



Levrek (*Dicentrarchus labrax*) derisinden jelatin ekstraksiyonu: Fonksiyonel, tekstürel ve spektroskopik özellikler üzerine bir araştırma

Extraction of gelatin from sea bass (*Dicentrarchus labrax*) skin: an investigation on functional, textural, and spectroscopic properties

Ümran Cansu^{1,*} 

¹ Harran Üniversitesi, OSB Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, 63200, Şanlıurfa Türkiye

Öz

Balık derisi jelatini; gıda, kozmetik ve sağlık endüstrisinde fonksiyonel bir ürün olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada; Levrek (*Dicentrarchus labrax*) derisinden jelatin elde edilmiş ve jel gücü, viskozite gibi kalite parametreleri ve fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. Sonuçlar, levrek derisinden yüksek verimle (%35.15) jelatin üretilebileceğini ve yüksek jel gücü (281 g) ve viskozite (9.64-5.02 cP) değerlerine ulaşabileceğini göstermiştir. Toz jelatinin yüksek protein (%88.92) oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. UV absorpsiyonu ve FTIR spektrumu sonuçları, sekonder yapılarının diğer balık jelatinlerine benzer olduğunu göstermiştir. Ayrıca toz jelatinin su tutma kapasitesi (STK), yağ bağlama kapasitesi (YBK) ve köpük oluşturma kapasitesi (KOK) sırasıyla, %184.80, %269.00 ve %68.30 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, levrek derisi jelatininin gıda formülasyonlarının doku iyileştirme ve kıvam artırma gibi uygulamaları için alternatif bir kaynak olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Levrek derisi, jelatin, jel gücü, tekstür, FTIR

1 Giriş

Jelatin, bağ dokusundaki ana yapısal protein olan kolajenin kısmi ve geri dönüşü olmayan hidrolizi sonucu elde edilen çok fonksiyonlu bir proteindir [1]. Biyo-uyumlu ve biyo-bozunur olmaları nedeniyle hem kolajen hem de farklı jelatin ürünleri gıda, ilaç, kozmetik ve diğer birçok sanayi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Jelatin, gıda endüstrisinde çiğneme ve tekstürel özelliklerin geliştirilmesi, doku ve köpük stabilizasyonu, emülsiyon oluşturma ve stabilize etme, jelleşme, su bağlama kapasitesini geliştirme gibi amaçlarla kullanılmaktadır [1, 3].

Memelilerin bağ doku bakımından zengin dokularından elde edilen jelatin, kaynağına göre %46 domuz derisi, %29 sığır derisi, %23 sığır kemiği ve %2 oranında diğer kaynaklardan elde edilmektedir [4]. Balıkların deri, kemik ve pul gibi işleme atıklarından elde edilen jelatinin diğer kaynaklardan elde edilen jelatinlere göre ya benzer ya da üstün fonksiyonel, reolojik ve tekstürel özellikler gösterdiği tespit edilmiştir [1, 5, 6]. Ayrıca gerek dini inanışlardan dolayı gerekse domuz ve sığır kaynaklı enfeksiyonlar

Abstract

Fish skin gelatin is considered a functional product for food, cosmetic, and health industries. In this study, gelatin was obtained from skin of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*), and its quality parameters such as gels strength and viscosity and functional properties were investigated. The results showed that gelatin could be produced from Sea Bass skin with high yield (35.15%) and achieve high gel strength (281 g) and viscosity (9.64-5.02 cP). It was determined that the powder gelatin had a high protein content (88.92%). The UV absorption and FTIR spectrum results indicated that its secondary structures are similar to other fish gelatins. Moreover, water holding capacity (WHC), fat binding capacity (FBC), and foaming capacity (FC) of the powdered gelatin were determined 184.80%, 269.00% and 68.30%, respectively. The results indicate that sea bass skin gelatin has an alternative source for applications such as texture improvement and consistency enhancement of food formulations.

Keywords: Sea bass skin, gelatin, gel strength, texture, FTIR

nedeniyle, balık kaynaklı jelatinin daha güvenli olduğu değerlendirilmektedir [7].

Son yıllarda balık artıklarının jelatin üretiminde değerlendirilmesine olan yönelim başlıca iki temel nedene bağlanmaktadır. Bunlardan biri, balıkçılık endüstrisindeki yan ürünleri jelatin üretmek için kullanarak ekonomiye kazandırmak ve çevre kirliliğinin önüne geçmek, diğeri ise balık işleme artıklarının (deri, pul, kemik) bol miktarda bulunması ve düşük fiyatlara temin edilebilmesidir [8]. Balığın toplam ağırlığının yaklaşık %8-10'unu oluşturan balık derisi, su ürünleri işleme endüstrisinin başlıca yan ürünlerinden biridir [9]. Bu yüzden balık derisinin jelatin üretiminde kullanım potansiyeli üzerine yapılan çalışmalar artmış ve çeşitli balık derilerinden; çotra balığı (*Aluterus monoceros*) [10], tatlı su çipurası (*Tilapia*), çim sazı (*Ctenopharyngodon idella*) [11] derilerinden farklı yöntemler ile jelatin elde edilmiştir. Ayrıca gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkların işleme atıklarının jelatin elde edebilme kapasiteleri üzerine araştırmalar yapılmıştır [12]. Bunun yanı sıra deniz levreği (*Lates*

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: umrancansu@harran.edu.tr (Ü. Cansu)

