

Derleme

Suyun İncisi: Havyar

Yaren FİDAN ¹ Fulya TAŞCI ¹¹ Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Veteriner Fakültesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye*Corresponding author e-mail: yarenfidan58@gmail.com

ÖZET

MAKALE
BİLGİSİ

Havyar, balık yumurtalıklarının bağ dokusundan ayrılarak tuzlama yapılan, katkı maddeleri ilave edilen ve bazen de muhafaza edilmesi amacıyla pastörizasyona tabi tutulan balık yumurtalarından elde edilmektedir. En değerli havyar Acipenseridae (mersin balığı) ailesine ait balık yumurtalarının gıdaya uygun tuzla işlenmesiyle üretilmiştir. Antik Mısır'dan Roma İmparatorluk'larına kadar birçok medeniyet havyarı lüks ve prestij bir sembolü olarak görmüştür. Havyar içerdiği yüksek protein, çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin ve mineralleri sayesinde insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunan besin değeri yüksek ve ekonomik açıdan değerli bir üründür. Bu nedenle, havyara talep gün geçtikçe artmış, dünya mutfağında önemli bir gıda ürünü haline gelmiştir. Günümüzde mersin balığı doğal popülasyonlarının azalmasını önlemek amacıyla havyar üretimi tamamen su ürünleri yetiştiriciliğiyle yapılmaktadır. İnsan sağlığına yönelik olası tehlikeleri ortadan kaldırmak veya en aza indirebilmek için havyarın üretim sürecini analiz etmek büyük önem taşımaktadır. Havyarın muhafazası; tuzlama, pastörizasyon ve soğuk depolama kombinasyonlarının kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Bu makalede havyarın tarihçesi, bileşimi, üretimi, kalitesi, mikrobiyolojisi ve muhafazasını içeren konular hakkında kapsamlı bilgilere yer verilmiştir.

Geliş:
13.07.2024
Kabul:
28.10.2024

Anahtar kelimeler: *Havyar, Havyar üretimi, Havyar ikameleri*

Miracle Seafood: Caviar

ABSTRACT

ARTICLE
INFO

Caviar is a delicacy obtained from fish roe by separating it from the connective tissue, salting it, adding additives, and sometimes pasteurizing it for preservation. The most valuable caviar is produced from the eggs of fish belonging to the Acipenseridae family (sturgeon), processed with food-grade salt. Many civilizations from ancient Egypt to the Roman Empire saw caviar as a symbol of luxury and prestige. Caviar is rich in protein, polyunsaturated fatty acids, vitamins and minerals. Therefore, it is a high-value food with positive effects on human health. For this reason, the demand for caviar has increased over time and it has become an important food product in world cuisine. Today, caviar production is carried out entirely through aquaculture in order to prevent the decline of natural sturgeon populations. Analyzing the production process of caviar is of great importance to eliminate or minimize potential health risks. Caviar is preserved through a combination of salting, pasteurization, and cold storage. This article provides comprehensive information on the history, composition, production, quality, microbiology and preservation of caviar.

Received:
13.07.2024
Accepted:
28.10.2024

Keywords: *Caviar, Caviar production, Caviar substitutes*

Cite this article as: Fidan, Y., & Taşçı, F. (2024). Miracle seafood: Caviar. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 14(2), 247-267. <https://doi.org/10.53518/1515836>

GİRİŞ

Havyar, yumurtalıkların bağ dokusundan ayrılarak tuzlama yapılan, katkı maddeleri ilave edilen ve bazen de muhafaza edilmesi amacıyla pastörizasyona tabi tutulan balık yumurtalarından elde edilen bir üründür (Fioretto ve ark., 2005). Havyar'ın kökeni geleneksel olarak Rus ve Pers imparatorluklarına dayanmaktadır ve günümüzde tüm dünyada takdir edilen en pahalı ve lüks gıda ürünlerinden birisini temsil etmektedir (Vasconi ve ark., 2020). Havyar teriminin kökeni Mahi Khaviari'nin Farsça olan söyleminden "yumurta üreten balık" anlamına gelmektedir (Tavakoli ve ark., 2021). Dünyanın en pahalı havyarı 100 yaşının üzerinde olduğu iddia edilen Beluga mersin balığından elde edilen "Almas" tır. Almas'ın rengi beyazdan altına kadar değişiklik göstermektedir ve son derece nadir bulunmaktadır (Bledsoe ve ark., 2003). Almas 24 ayar altın kutularda paketlenmekte ve kilogramı 35.000 ABD dolarına satılmaktadır (Bledsoe ve ark., 2003; Mouritsen, 2023).

Bazı ülkelerdeki mevzuata göre havyar terimi yalnızca mersin balığından elde edilen işlenmiş balık yumurtası için kullanılmaktadır. Bu ülkelerde havyar yerine kullanılan ürünlerin üzerindeki etiketin genellikle menşei türünün ortak adıyla birlikte açıkça belirtilmesi gerekmektedir. Örneğin, uçan balık yumurtası yani "tobiko", "uçan balık havyarı" olarak satışa sunulmalıdır (Tavakoli ve ark., 2021).

Havyar içerdiği A vitamini ve kompleks B vitaminleriyle yönüyle yüksek besin değerine sahip pahalı bir lezzettir (Heshmati ve ark., 2011). Havyar üretiminin hammaddesi, üreme terminolojisinde dişi balık veya kabuklu deniz hayvanlarının yumurtalıklarında bulunan yumurta kütlesi olarak adlandırılan yumurta hücrelerinden (oositler) oluşmaktadır (Maćkowiak-Dryka ve ark., 2020). Modern hasat yöntemleri balığın öldürülmesini engelleme eğiliminde olsa bile, mersin balığı yumurtaları canlı balıklardan veya ölümden hemen sonra (birkaç dakika içinde) alınmaktadır (Monfort, 2002). Yumurtalar zarlarından temizlendikten sonra havyarı korumak için salamura edilmektedir. Tuz konsantrasyonu %3,5-5 ve pH'sı 4-5 arasında değişen salamurada 4-6 hafta bekletildikten sonra -20°C sıcaklıkta depolanmaktadır (Altug ve Bayrak, 2003). Balık yumurtası genellikle tüketime hazır ürün olup taze, dondurulmuş, salamura edilmiş, tütsülenmiş ve konserve olarak pazarlanmaktadır (Monfort, 2002; Vasconi ve ark., 2020).

Günümüzde, su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen mersin balığı havyarının başlıca üretici ülkeleri arasında Çin, İtalya, Fransa, Amerika Birleşik Devletleri ve İran yer almaktadır (Dudu ve Georgescu, 2024). CITES Ticaret veri tabanına göre, 2022-2024 yılları arasında *A. baerii* ve *A. gueldenstaedtii* ticareti en fazla yapılan mersin balığı türleridir (CITES, 2024).

