	14,17	10,97	11,63	10,93	10,45
LEU	19,76	15,67	17,82	23,65	20,78	21,14	14,66
LYS	27,67	30,06	27,05	26,97	30,02	27,30	28,59
MET	7,99	13,68	15,43	3,98	8,95	2,12	7,89
PHE	12,97	14,17	16,93	14,48	16,61	17,23	14,86
THR	20,49	22,65	24,27	18,30	22,33	21,52	24,55
VAL	17,13	16,76	17,73	20,65	14,49	13,95	15,24
Toplam	123,21	128,51	139,57	123,26	128,06	122,46	129,10
EAA (mg/g)							
Essansiyel olmayan AA (NEAA)							
ALA	110,01	118,92	117,46	114,54	110,65	107,68	112,85
ASP	29,56	29,74	29,39	32,01	26,54	25,61	29,93
GLU	44,66	42,49	41,61	46,37	46,8	45,63	49,18
GLY	346,7	347,54	350,34	333,79	343,84	345,23	349,57
PRO	110,4	103,38	114,85	137,27	103,11	102,27	108,80
SER	50,4	49,96	50,44	34,99	43,86	46,36	49,32
TYR	2,40	3,28	3,37	2,65	2,65	2,30	3,27
TRP	0	0	0	0	0	0	0
C-C	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	694,13	695,32	707,47	701,65	677,46	675,11	702,95
NEAA (mg/g)							
EAA/NE AA	0,17	0,18	0,19	0,17	0,18	0,18	0,18
Diğer AA (OAA)							
HYP	75,72	78,81	78,40	95,33	76,61	74,31	76,71
HLY	5,30	4,83	4,62	7,02	5,36	5,57	5,88
ASN	20,30	21,75	20,12	13,13	18,24	19,87	20,62
GLN	33,26	30,04	30,85	26,78	28,11	31,00	29,84
Toplam	134,60	135,45	134,01	142,27	128,33	130,76	133,07
OAA (mg/g)							
Toplam AA (mg/g)	951,95	959,29	981,07	967,19	933,86	928,34	965,13

Jelatinlerin amino asit sonuçları çizelge 4.7’de, 4.8’da ve 4.9’da bildirilmiştir. Sonuçları incelediğimiz zaman her bir jelatinin amino asit kompozisyonunda farklılıklar göze çarpmaktadır. Gerek jelatini elde ettiğimiz hammadde farkı, gerek jelatin ekstraksiyonundaki değişiklikler bu farklılıklara sebep olmaktadır. Çalışmamızda glisin, hidroksiprolin ve prolin miktarlarının fazla olduğu göze çarpmaktadır. Bunun yanında hidroksilizin, tirozin ve histidin miktarlarının düşük olduğunu söyleyebiliriz. Glisin, jelatindeki en baskın amino asittir (Arnesen ve Gildberg., 2002). Prolinin ve hidroksiprolinin, serbest su molekülleri ve jelatindeki hidroksiprolinin hidroksil grupları arasında hidrojen bağı yoluyla kollajendeki üçlü sarmal yapının sabitlenmesinde önemli bir rol oynadığı söylenmiştir (Ledward, 1986; Ktari ve ark., 2014). Metiyonin ve tirozinin az miktarda olması, sisteinin ise hiç olmaması tüm jelatinler için yaygın bir karakteristik özelliktir (Ktari ve ark., 2014). İmino asit (hidroksiprolin ve prolin) ve glisin miktarlarına baktığımız zaman alabalık derisinden elde edilmiş olan jelatinde, levrek ve çipura derisinden elde edilmiş jelatinlere oranla daha fazla olduğunu görmekteyiz. Aynı sonucu kemiklerden elde ettiğimiz jelatinler için de söyleyebiliriz. Elde edilen jelatinleri ticari sığır jelatini ile karşılaştırdığımız zaman ise glisin miktarının ticari jelatindeki glisin miktarından daha fazla, hidroksiprolin ve prolin miktarlarının ise daha az olduğunu söyleyebiliriz. Bunun yanında hidroksilizin, tirozin ve histidin miktarlarının düşük olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.20. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinden elde edilmiş jelatinlerin amino asit içeriği yönünden Cluster benzerlik analizi sonuçları

Amino asit içeriklerine göre balık deri ve kemiklerinden elde edilen jelatinler birbirlerine oldukça benzer olmasına rağmen ticari sığır jelatini ile oldukça farklı tespit edilmiştir. Levrek derisinden elde edilen jelatin ile alabalık derisinden elde edilen jelatin birbirlerine oldukça benzerdir ve bu oran % 55'dir (Şekil 4.20). Amino asit içeriğine bağlı olarak yapılan istatistiksel analizde tüm amino asitler değerlendirmeye alınmıştır. Fakat jelatinlerde belirleyici rol alan glisin, prolin ve hidroksiprolin amino asitleridir. Bu nedenle genel olarak bu amino asitler göz önüne alınırsa, elde edilen sonuçların ticari jelatine çok benzer olduğu görülmektedir.