Geliş / Received: 03.06.2024 Kabul / Accepted: 14.10.2024 Yayınlanma / Published: xx.xx.20xx

doi: 10.28948/ngumuh.1494568

calcarifer) derisinden de jelatin üretimi ve karakterizasyonu çalışmaları ve farklı koşulların etkisini inceleyen araştırmalar da mevcuttur [12, 13, 14]. Genel olarak yapılan çalışmalarda deri örneklerinin ham şekilde işlendiği görülmektedir. Bu durum elde edilen jelatinin saflık oranı olumsuz etkilenmektedir. Bunun yanında söz konusu olumsuzluklar levrek derisinden ön işlemler ile (kurutma, yağ ayırma vb.) kolajen izolasyonunun sağlanıp jelatin ekstraksiyonun gerçekleştirildiği çalışmalar yetersizdir. Bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada, ülkemizde ve Dünya’da tüketimi yaygın olan levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) derisi dondurularak kurutulduktan sonra yağı alınmış ve jelatin ekstraksiyonunda kullanılmıştır. Söz konusu işlemler ile üretilen jelatinin ekstraksiyon verimi ve kalitesi yapılan diğer çalışmalar ile değerlendirilmiştir. Ayrıca levrek derisi jelatinin bağ yapısı ve bağ pozisyonları Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopisi ile belirlenmiş ve farklı çözücülerde ultra-viyole ışık absorpsiyon spektrumu incelenmiştir. Elde edilen jelatininin reolojik ve tekstürel özelliklerinin yanı sıra fonksiyonel özellikleri araştırılmış ve literatürdeki veriler ile karşılaştırılmıştır.

2 Materyal ve metot

2.1 Materyal

Araştırmada materyal olarak kullanılan levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) derisi (yaklaşık 5 kg) Şanlıurfa ilinde bulunan balık satıcılarından temin edilmiştir. Balık derisi dondurulmuş halde laboratuvara getirilmiş, ekstraksiyon ve analizler yapıncaya kadar -18°C’de ağzı kilitli poşetler içinde muhafaza edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır ve Sigma Aldrich’ten (Darmstadt, Almanya) temin edilmiştir.

2.2 Metot

2.2.1 Balık derilerinin kurutulması ve yağdan arındırma

Balık derisi -18°C’de 24 saat dondurulduktan sonra dondurarak kurutucu (Armfield SB4, Ringwood, İngiltere) kullanılarak -40°C kondenser sıcaklığı ve 20 mbar vakum altında 18 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan balık derisi 3×3 cm² ebatlarında kesilmiş ve ağzı kapalı plastik poşetlerin içinde -18°C’de muhafaza edilmiştir [15].

Kuru balık derisinden yağın uzaklaştırılması için çözücü ekstraksiyonu yöntemi uygulanmıştır [16]. Kuru balık derisi örnekleri n-hegzan ile 1/10 (g/mL) oranında karıştırılarak çalkalamalı inkübatörde (Lab-Line, USA) 35°C’de ve 150 rpm hızda 1 saat yağ ayırma işlemine tabi tutulmuştur. Yağı ayrılan deri örnekleri, n-hegzanın uzaklaştırılması için 45°C’deki etüvde (Nüve Fn 500, Ankara, Türkiye) 30 dk bekletilmiştir.

2.2.2 Balık derisinden kolajen izolasyonu

Ekstraksiyon işleminden önce kurutulup yağdan arındırılan balık derisi örneklerinde kolajen izolasyonu seyreltik alkali ve asit ile gerçekleştirilmiştir. Balık derisinde kolajen dışındaki proteinlerin uzaklaştırılması için 10 g balık derisi 1/20 (g/mL) oranında 0.1 N NaOH çözeltisi ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Ardından deri, distile su ile 3 defa yıkanmış ve tülbentle

süzülmüştür. Alkali ile muamele edilen deri örnekleri kolajenin kısmi hidrolizi ve suda daha kolay çözünmesi için 1/20 (g/mL) oranında 0.1 N HCl çözeltisi ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra, süzülen ve 3 defa distile su ile yıkanan deri jelatin ekstraksiyonuna hazır hale getirilmiştir [6].

2.2.3 Jelatin ekstraksiyonu

Levrek derisinden jelatin ekstraksiyonu; kolajen izolasyonundan alınan deri örneklerinin üzerine 1/20 (g/mL) oranında distile su ilave edilmiş ve su banyosu yardımıyla 55°C’de 4 saat süresince ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Jelatin çözeltileri vakumlu filtrasyon düzeneği kullanılarak kaba filtreden geçirildikten sonra 5’er mL alınarak verim analizleri için saklanmıştır. Toz jelatin eldesi için jelatin çözeltileri 40°C’deki etüvde (Mikrotest MKD420, Türkiye) kurutulmuştur. Ekstraksiyon verimi hesaplamaları aşağıda belirtilen Denklem 1 ve 2’ye göre yapılmıştır [6].

$$\text{Jelatin verimi (\%)} = \frac{\text{Jelatin ağırlığı(g)}}{\text{Kuru deri ağırlığı(g)}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Protein gerikazanımı (\%)} = \frac{\text{Özütlenen protein miktarı (g)}}{\text{Kuru derideki protein miktarı (g)}} \times 100 \quad (2)$$

2.2.4 Biyokimyasal kompozisyon

Kuru jelatin ve kurutulmuş balık derisinin protein, nem, kül ve ham yağ oranları AOAC [16] yöntemlerine göre belirlenmiştir. Protein miktarı hesaplamalarında azot çevrim faktörü 5.4 olarak kullanılmıştır [16].

2.2.5 Jel gücü ve viskozite

Levrek derisi jelatininin jel gücü analizi, BSI:757 [17] standardında belirtilen yöntemde değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ağırlıkça %6.67’lik (g/mL) 40 mL jelatin çözeltisi, kapaklı polipropilen kaplarda jel oluşumu için 4°C’de 16 saat süreyle olgunlaştırılmıştır. Jel gücü (P/0.5) prob ile donatılmış tekstür analiz cihazı (TA-XT II, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) ve standart deney parametreleri ile belirlenmiştir [17]. Jelatin çözeltilerinin viskozitesi GMIA [18] tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir.

2.2.6 Tekstür profil analizi

Ağırlıkça %6.67’lik (g/mL) jelatin çözeltisi 4°C’de 16 saat olgunlaştırıldıktan sonra 50 mm çapında dairesel bir proba donatılmış tekstür analiz cihazı (TA-XT II, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK) kullanılarak tekstür profil analizi (TPA) için kullanılmıştır. TPA grafiği elde etmek için 20 mm uzunluk ve 20 mm çapındaki numuneler %40 sıkıştırma seviyesinde preslenerek TPA parametreleri (Sertlik, yapışkanlık, çignenebilirlik ve sakızimsılık) elde edilmiştir [19].