HAVYARIN TARİHÇESİ

Havyar dünyanın en lezzetli yiyeceği olarak kabul edilmekte ve genellikle Çin'de "siyah altın" olarak bilinmektedir (Hu ve ark., 2023). Havyar üretimi tarihsel olarak Rusya'da başlamıştır ve 20. yüzyılın başlarında Rusya havyar ticaretinde önemli bir ülke haline gelmiştir (Sicuro, 2019).

Mersin balığı havyarına yönelik artan talebe karşılık tedarik azalmaktadır. Son on yıldır Hazar Denizi'nden mersin balığı hasadı azalmıştır ve şu anda ki üretim tüketicilerin siyah havyar talebini karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Avrupa ile Orta ve Doğu Asya'da Hazar Denizi mersin balığı havyarı (*Huso spp.*) ve Acipenser türlerinin üretimi son yıllarda azalmış ve bu yüzden siyah havyar kaynağı olarak diğer balık türlerine (*A. transmontanus* gibi) ilgi yönelmiştir (Bledsoe ve ark., 2003).

Verimlilik açısından bakıldığında geçmişteki ve şimdiki havyar üretimindeki temel fark, yabani havyardan çiftlik havyarına olan kesin geçiştir. Günümüzde mersin balığı doğal popülasyonlarının azalmasını önlemek amacıyla havyar üretimi tamamen su ürünleri yetiştiriciliğiyle yapılmaktadır. Bu durum mersin balığı su ürünleri yetiştiriciliği için son derece olumlu perspektifler sunmaktadır (Sicuro, 2019).

Dünya su ürünleri yetiştiriciliğinde mersin balığı üretimi 2020 yılında yaklaşık 123,476 tondur (EUMOFA, 2023). Günümüzde mersin balığı yetiştiriciliğinde Çin dünya çapında liderdir ve 2020'de mersin balığı üretiminde 104,280 tonla üretimin %84'üne katkıda bulunmuştur (Bronzi ve ark., 2019; Tunçelli ve Yamaner, 2024). Onu % 4' lük payıyla Rusya (4,836 ton) ve % 3' lük payıyla Ermenistan (4,200 ton) takip etmektedir. İtalya, 2020 yılında 1051 tonluk üretimiyle AB üreticileri arasında en fazla mersin balığı üretimi yapan ülkedir

(EUMOFA, 2023). Türkiye’de 2017 yılında mersin balığı üretimi 23 ton civarında olmuştur (Bronzi ve ark., 2019).

Mersin balığı havyarı 2023 yılında toplam 916 ton ihraç edilmiştir. Bunun 276 tonu (% 30,1) Çin, 148 tonu (% 16,2) ABD, 73 tonu (% 8) Polonya, 67 tonu (% 7,3) İtalya ve 62 tonu (% 6,8) Litvanya tarafından gerçekleştirilmiştir (Workman, 2024).

Diğer ülkelerle karşılaştırıldığında Türkiye’de havyar üretiminin kısa bir geçmişi vardır. Türkiye’de havyar üretimi 1950’li yılların başlarında başlamış, 1960’lı yıllarda zirveye ulaşmış ve 1970’li yılların sonlarına doğru azalmaya başlamıştır. Mersin balığı balıkçılığı Kızılırmak, Sakarya ve Çoruh haliçlerinde çalışılarak öğrenilmiştir. Son 40 yılda Türkiye’deki tüm türlerin durumu tamamen değişmiş, mersin balığı türleri yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Altı mersin balığı türü (*Acipenser gueldenstaedtii*, *Acipenser nudiventris*, *Acipenser stellatus*, *Acipenser sturio*, *Acipenser ruthenus* ve *Huso huso*) tarihsel olarak tüm Karadeniz’e özgüdür ve bu nedenle aynı zamanda Karadeniz kıyısındaki Türk nehirlerindeki yerli balık faunasında bir parçasıdır (Memis, 2014). Türkiye’de bulunan mersin balığı türleri ve yerel isimleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye’de bulunan mersin balığı türleri ve yerel isimleri (Üstündağ, 2005).

Tür	Yerel İsmi
<i>Huso huso</i>	Mersin morinası
<i>Acipenser sturio</i>	Kolan balığı
<i>A. stellatus</i>	Sivruşka balığı
<i>A. nudiventris</i>	Şip balığı
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	Rus mersin balığı
<i>A. ruthenus</i>	Çuka, Çığa balığı

Türkiye’de halihazırda iki mersin balığı çiftliği yatırımı vardır. Bunlardan biri 2008 yılında Akdeniz bölgesinde yer alan Adana şehrinde, diğeri ise 2013 yılında aynı bölgede olan Antalya şehrinde kurulmuştur (Memis, 2014).

BALIK YUMURTASI

Deniz balıklarının çoğu, kabuklular (yengeç, karides ve istakoz gibi), yumuşakçalar (midye ve kafadan bacaklılar gibi) ve derisi dikenliler (deniz kestanesi, deniz yıldızı gibi) yumurtalarla çoğalmaktadır (Mouritsen, 2023). Yumurta, dişi balık yumurtası (sert yumurta) veya erkek balığın spermi (yumuşak yumurta) için kullanılan genel bir terimdir (Monfort, 2002). Balık yumurtası, yumurtalıklarda olgunlaşmamış yumurtaların toplanmasını veya olgun yumurtaların suya salınmak üzere olduğunu ifade edilmektedir (Mouritsen, 2023). Codex Alimentarius’a göre balık yumurtası yumurtalıkların bağ dokusundan ayrılmış, ovule olmamış yumurtalarıdır (CAC, 2010). Üreme açısından bakıldığında iyi kaliteli yumurtalar genellikle kuluçka sırasındaki yüksek hayatta kalma oranları ve yumurtadan çıkan yavru miktarıyla belirlenmektedir (Schubring, 2004).

Türe ve çevre koşullarına bağlı olarak dişi balığın cinsel olgunluğa ulaşması ve vahşi doğada havyar üretimine uygun hale gelmesi 15 ila 20 yıl sürmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliği ile üretilen mersin balıklarında olgunlaşma yaşı su sıcaklığının yükseltilmesiyle daha erkene alınabilmektedir (Yamaner, 2012). Balıklar her yıl yumurta bırakmamaktadır (Vecsei, 2001). Dişi balıklar 2 ila 11 yıl aralıklarla, erkek balıklar ise 1 ila 6 yıl aralıklarla sperma bırakmaktadır (Yamaner, 2012). Olgunluğa erişen balıklar ilkbaharın başlangıcında nehirlere girmektedir ve balıkların yumurtlaması, nehrin su sıcaklığı 12-17°C’ye ulaştığında, 1-10 m derinliğinde, akıntının hızlı olduğu çakıllı yerlerde olmaktadır (MEB, 2016).

Mersin balıklarında yumurtalıklar bir bağ dokusu ve matriks içinde bir arada tutulan tekil yumurta gruplarını içeren iki eş organdır. Havyar için pazarlanan olgun dişilerin yumurtalıkları toplam vücut ağırlığının %10 ila %30'unu oluşturmaktadır. Yumurtalık karın boşluğunun içinde sırt duvarına yapışmıştır. Bir bağ dokunun içinde tutulan yumurtalar asmada büyüyüp olgunlaşan bir salkım üzüm gibi karın boşluğunda gevşek bir şekilde sarkmaktadır (Chapman ve Van Eenennaam, 2016). Beluga mersin balığı (*Huso huso*), mersin balıklarının en iri yapılısıdır ve yumurtalarının ağırlığı 30 kilogramı geçmektedir (Vecsei, 2001).

