



## Jelatinin Fonksiyonel Özellikleri ve Gıda Sanayinde Kullanımı

Aydın Erge\*, Ömer Zorba

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 14030 Bolu, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### Derleme Makale

Geliş 02 Ocak 2018  
Kabul 14 Haziran 2018

#### Anahtar Kelimeler:

Jelatin  
Biyopolimer  
Hidrokolloid  
Fonksiyonel özellik  
Isısal geri dönüşüm

#### \*Sorumlu Yazar:

E-mail: aydin.erge@ibu.edu.tr

### ÖZ

Jelatin, hayvansal dokuların temel ve yapısal bir proteini olan kolajenin hidrolizi sonucu elde edilen protein yapısındaki bir gıda katkı maddesidir. Kolajenin üçüncül, ikincil ve kısmen birincil protein yapılarının bozulmasını içeren birtakım işlemler sonucu elde edilen jelatin, suda çözünür bir maddedir. Jelatin, hayvanların deri, beyaz bağ doku ve kemiklerinden elde edilen, yüksek molekül ağırlığına sahip önemli bir hidrokolloiddir. Gıda endüstrisinde jelleşme ve kıvam artırıcı olması sebebiyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Jelatini diğer hidrokolloidlerden ayıran en önemli farklılıkları insan vücut sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda geri dönüşlü olarak eriyebilmesi, hayvansal kaynaklı doğal protein yapısında olması ve GRAS statüde bir katkı maddesi olmasıdır. Bu derlemede jelatin üretimi amacıyla kullanılan mevcut ve alternatif kaynaklar, jelatinin kendine özgü fonksiyonel özellikleri, erime ve jelleşme özellikleri, yüzey davranış özellikleri ve bunların bir sonucu olarak ise gıda sanayindeki geniş kullanım alanları açıklanmaya çalışılmıştır.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(7): 840-849, 2018

## Functional Properties of Gelatin and Its Use in Food Industry

### ARTICLE INFO

#### Review Article

Received 02 January 2018  
Accepted 14 June 2018

#### Keywords:

Gelatin  
Biopolymer  
Hydrocolloid  
Functional property  
Thermoreversible

#### \*Corresponding Author:

E-mail: aydin.erge@ibu.edu.tr

### ABSTRACT

Gelatin is a protein based food additive derived by thermal denaturation from the collagen, which is the main and structural protein of animal tissues. Gelatin is a water soluble material produced by some processes included the disruption of tertiary, secondary and partially primary structures of collagen. Gelatin, is an important hydrocolloid at high molecular weight which is produced from the animal skin, white connective tissues and bones. It is used at wide range in food industry because of its gelling and thickening capabilities. The most important differences of gelatin from the other hydrocolloids are its thermos reversible melting characteristic at below the human body temperature, being derived as a natural protein by animal sources and being an additive at GRAS status. At this review, it is aimed to explain the conventional and alternative sources for gelatin manufacturing, the functional properties, melting and gelling properties, the surface properties of gelatin and consequently, it is aimed to explain also the wide usage of gelatin in food industry related its specific properties.

## Giriş

Jelatin, fonksiyonel ve teknolojik özelliklerinden dolayı başta gıda sanayi olmak üzere, ilaç, tıp, kozmetik ve fotoğrafçılık alanlarında uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca son yıllarda kollajen/jelatin hidrolizatları üzerine yapılan araştırmalarda bunların osteoporosis ve osteoarthritis gibi kemik hastalıklarına karşı önleyici oldukları belirtilmektedir (Beynen ve ark., 2010; Han ve ark., 2009; Watanabe-Kamiyama ve ark., 2010). Bu nedenle dünyada jelatin ihtiyacı giderek artmaktadır. Dünya jelatin üretimi büyük oranda domuz derisi, sığır derisi, domuz ve sığır kemiği gibi hayvansal kaynaklardan sağlanmakta olup memeli olmayan alternatif hayvansal kaynaklardan jelatin üretimi giderek önem kazanmaktadır. Dünyada jelatinin özellikle gıda ürünlerinde geniş kullanımı, beraberinde tüketicilerde birtakım endişeleri de gündeme getirmektedir. Bunlar arasında Müslüman ve Musevilerde domuz kaynaklı ürünlerin yasak olması, Hinduların sığır kaynaklı ürün tüketmemeleri gibi bazı dini kural ve hassasiyetler ile dünyada vejetaryen beslenme alışkanlığının artması yer almaktadır (Schrieber ve Gareis, 2007). Diğer taraftan jelatinin geniş kullanım alanı nedeniyle jelatin üreticileri arasında hammadde temini bakımından ciddi bir rekabet yaşanmakta olup bu durum jelatin fiyatlarını da yükseltmektedir. Bu sorunlar, endüstri ve bilimsel araştırmaları jelatin üretimi için mevcut hammaddelere alternatif olabilecek farklı hayvansal kaynakların araştırılmasına yöneltmiştir. Özellikle son yıllarda balık ve kanatlı sanayi yan ürünlerinden jelatin üretimi üzerinde durulmaktadır (Karim ve Bhat, 2009).

Hayvansal yan ürünlerin en iyi şekilde değerlendirilmesi konusunda köklü değişikliklerin yapılması ve bunun için kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik metotların kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır (Ockerman ve ark., 2000). Yıllarca bu kaynaklar hayvan yemi olarak veya gübre olarak değerlendirilmiştir. Oysa bu yan ürünlerin içerdikleri biyolojik değerler düşünüldüğünde bunlardan çok az oranda fayda sağlandığı belirtilmektedir. Hayvansal yan ürünlerin; spesifik ve özel amaçlara yönelik organik materyallerin geri kazanımı hedeflenerek moleküler düzeyde değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlar daha kârlı görülmektedir (Lasekan ve ark., 2013). Bu metotların, konvansiyonel yöntemlere göre daha ilımlı ve çevreci oldukları, ayrıca elde edilen biyomoleküllerin gıda, ilaç, kozmetik gibi tarım dışı alanlarda kullanılabilirlikleri için daha avantajlı oldukları öne sürülmektedir (Bueno-Solano, 2009).

Deniz ürünlerinden jelatin üretiminin, mevcut kaynaklara alternatif olabileceği belirtilmektedir. Balık ürünleri endüstrisinde büyük oranda yan ürün açığa çıkmakta olup bunun filetolama işleminden sonra tutulan toplam balık miktarının yaklaşık %75'i kadar olduğu varsayılmaktadır (Zhou ve Regenstein, 2004; Rustad ve ark., 2011). Balık yan ürünleri, birçok değerli bileşen içermesine karşın ticari değeri nispeten düşük olan balık yemi, silaj veya gübre olarak değerlendirilmekte (Gómez-Guillén ve ark. 2002; Muyonga ve ark., 2004; Rustad ve ark., 2011) veya atık olarak denizlere veya katı atık çöplüklerine dökülebilmekte ki bunun çevreye olan olumsuz etkileri bilinmektedir. Balık sanayi yan ürünleri

genelde iç organ, kafa, deri, pul, yüzgeç ve kemiklerden oluşmaktadır. Balık sanayi yan ürünlerinden, özellikle yüksek oranda kolajen içeren deri, kemik, pul ve yüzgeç gibi kısımlarından gıda sanayine yönelik jelatin üretimi alternatif bir hammadde olarak belirtilmektedir (Karayannakidis ve Zotos, 2014). Özellikle balık derisinin çevreyi kirletici önemli bir unsur olması nedeniyle bundan jelatin üretimi önemli bir fırsat olarak görülmektedir (Badii ve Howell, 2006). Günümüzde balık jelatinini üretimi dünyada toplamda %1 civarında olup henüz başlangıç aşamasındadır (Arnesen ve Gildberg, 2006). Bu amaçla birçok araştırmacı, yerel balık türlerinden jelatin elde etmenin potansiyel yolları üzerine çalışmaktadır. Balık jelatininin, özellikle ağızda hızlı çözünmesi ve sakızimsı his bırakmaması gibi avantajları (Arnesen ve Gildberg, 2006; Choi ve Regenstein, 2000) yanında düşük reolojik özellikleri (Leuenberger, 1991), koku sorunu (Jamilah ve Harvinder, 2002) ve yeterli miktarda uygun hammaddenin temin edilememesi gibi dezavantajları olduğu belirtilmektedir (Karim ve Bhat, 2009).