2.2.7 Fonksiyonel özellikler

Toz levrek jelatininin su tutma kapasitesi (STK) ve yağ bağlama kapasitesi (YBK) Cho vd. [20] tarafından belirtilen yöntemle göre tespit edilmiştir. Levrek jelatinine ait STK ve

YBK değerleri aşağıdaki **Denklem 3** ve **4** kullanılarak tespit edilmiştir.

$$\text{STK (\%)} = \frac{\text{Pellet} - \text{jelatin ağırlığı (g)}}{\text{Jelatin ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{YBK (\%)} = \frac{\text{Pellet} - \text{jelatin ağırlığı (g)}}{\text{Jelatin ağırlığı (g)}} \times 100 \quad (4)$$

Köpük oluşturma kapasitesi (KOK) ve köpük stabilitesi (KS) için levrek jelatininden ağırlıkça %1'lik çözeltiler 60°C'deki su banyosu kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti ölçülü silindire alındıktan sonra ultraturax cihazı (Velp OV5, cihaz marka model) ile 10000 rpm'de 1 dak karıştırıldıktan hemen sonra ve 30 dak sonra hacim kaydedilmiştir. KOK ve KS30 değerleri **Denklem 5** ve **6**'ya göre hesaplanmıştır [20].

$$\text{KOK (\%)} = \frac{\text{ÇH0(mL)} - \text{ÇH(mL)}}{\text{ÇH(mL)}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{KS30 (\%)} = \frac{\text{ÇH30(mL)} - \text{ÇH0(mL)}}{\text{ÇH0(mL)}} \times 100 \quad (6)$$

ÇH: Başlangıçtaki çözelti hacmi (mL)

ÇH0: Homojenizasyondan hemen sonraki hacim (mL)

ÇH30: Homojenizasyondan 30 dk sonraki hacim (mL)

KS30: 30. dk itibarı ile köpük stabilitesi (%)

Ağırlıkça %1'lik çözeltisi 60°C'deki su banyosunda çözündürülen levrek derisi jelatininin pH ve iletkenlik değeri bir multimetre (SevenGO SG23, Mettler Toledo, ABD) yardımıyla belirlenmiştir [20].

2.2.8 UV absorpsiyon spektrumu

Levrek jelatin örneğinin farklı çözücülerdeki UV absorpsiyon spektrumu için 25'er mg jelatin örneği 50 mL 0.5 M asetik asit, 50 mL fosfat tampon çözeltisi (pH 7.2) ve 50 mL saf su kullanılarak 60°C'de 30 dk boyunca su banyosunda çözündürülmüştür. Her bir çözelti için kör düzeltmesi yapılan spektrofotometrede (UV-Mini 1240 UV-VIS, Shimadzu, Kyoto, Japonya) 190-330 nm aralığında ve 0.2 nm/s tarama hızında spektrum profili tespit edilmiştir [11, 21].

2.2.9 Fourier dönüşümlü kızılötesi ışık spektroskopisi

Levrek derisi jelatininin bağ yapıları ve pozisyonları gibi yapısal özellikleri FTIR (IRTracer-100, Shimadzu, Japonya) ile ölçülmüştür. Jelatin örneğinin geçirgenlik spektrumu, ortam sıcaklığında 0.482 cm⁻¹ veri aralığı kullanılarak 4000 ila 500 cm⁻¹ aralığında ölçülmüştür [22].

2.2.10 Renk analizi

Levrek derisi jelatininin renk değerleri, PCE-CSM 4 renk ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Renk değerlerine ait hue ve chroma verilerinin hesaplanması için aşağıdaki **Denklem 7** ve **8** kullanılmıştır [16].

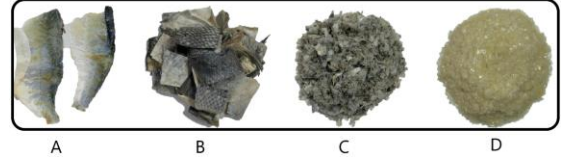
$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (7)$$

$$\text{Hue} = \arctan \frac{b}{a} \quad (8)$$

3 Bulgular ve tartışma

3.1 Biyokimyasal kompozisyon

Kurutulan ve yağ ayırma işleminden sonra elde edilen levrek derisi ve toz jelatinin biyokimyasal kompozisyonu **Tablo 1**'de verilmiştir.



Şekil 1. Levrek derisi (A), Kurutulmuş ve yağdan arındırılmış deri (B), Öğütülmüş deri (C) ve toz levrek derisi jelatini (D)

Levrek derisinde işleme kolaylığının sağlanması ve ekstraksiyonda yüksek verimin elde edilmesi amacıyla gerçekleştirilen kurutma ve yağ ayırma işlemleri sonucunda elde edilen derilerin (**Şekil 1**) protein oranı 57.55±3.02 ve ham yağ oranı 9.25±1.52 olarak tespit edilmiştir. Ekstraksiyonda kullanılacak deri örneklerinde (3×3 cm² ebatlarında) kalan yağ oranı derinin iç kısımlarında olan ve çözücü ile uzaklaştırılmayan yağ olarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda jelatin üretiminde kullanılan ham maddedeki yağ gibi safsızlıkların ekstraksiyon prosesinde ekstrakte edilecek jelatinin çözücüye geçişini engelleyebileceği, ekstraksiyon verimini düşürdüğü ve ürünün kalitesini olumsuz etkilediği, deride kurutma ve yağ ayırma işlemleri uygulandığında daha yüksek jelatin verimi ve kalitesi beklenebileceği vurgulanmıştır [15, 23, 24].