Ktari ve ark. (2014), *Salaria basilisca* derisinden elde ettikleri jelatinde glisin, prolin ve hidroksiprolin miktarlarının sırasıyla 376 mg/g, 56 mg/g ve 44 mg/g bulduklarını bildirmişlerdir. Jellouli ve ark. (2011), çütre balığı (*Balistes capriscus*) derisinden elde ettikleri jelatinde glisin, prolin ve hidroksiprolin miktarlarını sırasıyla 289 mg/g, 102 mg/g ve 74 mg/g bulduklarını rapor etmişlerdir. Jongjareonrak ve ark. (2010), mekong dev yayın balığı (*Pangasianodon gigas*) derisinden elde ettikleri jelatinde glisin, prolin ve hidroksiprolin miktarlarını sırasıyla 359 mg/g, 124 mg/g ve 87 mg/g bulduklarını bildirmişlerdir. Chandra ve ark. (2013), *Cirrhinus mrigala* kemiklerinden elde ettikleri jelatinde glisin, prolin ve hidroksiprolin miktarlarını sırasıyla 186 mg/g, 162 mg/g ve 92

mg/g bulduklarını bildirmişlerdir.

4.10. Yağ Asitleri Analizi Sonuçları

Bu çalışmada deri ve kemiklerde mevcut yağ asitleri incelenerek, deri ve kemiklerde mevcut yağ asitlerinin nitelikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinin ham yağ miktarları çizelge 4.10'da ve yağ asitleri analizlerinin sonuçları çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Çipura, levrek ve alabalık deri ve kemiklerinin ham yağ miktarları (%)

	ÇD ¹	ÇK ¹	LD ¹	LK ¹	AD ¹	AK ¹
Ham Yağ (%)	62,2	31	31,45	33,4	30,9	29,95

ÇD¹:Çipura derisi, ÇK¹:Çipura kemiği, LD¹:Levrek derisi, LK¹:Levrek kemiği, AD¹:Alabalık derisi, AK¹:Alabalık kemiği.

Çizelge 4.11. Çipura, levrek ve alabalık balıklarının deri ve kemiklerinin yağ asitleri analizlerinin sonuçları (%)

	Alabalık Deri	Alabalık Kemik	Çipura Deri	Çipura Kemik	Levrek Deri	Levrek Kemik
C14:0	2,67	1,19	2,91	3,06	1,28	2,47
C16:0	15,62	11,33	14,58	13,93	11,62	15,43
C16:1	4,83	2,21	5,51	5,57	2,18	3,97
C18:0	25,37	32,86	27,67	30,57	32,05	27,41
C18:1n9c+t (n-9)	16,9	11,4	13,2	11,61	10,39	15,44
C18:2n6c (n-6)	15,75	26,65	16,45	16,4	26,83	16,33
C18:2n6t (n-6)	0	0	0	0	0	0
C18:3n6 (n-6)	3,14	3,56	3,28	3,37	3,69	3,2
C18:3n3 (n-3)	0,5	0,58	0,53	0,53	0,95	0,4
C20:0	0,24	0,11	0,27	0,24	0,19	0,22
C20:1n9	3,19	2,08	2,6	2,73	1,91	3,65
C20:2	0,96	1,26	1,06	0,94	1,23	1,16
C20:3n6 (n-6)	0,21	0,84	0,27	0,3	0,76	0,21
C20:3n3 (n-3)	0,64	0,58	0,45	0,43	0,59	0,53
C20:4n6 (n-6)	0,22	0,15	0,37	0,33	0,16	0,24
C20:5n3 (n-3)	3,75	0,99	2,85	2,75	1,15	2,85
C22:0	0,06	0,53	0,52	0,04	0,2	0,47
C22:1n9	1,15	0,33	0,85	1,46	0,78	0,93
C22:2	0,08	0,05	0,18	0,16	0,14	0,23
C23:0	0,11	0,11	0,13	0,18	0,16	0,12
C22:6n3 (n-3)	4,64	3,2	6,32	5,4	3,74	4,72
Σ MUFA	26,06	16,02	22,17	21,37	15,26	23,99
Σ PUFA	28,96	37,86	31,76	30,61	39,25	29,87
Unsaturates (UNSAT)	55,92	53,88	53,92	51,98	54,51	53,86
Saturates (SAT)	44,08	46,12	46,08	48,02	45,49	46,14
UNSAT/SAT	1,27	1,17	1,17	1,08	1,2	1,17
Toplam ω-3	9,52	5,35	10,15	9,11	6,43	8,5
Toplam ω-6	19,3	31,21	20,37	20,4	31,44	19,98
Toplam ω-9	21,23	13,81	16,66	15,8	13,08	20,02
EPA	3,75	0,99	2,85	2,75	1,15	2,85
DHA	4,64	3,2	6,32	5,4	3,74	4,72
DHA/EPA	1,24	3,24	2,22	1,96	3,24	1,66