Üzerinde durulan diğer alternatif jelatin kaynağı ise kanatlı sanayi yan ürünüdür. Önemli oranda protein, enzim ve lipit içerdiği bilinen tavuk yan ürünlerinden biyomateryallerin ekstraksiyonu, izolasyonu ve kullanımına ilişkin araştırmalar yapılmaktadır (Ockerman ve Hansen, 2000; Raju ve ark., 1997; Lasekan ve ark., 2013). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre dünyada kanatlı eti üretimi ve tüketimi yıllık ortalama %3,6 gibi bir büyüme hızı ile giderek artmaktadır. 2012 yılı verilerine göre dünyada yaklaşık 100 milyon ton kanatlı eti üretilmiştir (BESD-BİR, 2013). Bu üretimin yaklaşık %22-33'ünün ise baş, ayak, iç organ, kan ve tüy olmak üzere yan ürün olarak ortaya çıktığı bildirilmektedir (Zhu, 2010). Gelişmiş ülkelerde, kanatlı yan ürünleri renderinge gönderilerek hayvansal yem üretimi veya farklı tarımsal amaçlarla işlenmektedir. Buna karşın az gelişmiş ülkelerde ise toprak altına gömülerek bertaraf edilmektedir. Bu yöntem daha masraflı olmakla beraber insan sağlığı ve çevre kirliliği açısından risk oluşturmaktadır (Du, 2013). Tavuk sanayinde rendering işlemine gönderilen mekanik et posası, kemik, deri ve tavuk kafası gibi unsurlardan katma değeri daha yüksek jelatin üretimine ilişkin araştırmalar yapılmaktadır (Karim ve Bhat, 2009). Kolajen içeriği yüksek olan mekanik kıyma posası (Hrynets ve ark., 2011) ve kanatlı kafası (Rivera ve ark., 2000) gibi kanatlı yan ürünleri, potansiyel jelatin üretim kaynakları olarak gösterilmektedir. Kanatlı kemiğinin uygun bir jelatin kaynağı olmasıyla birlikte verim bakımından düşük olması önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir. Ayrıca, kanatlı üretiminde açığa çıkan derinin çeşitli et ürünleri üretiminde kullanılan değerli bir hammadde olması nedeniyle kanatlı derisinden jelatin üretiminin ekonomik olmadığı da belirtilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007).

Jelatinin iyonik yük ve molekül büyüklük özellikleri, elde edildiği kolajenin yapısına göre değişmektedir. Jelatin, büyük oranda glisin, prolin, alanin ve hidroksiprolin amino asitlerinden oluşan bir dağılım göstermekte olup "Glisin - Prolin - R" tripeptitlerinin tekrarlarından meydana gelmektedir. Bu nedenle farklı

türlere ait kolajenlerin içerdiği prolin+hidroksiprolin miktarları belirgin şekilde değişmesinden dolayı elde edilen jelatinlerin kalitesi de hayvansal kaynağına göre değişmektedir (Ledward, 2000). Jelatin, ön işlem aşamasındaki hidroliz durumuna göre (asit veya alkali) A ve B tipi olmak üzere ikiye ayrılır. A tipi jelatin, çapraz bağ miktarı az olan genç hayvanların kolajenine seyreltik asit ile kısa süreli ılımlı hidroliz işlemi sonucunda elde edilmektedir. B tip jelatin ise çapraz bağ miktarı yüksek olan daha yaşlı hayvanların kolajenine derişik alkali uygulama sonucunda elde edilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007; Eysturskarð, 2010).

### Jelatinin Fonksiyonel Özellikleri

Jelatinin fonksiyonel özellikleri iki ana gruba ayrılmaktadır. İlk grupta jelatinin jel oluşturma, yapıyı düzeltme, bağlayıcılık ve su tutma kapasitesi gibi *jelleşme kabiliyeti* ile ilgili özellikler bulunmaktadır. İkinci grupta ise emülsiyon ve köpük oluşturma, stabilize etme, adhezyon ve kohezyon fonksiyonları, film oluşturma kapasitesi ve koruyucu kolloidal fonksiyonları gibi *yüzey davranışları* ile ilgili özellikler bulunmaktadır (Gomez-Guillen ve ark., 2011).

### Jelatinin Jelleşme Kabiliyeti ile İlgili Özellikleri

Jelatinin jel oluşturma özelliğinin, aminoasit dağılımı, ortalama molekül ağırlığı ve çözelti sıcaklığı ile yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir (Djabourov ve ark., 1993). Jelatin zincirleri solüsyon içerisinde matriks oluşturmada, bu yapı sulu ortamlarda şişme kabiliyetinde olup hidrojel yapı sağlamaktadır. Günümüzde, geniş su absorbe etme özelliğinden dolayı doğal hidrojelatin tıp, ilaç, tarım ve biyo çözünür gıda ambalajı alanında önemi artmıştır (Gomez-Guillen ve ark., 2011).

Jelatinin en yaygın kullanıldığı gıda ürünleri jel tatlılardır. Bununla ilgili yapılmış bir çalışmada balık jelatini ve yüksek jel sertliğine (Bloom) sahip domuz jelatini karşılaştırılmış; bunlardan üretilen jel tatlılar bakımından aralarında belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Ayrıca balık jelatininin erime sıcaklığının düşük olmasının tatlılarda aroma verme düzeyini artırdığı da belirtilmiştir (Zhou ve Regenstein, 2007). Meyve jölesi veya şekerleme gibi ürünlerde jelatin, jel yapı içerisinde gaz fazı oluşturarak kendine özgü bir tekstür ve görünüş sağlamaktadır. Aynı zamanda bu sayede birim porsiyon içerisinde dağılmış olan hava, ürünün toplam enerji oranını da düşürerek daha düşük kalorili ürün elde edilebilmektedir (Gomez-Guillen ve ark., 2011).

Jelatinin yüksek su tutma ve şişme kapasitesi sayesinde donmuş kırmızı et ve balık etlerinin çözünmesi veya pişirilmesi sırasında kullanımı ile oluşan sızıntı su kayıplarının azaltılabildiği belirtilmektedir. Bu konuda yapılan bir çalışmada balık jelatini dilimlenmiş morina balığının dondurularak muhafazasında kullanılmıştır. Araştırma sonunda sızma kaybında azalma olduğu gibi duyuusal özelliklerde de iyileşme olduğu tespit edilmiştir (Borderías ve ark., 1994). Bir başka çalışmada surimi üretiminde balık jelatini kullanılmıştır. Surimi içinde 7,5-15 g/kg gibi farklı oranlarda balık jelatini kullanılmış ve su tutma kabiliyetinin geliştiği görülmüştür (Hernández-Briones ve ark., 2009).