Yumurtaların yumurtlamadan önce büyüyüp olgunlaşması gerekir. Her yumurta, yumurtayı doğrudan besleyen "foliküler hücre tabakası" adı verilen özel hücrelerden oluşan bir örtü ile çevrelenmektedir. Yumurtanın büyüme ve olgunlaşma süreci oldukça uzun olabilir, aylardan birkaç yıla kadar sürebilmektedir (Chapman ve Van Eenennaam, 2016). Olgunlaşma döneminde yumurtalar dişi balığın gonadlarında çok küçük boyutlardan dikkat çekici boyutlara kadar gelişir ve olgunlaşır. Yumurtaların olgunlaşması sürecinde vitellogenesis ile proteinler, lipidler, karbonhidratlar ve mineraller yumurtada depolanır. Bu maddeler dışının karaciğerinde yumurtaların dışında sentezlenmektedir. Vitellogenesis sırasında kan yoluyla yumurtalığa taşınır ve yumurta sarısının oluşmasını sağlar (Schubring, 2004). Yumurta sarısının oluşmasından sonra yumurtalar pigmentlenirler (kahverengi, gri, siyah) ve maksimum boyuta (2,8 ila 4,2 mm) ulaşırlar (Chapman ve Van Eenennaam, 2016).

HAVYAR

Codex Alimentarius'a göre "havyar" Acipenseridae (mersin balığı) ailesine ait balık yumurtalarının gıdaya uygun tuzla işlenmesiyle elde edilen bir üründür (CAC, 2010). Diğer türlerden elde edilen yumurtaların ise havyar olmadığı, "havyar ikameleri ya da havyar yerine geçenler" olarak adlandırılması gerektiği belirtilmektedir (Mouritsen, 2023). "Havyar ikameleri" suda yaşayan hayvanlardan, kabuklu deniz hayvanlarından ve de mersin balığı dışındaki diğer balık türlerinden elde edilen yumurta ürünleri için kullanılan bir terimdir (Tavakoli ve ark., 2021).

Bronzi ve Rosenthal (2014) 'a göre havyar 6 kategoride tanımlanmıştır:

1. **Havyar:** Acipenseridae ailesine ait mersin balığı yumurtalarından üretilen gerçek havyardır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
2. **İkame Havyar:** Dünyanın dört bir yanından çok sayıda başka balık türlerinden elde edilen yumurtalardır. Bazen gerçek havyarın görünümünü daha iyi taklit etmek için çeşitli maddelerle boyanmaktadır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
3. **Taklit Havyar:** Havyar taklitleri deniz balıkları, deniz yosunu ile karıştırılmış ıstakoz eti vb. ile bitkisel materyallerden (pektin, bal, karabuğday, soya fasulyesi unu, yosun vb.) pigment, esans, tuz gibi gıda katkı maddeleri ile yapılmaktadır. Doğal havyarın görünüşünü ve tadını taklit etmektedir (Hu ve ark., 2023).
4. **Havyar Benzetimi:** Balık ürünlerinin yanı sıra diğer biyolojik maddelerden elde edilmektedir. Bu ürünler havyar görünümünde olmayan, ancak tadını taklit etme amacı taşıyan çok çeşitli ürünleri içermektedir. Bu ürünler macun veya sürülebilir formdadır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
5. **Havyar Türevleri:** Gerçek havyar içeriğine sahip olan ürünlerdir, ancak tamamen farklı görünüm ve kullanımlara sahiptir. Orijinal ürünün çekiciliğini ve imajını beğenen ancak geleneksel havyar tüketicileri olmayan tüketicileri hedefleyen ürünler arasında yer almaktadır (Bronzi ve Rosenthal, 2014).
6. **Duyusal Havyar:** Bu ürünler çoğunlukla duysal bir lezzet katmakta ancak havyar içermemektedir. "Havyar" adı lüks bir imaj uyandırmak, ürün ve hizmetlerini yüksek bir değere çıkarmak için bir pazarlama stratejisi olarak dahil edilmiştir. Bunlar yenilebilir olabileceği gibi yenmeyen ürünler de olabilmektedir (Bronzi ve Rosenthal, 2014).

HAVYARIN TİCARİ KATEGORİLERİ

1. Malossol: Bu havyar düşük tuz içeriğine (%2-3) sahip, potansiyel olarak yüksek kaliteli bir havyardır. Yakalanan mersin balığı kalite kontrolünün ardından mukus ve yüzey kirliliğini gidermek için yıkanır ve kanının akması için solungaçları kesilir (2-3 dakika). Daha sonra balığın karın kısmı kesilerek yumurtaların çıkarılması sağlanır. Yumurtalar 1-3 kez yıkanır, tartılır ve tuz ilave edilir. ‘Malossol’ hafif tuzlu havyar olarak bilindiğinden tuz ilavesi %2-3’ten fazla olmamalıdır. Ürünler sıcaklığı 0-3°C’de tutulan kaplarda saklanmaktadır. Bu tür havyarlar içerdiği tuz nedeniyle koruyucu madde kullanılmadan ve dondurulmadan -2°C ve -3°C sıcaklıkta 3 ay saklanabilmektedir (Tavakoli ve ark., 2021).

2. Tuzlu Havyar: Malossol ile aynı işlemler uygulanarak hazırlanan ancak daha uzun raf ömrü için daha yüksek tuz içeriğine sahip (%10-12) olan havyardır (Chapman ve Van Eenennaam, 2016).

3. Preslenmiş Havyar: Preslenmiş havyar üretiminde daha düşük kaliteli ve kabuğu hasarlı yumurtalar kullanılmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021). Bazı tüketiciler yoğun tadı ve sürülebilir dokusu nedeniyle tercih etmektedir (Chapman ve Van Eenennaam, 2016).

4. Ovule Olmamış Yumurta: Daha yakın zamanda geliştirilmiş olan ve patentli bir süreci içeren dördüncü bir kategori daha vardır. Bu yöntemde dişi mersin balığına ya bir hormon verilir ya da balığı öldürmeden hatta kesmeden yumurtalarını bırakmalarını (yumurtalama) teşvik etmek için yapay olarak uyarılmaktadır (Chapman ve Van Eenennaam, 2016). Bir sonraki adımda yumurtaların kabukları şişme ve suda sertleşmeye karşı korunmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021).