Deri ve kemiklerin toplam yağ ve yağ asitleri içeriklerini incelediğimiz zaman en yüksek yağ miktarının çipura derisinde, en düşük yağ miktarının ise alabalık kemiğinde olduğu Çizelge 4.10'da görülmektedir. Çizelge 4.11'i incelediğimiz zaman toplam ω-3 yağ asitleri en çok çipura ve alabalık derilerinde, doymamış yağ asitleri açısından en yüksek çipura kemiğinde, toplam ω-6 yağ asitleri en çok levrek derisinde olduğu gözükmemektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Jelatin çok yüksek oranda gıda sanayisinde olmak üzere birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Bu durum jelatine olan talebin her sene düzenli bir şekilde artmasına sebep olmaktadır. Talep yükseldiği için jelatinin fiyatı da doğru orantılı bir şekilde artmaktadır. Günümüzde jelatin üretimi Dünya’da yıllık yaklaşık olarak 380 bin ton olduğu bilinmektedir. Türkiye’de ise herhangi bir üretim yoktur. İhtiyacımız olan tüm jelatini ithal yolla karşılamaktayız. Balık atık ürünlerinin jelatin kaynağı olarak kullanıldığı bilinmektedir. Balık atık ürünlerinin değerlendirilmesi ile endüstriyel bazda bir kazanç elde etmek mümkün olabilir. Olası bir kazancın ülke ekonomisine olumlu anlamda katkı sağlayacağı sadece ithal yolla elde edilen bir ürün söz konusu olduğu için kesindir denilebilir.

Bu tez çalışmasında birer balık atık ürünü olan deri ve kemiklerden jelatin elde edebilmek için sırasıyla optimum ön işlem sıcaklığı, optimum baz türü, optimum baz konsantrasyonu, optimum asit türü, optimum asit konsantrasyonu, ekstraksiyon işleminde kullanılacak saf suyun optimum pH’sı ve optimum ekstraksiyon sıcaklığı belirlenecek şekilde jelatin elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek verim % 14,4 ile alabalık derisinden ekstrakte edilen jelatinedir. Besin kompozisyonu içeriğine baktığımız zaman en yüksek protein oranı % 97,14 ile alabalık derisinden elde edilen jelatinedir ve bu jelatinin yağ ve kül oranları sırasıyla % 0,3 ve % 0,24 olarak bulunmuştur. Ticari sığır jelatinin besin kompozisyonu içeriğine baktığımız zaman protein, yağ ve kül oranları sırasıyla % 98, % 0,06 ve % 0,12 olarak bulunmuştur. Ticari sığır jelatinin pH’ı 5,92 olarak bulunmuştur ve bu sonuca en yakın sonuç 5,84 ile levrek derisinden ekstrakte edilen jelatinedir. Ticari sığır jelatinin viskozite analizi sonucu 9,84 cp olarak bulunmuştur, levrek derisinden ekstrakte edilen jelatininin viskozitesi 8,28 cp ile ticari sığır jelatinin en yakın sonuç olarak bulunmuştur. Levrek ve alabalık derisinden elde edilen jelatinlerin 27 °C bulunan erime noktası sonuçları ticari sığır jelatinin 29 °C olan erime noktası sonucuna en yakın değer olarak bulunmuştur. Ticari sığır jelatinin azot miktarı % 16,233 olarak bulunmuştur ve bu sonuca en yakın değer % 15,958 ile alabalık derisinden ekstraksiyonu yapılan jelatinedir. Ekstraksiyonu yapılan jelatinlerin amino asit sonuçlarına baktığımız zaman en yüksek glisin ve prolin miktarları sırasıyla 350,34 mg/g ve 114,85 mg/g olarak alabalık derisinden elde edilen jelatinden ve en yüksek hidroksiprolin miktarı 78,818 mg/g olarak levrek derisinden elde edilen jelatinde

bulunmuştur. Ticari sığır jelatinin glisin, prolin ve hidroskiprolin miktarları sırasıyla 333,79 mg/g, 137,27 mg/g ve 95,335 mg/g olarak bulunmuştur.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre balık derisinden elde edilen jelatinler birbirlerine ve kemiklerinden elde edilen jelatinler de birbirlerine benzer çıkmıştır. Alabalık derisinden elde edilen jelatin ile ticari sığır jelatini arasında besin bileşenleri (protein, yağ ve kül), pH ve azot, karbon ve hidrojen içeriği açısından bir benzerlik söz konusudur. Bunun yanı sıra balık deri ve kemiklerinden elde edilen jelatinler amino asit içeriği , erime noktası değeri ve viskozite değeri yönünden ticari sığır jelatini ile bir benzerlik göstermemektedir.