Jelatinin hidrojel yapısı; düşük maliyeti, doğada çözünebilmesi ve moleküler interaksiyonlar sonucu birçok kombinasyona yatkın olması nedeniyle ilgi çekmektedir. Bu amaçla jelatin, birçok farklı doğal veya sentetik polimerler ile kombine kullanılarak veya enzimatik yollarla yapısı değiştirilerek çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Farris ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada jelatin-pektin hidrojelatinin potansiyel bir ambalaj malzemesi olarak özellikleri incelenmiştir. Farklı araştırmalarda, ısıl geri dönüşüm özelliğini bozmaksızın balık jelatini jel sertliğini, jelleşme süresini ve termostabilitesini artırmak amacıyla K-karragenan ve/veya jellan gam (Haug ve ark., 2004; Pranoto ve ark., 2007), hidroksipropilmetilselüloz (Chen ve ark. 2009) gibi farklı polisakaritler kullanılmıştır. Jelatin ile sentetik polimerlerin karışımından elde edilen hidrojelatinler, özellikle çok iyi şişme kabiliyeti, parçalanma oranı ve ilaçlarda kontrollü salınım özelliği göstermesi nedeniyle çeşitli araştırmalarda gündeme gelmiştir. Zohuriaan-Mehr ve ark. (2009) yaptıkları araştırmada birçok organik bileşen (PEG-dialdehit, akrilamin, EDTA, poliakrilik asit) ve inorganik bileşen (kaolin, silica jel), jelatin ile beraber farklı modifikasyonlarda denenecek kompozit hidrojelatin sertliği, çözünürlüğü, yüzey hidrofobitesi ve morfolojisi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Düşük jelleşme özelliğindeki jelatini değiştirmenin bir yolunun da mikrobiyel kaynaklı transglutaminaz (TGase) enzimi kullanılarak çapraz bağ oluşturulmasıdır (Babin ve Dickinson, 2001). Transglutaminaz uygulamasında inkübasyon süresi, enzim konsantrasyonu ve enzim inaktivasyon derecesi gibi faktörlerin kontrol edilerek jelatinin ısıl geri dönüşüm özelliği muhafaza edilebilmektedir. Bir çalışmada balık jelatin jelinde TGaz artışı ile erime sıcaklığının, elastikiyetin ve yapışkanlığın arttığı fakat bunun yanı sıra hızlı jel ağ yapısının oluşmasından dolayı da düşük jel gücü ve sertliği olduğu bildirilmiştir (Gómez-Guillén ve ark., 2001).

### Jelatinin Yüzey Davranışları ile İlgili Özellikleri

Jelatinin yüzey aktif özellikleri protein zincirindeki yüklü grupların varlığından ve yapısındaki tekrar eden hem hidrofilik hem de hidrofobik amino asitlerden kaynaklanmaktadır. Hem hidrofilik hem de hidrofobik bölgeler yüzeylere doğru harekete eğilimlidir. Böylece sulu sistemlerde yüzey gerilimi düşmekte ve dispers fazdaki bileşenler üzerinde aynı yükte bir film tabakası oluşmaktadır. Bu yapı sonradan jel oluşumu ile daha da güçlenmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Jelatinin peptit zincirlerinde bulunan hidrofobik alanlar, ona emülsifiye etme ve köpük oluşturma özelliği kazandırmaktadır. Yüzey aktif özellikleri sebebiyle jelatin; gıda, ilaç kozmetik, medikal ve teknik uygulamalarda köpük oluşturu, emülsifiye edici ve nemlendirici olarak kullanılabilir (Karim ve Bhat, 2008).

#### *Jelatinin Köpük Oluşturma Özelliği*

Jelatin, jelleşme sırasında su fazının viskozitesini artırarak su-hava ara yüz gerilimini düşürmekte ve dolayısıyla uygun bir köpük yapıcı özellik göstermektedir. Bu nedenle gıda endüstrisinde

marshmallow ve hazır kahve içeceklerinde kullanılmaktadır. Su-hava ara yüzünde adsorbsiyon oluşması için moleküllerin hidrofobik bölgelerin protein boyunca yayılmış olmasının köpük oluşumunu ve stabilizasyonu kolaylaştırdığı bildirilmektedir. (Schrieber ve Gareis, 2007) Jelatinin köpük yapıcı özelliği üzerine büyük ölçüde kolajenin hayvansal kaynağının rol oynadığı ve bu faktörün çözünürlüğü, viskoziteyi ve protein yapı faktörlerini etkilediği bildirilmektedir (Townsend ve Nakai, 1983). Cho ve ark. (2004) köpekbalığı derisi jelatininin köpük özelliklerinin domuz derisi jelatini ile benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla ilgili yapılan başka bir çalışmada, kedi balığı derisinden elde edilen jelatinin köpük kapasitesi, dana derisinden elde edilen jelatine kıyasla daha yüksek bulunmuş, bunun da yüksek oranda hidrofobik aminoasit kalıntısı içermesinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Bununla birlikte balık jelatin viskozitesinin, dana derisi jelatinine kıyasla dört kat yüksek olması, yüksek köpük kapasitesini destekleyen diğer bir faktör olarak belirtilmiştir (Jongjareonrak ve ark., 2010). Jelatinin üretimi sırasında uygulanan kurutma işleminin köpük özelliğini etkilediği çeşitli çalışmalarda belirtilmektedir. Jelatinin köpük oluşturma özelliği ve stabilitesinin, jelatinin üretimi sırasında uygulanan sıcaklığın artmasıyla beraber düştüğü belirtilmektedir (Kwak ve ark., 2009). Ninan ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada sprey kurutma ile elde edilen jelatinlerin, sıcak hava ile veya dondurarak kurutma işlemleri ile elde edilen jelatine kıyasla daha yüksek köpük stabilitesi gösterdiği tespit edilmiştir.

#### *Jelatinin Emülsifiye Etme Özelliği*

Emülsifiye etme özelliği, proteinlerin temel özelliklerinden birisi olup jelatinler bu amaçla mayonez gibi gıdalarda yoğun şekilde kullanılmaktadır (Kwak ve ark., 2009). Yüksek izoelektrik noktaya sahip ( $pI \geq 7,0$ ) A tipi jelatinler, çeşitli gıdalarda geniş pH aralığında “*su içinde yağ*” emülsiyonu oluşturmak amacıyla kullanılabilir. Ayrıca; soya, kazein veya peynir altı suyu tozu gibi emülgatörler ile kombine olarak kullanım alanı bulabilmektedir (Gómez-Guillén ve ark., 2011). Yapılan bir çalışmada, morina balığı kemiğinden elde edilmiş jelatinin endüstriyel bir emülgatör olan Tween-80 ile aynı emülsiyon özelliğine sahip olduğu bildirilmiştir (Kim ve ark., 1996). Ayrıca jelleşme özelliği farkından dolayı, balık jelatini emülsiyon kapasitesinin, memeli jelatinine kıyasla daha düşük olduğu da görülmüştür (Gómez-Guillén ve ark., 2011). Genelde balık jelatini emülsiyonları, kısmen kremi bir yapıda olmaktadır (Karim ve Bhat, 2009). Yüzey aktivitesi bakımından doğru jelatinin seçiminde jel yapının sertliğinin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Çünkü aynı sıcaklık ve konsantrasyonda yüksek jel sertliği, yağ damlacıklarının etrafında daha sıkı koruyucu bir kaplama oluşturabilmektedir (Schrieber ve Gareis, 2007). Bu konuda yapılan bir çalışmada aynı protein konsantrasyonunda olan tuna balığı jelatini emülsiyon aktivite indeksinin domuz jelatinine kıyasla düşük olduğu tespit edilmiştir (Aewsiri ve ark., 2008).

“*Su içinde yağ*” emülsiyonlarında jelatin molekül ağırlığının önemli bir rolü olmakla beraber pH, tuz konsantrasyonu ve sıcaklık gibi dış etkenlerin de emülsiyon üzerine etkili olduğu belirtilmektedir. Surh ve

ark. (2006)’nın yaptıkları çalışmada düşük molekül ağırlığına sahip (~55 kDa) balık jelatini emülsiyonunun, daha büyük molekül ağırlığındaki (~120 kDa) balık jelatini emülsiyonuna kıyasla daha büyük damlacıklar oluşturduğu ve yağ damlacıklarını daha iyi hapsediği tespit etmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada su içerisinde yağ emülsiyonlarında balık jelatinlerinin yüksek tuz konsantrasyonlarında (250 mM sodyum klorür), farklı sıcaklıklarda (30-90°C; 30 dakika) ve farklı pH değerlerinde (pH 3-8) stabil olduğunu bildirmişlerdir. Kwak ve ark. (2009), jelatinin üretimi sırasında uygulanan kurutma işleminin emülsiyon kapasitesini etkilediğini ve en iyi emülsiyon kapasitesinin sprey kurutma yöntemi ile elde edilen jelatinde olduğunu bildirmişlerdir.