MERSİN HAVYARI

En değerli havyar Hazar Denizi’nde avlanan mersin balıklarından üretilmiştir. Kıkırdak iskeletli (Chondrostei) takımına giren mersin balıkları Acipenseridae ailesine ait 27 balık türünün ortak adıdır (MEB, 2016; Tavakoli ve ark., 2021). Mersin balığı ailesinin *Acipenser*, *Huso*, *Pseudoscaphirhynchus* ve *Scaphirhynchus* olmak üzere dört cinsi vardır (Tavakoli ve ark., 2021) Bu cinslere ait türlerden yalnızca 14’ü ticari açıdan öneme sahiptir (Fahim ve ark., 2018). En ünlüleri Rus ve İran Beluga (*Huso huso*), Osetra (*Acipenser gueldenstaedtii*) ve Sevruga (*A. stellatus*) mersin balıkları tarafından üretilen havyarlardır. Ayrıca Çin veya Kaluga mersin balıklarından (*Huso dauricus*, *A. dauricus* veya *A. manschuricus*) ve Amur nehri mersin balığından (*A. schrenki*) elde edilen havyarlarda yaygın olarak tüketilmektedir. Amur nehri mersin balığı (*A. schrenki*) hem Çin’i hem de Rusya’yı boydan boya geçen Amur nehri havzasında yaşar. Bunların hepsi yüksek kaliteli ve pahalı olan mersin balığı havyarının önemli kaynaklarıdır. Diğer önemli havyar kaynakları ise Rus mersin balığı (*A. gueldenstaedtii*), gemi mersin balığı (*A. nudiiventris*) ve Sibiryaya mersin balığı (*A. baerii*)’dır (Bledsoe ve ark., 2003).

Son yıllarda dünyadaki mersin balığı popülasyonu %70 oranında azalış göstermiştir. Bu azalışın sebebi çevre kirliliği, seçici olmayan balıkçılık aletlerin kullanımı, nehirlerde kurulan barajlar ve yasadışı avlanan mersin balıklarıdır. Tüm mersin balığı türleri Nisan 1998’den bu yana CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora / Nesli Tehlikede Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme) kapsamına alınmıştır (Vecsei, 2001).

Beluga, Osetra ve Sevruga

En tanınmış balık türleri ve onlardan üretilen değerli havyar çeşitleri; *Huso huso*’dan Beluga, *Acipenser gueldenstaedtii*’den Osetra, *Acipenser stellatus* ve *A. persicus*’ dan Sevruga’dır (Lopez ve ark., 2020). Mersin balığı havyarının ticari ve tür isimleri Tablo 2’de verilmiştir.

Beluga mersin balığı (*H. huso*) dünyadaki en büyük mersin balığıdır ve 5 m uzunluğa, 2 tondan fazla ağırlığa sahiptir. Rus mersin balığı (*Acipenser gueldenstaedtii*) ve İran mersin balığı (*A. persicus*) genellikle 2 m’ye ulaşan ve 65 ila 115 kg ağırlığa sahip orta büyüklükteki mersin balıklarıdır. İki tür morfolojik açıdan oldukça benzerdir. Yalnızca immünokimyasal özelliklerine göre birbirinden ayrılırlar Sevruga mersin balığı (*Acipenser stellatus*) ise 2 m’ye ulaşır ve 80 kg’a kadar ulaşan ağırlığa sahiptir (Monfort, 2002). Osetra havyarının taneleri, Beluga havyarının tanelerinden daha küçüktür (çapı 2 ila 3 mm). Osetra havyarının rengi koyu kahverengiden altın sarısına kadar değişmektedir. Sevruga havyarı ise daha küçük tanelerden oluşmaktadır (Monfort, 2002).

Yumurtanın boyutu tür içinde çok değişkenlik göstermemektedir. En büyük havyar tanesini *Huso huso* verir, bunu sırasıyla *A. gueldenstaedtii*, *A. baeri* ve *A. stellatus* takip etmektedir (Frag ve ark., 2021).

Tablo 2. Mersin balığı havyarının ticari ve tür isimleri (Monfort, 2002).

Havyarın Ticari İsmi	Tür
Beluga	<i>Huso huso</i>
Osetra	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> , <i>A. persicus</i> , <i>A. nudiventis</i> , <i>A. nudiventis</i> , <i>A. schrenckii</i>
Sevruga	<i>Acipenser stellatus</i>
Caviar d' Aquitaine	<i>Acipenser baerii</i>
Calvisius (İtalya)	<i>Acipenser transmontanus</i>
Sterling (ABD)	<i>Acipenser transmontanus</i>

İthal siyah havyarın mevcut fiyatları ons başına (28,3 gram) 125,00 doları aşabilmektedir. Bir tonluk tek bir beyaz (Beluga) mersin balığı toptan pazarda yüz binlerce dolar değerinde olan 158 kilogram havyar üretebilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Siyah havyar aynı zamanda ABD'deki Mississippi-Missouri drenajına özgü *Acipenseriform* bir tür olan mersin balığının alt akrabası Kaşık-Ağızlı Mersin balığı'ndan (*Polyodon spathula*) elde edilmektedir (Frag ve ark., 2021).

DİĞER BALIK TÜRLERİNDEN ÜRETİLEN HAVYARLAR

Hazar denizi mersin balığı havyarı (*Huso sp.*) ve *Acipenser* türlerinin bulunabilirliğinde ki azalma diğer balık türlerinden elde edilen havyar ürünlerine daha fazla ilgi gösterilmesine neden olmuştur. Buna ek olarak suşi ve sashimi'nin popüleritesinin ve uluslararası füzyon mutfaklarına olan ilginin artması, pazarların genişlemesi diğer balık türlerinden elde edilen yumurtalardan yeni ürünler geliştirilmesini teşvik etmiştir (Bledsoe ve ark., 2003).

1. Somon Havyarı (İkura-Sujiko)

Yaygın bir şekilde tüketilen somon yumurtası ürünleri chum somonu (*Oncorhynchus keta*) ve pembe somon (*Oncorhynchus gorbuscha*) gibi balık türlerinden elde edilen "ikura" ve "sujiko"dur (Bekhit ve ark., 2009). Somon havyarı, esas olarak Japonya'ya bütün yumurtalıklar veya keseler (sujiko) ve tekli yumurtalar (ikura) olarak ihraç edilen, tuzlanmış bir lezzettir. Son yıllarda ikura'nın popüleritesi önemli ölçüde artmıştır. İkura üretimi geleneksel olmayan sujikoya göre çok daha fazla işlem gerektirmektedir (Himelbloom ve Crapo, 1998).

2. Lumpfish Havyarı

Lumpfish havyarı dişi lumpfish balığının (*Cyclopterus lumpus*) yumurtasından elde edilmektedir (Johannesson, 2006). Lumpfish yumurtası genellikle kırmızı veya siyah renkli 2 ila 5 mm'lik küçük bir yumurtadır. Olgunlaşmamış yumurtalar için gri-beyazdan, olgunlaşmış yumurtalar için mordan kırmızıya, aşırı olgunlaşmış yumurtalar için kırmızımsı turuncuya kadar değişmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Lumpfish balığı ABD, Kanada, Grönland, Norveç ve İzlanda kıyılarında yakalanmaktadır. İsveç, Kanada ve İzlanda lumpfish havyarı üretiminde dünya lideridir (Mouritsen, 2023). Lumpfish yumurtası pastörizasyonda diğer havyar ürünlerinden daha iyi hayatta kalabilmekte ve rafta stabil olmasını sağlayacak şekilde yüksek tuz ve yeterince düşük su aktivitesinde üretilebilmektedir. Lumpfish havyarının su aktivitesini azaltmak için kitre (Taragakant Zamkı) ve sodyum benzoat eklenebilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).