Elde edilen bu bulgular ışığında; domuz harici ürünlerden elde edilmiş olan helal jelatin tüketmek arzusunda olan toplumlar için balık atıklarının jelatin ham maddesi olarak kullanımı etkin bir yöntem olup yapılan bu çalışma neticesinde ilgili ham maddeler içerisinde kalitatif ve kantitatif açıdan en yüksek kaliteye sahip jelatin alabalık derisinden elde edilmiştir.

Yapılan çalışma verileri göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde işlenen gökkuşağı alabalıklarının atıklarının jelatine dönüştürülmesi ile yaklaşık 13 ton yüksek kaliteli jelatin elde edilebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmad M., Benjakul S., 2011. Characteristics of Gelatin from The Skin of Unicorn Leatherjacket (*Aluterus monoceros*) as Influenced by Acid Pretreatment and Extraction Time, *Food Hydrocolloids*, 25: 381-388.
- Alfaro A.D.T., Costa C.S.D., Fonseca G., Prentice C., 2011. Effect of Extraction Parameters on the Properties of Gelatin from King Weakfish (*Macrodon ancylodon*) Bones, *Food Science and Technology International*, 15(6): 553-562.
- Arnesen J.A., Gildberg A., 2002. Preparation and Characterisation of Gelatin from The Skin of Harp Seal (*Phoca groenlandica*), *Bioresource Technology*, 92: 191-194.
- Arnesen J.A., Gildberg A., 2006. Extraction of Muscle Proteins and Gelatin from Cod Head, *Process Biochemistry*, 41: 697-700.
- Arnesen J.A., Gildberg A., 2007. Extraction and Characterisation of Gelatine from Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Skin, *Bioresource Technology*, 98: 53-57.
- Badawy A.A.B., Morgan C.J., Turner J.A., 2008. Application of The Phenomenex EZ:faast™ Amino Acid Analysis Kit for Rapid Gas-Chromatographic Determination of Concentrations of Plasma Tryptophan and Tts Brain Uptake Competitors, *Amino Acids*, 34(4): 587-596.
- Badii F., Howell N.K., 2006. Fish Gelatin: Structure, Gelling Properties and Interaction With Egg Albumen Proteins, *Food Hydrocolloids*, 20: 630-640.
- Benjakul S., Oungbho K., Visessanguan W., Thiansilakul Y., Roytrakul S., 2009. Characteristics of Gelatin from The Skins of Bigeye Snapper, *Priacanthus tayenus* and *Priacanthus macracanthus*, *Food Chemistry*, 116: 445-451.
- Boran G., 2011. Bir Gıda Katkısı Olarak Jelatin Yapısı, Özellikleri, Üretimi, Kullanımı ve Kalitesi, *Gıda*, 36(2): 97-104.
- Boran G., Regenstein J.M., 2009. Optimization of Gelatin Extraction from Silver Carp Skin, *Journal of Food Science*, 74: 8.
- Chandra M.V., Shamasundar B.A., Ramesh Kumar P., 2013. Visco-Elastic and Flow Properties of Gelatin from the Bone of Freshwater Fish (*Cirrhinus mrigala*), *Journal*

of Food Science, Vol. 78, Nr. 7: 1009-1016.

- Cheow C.S., Norizah M.S., Kyaw Z.Y., Howell N.K., 2007. Preparation and Characterisation of Gelatins from The Skins of Sin Croaker (*Johnius dussumieri*) and Shortfin Scad (*Decapterus macrosoma*), *Food Chemistry*, 101: 386–391.
- Chiou B.S., Avena-Bustillos R.J., Shey J., Yee E., Bechtel P.J., Imam S.H., Glenn G.M., Orts W.J., 2006. Rheological and Mechanical Properties of Cross-Linked Fishgelatins, *Polymer*, 47: 6379–6386.
- Cho S.H., Jahncke M.L., Chin K.B., Een J.B., 2006. The Effect of Processing Conditions on The Properties of Gelatin from Skate (*Raja kenoei*) Skins, *Food Hydrocolloid*, 20: 810–816.
- Cho S.M., Gu Y.S., ve Kim S.B., 2005. Extraction Optimization and Physical Properties of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Skin Gelatine Compared to Mammalian Gelatins, *Food Hydrocolloids*, 19: 221–229.
- Choi S., Regenstein J.M., 2000. Physicochemical and Sensory Characteristics of Fish Gelatin, *Journal of Food Science*, 65: 194–199.
- Choudhury G. S., Gogoi B.K., 1995. Extrusion Processing of Fish Muscle, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 4: 37–67.
- Fernandez-Diaz M.D., Montero P., Gomez-Guillen M.C., 2003. Effect of Freezing Fish Skins on Molecular and Rheological Properties of Extracted Gelatin, *Food Hydrocolloids*, 17: 281–286.
- Fernandez-Diaz M.D., Montero P., ve Gomez-Guillen M.C., 2001. Gel Properties of Collagens from Skins of Cod (*Gadus morhua*) and Hake (*Merluccius merluccius*) and Their Modification by The Coenhancers Magnesium Sulphate, Glycerol and Transglutaminase, *Food Chemistry*, 74: 161–167
- Fernandez-Diaz M.D., Montero P., ve Gomez-Guillen M.C., 2003. Effect of Freezing Fish Skins on Molecular and Rheological Properties of Extracted Gelatin, *Food Hydrocolloids*, 17: 281–286.
- Gime'nez B., Turnay J., Lizarbe M.A., Montero P., Go'mez-Guille'n M.C., 2005. Use of Lactic acid for Extraction of Fish Skin Gelatin, *Food Hydrocolloids*, 19: 941–950.