#### *Jelatinin Film Tabakası Oluşturma Özelliği*

Yenilebilir film veya kaplama, tüketilebilir bileşenlerden üretilmiş birincil ambalaj olarak tanımlanmaktadır. Tüketilebilir materyallerden üretilen ince bir film, gıdanın işlenmesinde veya orijinal içeriğinde herhangi bir değişikliğe neden olmadan gıda üzerine doğrudan kaplanabilmekte veya ambalaj olarak kullanılabilir. Tüketilebilir film ve kaplama işlemi, birçok gıdada gaz ve nem bariyeri oluşturmak, duyu ve mekanik özellikleri iyileştirmek, mikrobiyolojik koruma ve raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanmaktadır (Galus ve Kadzinska, 2015).

Son yıllarda özellikle tüketilebilir biyopolimerlerden yapılmış geri dönüşümlü filmlerin kullanımına ilişkin eğilim artmıştır (Tharanathan, 2003). Jelatinin film oluşturma özelliği üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu alanda jelatinin en büyük dezavantajı higroskopik olmasıdır. Özellikle su oranı yüksek olan gıdalarda jelatin bazlı filmlerin şişmesi veya çözünmesi söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle jelatin bazlı biyo dönüşür ambalaj dizaynında jelatini birtakım bileşenler ile kombine ederek ambalaj filminin mekaniksel ve suya olan direncinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda jelatin; çeşitli lipitler (Bertan ve ark., 2005; Limpisophon ve ark., 2010; Pérez-Mateos ve ark., 2009), soya protein izolatları (Cao ve ark., 2007; Denavi ve ark., 2009); konyak glukomannan (Li ve ark., 2006), kitozan (Arvanitoyannis ve ark., 1998), pektin (Farris ve ark., 2009; Liu ve ark., 2007) gibi polisakkaritler; hidrofobik veya hidrofilik plastikleştiriciler (Andreuccetti ve ark., 2009; Cao ve ark., 2009); polivinilalkol veya polietilen gibi sentetik polimerler (Carvalho ve ark., 2009) ile glutaraldehit (Bigi ve ark., 2001), TGase ve 1-Etil-3-(3-dimetilamino-propil) karbodiimin (EDC) gibi çapraz bağ oluşturmalar (Kołodziejska ve Piotrowska, 2007; Yi ve ark., 2006) ile kombine edilerek mekanik özelliklerinde ve suya direncinde gelişmeler sağlanmıştır.

Krishna ve ark. (2012)’nin yaptıkları çalışmada balık jelatini, %20 ve %25 (w/w) oranlarında gliserol kullanılarak plastikleştirilmiş ve ekstrüderden geçirilerek yenilebilir film elde edilmiştir. Filmlerde gerilme direnci, su buharı geçirgenliği ve camsılığa geçiş sıcaklığı ( $T_g$ ) gibi özelliklere bakılmıştır. Araştırma neticesinde bakılan özellikler açısından, yenilebilir ambalaj olarak ekstrüzyon yöntemiyle balık jelatini filmi üretiminin alternatif bir yöntem olabileceği ortaya konmuştur. Liu ve ark. (2007)

yaptıkları çalışmada pektin ve jelatin/sodyum aljinat karışımına mısır yağı ve zeytinyağı ekleyerek ekstrüzyon yöntemi kullanarak kaplama materyali elde etmişler ve bu materyali sosisleri kaplayarak uygulamışlardır. Çalışma neticesinde karışıma yağ eklenmesi ile filmin kalite ve stabilitesinin arttığını tespit etmişlerdir.

Jelatinin molekül ağırlık dağılımı ve aminoasit kompozisyonunun, oluşturduğu filmin bariyer ve mekaniksel özellikleri üzerinde önemli rol oynadığı belirtilmektedir. Düşük molekül ağırlığına sahip jelatinlerden zayıf ve daha dayanıksız filmlerin elde edildiği bildirilmektedir (Carvalho ve ark., 2009). Farklı türlerden elde edilen jelatinlerde aminoasit kompozisyonu önem taşımaktadır. Bu bakımdan özellikle en karakteristik aminoasitler olan glisin, prolin ve hidroksiprolin kompozisyonu üzerinde durulmaktadır. Bu aminoasitlerin dağılımdaki oranlarının artışı ile elde edilen filmin dayanıklılığı ve sertliğinin arttığı bildirilmektedir. Gómez-Estaca ve ark. (2009a) yaptıkları bir çalışmada ton balık derisi ve sığır derisi jelatinlerinden üretilmiş filmleri karşılaştırmışlardır. Araştırmada ton balığı jelatininde prolin+hidroksiprolin miktarının, sığır jelatinine kıyasla daha düşük olduğu; deformasyon ve parçalanma testinde ise sığır jelatinine göre on kat fazla deforme olduğu görülmüştür. Avena-Bustillos ve ark. (2006)'nın yaptıkları bir çalışmada, soğuk su balığı jelatin filmi su buharı geçirgenliğinin sıcak su balığı ve memeli hayvan jelatin filmine kıyasla belirgin şekilde düşük olduğunu tespit etmişler ve bu farklılığın soğuk su balığı jelatininde bulunan yüksek orandaki hidrofobik aminoasitlerden ve düşük hidroksiprolin oranından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Jelatin bazlı filmlerin biyoaktif maddelerin taşınmasıyla ilgili kullanımına ilişkin birtakım çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalarda jelatin filmlerinin doğal antioksidanlar veya antimikrobiyel maddelerle zenginleştirilmesi yoluyla, fonksiyonel özellikleri artırılarak aktif paketleme sağlandığı bilinmektedir. Son yıllarda düşük oranda katkı ve kimyasal içeren gıda ürünlerini ifade eden “*Temiz etiket*” akımı, jelatin bazlı film içeriğinde bitki özütleri gibi doğal polifenolik bileşiklerin kullanılmasını sağlamaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalarda balık jelatin filmine antioksidan özellik kazandırmak amacıyla mersin yaprağı özütü (Gómez-Guillén ve ark., 2007), oregano ve biberiye özütü (Gómez-Estaca ve ark., 2009b) gibi doğal polifenolik özütler eklenmiş ve filmin antioksidan kapasitesi artırılmıştır.