3. Yayngiller Balık Yumurtası

Kanal kedi balığı (*Ictalurus punctatus*) siyah havyar üretimi için ham madde kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Daha doğru bir ifadeyle siyah havyarın alternatifi olarak adlandırılmaktadır. *Ictalurus* sp. ve *Clarius* sp. gibi bazı yayıngil balıklarından üretilen havyar, çok dişli mersin balığıgiller (Paddlefishes) veya sterlet havyarına benzemektedir, ancak rengi koyu kömür renginden altın rengine kadar değişebilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Yayıngil balığı yumurtası %24,6 protein ve yüksek miktarda lösin içermektedir (Sathivel ve ark., 2009).

4. Tobiko

Uçan balık yumurtası veya tobiko, *Cheilopogon furcatus* (nokta yüzgeçli uçan balık)'dan elde edilir ve suşi hazırlıklarında kullanılır. Tobiko çıtır bir dokuya ve altın turuncu renge sahiptir. Büyüklüğü 2 mm veya daha azdır. Acı biber, wasabi (Japon yaban turpu) ile tatlandırılır ve açık bahar yeşiline boyanır (Bekhit, 2022).

Tobiko'ya olan yüksek talep, ringa balığı (*Clupea* sp.) ve diğer balık türlerinin yumurtalarından taklit tobiko üretilmesine yol açmıştır. Taklit tobiko yapmak için bütün tuzlanmış olgunlaşmamış ringa balığı yumurtası kullanılmaktadır (Bekhit, 2022).

5. Bottarga

Kuru tuzlanmış kefal (*Mugil cephalus*) yumurtası muhtemelen en iyi bilinen kurutulmuş balık yumurtası ürünüdür ve farklı ülkelerde yerel isimlerle bilinmektedir (Bekhit, 2022). Örneğin; Yunanistan'da Avgotaraho, Fransa'da Poutargue, İtalya'da Bottarga ve Japonya'da Karasumi olarak adlandırılmaktadır (Careda ve ark., 2018). Kurutulmuş kefal yumurtasından ekstrakte edilen yağın %60-70'ini oluşturan balmumu esterleri, ürüne karakteristik çignenebilir bir doku kazandırmaktadır. Ürün 4-5 saat tuzda kürlenme, ardından tuzun uzaklaştırılması, ahşap bir kalas altında preslenmesi ve ürünün orijinal ağırlığının %30'u alınana kadar havayla kurutulmasıyla hazırlanmaktadır (Bekhit, 2022). İşlemden sonra yumurtanın rengi sarı-altın renginden koyu kehribar rengine kadar değişmektedir. Bottarga parçalar halinde (bozulmamış keseler) satılmaktadır ve vakumla paketlenmektedir. Yumurta kesesinin tamamının yanında, cam kavanozlarda paketlenmiş, rendelenmiş, kurutulmuş bottarga veya vakumla paketlenmiş bottarga dilimlerinden yapılan bottarga ezmesini de bulmak mümkündür (Monfort, 2002). Bottarga'nın organoleptik karakteri yoğun ve tatlı bir lezzettedir. Belirgin tuzlu bir lezzete sahiptir ama yuvarlak ve dengeli, ağızda hafif acı ve baharatlı bir tat bırakmaktadır (Corrias ve ark., 2020).

6. Morina Yumurtası

Tuzlu morina yumurtası; *Gadus macrocephalus* (Pasifik morinası), *Gadus morhua* (Atlantik morinası) ve diğer beyaz balıklardan elde edilen yumurtalardır. Bu yumurtalar şekerle tatlandırılır, nitritle işlenir, bazende tütsülenir. Bu yumurtalar satılmadan önce birkaç ay boyunca olgunlaştırılır. Morina yumurtaları tek başına tüketilir veya ekmek ya da krakerlerde kullanılmak üzere tereyağı, yumuşak peynirler veya diğer sürülebilir ürünler ve bitkilerle karıştırılarak tüketilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).

6.1. Tütsülenmiş Morina Yumurtası

Morina yumurtası tütsülenmeden önce (taze veya dondurulmuş) salamura veya kuru tuzlama yoluyla tuzlanmaktadır. Daha sonra bu yumurtalar soğuk tütsülenmektedir. Bu işlem sırasında ağırlık kayıpları %20 ile %30 arasında değişmektedir. Tütsülenmiş morina balığı yumurtalarının tamamı vakumlu paketlerde satılabilmektedir (Monfort, 2002).

6.2. Tüpte İskandinav Havyarı

Tüpte morina yumurtası İskandinavya'da oldukça yaygın bir gıda ürünüdür, soğuk tütsülenmiş veya tütsülenmemiş şekerle tuzlanmış olarak hazırlanmaktadır. Genellikle 175 g veya 250 g tüplerde satılmaktadır. Bu ürün pastörize edilmemiştir ancak yüksek tuz içeriği, düşük sıcaklıklarda (0°C ve +4°C) saklandığında uzun bir raf ömrü sağlamaktadır. Bu, İsveç'in bir numaralı pazar payına sahip olduğu, onu Norveç ve Finlandiya'nın takip ettiği tipik bir İskandinav ürünüdür (Monfort, 2002).

7. Kazunoko

Pasifik ringa balığı (*Clupea pallasii*) ve Baltık ringa balığı (*Clupea harengus*) yumurtası Asya'da, özellikle Japonya'da çok ilgi görmektedir. Kazunoko veya "sarı elmas" yumurtası tuzlanmış ringa balığı ve onun bağ dokusudur (Bekhit, 2022). Ringa yumurtası keseleri yaklaşık 3 cm genişliğinde ve 8 cm uzunluğundadır. Tekli yumurtaları ise 1,3-1,5 mm kadar küçüktür ve açık sarı renktedir. Ringa yumurtası yağsız olup yalnızca %2-4 oranında yağ içermektedir. Yumurtaların ağızda bıraktığı his neredeyse tobiko kadar çıtırır (Mouritsen, 2023). En değerli kazunoko iki yumurta kesesinin tam olarak eşleştirilmesiyle elde edilmektedir (Bekhit, 2022).

Ringa balığının kalitesi nasıl toplandığına bağlıdır. Balıklar birbirlerine karşı agresyon sergiledikçe ve yumurta hasadı sırasında oluşan stres sonucu yumurta kesesi rengini kaybeder ve zarar görek üzerinde kan çizgileri meydana gelir. Yumurta keselerinin doğal şeklini ve yapısını korumak için balıklar, ideal bir şekilde tuzlu suda dondurma, şok veya plaka dondurma kombinasyonlarıyla dondurulmaktadır (Bekhit, 2022). Kıyı Avrupa'sında ringa balığı yumurtası geleneksel olarak kızartılmış, tütsülenmiş ve tuzlanmış olarak tüketilmektedir (Mouritsen, 2023).