Tablo 1. Levrek derisi ve elde edilen toz jelatinin biyokimyasal kompozisyonu (%)

	Protein*	Nem	Mineral	Ham yağ
Levrek derisi	57.55±3.02	6.97±0.38	19.65±1.08	9.25±1.52
Levrek derisi jelatini	88.92±0.16	5.04±0.24	2.80±0.78	2.05±0.20

* Azot çevrim faktörü, deri ve jelatin için (N×5.4) olarak kullanılmıştır, Ortalamalar standart sapma S.S. (±) ile beraber verilmiştir.

Elde edilen toz levrek derisi jelatininin biyokimyasal kompozisyonu ağırlıkça 88.92±0.16 protein, 5.04±0.24 nem, 2.80±0.78 mineral madde ve 2.05±0.20 ham yağ (g/100g toz jelatin) şeklinde tespit edilmiştir (**Tablo 1**). Farklı balık derilerinden elde edilen jelatinlerde protein oranının %71.11-89.70, nem oranının %2.08-9.91, kül oranının %0.05-4.02 ve ham yağ oranının %0.002-2.58 arasında olduğu belirtilmiştir [6, 9, 25]. Toz jelatin örneklerindeki protein ve diğer bileşenlerin oranları özellikle uygulanan ön işlemler (temizleme, yağ ayırma vb.) ve ekstraksiyon prosesinden kaynaklanmaktadır [6, 13, 14]. Jelatin gibi protein izolatlarında en önemli bileşen ham proteindir.

Jelatinin protein içeriği, oluşturduğu jelin kuvveti ile ilişkilendirilmekle beraber jelatin molekülleri arasındaki hidrojen bağlarının daha güçlü olmasını sağlamaktadır [25]. Dolayısıyla yüksek protein içeriği elde edilen toz jelatinin kalitesini de yükseltmektedir.

3.2 Ekstraksiyon verimi ve fonksiyonel özellikler

Levrek derisinden yapılan jelatin ekstraksiyonunda verim ve protein geri kazanımı değerleri kuru ağırlık bazında sırasıyla %35.15±0.05 ve 66.45±2.30 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 2). Çeşitli balık derileri ile yapılan jelatin ekstraksiyon verimleri ise; Asya levreğinde (*Lates calcarifer*) %63.7, Nil levreğinde %64.3 ve pembe levrekte %27.3 olarak rapor edilmiştir [26]. Farklı balık türlerine ait jelatin verimleri muhtemelen derinin yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [14]. Aynı zamanda jelatin ekstraksiyonunda verim değeri; çözücü pH'nın yanı sıra sıcaklık, süre, çözücü oranı, ham maddenin geometrik yapısı ve boyutu gibi ekstraksiyon parametrelerinden etkilenmektedir [15]. En önemli fiziksel parametreler arasında yer alan verim, finansal fayda ile ilişkili olarak üretim sürecinde sıklıkla dikkate alınmaktadır [27].

Tablo 2. Levrek derisi jelatininin verim değerleri ve bazı fonksiyonel özellikleri

	Levrek derisi jelatini
Jelatin verimi (%)	35.15±0.05
Protein geri kazanımı (%)	66.45±2.30
Su tutma kapasitesi (%)	184.80±8.70
Yağ bağlama kapasitesi (%)	269.00±12.90
Köpük oluşturma kapasitesi (%)	68.30±5.80
Köpük stabilitesi (30 dak) (%)	55.00±2.80
pH	4.96±0.05
İletkenlik (µS/cm)	274.00±11.40

Ortalamalar standart sapma S.S. (±) ile beraber verilmiştir.

Gıda sanayinde jelatin; jelleştirici, kıvam artırıcı, su bağlayıcı vb. gibi çok fonksiyonlu olarak değerlendirilmesi gerek ürün iyileştirmede gerekse de maliyet açısından önem arz etmektedir. Jelatinin su bağlama ve yağ tutuma özellikleri, hem su hemde yağ fazının bulunduğu gıda formülasyonlarında tek başına kullanılma imkanı sağlamaktadır [3]. Su bağlama ve yağ tutma kapasitesi, bir proteinin su ve yağı protein matrisi içinde tutabilme yeteneğidir. Levrek derisi jelatinin STK (%) ve YBK (%) sırasıyla 184.80±8.70 ve 269.00±12.90 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Çotra balığı (*Aluterus monoceros*) ve resif morina balığı (*Epinephelus chlorostigma*) derisi jelatini için STK sırasıyla %250-273 ve %270.288, YBK ise %527 ve 550 olarak tespit edilmiştir. Jelatinde toplam hidrofobik kalıntılar ve kovalent olmayan bağlar, YBK'nden sorumludur [28]. Jelatinin STK, polar yapısına ve üç boyutlu yapısıyla ilişkilidir. Aynı zamanda yüksek STK jelatinlerin daha viskoz yapılar oluşturmalarına olanak sağlamaktadır [4].

Kolajenin kısmi hidrolizi ile elde edilen jelatin fraksiyonlarının zincir uzunluğu; gaz-sıvı yüzeyinde moleküllerin taşınmasını tetikleyerek köpüklenme özellikleri üzerinde etkili olmaktadır [28, 29]. Levrek derisinden ekstrakte edilen jelatinin KOK (%) ve KS30 (%)

değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar levrek derisi jelatinin KOK (%) değeri 68.30±5.80 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca 30 dk sonunda sergilediği KS30 (%) değeri %55.00±2.80'dir. Casanova vd. [30]'nın yaptıkları çalışmada ticari balık jelatininin %94, kömür balığı (*Pollachius virens*) derisinden elde edilen jelatinin ise %76-114 arasında KOK değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yüksek visko-elastik davranış sergileyen ve hava-su arayüzünde güçlü protein ilişkisi ile bağdaştırılan KS değerleri levrek derisi jelatini için (30 dk) 55.00±2.80 olarak gerçekleşmiştir ki bu değer kömür balığının (*Pollachius virens*) 30 dk sonundaki KS değeri ile %52 ve %56 benzerlik göstermektedir [30].