#### *Jelatinin Mikroenkapsülasyon Özelliği*

Jelatin mikro kapsülleri, içerisindeki fonksiyonel bileşenleri tutarak gıdayı oksidasyon ve degradasyon gibi dış ortam koşullarına karşı korumakta ve sindirim sisteminde fonksiyonel bileşenlerin kontrollü şekilde bırakılmasını sağlamaktadır. Jelatin kapsülasyonu, jelatin ve polielektrolitlerin beraber seyreltik bir çözelti içerisinde polielektrolitlerin zıt yükte olacak şekilde bulunması ile oluşturulmaktadır (Gomez-Guillen ve ark., 2011). Bu şekilde çözelti bir tarafta konsantre damlacıklar halinde jelatin kapsülleri ve diğer tarafta seyreltik yığın fazı olmak üzere iki faza ayrılmaktadır. Sıvı haldeki jelatin kapsülü ortamdaki sıvıyı veya katı partikülü

sararak mikroenkapsülasyon gerçekleştirilmektedir (Schieber ve Gareis, 2007). Jelatin mikrokapsüllerin güçlendirilmesi için çeşitli doğal çapraz bağların oluşturulduğu ve bu amaçla çeşitli bitkisel polifenoller ve flavanoidlerin kullanıldığı bildirilmektedir. Bu sayede daha iyi mekaniksel güç ve termal stabilite, daha düşük şişme ve su absorbe etme özelliği sağlanarak düşük kalorili yağ ikame edici, aroma tutucu veya tekstür düzenleyici olarak pratikte kullanılabilir bir materyal elde edilebileceği bildirilmektedir (Strauss ve Gibson, 2004). Yeo ve ark. (2005)'nin yaptıkları araştırmada dondurulmuş fırın ürünlerinde arzu edilen tipik fırınlama kokusunu veren uçucu yağlar, jelatin-arabik gam kompleksinden oluşan mikrokapsüller içerisinde tutulmuş ve fırınlama sırasında ortama salınarak ürünün aroma kaybı kontrol altına alınmıştır. Bir başka çalışmada, atık domates pulpundan ekstrakte edilmiş likopen, A tipi domuz jelatini ve poly  $\gamma$ -glutamik asit bileşiminden üretilmiş mikrokapsüller içerisinde tutularak gıdalarda denenmiştir. Likopen, pH 5,5 ve 7,0 aralığında hızlıca serbest hale geçerken, pH 2,0 ve 3,5 aralığında serbest kalmamıştır. Bu da likopenin mide koşullarından geçerek değişikliğe uğramadan barsak sindirim sistemine geçtiğini ve burada serbest kaldığını düşündürmektedir. Bu çalışmada likopenin mikroenkapsülasyonu ile fonksiyonel bir ürün elde edilebileceği öne sürülmüştür (Chiu ve ark., 2007).

Fonksiyonel gıdalarda probiyotik bakteri uygulaması, sindirim sistemi mikroflorası üzerinde olumlu etkilerinden dolayı araştırma konusu olarak önemi giderek artmaktadır. Bununla ilgili yapılan çalışmalarda laktik asit bakterileri ve bifidobakterler; ekstrüzyon ve püskürtme kurutma teknolojileri kullanılarak jelatinle enkapsüle edilmiştir (Gomez-Guillen ve ark., 2011). Bunun dışında enkapsülasyon teknolojisi, polifenolik bileşiklerin jelatin bazlı filmler içerisinde kullanılması vasıtasıyla aktif ambalaj materyali geliştirilmesinde de kullanılabilir. Bao ve ark. (2009) yaptıkları bir araştırmada balık jelatininden yapılmış film içerisine polifenolik çay bileşikleri taşıyan kitozan nano partikülleri yerleştirmişler ve sonuçta bu materyal ile ambalajlanmış balık yağında oksidasyonun belirgin şekilde geciktirildiğini tespit etmişlerdir. Nanopartiküllerin, filmin oksijen geçirgenliği ve gerilme direncini düşürürken, su buharı geçirgenliğini artırdığını vurgulamışlardır.

#### **Gıda Sanayinde Jelatinin Kullanım Alanları ve Avantajları**

Gıda katkı pazarındaki hidrokolloidlerin hiçbirisinin jelatinin reolojik ve fonksiyonel özelliklerini karşılamadığı bildirilmektedir. Jelatinin reolojik ve fonksiyonel özelliklerinin diğer hidrokolloidlerle olan karşılaştırması Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Gıda sanayinde jelatinin en önemli özelliği jelleşme ve erime sıcaklığı arasındaki farkın küçük olmasıdır. Jelatin jeli ısıtıldığında sıvı, soğutulduğunda ise jel meydana getirebilmektedir. Karragenan ve agar gibi bazı bitkisel hidrokolloidler de ısısız geri dönüşlü jel oluşturabilmektedir, fakat bunların erime sıcaklıkları jelatine göre oldukça yüksektir (Karim ve Bhat, 2008).

Tablo 1 Gıdalarda kullanılan hidrokolloidlerin reolojik özellikleri ve karşılaştırılması (Schrieber ve Gareis, 2007).

Hidrokolloid	Jel oluşumu	Kıvam artırma	Jel saydamlığı	Soğuk suda çözünürlük	pH stabilitesi
Jelatin	+++ Isısal geridönüşlü, erime ve jelleşme sıcaklık farkı az	+++	+++	0 (hidrolizatlar hariç)	++
Agar-agar	+++ Isısal geridönüşlü, erime ve jelleşme sıcaklık farkı yüksek	+++	+	0	++
Aljinatlar	+++ (kalsiyum varlığında)	+++	+++	+++	+
Karregenan	Kappa ve iota için: +++ (katyon varlığında) Lamda için: 0	++	++	++	++
Karboksimetil selüloz (CMC)	0	+++	-	+++	++ (pH 3-11)
Gam arabik	0	+	-	+++	++ (pH 4-9)
Hidroksipropil metilselüloz (HPMC)	+++ (ısıtıldığında)	+++	+	+++	+++ (pH 1 - 10)
Keçi boynuzu gamı	0	++	-	+	++ (pH 3-11)
Modifiye nişasta	+++	+++	+	0 (modifiye nişastalar hariç)	++
Nişasta	+++	+++	+	0	+
Pektin	+++ - Düşük metoksi ve Ca <sup>2+</sup> : ısısal geri dönüşsüz -Yüksek metoksi+şeker+H <sup>+</sup> : ısısal geri dönüşlü	++	+++	++	++ Yüksek metoksi pH:2.5-4.5 Düşük metoksi pH:2.5-5.5

0= yok, += az, +++= orta, ++++= yüksek

Tablo 2 Gıdalarda kullanılan hidrokolloidlerin fonksiyonel özellikleri ve karşılaştırılması (Schrieber ve Gareis, 2007).

Hidrokolloid	Syneresis	Film oluşumu	Emülsiyon etkisi	Kolloidal etki	Diğer hidrokolloidlerle beraber etkisi
Jelatin	0	+++	+++	+++	Agar-agar, karregenan, LM pektin, aljinat, arap zankı ve CMC ile kümelenme yapabilir.
Agar-agar	+++	+++	0	0	Keçi boynuzu gamı veya guar gam ile daha iyi jel elastikiyeti oluşur.
Aljinatlar	++	+++	+++	+++	Keçi boynuzu gamı veya guar gam ile daha iyi jel elastikiyeti oluşur.
Karregenan	Kappa: + ++ İota: +	++	+++	+++	Keçi boynuzu gamı veya guar gam ile daha iyi jel elastikiyeti oluşur.
Karboksimetil selüloz (CMC)	0	+++	+++	+++	Keçi boynuzu gamı, guar gam ve HM pektin ile beraber teknolojik uyumluluk gösterir.
Gam arabik	0	+++	+++	+++	Jelatin ile beraber koaservatif yapı oluşur.
Hidroksipropil metilselüloz (HPMC)	+	+++	+++	0	Ksantan gam ile teknolojik uyumluluk gösterir.
Keçi boynuzu gamı	0	+	+++	0	Ksantan gam ile beraber jel viskozitesi yükselir.
Modifiye nişasta	+	++	+++	0	Jelatin ile beraber daha iyi jelleşir. Guar gam ile beraber viskozite yükselir.
Nişasta	+++	0	+++	0	Jelatin ile beraber daha iyi jelleşir. Guar gam ile beraber viskozite yükselir.
Pektin	+	+++	0	0	Jelatin ile topaklanma olabilir.
Ksantan gam	0	++	+++	+++	Keçi boynuzu gamı ile beraber viskozite yükselir. Guar gam ile beraber viskozite yükselir.