- GME, 2008. Avrupa Jelatin Üreticileri Organzasyonu. <http://www.gelatine.org/en/gelatine/overview/127.htm> (Kabul tarihi 22.07.2008).
- Gomez-Guillen M.C., Turnay J., Fernandez-Diaz M.D., Ulmo N., Lizarbe M.A., Montero P., 2002. Structural and Physical Properties of Gelatin Extracted from Different Marine Species a Comparative Study, *Food Hydrocolloids*, 16: 25–34.
- Haddar A., 2011. Physicochemical and Functional Properties of Gelatin from Tuna (*Thunnus thynnus*) Head Bones, *Journal of Food and Nutrition Research*, 50(3): 150-159.
- Haddar A., Sellimia S., Ghannouchia R., Alvarez O.M., Nasria M., Bougatefa A., 2012. Functional, antioxidant and Film-Forming Properties of Tuna-Skin Gelatin with a Brown Algae Extract, *International Journal of Biological Macromolecules*, 51: 477-483.
- Jamilah B., 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.
- Jamilah B., Tan K.W., Umi Hartina M.R., Azizah A., 2011. Gelatins from Three Cultured Freshwater Fish Skins Obtained by Liming Process, *Food Hydrocolloids*, 25: 1256-1260.
- Jellouli K., Balti R., Bougatef A., Hmider N., Barkia A., Nasri M., 2011. Chemical Composition and Characteristics of Skin Gelatin from Grey Triggerfish (*Balistes capriscus*), *Food Science and Technology*, 44: 1965-1970.
- Jellouli K., Balti R., Bougatef A., Hmider N., Barkia A., Nasri M., 2011. Chemical Composition and Characteristics of Skin Gelatin from Grey Triggerfish (*Balistes capriscus*), *Food Science and Technology*, 44: 1965-1970.
- Jeong B., Kim S.W., ve Bae Y.H., 2002. Thermosensitive Sol–Gel Reversible Hydrogels, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 54: 37–51.
- Johnston-Banks F.A., 1990. Gelatin In Food Gels (P. Harris, ed.), Elsevier Applied Sciences, New York, NY. 233–289.
- Jongjareonrak A., Rawdkuen S., Chaijan M., Benjakul S., Osako K., Tanaka M., 2010.

- Chemical Compositions and Characterisation of Skin Gelatin from Farmed Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*), *Food Science and Technology*, 43: 161-165.
- Jongjareonrak A., Benjakul S., Visessanguan W., Prodpran T., Tanaka M., 2006. Characterization of Edible Films from Gelatin of Brownstripe Red Snapper and Bigeye Snapper, *Food Hydrocolloids*, 20: 492-501.
- Karim A.A., Bhat R., 2009. Fish Gelatin: Properties, Challenges, and Prospects as an Alternative to Mammalian Gelatins, *Food hydrocolloids*, 23: 563-576.
- Kasankala L.M., Xue Y., Weilong Y., Hong S.D He Q., 2007. Optimization of Gelatine Extraction from Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) Fish Skin by Response Surface Methodology, *Bioresource Technology*, 98: 3338–3343.
- FAO, 2013. <ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/summary/a-0a.pdf>.
- Khiari Z., Rico D., Belen A., Diana M., Ryan C.B., 2011. The Extraction of Gelatine From Mackerel (*Scomber scombrus*) Heads With The Use of Different Organic Acids, *Journal of Fisheries Science*, 5(1): 52-63.
- Kim S.K., Byun H.G., ve Lee E.H., 1994. Optimum Extraction Conditions of Gelatin from Fish Skins and Its Physical Properties, *J. Korean Ind. Eng. Chem. (in Korean)*, 5: 547-559.
- Kittiphattanabawon P., Benjakul S., Visessanguan W., Shahidi F., 2010. Comparative Study on Characteristics of Gelatin from The Skins of Brownbanded Bamboo Shark and Blacktip Shark as Affected by Extraction Conditions, *Food Hydrocolloids*, 24: 164-171.
- Kołodziejska I., Skierka E., Sadowska M., Kołodziejski W., Niecikowska C., 2008. Effect of Extracting Time and Temperature on Yield of Gelatin from Different Fish Offal, *Food Chemistry*, 107: 700–706.
- Ktari N., Jridi M., Nasri R., Lassoued I., Ayed H.B., Barkia A., Nasri M., 2014. Characteristics and Functional Properties of Gelatin from Zebra Blenny (*Salaria basilisca*) Skin, *Food Science and Technology*, 58: 602-608.
- Lassoued I., Jridi M., Nasri R., Dammak A., Hajji M., Nasri M., Barkia A., 2014. Characteristics and Functional Properties of Gelatin from Thornback Ray Skin