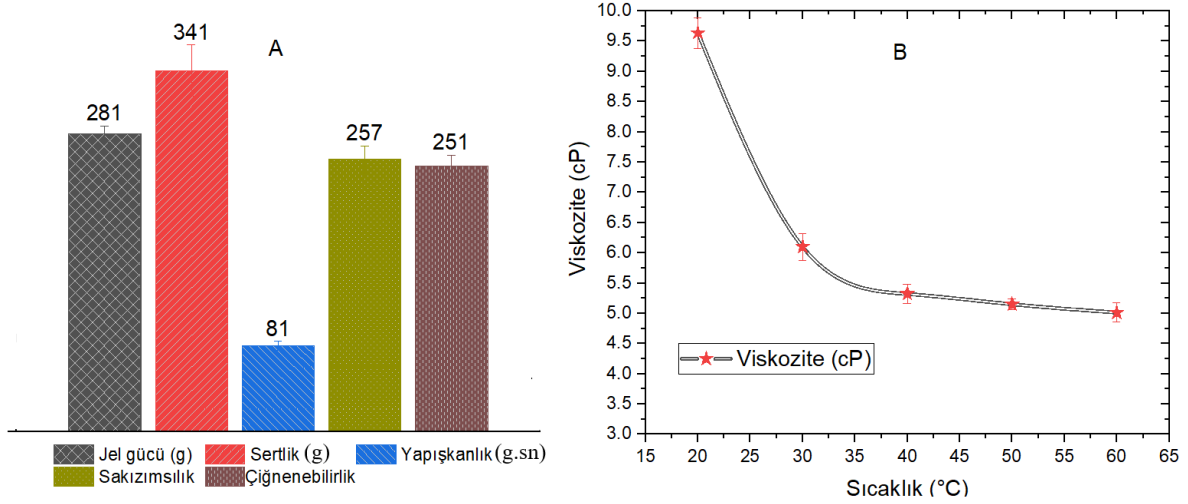
Levrek derisinin iletkenlik ve pH değeri sırasıyla 274.00±11.40 (µS/cm) ve 4.96±0.05 olarak tespit edilmiştir. Yüksek veya düşük pH değerleri genellikle kullanılan çözücünün türünden özellikle konsantrasyondan ve asit çözeltisinde bekletilme süresinden etkilenmektedir. Bu durum viskozite ve jel gücü gibi jelatinin karakteristik özelliklerini de etkileyebilmektedir [6, 30].

3.3 Levrek derisi jelatininin jel gücü, viskozite ve tekstürel özellikleri

Jel gücü, jelatinin önemli bir fiziksel özelliği ve kalitesini belirleyen endekslerden biri olarak değerlendirilmektedir. Elde edilen levrek derisi jelatininin jel gücü 281±8.0 g olarak tespit edilmiştir (Şekil 2-A). Çeşitli balık derilerinden elde edilen jelatinlerin jel gücü değerleri tatlı su çipurası (*Tilapia*) için 303-311 g, çim sazı (*Ctenopharyngodon idella*) için 276-308 g ve deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) için 245-315 g arasındadır [31]. Bunun yanında farklı ebatlardaki levrek derileri ile elde edilen jelatinlerin jel gücü değerleri ise 223-322 g arasında olduğu tespit edilmiştir [14]. Ekstraksiyon sıcaklığının levrek derisi jelatini üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada ise jel gücü değerlerinin 180-280 g arasında olduğu ve sıcaklık artışının jel gücü değerini olumsuz etkilediği vurgulanmıştır [13].

Jelatinin viskozitesi genel olarak; amino asit profili, polidispersite ve molekül ağırlığına bağlı olarak değişirken, jel gücü değeri ise ortalama molekül ağırlığını etkileyen hidroliz derecesine ve oluşan kısa zincirli protein miktarına göre etkilenmektedir [6]. Önemli bir diğer kalite parametresi olarak değerlendirilen viskozite değeri (Şekil 2-B) ise 20 ve 60°C'de 9.64±0.25 ve 5.02±0.16 cP olarak tespit edilmiştir. Levrek derisinden farklı ön işlemler ile elde edilen jelatininin 60°C'deki viskozite değerinin 9.28 mPa olduğu belirtilmiştir [26]. Jelatin kalitesinde bir diğer önemli husus, jelatin jellerinin tekstürel profilidir. Elde edilen levrek derisi jelatininin tekstürel özellikleri Şekil 2-A'da verilmiştir.

Jelatinin jel yapısının sıkıştırma altındaki davranışı ile ilgili olan sertlik değeri 341±24.05 (g), jelatin jellerinin diğer yüzeyler ile arasındaki çekim kuvvetlerinin üstesinden gelmek için oluşturduğu negatif kuvvet olarak tanımlanan yapışkanlık değeri 81±4.30 (g.sn), sertlik ve yapışkanlığın bir parametresi olan ve yarı katı formundaki jellerin parçalanması için gereken enerjiyi temsil eden sakızimsılık değeri 257±12.98 ve sertlik değerine bağlı olan çignenebilirlik değeri ise 251±10.32 olarak tespit edilmiştir.

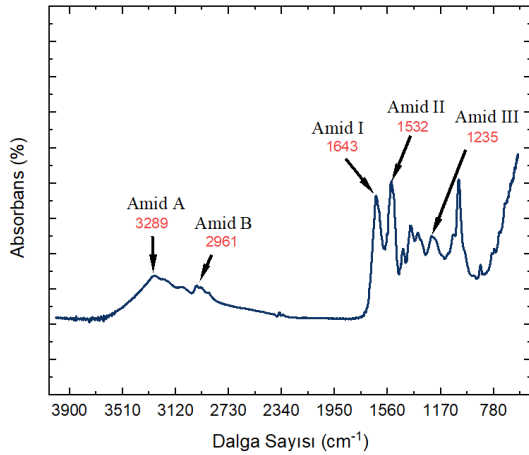


Şekil 2. Levrek derisi jelatinine ait tekstürel özellikler (A) ve sıcaklığa bağlı viskozite değişimi (B)

Çipura (*Oreochromis aureus*) derisinden elde edilen jelatinin sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 660 ± 22 g ve 250 ± 11 olarak tespit edilmiştir [32]. Benzer şekilde, %40 sıkıştırma ile analiz edilen yayın balığı (*Clarias gariepinus*) ve Sazan (*Cyprinus carpio*) derisi ve ticari sığır derisi jelatinlerinin tekstür profillerine oldukça yakın değerler sergilemiştir [33]. Bu bağlamda levrek derisinden, iyi bir dokusal profile sahip ve yüksek kaliteli jelatinin elde edildiği anlaşılmaktadır.