0= yok, += az, +++= orta, ++++= yüksek , Syneresis: Jel yapıdan su ayrılması

Tablo 3 Gıda endüstrisinde jelatinin çok fonksiyonlu kullanımı\*

Uygulama Alanı	Jelatin Bloom Aralığı	Kullanım Oranı (%)	Birincil Fonksiyonu	İkincil Fonksiyonu
Tatlılar	200-260	1.5-3.0	Jel oluşumu	Tekstür, berraklık, parlaklık
Meyveli sakızlar	200-280	6.0-10.0	Jel oluşumu	Tekstür, elastikiyet, berraklık, parlaklık
Marshmallow	160-260	1.0-3.0	Köpük oluşumu	Köpük stabilizasyonu, jel oluşumu
Nugat	180-220	1.5-3.0	Köpük oluşumu	Köpük stabilizasyonu, jel oluşumu
Pastiller	160-220	1.0-2.0	Bağlayıcı madde	Tekstür, ağızda erime özelliğinin iyileştirme, dağılmanın önlenmesi
Karameller	140-200	0.5-2.5	Emülgatör, Köpük stabilizasyonu	Çiğnenebilirlik
Yoğurt	220-260	0.2-1.0	Pıhtı stabilizasyonu	Tekstür, kremli yapı
Köpüksü sütlü tatlılar	180-240	0.3-3.0	Köpük oluşumu	Tekstür, stabilizasyon
Jel tipi sütlü tatlılar	180-240	1.0-2.0	Jel oluşumu	Tekstür, kremli yapı
Sandviç üzerine sürülen ezme (et hariç)	240-280	0.3-1.5	Emülsiyon stabilize edici	Tekstür, kremli yapı
Et ve sos benzeri ürünleri	220-260	0.5-2.0	Emülsiyon stabilize edici	Su bağlayıcı
Konserve et ve bulyonlar	220-260	0.5-2.0	Bağlayıcı madde	Tekstür, dilimlenebilirlik
Şarap ve meyve suyu	80-120	0.002-0.015	Durultucu	Berraklık

\*(Schrieber ve Gareis, 2007).

Jelatin erime sıcaklığının (<35°C) vücut sıcaklığının altında olması, jelatinin ikinci önemli özelliği olarak gösterilmektedir. Bu sayede eklendiği gıdaya daha iyi bir organolojik ve aroma özelliği kazandırmaktadır. Nişasta, aljinat, pektin, agar ve karragenan gibi diğer jel yapıcı maddelerin tamamı bitkisel kaynaklardan elde edilen polisakkaritlerdir ve jelatinin sahip olduğu ağızda erime ve elastikiyet özelliklerine sahip değildir (Baziwane ve He, 2003). Jelatin jelinin, parlak ve berrak görüntüsü, ağızda pürüzsüz şekilde eriyerek oluşturduğu tekstürel özellikleri onu herhangi bir başka polisakkarit karşısında daha avantajlı hale getirmektedir (Karim ve Bhat, 2008). Bu özelliğinden dolayı jelatin özellikle jöle tatlılarda tercih edilmekte olup, başka biyopolimer maddelerce ikame edilmesi de mümkün olmamaktadır (Haug ve ark., 2004).

Jelatinin bir diğer önemli özelliğinin yüzey aktivitesi olduğu bildirilmektedir. Jelatinin emülsifiye ve stabilize etme özellikleri açısından arabik gam ile karşılaştırıldığında jel oluşturma kapasitesi sebebiyle daha iyi bir yüzey aktif madde olduğu belirtilmektedir (Karim ve Bhat, 2008).

Gıda sanayinde çok fonksiyonluluk açısından jelatin en önemli hidrokoloidlerden birisi olarak gösterilmektedir. Jelatin; jelleştirici, kıvam artırıcı, su bağlayıcı, emülsifiye edici, köpük oluşturucu ve film oluşturucu olarak kullanılabilir. Hiçbir başka hidrokoloid bu özelliklerin tümünü üzerinde barındırmamaktadır (Schrieber ve Gareis, 2007).

Jelatin farklı jel sertliklerinde, farklı partikül büyüklüklerinde ve farklı koşullarda kullanılabilir. Diğer hidrokoloidlerin ise jel gücü olarak genelde geniş alternatifler oluşturamadıkları, bunun için ancak tuz veya şeker gibi katkılarla kombine edilmeleri gerektiği bildirilmektedir (GME, 2008). Jelatin, birçok gıdanın doğal pH koşullarında ve herhangi bir tuz veya şeker

ilavesi gerektirmeksizin kullanılabilir (Karim ve Bhat, 2008).

Jelatinin gıda alanında kullanım olanakları ve ilgili fonksiyonları Tablo 3'de verilmiştir. Jelatin, jöleli birçok şekerlemede, yoğurt ürünlerinde, ekmeğe sürülen krema kıvamındaki gıdalarda ve şekerlemelerde jelleştirici olarak kullanılabilir. Köpük halinde üretilmiş bir jel şekerleme olan marshmallow ürünlerinde jelatin, özellikle açık bir renge sahip olması, berraklığı ve elastikiyetinden dolayı kullanılmaktadır. Ayrıca jelatin, sütlü tatlılarda ve krema tatlılarda, karragenan ile beraber veya yalnız başına kullanılabilir (Saha ve Bhattacharya, 2010). Jelatin içecek sanayinde berraklaştırıcı ve durultucu olarak da kullanılabilir. Beyaz şarap, bira, meyve (özellikle elma ve armut) ve sebze sularında durultucusu olarak kullanılmaktadır. Jambon kılıfı üretiminde %2-3 oranında, şekerleme ve ilaç kapsüllerinde %1,5-2,5 düzeylerinde kullanılmaktadır. Bunun dışında pastacılıkta meyve süslemelerinde, hazır bulyon et suyu, hazır sos ve çorbalarda, çeşitli şekerlemelerde yenilebilir ambalaj olarak, dondurma ve krem peynir gibi ürünlerde yapıyı stabilize edici olarak kullanılmaktadır (Schrieber ve Gareis, 2007).

## Sonuç

Jelatin, yukarıda belirtilen birçok özelliğinden dolayı başta gıda olmak üzere kozmetik, ilaç ve tıp alanlarında kendisine geniş bir kullanım alanı bulabilmektedir. Son yıllarda özellikle birçok biyolojik aktiviteye sahip biyoaktif peptitler olan kolajen ve jelatin hidrolizatları üzerinde durulmaktadır. Jelatinin en önemli avantajları; çok fonksiyonlu olması, vücut sıcaklığında eriyebilmesi, kendine özgü tekstür, parlaklık ve saydamlığa sahip olması, üretiminin kolay olması, E-kodlu gıda katkısı

olarak değerlendirilmemesi, proteince zengin olması ve özellikle hidrolizatlarının osteoporosis ve osteoarthritis gibi kemik hastalıklarına karşı önleyici olması olarak sıralanmaktadır. Dezavantajları ise ısıya duyarlı olması, düşük jelleşme sıcaklığı, yüksek sıcaklıklarda suda çözünmesi (instant jelatin ve jelatin hidrolizatları hariç), hayvansal bir ürün olması, Helal ve Kosher gibi dini kurallar bakımından kullanımının kısıtlanması olarak belirtilmektedir. Avantaj ve dezavantajları beraber değerlendirildiğinde dünyada jelatin ihtiyacı ve buna bağlı olarak hayvansal kaynak arayışı giderek artmaktadır. Bu nedenle balık ve kanatlı gibi memeli dışındaki hayvansal kaynaklardan jelatin üretimi üzerine yapılan araştırmalar yoğunlaşmakta, jelatin verim ve kalitesinin optimizasyonuna ilişkin daha ileri düzeydeki araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## Kaynaklar