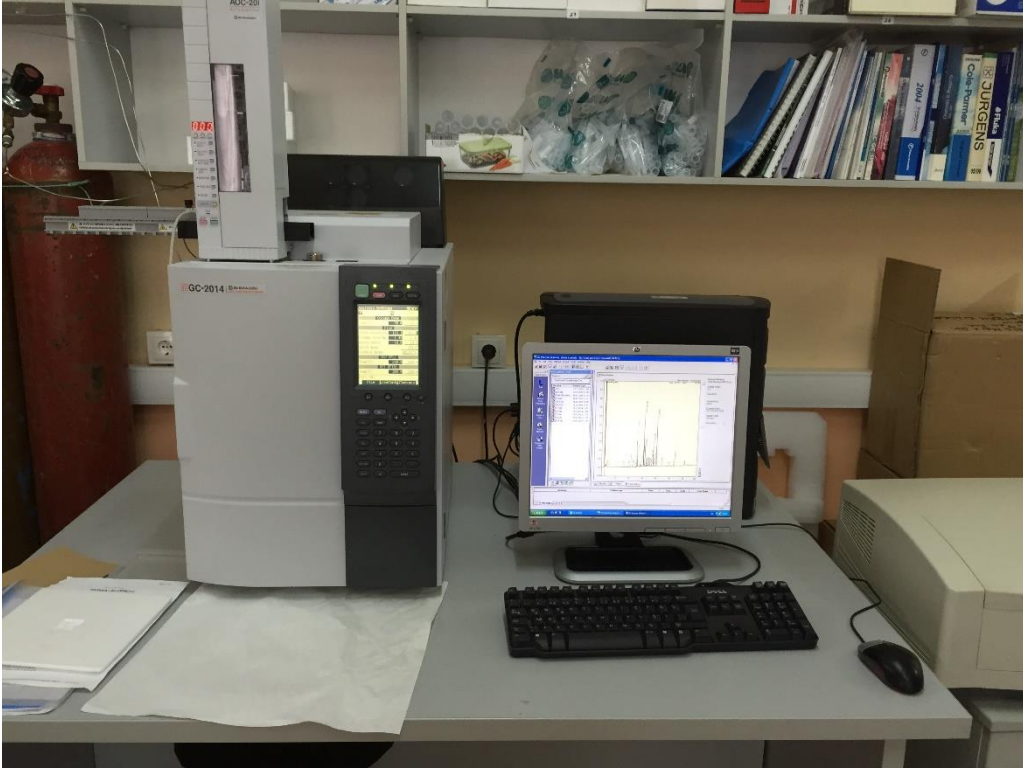
- Obtained by Pepsin-Aided Process in Comparison with Commercial Halal Bovine Gelatin, *Food Hydrocolloids*, 41: 309-318.
- Ledward D.A., 1986. Gelation of Gelatin. In J.R. Mitchell, & D. A. Ledward (Eds.), *Functional Properties of Food Macromolecules*, Elsevier Applied Science Publishers, London. 233-289.
- Leuenberger BH., 1991. Investigation of Viscosity and Gelatin Properties of Different Mammalian and Fish Gelatins, *Food Hydrocolloids*, 5(4): 353-361.
- Liu H.Y., Hanb J., ve Guo S.D., 2009. Characteristics of The Gelatin Extracted from Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Head Bones, *Food Science and Technology*, 42 :540–544.
- Longjareonrak A., Rawdkuen S., Chaijan M., Benjakul S., Osako K., Tanaka M., 2010. Chemical Compositions and Characterisation of Skin Gelatin from Farmed Giant Catfish (*Pangasianodon gigas*), *LWT- Food Science and Technology*, 43: 161-165.
- Mohtar N.F., Perera C., Quek S.Y., 2010. Optimisation of Gelatine Extraction from Hoki (*Macruronus novaezealandiae*) Skins and Measurement of Gel Strength and SDS-PAGE, *Food Chemistry*, 122: 307-313.
- Montero P., Gomez-Guillen M.C., 2000. Extracting Conditions for Megrim (*Lepidorhombus boschii*) Skin Collagen Affect Functional Properties of The Resulting Gelatin, *Journal of Food Science*, 65: 434–438.
- Muyonga J.H., Cole C.G.B., Duodu K. G., 2004. Extraction and Physico-Chemical Characterisation of Nile Perch (*Lates niloticus*) Skin and Bone gelatin, *Food Hydrocolloids*, 18: 581–592.
- Nagai T., Suzuki N., 2000. Isolation of Collagen from Fish Waste Material – Skin, Bone and Fins, *Food Chemistry*, 68: 277–281.
- Nikoo M., Xu X., Benjakul S., Wu G., Ramirez-Suarez J.C., Ehsani A., Kasankala L.M., Duan X., Abbas S., 2011. Characterization of Gelatin from The Skin of Farmed Amur Sturgeon *Acipenser schrenckii*, *International Aquatic Research*, 3: 135-145.
- Ninan G., Jose J., 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: 143-162.
- Sarabia A.I., Gomez-Guillen M.C., Montero P., 2000. The Effect of Added Salts on The Viscoelastic Properties of Fish Skin Gelatin, *Food Chemistry*, 70: 71-76.
- Silva R.S.G., Bandeira S.F., Pinto L.A.A., 2014. Characteristics and Chemical Composition of Skins Gelatin from Cobia (*Rachycentron canadum*), *Food Science and Technology*, 57: 580-585.
- Songchotikunpan P., Tattiyakul J., Supaphol P., 2008. Extraction and Electrospinning of Gelatin from Fish Skin, *International Journal of Biological Macromolecules*, 42: 247–255.
- Sperling L.H., 1985. Introduction to Physical Polymer Science, John Wiley, New York, NY. 880 p.
- Taheri A., Abedian Kenari A.M., Gildberg A., Benham S., 2009. Extraction and Physicochemical Characterization of Greater Lizardfish (*Saurida tumbil*) Skin and Bone Gelatin, *Journal of Food Science*, 74 (3): 160–165.
- Tuik., 2015. <http://www.tuik.gov.tr>
- Wangtueai S., Noomhorm A., 2009. Processing Pptimization and Characterization of Gelatin from Lizardfish (*Saurida spp.*) Scales, *LWT - Food Science and Technology*, 42: 825-834.
- Ward A.G., Courts A., 1977. The Science and Technology of Gelatin, Academic Press, London. 564 p.
- Yang H., Wang Y., Jiang M., Oh J.H., Herring J., Zhou P., 2007. 2-Step Optimization of The Extraction and Subsequent Physical Properties of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) skin Gelatin, *Journal of Food Science*, 72 (4): 188–195.
- Yetim H., 2011. Jelatin Üretimi, Özellikleri ve Kullanımı, 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, Gıda Katkı Maddeleri : Sorunlar ve Çözüm Önerileri, 86-94.
- Yoshimura K., Terashime M., Hozan D., Ebato T., Nomura Y., Ishii Y., 2000. Physical Properties of Shark Gelatin Compared With Pig Gelatin, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 2023–2027.