3.4 FTIR spektrumu ve kimyasal bağ konumları

Levrek derisinden elde edilen jelatin örneğinin fonksiyonel grupları ve sekonder yapısı FTIR ile incelenmiş ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Levrek derisi jelatinine ait FTIR spektrumu ve kimyasal bağ dağılımı

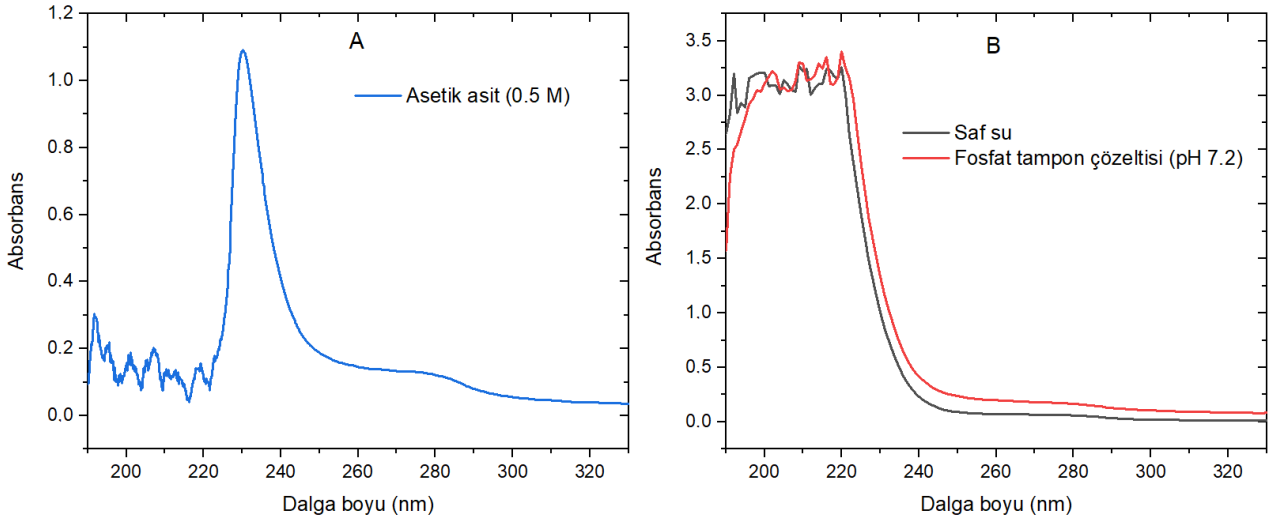
Amid A bandı jelatinde hidrojen bağının oluşumu ile N-H grubunun gerilmesini temsil etmektedir. Amid A bandı levrek derisi jelatini için 3289 cm^{-1} dalga boyunda tespit edilmiştir. Farklı koşullarda elde edilen levrek jelatinlerinin Amid A bandı değerleri ile 3290 cm^{-1} [13, 31] ve 3293 cm^{-1} [11, 13] ile benzer bulunmuştur. Kolajenin üçlü sarmal

formunu temsil eden Amid I bandı değeri (1643 cm^{-1}) yapılan diğer çalışmalara göre nispeten daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun kolajenin α , β ve γ zincirlerinin yüksek parçalanma düzeyi sonucu oluşan düşük molekül ağırlıklı protein parçalarının barındırdığı C=O yapılarından kaynaklandığı belirtilmiştir [11, 31]. Jelatinin C-N gerilme ve N-H düzlem içi deformasyon modunu temsil eden Amid II değeri 1532 cm^{-1} dalga boyunda gerçekleşirken, $-\text{CH}_2$, glisin yapıları ve prolin yan zincirlerinden kaynaklanan titreşimleri temsil eden Amid III bandı değeri ise 1235 cm^{-1} olarak tespit edilmiştir. Levrek derisine ait Amid II ve III değerleri balık derilerinden elde edilen jelatinlerin sergilediği karakteristik değerlerinde gerçekleşmiştir [6, 11, 13].

3.5 UV absorpsiyon spektrumu

Jelatin örneğinin 190-330 nm dalga boyu arasında farklı çözeltiler ile gerçekleştirilen spektrum taraması sonuçları Şekil 4 (A-B)'de verilmiştir. Asetik asit ile hazırlanan spektrum taramasında levrek derisi jelatinine ait en yüksek pik noktası 230 nm dalga boyunda gerçekleşmiştir (Şekil 4A). Farklı kaynaklardan elde edilen ticari jelatinlerin de 230 nm civarında en yüksek pik noktası oluşturduğu ve kolajenin hidroliz derecesi arttığında elde edilen jelatinlerin daha geniş dalga boyunda en yüksek pik noktalarına sahip olduğu belirtilmiştir [34, 35]. Belirgin bir şekilde görülen ve 270-280 nm arasında bulunan dalgalanmanın fenilalanin, tirozin ve triptofan gibi aromatik kalıntıların bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı kaynaklardan elde edilen ticari jelatinlerin UV absorpsiyon spektrumuna yer verilen çalışmada ise balık jelatinin ve diğer ticari jelatinlerin benzer spektrumlar sergilediği vurgulanmıştır. Söz konusu farklılıkların aminoasit profilinden kaynaklandığı açıklanmıştır [35].