8. Beyaz Balık Yumurtası

Beyaz balık yumurtası, kefal (*Mugilcephalus*) ve çeşitli beyaz balıklardan *Coregonus huntsmani* (Atlantik beyaz balığı), *Coregonus clupeaformis* (göl beyaz balığı), *Prosopium williamsoni* (Dağ veya Rocky Dağları (altın) beyaz balığı), *Coregonus albula* (beyaz balık veya vendace), *Coregonus lavaretus* (lavaret), *Rutilus rutilus* (kızıl göz), *Perca fluviatilis* (tatlı su levreği), *Clupea pallasii* (Pasifik ringa balığı), *Clupea harengus* (Atlantik veya Baltık ringa balığı) ve *Lota lota* (tatlı su gelinciği) elde edilmektedir. Bunlar Avrupa'da yaygın olarak kullanılan ürünlerdir. Bu yumurtalar salamura edilmekte ve bazen tütsülenmektedir (Bledsoe ve Rasco, 2006).

9. Mentaiko

Karashi mentaiko "mentiko" olarak da bilinmektedir. Japon ve Kore pazarlarındaki bir diğer popüler balık yumurtası ürünüdür (Bekhit, 2022). Mentaiko alaska mezgiti (*Theragra chalcogramma*) havyarı olarak da bilinmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Baharatlı pollock yumurtası (mezgit havyarı) Kore pazarlarında çeşni olarak satılır ve "baharatlı yumurta" veya "metai" olarak bilinmektedir (Bekhit, 2022). Mentaiko Güney Kore ve Japonya'da oldukça popüler olmakla birlikte Rus ve Fransız mutfağında da kullanılmaktadır (Mouritsen, 2023). Pembe renkli bir mentaiko oluşturmak için sodyum nitrit, askorbik asit veya nikotinik asit kullanılabilir (Bekhit, 2022).

Mentaiko'nun daha küçük tuzlu yumurta keseleri "tarako" olarak adlandırılmaktadır. Japonca'da morina balığı yumurtası anlamına gelen tarako aslında morina balığı yumurtasından değil, pollock yumurtasından yapılmaktadır (Bekhit, 2022).

HAVYARIN BESİN DEĞERİ

Havyar, dünya çapında en popüler yenilebilir balık yumurtası ürünüdür ve yüksek besleyici değeri, yüksek kaliteli protein, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), A, B, C, D ve E vitaminleri açısından zengin olması nedeniyle değerlidir (Farg ve ark., 2021). Doğal havyarın ve havyar ikamelerinin besin bileşimi türler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Hu ve ark., 2023). Bunun nedeni yumurtaların olgunluğunun yanı sıra coğrafi bölge, hasat mevsimi ve işleme yöntemidir. Olgunluk seviyesinin artmasıyla birlikte suyun lipitlere oranı ve kütlesi artmaktadır. Salamura işleminden sonra nem miktarı azalmakta, protein ve lipit yüzdesi ise artmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021). Balık yumurtasının besin değeri, coğrafi bölgeye ve yıllık mevsime göre değişmektedir. Balık yumurtalarındaki protein ve yağ, balığın kendi etine kıyasla çok daha yüksektir; yumurtanın yağ içeriği olgunlaşmamışken en yüksek seviyededir (Schubring, 2004).

Kanatlı hayvan yumurtaları gibi balık yumurtası da yüksek konsantrasyonlarda lipid ve protein içermektedir. Genel olarak balık yumurtası ürünleri protein bakımından yüksektir (%16 ila %30). Ham lipit içeriği ise %5 ile %20 arasında değişebilmektedir ve somon için ortalama değer %10 civarındadır (Bledsoe ve ark., 2003).

Yüksek kaliteli Rus havyarı %48 organik madde, %40 su ve %12 yağ; Somon havyarı ise %49 su, %32 protein, %11 yağ, %7 kül ve %3 tuz içermektedir (Altug ve Bayrak, 2003). Siyah ve kırmızı (taneli) havyarın besin değeri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Siyah ve kırmızı (taneli) havyarın besin değeri (100 g) (USDA, 2018a).

Havyarın Besin Değeri (100 gram)			
Enerji	264 kcal	Çinko (Zn)	0,95 mg
Su	47,5 g	A vitamini	905 IU
Protein	24,6 g	Tiamin	0,19 mg
Toplam yağ	17,9 g	Riboflavin	0,62 mg
Kül	6,5 g	Niasin	0,12 mg
Karbonhidrat	4 g	Pantotenik asit	3,5 mg
Sodyum (Na)	1500 mg	B6 vitamini	0,32 mg
Kalsiyum (Ca)	275 mg	Folat	50 µg
Demir (Fe)	11,9 mg	B12 vitamini	20 µg
Magnezyum (Mg)	300 mg	Kolekalsiferol	2,9 µg
Fosfor (P)	356 mg	Alfa- tokoferol	1,89 mg
Potasyum (K)	181 mg	Filokinon	0,6 µg

Havyarda Omega-3 yağ asitleri, selenyum, B12 ve D vitaminleri, diğer birçok mineral ve vitamin bol miktarda bulunmaktadır. Günlük 1 g havyardaki Omega-3 yağ asitleri sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu asitler arter sağlığını desteklemektedir, felç, kalp hastalığı ve pıhtılaşma riskini azaltmaktadır. Ayrıca, omega-3 yağ asitleri, ruh halini ve bilişi iyileştirmesi yanı sıra depresyon, bipolar hastalıklar için popüler bir tedavi yöntemidir. Havyar, hücreleri serbest radikallerden koruyan selenyum ve E vitaminini içermektedir ve bunlar birlikte hareket etmektedir. Bu temel eser mineralin sağlık açısından faydaları arasında güçlendirilmiş bağışıklık ve daha iyi hafıza yer alır. (Mandal ve ark., 2023; Sicuro, 2019). B12 vitamini, kırmızı kan hücresi üretimine yardımcı olmaktadır. Havyar, C vitamini, A vitamini, çinko, kalsiyum, magnezyum ve demir de içermektedir. Araştırmalar havyarın erektil disfonksiyona yardımcı olduğunu ortaya koymaktadır. Havyarın antioksidanları cilt hasarını iyileştirmeye ve Parkinson gibi nörolojik hastalıkları önlemektedir. Havyarın yüksek pantotenol içeriği, metabolizmayı hızlandıran koenzim A ve 4-fosfopanteteine dönüşür ve havyar kolinerjik içeriği nedeniyle stresi iyileştirmektedir (Mandal ve ark., 2023).

Protein İçeriği

Protein, havyar ve balık yumurtasının ana bileşenidir (Tavakoli ve ark., 2021). Balık yumurtaları, havyara karakteristik tadını veren, özellikle küçük peptidler, 3 alanin, glutamik asit, valin, glisin, arginin ve metiyonin gibi serbest amino asitler olmak üzere çeşitli maddeler bakımından zengindir (Binsi ve ark., 2017).