- Aewsiri T, Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M. 2008. Chemical compositions and functional properties of gelatin from pre-cooked tuna fin. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(4), 685-693. DOI:10.1111/j.1365-2621.2006.01509.x
- Andreuccetti C, Carvalho RA, Grosso CRF. 2009. Effect of hydrophobic plasticizers on functional properties of gelatin-based films. *Food Research International*, 42(8), 1113-1121. Doi:10.1016/j.foodres.2009.05.010.
- Arnesen JA, Gildberg A. 2006. Extraction of muscle proteins and gelatin from cod head. *Process Biochemistry*, 41, 697-700. Doi:10.1016/j.procbio.2005.09.001
- Arvanitoyannis IS, Nakayama A, Aiba S. 1998. Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. *Carbohydrate Polymers*, 37(4), 371-382. PII: S0144 - 8617(98)00083 - 6.
- Avena-Bustillos RJ, Olsen CW, Olson DA, Chiou B, Yee E, Bechtel PJ. 2006. Water vapor permeability of mammalian and fish gelatin films. *Journal of Food Science*, 71(4), 202-207. doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00016.x.
- Babin H, Dickinson E. 2001. Influence of transglutaminase treatment on the thermoreversible gelation of gelatin. *Food Hydrocolloids*, 15(3), 271-276. PII: S0268-005X(01)00025-X
- Badii F, Howell NK. 2006. Fish gelatin: structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food Hydrocolloids*, 20: 630-640. DOI:10.1016/j.foodhyd.2005.06.006
- Baziwane D, He Q. 2003. Gelatin: the paramount food additive. *Food Reviews International*, 19, 423-435. DOI: 10.1081/FRI-120025483.
- Bao S, Xu S, Wang Z. 2009. Antioxidant activity and properties of gelatin films incorporated with tea polyphenol-loaded chitosan nanoparticles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(15), 2692-2700. DOI 10.1002/jsfa.3775.
- Bertan LC, Tanada-Palmu PS, Siani AC, Grosso CRF. 2005. Effect of fatty acids and 'Brazilian elemi' on composite films based on gelatin. *Food Hydrocolloids*, 19(1), 73-82. Doi:10.1016/j.foodhyd.2004.04.017.
- BESD-BİR (Beyaz Et Sanayicileri ve Damızlıkçıları Birliği), 2013. Piliç Eti Sektör Raporu. Üretim, Tüketim, Dış ticaret, Sorunlar ve Görüşler.
- Beynen AC, Van Geene HW, Grim HV, Jacobs P, Van der Vlerk T. 2010. Oral administration of gelatin hydrolysate reduces clinical signs of canine osteoarthritis in a double blind, placebo-controlled trial. *American Journal of Animal and Veterinary Science*, 5(2), 95-99. ISSN 1557-4555.
- Bigi A, Cozzani G, Panzavolta S, Rubini K, Roveri N. 2001. Mechanical and thermal properties of gelatin films at different degrees of glutaraldehyde crosslinking. *Biomaterials*, 22(8), 763-768. PII: S0142-9612(00)00236-2.
- Borderías J, Martí MA, Montero P. 1994. Influence of collagenous material during frozen storage when added to minced cod (*Gadus morhua*). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 199(4), 255-261.
- Bueno-Solano C, López-Cervantes J, Campas-Baypoli ON, Lauterio-García R, Adan-Bante NP, Sánchez-Machado DI. 2009. Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products. *Food Chem*. 112, 671-675. Doi:10.1016/j.foodchem.2008.06.029.
- Cao N, Fu Y, He J. 2007. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1153-1162. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2006.09.001.
- Cao N, Yang X, Fu Y. 2009. Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 729-735. doi:10.1016/j.foodhyd.2008.07.017.
- Carvalho RA, Maria TMC, Moraes ICF, Bergo PVA, Kamimura ES, Habitante AMQB, Sobral PJA. 2009. Study of some physical properties of biodegradable films based on blends of gelatin and poly(vinyl alcohol) using a response-surface methodology. *Materials Science and Engineering*, 29(2), 485-491. DOI:10.1016/j.msec.2008.08.030
- Chen H, Lin C, Kang H. 2009. Maturation effects in fish gelatin and HPMC composite gels. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1756-1761. DOI:10.1016/j.foodhyd.2009.03.004.
- Chiu YT, Chiu CP, Chien JT, Ho GH, Yang J, Chen BH. 2007. Encapsulation of lycopene extract from tomato pulp waste with gelatin and poly(g-glutamic acid) as carrier. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5123-5130. DOI: 10.1021/jf0700069.
- Cho SM, Kwak KS, Park DC, Gu YS, Ji CI, Jang DH, Lee EB, Kim SB. 2004. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. *Food Hydrocolloid*. 18: 573-579. DOI:10.1016/j.foodhyd.2003.10.001.
- Choi SS, Regenstein JM. 2000. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. *Journal of Food Science*, 65, 194-199.
- Denavi, G. A., Pérez-Mateos, M., Añón, M. C., Montero, P., Mauri, A. N., & Gómez-Guillén MC. 2009. Structural and functional properties of soy protein isolate and cod gelatin blend films. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2094-2101. Doi:10.1016/j.foodhyd.2009.03.007
- Djabourov M, Lechaire J, Gaill F. 1993. Structure and rheology of gelatin and collagen gels. *Biorheology*, 30(3e4), 191-205. DOI: 003-3861/92/122622-06.
- Du L, Khiari Z, Pietrasik Z, Betti M. 2013. Physicochemical and functional properties of gelatins extracted from turkey and chicken heads. *Poultry Science* 92:2463-2474. DOI: 10.3382/ps.2013-03161.
- Eysturskarð J. 2010. Mechanical Properties of Gelatin Gels; Effect of Molecular Weight and Molecular Weight Distribution, Doctoral thesis for the degree of Philosophiae Department of Biotechnology, Faculty of Natural Science and Technology at Norwegian University.
- Farris S, Schaich KM, Liu L, Piergiovanni L, Yam KL. 2009. Development of polyion- complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 20(8), 316-332. DOI:10.1016/j.tifs.2009.04.003
- Galus S, Kadzinska J. 2015. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*. 45: 273-283. DOI:10.1016/j.tifs.2015.07.011.