Zhou P. ve Regenstein J.M., 2004. Optimization of Extraction Conditions for Pollock Skin Gelatin, *Journal of Food Science*, 69: 393–398.

Zhou P., Mulvaney S. J., Regenstein J. M. (2006). Properties of Alaska Pollock Skin Gelatin: a Comparison with Tilapia and Pork Skin Gelatins, *Journal of Food Science*, 71: 313-321.

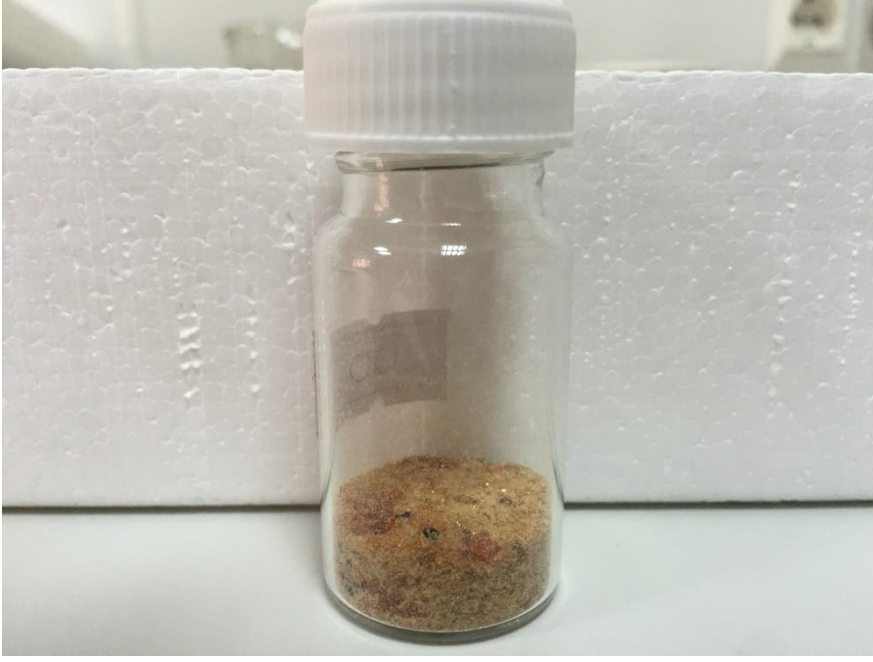
EKLER



Ek Şekil.1 Shimadzu marka GC (Orijinal)