Genel anlamda, her iki çözeltilinin de 200 nm sonrası dalgalanmalar sergilediği tespit edilmiştir. Görünür bölgedeki en yüksek pik tepeleri hidrolizle kademeli olarak üretilen amid bağından kaynaklanmaktadır [34]. Tatlı su çipurası (*Tilapia*), çim sazani (*Ctenopharyngodon idella*) ve



Şekil 4. Levrek derisi jelatinine ait farklı çözeltilerdeki görünür bölge spektrumları

deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) deri jelatinlerinin ultraviyole absorpsiyon spektrumları benzer bulunmuş ve maksimum absorpsiyon zirveleri sırasıyla 212 nm, 222 nm ve 222 nm dalga boylarında tespit edilmiştir [11].

3.6 Levrek derisi jelatininin renk değerleri

Ekstraksiyon sonunda kurtulup toz haline getirilen jelatinin rengine ilişkin çalışmanın sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Genel olarak renk değerleri toz jelatinlerin fonksiyonel özelliklerini etkilemez. Ancak jelatinin herhangi bir ürüne güçlü bir renk özelliği kazandırmaması ürün formülasyonuna dahil edilmesini daha kolaylaştırmaktadır [36]. Levrek derisi jelatininin renk parametreleri; parlaklık(L*), kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) değerleri sırasıyla 80.78 ± 0.15 , -0.49 ± 0.10 ve 21.30 ± 0.11 şeklinde tespit edilmiştir. Rengin doygunluk derecesini temsil eden ve b*-değeri ile pozitif korelasyon gösteren Chroma değeri (21.23 ± 0.09) ve renk tonunu temsil eden Hue angle değerleri (-1.54 ± 0.05) elde edilen jelatinin saf ve doymayan bir sarı renge sahip olduğunu göstermektedir [37]. Jelatinin rengi, ham maddeye ve kullanılan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişebilir. Bunun yanında hammaddeden kaynaklı ekstraksiyon çözeltilisine geçen pigmentler elde edilecek toz jelatinlerin rengine katkıda bulunmaktadır [30, 36].

Tablo 3. Levrek derisi jelatininin renk değerleri

	Levrek derisi jelatini
L*	80.78 ± 0.15
a*	-0.49 ± 0.10
b*	21.30 ± 0.11
Chroma	21.23 ± 0.09
Hue angle	-1.54 ± 0.05

Ortalamalar standart sapma S.S. (\pm) ile beraber verilmiştir.

4 Sonuç

Artan balık üretimi beraberinde işleme artıkları miktarının da artmasına neden olmaktadır. Söz konusu

artıklar çevresel sorunlara yol açmakla birlikte ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu çalışmada tüketimi oldukça yaygın olan levrek balığı derisinden standart bir yöntem ile jelatin elde edilmiş ve kalite, tekstürel ve fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre levrek derisi jelatini yüksek verim ile elde edilmesinin yanında yüksek kalite değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Levrek derisi jelatininin diğer balık derileri ve ticari sığır derisi jelatinleri ile karşılaştırıldığında benzer fonksiyonel ve spektroskopik özellikler sergilediği belirlenmiştir. Levrek derisinin potansiyel bir jelatin hammadde kaynağı olmasının yanında üretilen toz jelatinin gıda uygulamaları, tıp, farmakoloji gibi birçok alanda değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Çıkar çatışması

Yazar, bu makalede sunulan çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını teyit eder.

Benzerlik oranı (iThenticate): %9

Kaynaklar

- [1] X. Zhao, J. Wu, L. Chen and H. Yang, Effect of vacuum impregnated fish gelatin and grape seed extract on metabolite profiles of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets during storage, Food Chemistry, 293, 418–428, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.001>
- [2] T. Wu, M. Ding, C. Shi, Y. Qiao, P. Wang, R. Qiao,... and J. Zhong, Resorbable polymer electrospun nanofibers: History, shapes and application for tissue engineering. Chinese Chemical Letters, 31(3), 617–625, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2019.07.033>.
- [3] L.C. Lv, Q. Y. Huang, W. Ding, X. H. Xiao, H. Y. Zhang and L. X. Xiong, Fish gelatin: The novel potential applications, Journal of Functional Foods, 63, 103581, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103581>.
- [4] T. Zhang, R. Sun, M. Ding, L. Li, N. Tao, X. Wang and J. Zhong, Commercial cold-water fish skin gelatin and