Balık yumurtası, mersin balığında yaklaşık olarak %26-28 ve chum somonunda %29 oranında yüksek kaliteli protein (ağırlıkça %16-30) açısından zengin bir kaynaktır (Farak ve ark., 2021). Genel olarak balık yumurtasında ortalama %75 ovoglobulin, %13 kollajen ve %11 albümin bulunur. Balık yumurtası ayrıca güçlü bir antibakteriyel madde olan lizozim içermektedir (Tavakoli ve ark., 2021).

Beluga, Imperial ve Osetra havyarlarında protein oranı yaklaşık olarak 100 g yumurtada 24 g'dır, bu da somon ve kefal yumurtalarındaki protein oranı ile (yaklaşık 100 g yumurtada 27 g protein) kıyaslanabilir düzeydedir (Farak ve ark., 2021). Balık yumurtalarında tanımlanan başlıca amino asitlerden biri olan aspartik asit, siyah

havyarlarda 100 g balık yumurtasında 2958-3348 mg arasında saptanmış, bu da kefal yumurtalarındaki seviyesinden (100 g balık yumurtasında 3133 mg) biraz daha yüksek olarak tespit edilmiştir (Farg ve ark., 2021). Kırmızı somon yumurtasının, balık yumurtaları için ikinci en önemli amino asit olarak kabul edilen glutamik asit'in yüksek oranda (100 g balık yumurtasında 4953 mg) bulunduğu bildirilmiştir (Farg ve ark., 2021). Osetra havyarının aminoasit kompozisyonu Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Osetra havyarının aminoasit kompozisyonu (g/100g) (Farg ve ark., 2021).

Osetra Havyarının Aminoasit Kompozisyonu (g/100g)			
Metiyonin	2,56 g	Asparajin	0,075 g
Histidin	0,105 g	Aspartik Asit	3,348 g
Lizin	5,59 g	Glutamin	4,85 g
Lösin	0,367 g	Serin	3 g
İzolösin	0,163 g	Glisin	0,285 g
Fenilalanin	0,227 g	Arjinin	0,31 g
Treonin	0,38 g	Prolin	0,065 g
Triptofan	0,18 g	Alanin	0,814 g

Yağ İçeriği

Farklı balık türleri için havyardaki yağ asitlerinin bileşimi önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Bunlar, en faydalı esansiyel yağ asitleri arasında yer alan yani doğrudan insan vücudu tarafından sentezlenemeyen ve gıdalardan alınması gereken orta zincirli, doymuş yağ asitlerini farklı miktarlarda içermektedirler (Tavakoli ve ark., 2021). Balık yumurtası ürünleri, başta EPA (Eikosapentaenoik Asit) ve DHA (Dokosaheksaenoik Asit) olmak üzere yüksek seviyelerde uzun zincirli n-3 PUFA'ya (toplam yağ asitlerinin %30-50'si) sahip önemli miktarda lipit içermektedir (Rosa ve ark., 2009). Bu yağ asitleri kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde, öğrenme yeteneğinin gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır (Shirai ve ark., 2006).

Balık yumurtası lipidi; çoğunlukla triasilgliserollerden (TAG), fosfolipitlerden (PL), mumlardan ve kolesterolden (Farg ve ark., 2021), lipid bileşiminin ise %42'si trigliseritler, %2,1'i digliseritler, %8,5'i serbest yağ asitleri, %14,0'ı fosfolipitler, %5,7'si kolesterol (376 mg/100 g balık yumurtası) ve %27,6'sı mumlardan oluşmaktadır (Shirai ve ark., 2006).

Beluga, Imperial ve Osetra tipi siyah havyarın toplam lipit içerdiği %14,6 ile 15,9 arasında değişmektedir. Siyah havyarda en baskın yağ asidi oleik asit [18:1 n-9] olup, Beluga en yüksek oleik asit seviyesine sahiptir (%36,2). Onu Imperial (%30,9) ve Osetra (%29,3) türleri takip etmektedir. Buna karşılık, kırmızı somon (%14,9) ve mumlu kefal yumurtaları (%8,4) oldukça düşük seviyelerde oleik asit içermektedir. Oleik asit, aynı zamanda *H. huso* (%31,02) ve *A. schrenckii*'de (%25,2) yüksek seviyelerde mevcuttur (Farg ve ark., 2021). Beluga havyarının yağ asitleri kompozisyonu Tablo 5'de verilmiştir.

Balık yumurtasının kolesterol içeriği tavuk yumurtasının yaklaşık dörtte biri kadardır. Omurgalı balık yumurtasının kolesterol içeriği 300 ila 500 mg/100 g arasında değişmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Alabalıklar, kanal yayın balığı, sazangiller ve Avustralya somonu gibi bazı balık türleri 550 ila 640 mg/100 g arasında değişen kolesterol içermektedir (Farg ve ark., 2021). Balık yumurtasının kolesterol içeriği balık eti, domuz eti, tavuk ve sığır etinden daha yüksektir, ancak Tarako ve Kazunoko'nun kolesterol içeriği bütün bir tavuk yumurtasından daha düşüktür (Shirai ve ark., 2006). Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından 100 g'da sığır eti 90 mg, balık eti 63 mg, domuz eti 80 mg, tavuk eti 88 mg, tavuk yumurtası 372 mg, balık yumurtasının ise 479 mg kolesterol içerdiği belirtilmiştir (USDA, 2018b). Balık yumurtası, bütün

yumurtadan farklı olarak DHA ve EPA miktarı bakımından zengindir ve bu nedenle plazma kolesterol içeriğini artırmamaktadır (Shirai ve ark., 2006).

Tablo 5. *Beluga havyarının yağ asitleri kompozisyonu (Frag ve ark., 2021).*

Beluga Havyarının Yağ Asitleri Kompozisyonu (%)	
Oleik Asit (C18:1)	29,1
Palmitik Asit (C16:0)	29,88
Linoleik Asit (C18:2)	0,78
Linolenik Asit (C18:3)	0,3
Araşidonik Asit (C20:4)	6,2
Palmitoleik Asit (C16:1)	9,65
Stearik Asit (C18:0)	2,32
DHA (C22:6)	5,1
EPA (C20:5)	2,9

Mineral ve Vitamin İçeriği

Havyar ve havyar ikameleri mineraller, özellikle kalsiyum, demir, magnezyum, manganez, fosfor, potasyum, bakır ve çinko açısından zengindir. Bu ürünler ayrıca yüksek düzeyde vitaminler, özellikle D3 vitamini veya kolekalsiferol içermektedir (Tavakoli ve ark., 2021). Örneğin somon yumurtası önemli miktarda A vitamini (50-3000 IU/g), C vitamini (10-30 IU/100 g), D vitamini (5-25 ID/g) ve B1, B2 ve B12 vitaminleri (10-80 IU/100 g) içermektedir. Somon balığı yumurtasının yanı sıra yayın balığı yumurtası da orta düzeyde vitamin içeriğine sahip olup A vitamini 2 mg/100 g, C vitamini 0,26 mg/100 g, D vitamini 0,2 mg/100 g ve E vitamin 0,1 mg/100 g düzeyinde bulunmaktadır (Frag ve ark., 2021).