Ek Şekil.2 Perkin elmer marka FT-IR (Orijinal)



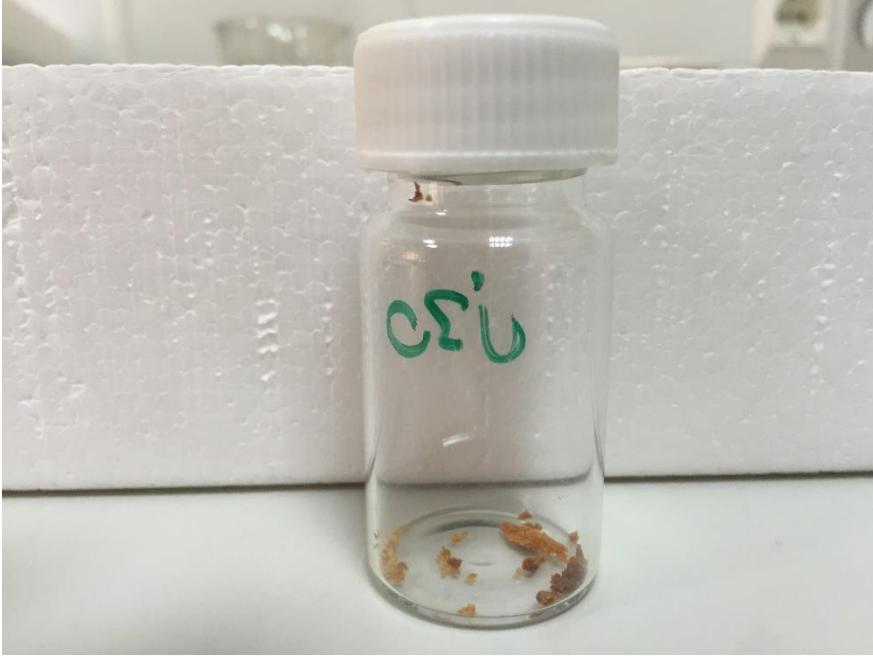
Ek Şekil.3 Çipura derisinden ekstrakte edilen jelatin (Orijinal)



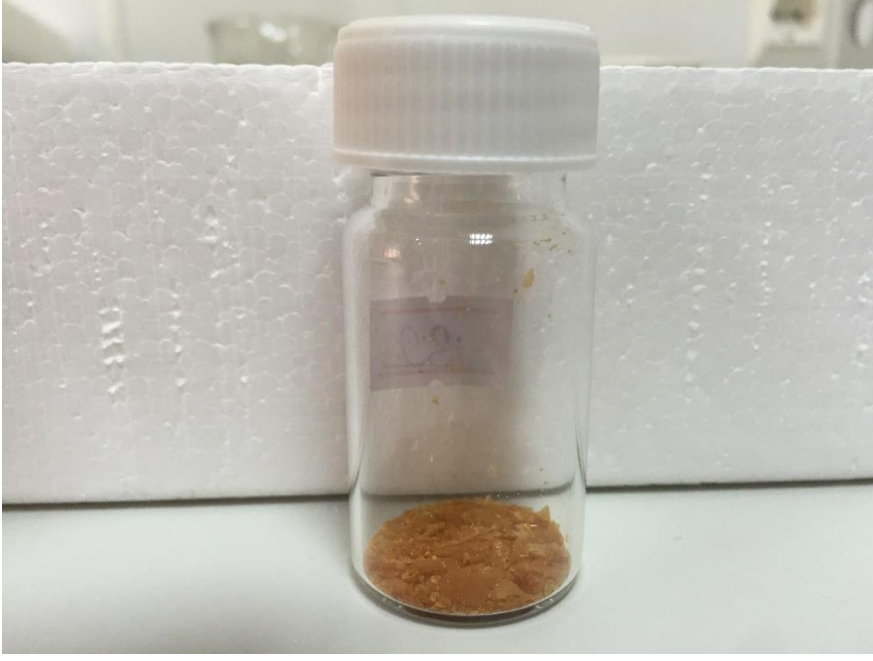
Ek Şekil.4 Levrek derisinden ekstrakte edilen (orijinal)



Ek Şekil.5 Alabalık derisinden ekstrakte edilen jelatin (Orijinal)



Ek Şekil.6 Çipura kemiğinden ekstrakte edilen jelatin (Orijinal)



Ek Şekil.7 Levrek kemiğinden ekstrakte edilen jelatin (Orijinal)



Ek Şekil.8 Alabalık kemiğinden ekstrakte edilen jelatin (Orijinal)



Ek Şekil.9 Ticari sığıt jelatini (Orijinal)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nail ÜÇYOL

Doğum Yeri : Konak/İzmir

Doğum Tarihi : 11/05/1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği

Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, Almanca

İLETİŞİM

E-posta adresi: nailucyol@gmail.com