- bovine bone gelatin: Structural, functional, and emulsion stability differences, *LWT*, 125, 109207, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109207>.
- [5] X. Feng, V. K. Ng, M. Mikš-Krajnik and H. Yang, Effects of fish gelatin and tea polyphenol coating on the spoilage and degradation of myofibril in fish fillet during cold storage, *Food and Bioprocess Technology*, 10, 89–102, 2017. DOI 10.1007/s11947-016-1798-7.
- [6] Ü. Cansu, Comparative evaluation of different separation and concentration procedures on some quality and functional properties of fish gelatin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 83, 103237, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103237>.
- [7] M. A. Ahmed, H. A. Al-Kahtani, I. Jaswir, H. AbuTorboush and E. A. Ismail, Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(6), 1596-1601, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.03.022>.
- [8] S. R. Derkach, N. G. Voron'ko, Y. A. Kuchina and D. S. Kolotova, Modified fish gelatin as an alternative to mammalian gelatin in modern food technologies, *Polymers*, 12, 3051, 2020. <https://doi.org/10.3390/polym12123051>.
- [9] M. Nurilmala, H. H. Hizbullah, E. Karnia, E. Kusumaningtyas and Y. Ochiai, Characterization and antioxidant activity of collagen, gelatin, and the derived peptides from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin, *Marine Drugs*, 18, 98, 2020. <https://doi.org/10.3390/md18020098>.
- [10] P. Kaewruang, S. Benjakul and T. Prodpran. Molecular and functional properties of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket as affected by extracting temperatures, *Food Chemistry*, 138(2–3), 1431–1437, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.114>
- [11] Q. Ruan, W. Chen, M. Lv, R. Zhang, X. Luo, E. Yu,... and H. Ma, Influences of trypsin pretreatment on the structures, composition, and functional characteristics of skin gelatin of tilapia, grass carp, and sea perch, *Marine Drugs*, 21(8), 423, 2023. <https://doi.org/10.3390/md21080423>.
- [12] Üçyol, N. Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarının atıklarından jelatin elde edilebilirlik kapasitelerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [13] S. Sinthusamran, S. Benjakul and H. Kishimura. Characteristics and gel properties of gelatin from skin of seabass (*Lates calcarifer*) as influenced by extraction conditions, *Food Chemistry*, 152, 276-284, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9817-5>.
- [14] S. Sinthusamran, S. Benjakul and H. Kishimura. Molecular characteristics and properties of gelatin from skin of seabass with different sizes, *International Journal of Biological Macromolecules*, 73, 146-153, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.11.024>
- [15] Ü. Cansu and G. Boran, Kinetic evaluation of gelatin extraction from chicken skin and the effect of some extraction parameters, *Journal of Food Process Engineering*, 45 (4), Article e13995, 2022 <https://doi.org/10.1111/jfpe.13995>.
- [16] AOAC, *Official Methods of Analysis*. Fifteenth edition. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC, 1990.
- [17] British Standards Institution (BSI), *Methods for sampling and testing gelatin (physical and chemical methods)*. London: BSI, 1975.
- [18] Gelatin Manufacturers Institute of America. 2019. *GMA Standard Methods for the Testing of Edible Gelatin*, New York, USA (pp. 13–15).
- [19] M. Bourne, *Food texture and viscosity: Concept and measurement*, Academic Press, New York, 370 pages, 2002.
- [20] S. M. Cho, K. S. Kwak, D. C. Park, Y. S. Gu, C. I. Ji and D. H. Jang, Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage, *Food Hydrocolloids*, 18, 573–579, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.10.001>.
- [21] R. Duan, J. Zhang, X. Du, X. Yao and K. Konno, Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (*Cyprinus carpio*), *Food Chemistry*, 112(3), 702-706, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.020>.
- [22] Y. Liu, L. Xia, H. Jia, Q. Li, W. Jin, X. Dong and J. Pan, Physicochemical and functional properties of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) skin gelatin extracted at different temperatures, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15), 5406-5413, 2017. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8431>.
- [23] N. M. Sarbon, F. Badii and N. K. Howell, Preparation and characterization of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin, *Food Hydrocolloids*, 30: 143-151, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.05.009>
- [24] H. Sun, X. Ge, Y. Lv and A. Wang, Application of accelerated solvent extraction in the analysis of organic contaminants, bioactive and nutritional compounds in food and feed, *Journal of Chromatography*, 1237, 1–23, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.03.003>.
- [25] M. A. Amiza, W. M. Wan Maizatun Shima, I. Nor Hayati and M. Nizaha Juhaida. Optimization of gelatin extraction conditions from Cobia (*Rachycentron canadum*) skin and its physicochemical characteristics as compared to bovine gelatin, *International Food Research Journal*, 22(1), 213-224, 2015.
- [26] T. Sae-Leaw and S. Benjakul, Physico-chemical properties and fishy odour of gelatin from seabass (*Lates calcarifer*) skin stored in ice, *Food Bioscience*,

- 10, 59-68, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.02.002>.
- [27] S. F. Rosmawati, Sari and Asnani Syamsuddin, Effect of various extraction times on the physicochemical properties, functional groups, and microstructure of snakehead fish *Channa striata* skin-scale blended gelatin, *Fisheries Science*, 89(6), 853-862, 2023.
<https://doi.org/10.1007/s12562-023-01713-6>.
- [28] V. Renuka, C. N. R. Ravishankar, A. A. Zynudheen, J. Bindu and T. C. Joseph, Characterization of gelatin obtained from unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) and reef cod (*Epinephelus diacanthus*) skins, *LWT*, 116, 108586, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108586>.
- [29] B. F. Karim, Ü. Cansu, G. Boran, Quality and functional features of gelatine extracted from chicken skin in comparison with commercial gelatines from porcine, bovine and piscine, *Acta Alimentaria*, 51(2), 194-203, 2022.
<https://doi.org/10.1556/066.2021.00228>
- [30] F. Casanova, M. A. Mohammadifar, M. Jahromi, H. O. Petersen, J. J. Sloth, K. L. Eybye,...and F. Jessen, Physico-chemical, structural and techno-functional properties of gelatin from saithe (*Pollachius virens*) skin, *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 918-927, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.047>
- [31] E. Yu, C. Pan, X. Luo, Q. Ruan, W. Chen, Y. Fang,... and H. Ma, Structural characteristics, component interactions and functional properties of gelatins from three fish skins extracted by five methods, *International Journal of Biological Macromolecules*, 248, 125813, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125813>.
- [32] Y. Xin, M. Chai, F. Chen, Y. Hou, S. Lai and H. Yang, Comparative study on the gel properties and nanostructures of gelatins from chicken, porcine, and tilapia skin, *Journal of Food Science*, 86(5), 1936-1945, 2021.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15700>
- [33] J. Tkaczewska, M. Morawska, P. Kulawik and M. Zając, Characterization of carp (*Cyprinus carpio*) skin gelatin extracted using different pretreatments method, *Food Hydrocolloids*, 81, 169-179, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.048>.
- [34] M. Xu, L. Wei, Y. Xiao, H. Bi, H. Yang and Y. Du, Physicochemical and functional properties of gelatin extracted from Yak skin, *International Journal of Biological Macromolecules*, 95, 1246-1253, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.020>.
- [35] Cansu Ü. Tavuk derisinden jelatin ekstraksiyonunda proses koşullarının kinetik ve termodinamik parametrelere etkisi. Doktora tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [36] H. Li, B. L. Liu, L. Z. Gao and H. L. Chen, Studies on bullfrog skin collagen, *Food Chemistry*, 84(1), 65-69, 2004.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00167-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00167-5)
- [37] A. Hamzeh, S. Benjakul, T. Sae-Leaw and S. Sinthusamran. Effect of drying methods on gelatin from splendid squid (*Loligo formosana*) skins. *Food Biosci.*, 26, 96-103, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.10.001>