- GME. (2008). Gelatine.org Market Data 2007. Gelatine Manufacturers of Europe. Available at. <http://www.gelatine.org/en/gelatine/overview/127.htm>. Accessed 29.01.08.
- Gómez-Estaca J, Montero P, Fernández-Martín F, Gómez-Guillén MC. 2009a. Physico-chemical and film-forming properties of bovine-hide and tuna-skin gelatin: a comparative study. *Journal of Food Engineering*, 90(4), 480-486. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2008.07.022.
- Gómez-Estaca J, Montero P, Fernández-Martín F, Alemán A, Gómez-Guillén MC. 2009b. Physical and chemical properties of tuna-skin and bovinehide gelatin films with added aqueous oregano and rosemary extracts. *Food Hydrocolloids*, 23(5), 1334-1341. doi:10.1016/j.foodhyd.2008.09.013.
- Gómez-Guillén MC, Sarabia AI, Solas MT, Montero P. 2001. Effect of microbial transglutaminase on the functional properties of megrim (*Lepidorhombus bosci*) skin gelatin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(7), 665-673. DOI:10.1002/jsfa.865.
- Gómez-Guillén MC, Turnay J, Fernández-Díaz MD, Ulmo N, Lizarbe MA, and Montero P. 2002. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloid*. 16: 25-34. PII: S0268-05X(01)00035-2.
- Gómez-Guillén MC, Ihl M, Bifani V, Silva A, Montero P. 2007. Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1133-1143. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.08.006
- Gomez-Guillen MC, Gimenez B, Lopez-Caballero ME, Montero MP. 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25: 1813-1827. DOI:10.1016/j.foodhyd.2011.02.007.
- Han B, Zhang GS, Du M, Shi YG, Li CL, Yue X. 2009. Proceedings of 2009 international conference of natural product and traditional medicine, Vols. 1 and 2. 345-348.
- Haug IJ, Draget KI, Smidsrød O. 2004. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids*, 18:203-213. DOI:10.1016/S0268-005X(03)00065-1
- Hernández-Briones A, Velázquez G, Vázquez M, Ramírez JA. 2009. Effects of adding fish gelatin on Alaska pollock surimi gels. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2446-2449. DOI:10.1016/j.foodhyd.2009.07.002.
- Hrynets Y, Omana DA, Xu Y, Betti M. 2011. Comparative study on the effect of acid- and alkaline-aided extractions on Mechanically Separated Turkey Meat (MSTM): Chemical and functional properties of recovered proteins. *Process Biochem*. 46:335-343. DOI:10.1016/j.procbio.2010.09.006.
- Jamilah B, Harvinder KG. 2002. Properties of gelatins from skins of fish-black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Food Chemistry*, 77, 81-84. PII: S0308-8146(01)00328-4.
- 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. DOI:10.1016/j.lwt.2009.06.012.
- Karayannakidis PD, Zotos A. 2014. Fish processing byproducts as a potential source of gelatin: A review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. DOI.org/10.1080/10498850.2013.827767.
- Karim AA, Bhat R. 2008. Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 19: 644-656. DOI:10.1016/j.tifs.2008.08.001.
- Karim AA, Bhat R. 2009. Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23: 563-576. DOI:10.1016/j.tifs.2008.08.001.
- Kim SK, Jeon YJ, Lee BJ, Lee CK. 1996. Purification and characterization of the gelatin from the bone of cod (*Gadus macrocephalus*). *Korean Journal of Life Science*, 6, 14-26. DOI: 10.1111/jfbc.12350
- Kołodziejska I, Piotrowska B. 2007. The water vapour permeability, mechanical properties and solubility of fish gelatin-chitosan films modified with transglutaminase or 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC) and plasticized with glycerol. *Food Chemistry*, 103(2), 295-300. doi:10.1016/j.foodchem.2006.07.049.
- Krishna M, Nindo CI, Min SC. 2012. Development of fish gelatin edible films using extrusion and compression molding. *Journal of Food Engineering*, 108:337-344. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2011.08.002
- Kwak KS, Cho SM, Ji CI, Lee YB, Kim 2009. Changes in functional properties of shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage gelatin produced by different drying methods. *Int. J. Food Sci. Tech*. 44: 1480-1484. DOI:10.1111/j.1365-2621.2007.01603.x
- Lasekan A, Bakar FA, Hashim D. 2013. Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Management*, 33: 552-565. DOI:10.1016/j.wasman.2012.08.001.
- Ledward DA. 2000. Handbook of hydrocolloids, Chapter-4, Edited by G. O. Philips and P. A. Williams. UK. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, 450 pages
- Leuenberger BH. 1991. Investigation of viscosity and gelation properties of different mammalian and fish gelatins. *Food Hydrocolloids*, 5, 353-361. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(09\)80047-7](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(09)80047-7)
- Li B, Kennedy JF, Jiang QG, Xie BJ. 2006. Quick dissolvable, edible and heatsealable blend films based on konjac glucomannan - gelatin. *Food Research International*, 39(5), 544-549. Doi:10.1016/j.foodres.2005.10.015.
- Limpisophon K, Tanaka M, Osako K. 2010. Characterisation of gelatin-fatty acid emulsion films based on blue shark (*Prionace glauca*) skin gelatin. *Food Chemistry*, 122(4), 1095-1101. Doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.090.
- Liu L, Kerry JF, Kerry JP. 2007. Application and assessment of extruded edible casings manufactured from pectin and gelatin/sodium alginate blends for use with breakfast pork sausage. *Meat Science*, 75,2: 196-202. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.07.008.
- Muyonga JH, Cole CGB, Duodu KG. 2004. Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chemistry*, 85, 1:81-89. DOI:10.1016/j.foodchem.2003.06.006.
- 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*). *J. Food Process.Pres.*35:143-162. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2009.00467.x
- Ockerman HW, Hansen CL. 2000. Animal By-Product Processing and Utilization, first ed. Technomic Pub. Co., Inc., Lancaster, PA.
- Pérez-Mateos M, Montero P, Gómez-Guillén MC. 2009. Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. *Food Hydrocolloids*, 22(4), 53-61. Doi:10.1016/j.foodhyd.2007.11.011.
- Pranoto Y, Lee CM, Park HJ. 2007. Characterizations of fish gelatin films added with gellan and k-carrageenan. *Food Science and Technology*, 40(5): 766-774. DOI:10.1016/j.lwt.2006.04.005.
- Raju AA, Rose C, Muralidhara Rao N. 1997. Enzymatic hydrolysis of tannery fleshings using chicken intestine proteases. *Anim. Feed Sci. Technol.* 66, 139- 147. PII S0377-8401(96)01109-1.

- Rivera JA, Sebranek JG, Rust RE, Tabatabai LB. 2000. Composition and protein fractions of different meat by products used for petfood compared with mechanically separated chicken (MSC). *Meat Sci.* 55:53–59. PII: S0309-1740(99)00125-4.
- Rustad T, Storror I, Slizyte R. 2011. Possibilities for the utilization of marine byproducts. *Int. J. Food Sci. Tech.* 46: 2001-2014. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02736.x.
- Saha D, Bhattacharya S. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *J Food Sci Technol*, 47(6):587–597. DOI 10.1007/s13197-010-0162-6.
- Schrieber R, Gareis H. 2007. *Gelatin Handbook*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim.
- Strauss G, Gibson SM. 2004. Plant phenolics as cross-linkers of gelatin gels and gelatin-based coacervates for use as food ingredients. *Food Hydrocolloids*, 18(1), 81-89. DOI:10.1016/S0268-005X(03)00045-6.
- Surh J, Decker EA, McClements DJ. 2006. Properties and stability of oil-in-water emulsions stabilized by fish gelatin. *Food Hydrocolloids*, 20(5), 596-606. DOI:10.1016/j.foodhyd.2005.06.002
- Tharanathan RN. 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, 14(3), 71-78. DOI:10.1016/S0924-2244(02)00280-7.
- Townsend AA, Nakai S. 1983. Relationships between hydrophobicity and foaming characteristics of food proteins. *Journal of Food Science*, 48, 588-594. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb10796.x>
- Watanabe-Kamiyama M, Muneshige S, Shin K, Yasuki T, Hideyuki S, Fumiki M. 2010. Absorption and effectiveness of orally administered low molecular weight collagen hydrolysate in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(2), 835-841. DOI: 10.1021/jf9031487.
- Yeo Y, Bellas E, Firestone W, Langer R, Kohane DS. 2005. Complex coacervates for thermally sensitive controlled release of flavor compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19), 7518-7525. DOI:10.1021/jf0507947.
- Yi JB, Kim YT, Bae HJ, Whiteside WS, Park HJ. 2006. Influence of transglutaminase-induced cross-linking on properties of fish gelatin films. *Journal of Food Science*, 71(9), 376-383. doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00191.x.
- Zhou P, Regenstein JM. 2004. Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. *Journal of Food Science*, 69: 393–398.
- Zhou P, Regenstein JM. 2007. Comparison of water gel desserts from fish skin and pork gelatins using instrumental measurements. *Journal of Food Science*, 72(4), 196-201. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00320.x.
- Zhu G, Zhu X, Wan X, Fan Q, Ma Y, Qian J, Liu X, Shen Y, Jiang J. 2010. Hydrolysis technology and kinetics of poultry waste to produce amino acids in subcritical water. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 88: 187–191. DOI: 10.1016/j.jaap.2010.04.005.
- Zohuriaan-Mehr MJ, Pourjavadi A, Salimi H, Kurdtabar M. (2009). Protein and homo poly (amin oacid)-based hydrogels with super-swelling properties. *Polymers for Advanced Technologies*, 20(8), 655-671. DOI: 10.1002/pat.1395.