HAVYARIN GEÇİRDİĞİ İŞLEMLER

İnsan tüketimi için yumurta kesesi pişmiş bütün bir balığın bir parçası olarak yenilebilir veya tuzlanmış, kızartılmış, tütsülenmiş bütün bir organ olarak hazırlanabilir. Ezmelerde, salatalarda ve soslarda kullanılabilir. Ancak çoğu durumda yumurtalar keseden gevşetilerek çıkartılır, hafif tuzlanır ve "havyar" adı verilen bir ürüne dönüştürülür (Mouritsen, 2023).

Havyarın tadı tipik olarak tuzla zenginleştirilse de balığın yediğinden ve yaşamı boyunca ne tür suda yaşadığından büyük ölçüde etkilenmektedir. En yüksek kalite ve lezzete sahip geleneksel birinci sınıf mersin balığı havyarı, halen foliküler hücrelerle çevrili yumurtalar, maksimum boyutuna ulaşmış, bilindik havyar görünümünü ve dokuyu kazanmış ve olgunlaşmaya yeni başlayan yumurtalar (oositler) ile hazırlanan türdür. Yumurtalar olgunlaşmamışsa hem olduğundan daha küçük hem de tam rengine ulaşmamış olur. Yumurtalar çok eskirse, sarıların absorbe etmeye başladığı için şişkinliğini kaybeder (çok daha yumuşak hale gelir) ve şekli düzensiz bir hal alır. Olgunlaşmamış ve aşırı olgunlaşmış yumurtaların kalitesi tehlikeye girmektedir ve ürün çok daha az çekici ve değerli olmaktadır (Chapman ve Van Eenennaam, 2016).

Havyarın Üretiminde Geleneksel Metot Yöntemi

Havyarın geleneksel metot yöntemi ile üretilmesine ilişkin bilgiler fotoğraflar (Chebanov ve Galich, 2013; Oona Caviar, 2024) ile anlatılmıştır (Şekil 1-10).



Şekil 1. Havyar üretimi su ürünleri yetiştiriciliği ile yapılmaktadır. Balık, çiftliklerde özel tanklarda yetiştirilir (Chebanov ve Galich, 2013).



Şekil 2. Mersin balıklarında cinsiyet seksüel dimorfizm nedeniyle dışarıdan gözlemlenememektedir. Balıklar 1 ila 2 yaşlarındaiken ultrason ile cinsiyeti tespit edilmektedir (Yamaner, 2012). Cinsiyet tespiti ultrasonografi ile yapılmaktadır ve havyar üretiminde dişi balıklar kullanılmaktadır (Chebanov ve Galich, 2013).



Şekil 3. Yumurtanın kalitesi ve olgunluğunu (renk, boyut) değerlendirmek için dişi balıklara biyopsi yapılmaktadır (Chebanov ve Galich, 2013).



Şekil 4. *Balığın karın boşluğundaki yumurtalar toplanır (Oona Caviar, 2024).*



Şekil 5. *Toplanan yumurtalar zarlarından arındırılmak üzere paslanmaz çelik eleğin üzerine hafifçe sürülür (Oona Caviar, 2024).*



Şekil 6. *Yumurtalıktan ayrılan tekil yumurtalar alttaki kaba düşer (Oona Caviar, 2024).*



Şekil 7. Yumurtalar temiz suda birkaç kez durulanır (Oona Caviar, 2024).



Şekil 8. Zar kalıntıları ve yapısı bozulmuş yumurtalar cımbızla ayıklanır (Oona Caviar, 2024).



Şekil 9. Havyar tartılır ve tuzlanır. Tuz yüzdesi üretilmek istenen ürüne göre değişmektedir. Ardından ilk tadım gerçekleştirilir (Oona Caviar, 2024).



Şekil 10. Gıdaya uygun metal kaplarda paketlenir. Uygun koşullarda depolamaya kaldırılır (Oona Caviar, 2024).

HAVYARDAKİ MİKROBİYOLOJİK TEHLİKELER

Balık yumurtası başlangıçta sterilidir; ancak üretim sırasında az da olsa kontamine olmaktadır (Miettinen ve ark., 2003). Balıklar, yaşadıkları suyun mikrobiyolojik kalitesine bağlı olarak kontamine olabilmektedir. Yumurtanın balıktan uzaklaştırılması işlemi sırasında balığın yüzeyindeki bu bakteriler yumurtaya aktarılabilir (Arvanitoyannis ve ark., 2005). Yumurtanın elenip ayrılması işlemi kritik bir adımdır ve burada sıklıkla ortaya çıkan hijyen eksikliği mikrobiyel kontaminasyona neden olmaktadır (Fioretto ve ark., 2005).

Havyarın bakteriyel kontaminasyonunu etkileyen temel faktörler pH seviyesi, depolama sıcaklığı ve serbest amino asitlerin varlığıdır. İşleme sırasındaki bakteriyel kontaminasyon, toplam uçucu nitrojen, peroksit değeri, serbest yağ asidi, amonyak ve metilamin, trimetilamin gibi biyojenik aminlerin içeriğini arttırmaktadır (Sicuro, 2019).

Havyarın mikroflorası 35°C'de çoğalan koklar, koli gibi bakteriler, mayalar ve küfler gibi mikroorganizmalardan oluşmaktadır. Bu mikroorganizmalar balığın florasından kaynaklanmaktadır. İşleme sırasında balık yumurtalarına bulaşabilmekte ve havyar üretimi sırasında hijyen ve sanitasyon eksikliği nedeniyle ürünü olumsuz yönde etkilemektedir (Altug ve Bayrak, 2003).

Mikrobiyolojik tehlikeler bakteriyel, viral ve paraziter tehlikeler olarak üçe ayrılmaktadır (Johannesson, 2006).

Bakteriyel Tehlikeler

Havyar çeşitli bakteri türleriyle ve özellikle patojenlerle (*S. aureus*, *Salmonella* sp, *Vibrio* sp, *Aeromonas* sp, *Clostridium botulinum*) kontamine olabilmektedir. Bu nedenle havyar uygun şekilde işlenmediği takdirde gıda güvenliği riskleri oluşturmaktadır (Fioretto ve ark., 2005). Pembe somon (*Oncorhynchus gorboscha*) yani ikura *Aeromonas* sp., *Enterococcus* sp., *Flavobacterium* sp., *Lactobacillus* sp., *Micrococcus* sp., *Moraxella* sp. ve *Pseudomonas* sp. dahil çeşitli psikrotrofik ve mezofilik mikroorganizmalarla kontamine olabilmektedir (Bledsoe ve ark., 2003).

Laktik asit bakterileri insanlar için patojenik değildir ve havyar numunelerinin %20'sinde bulunmakta ve laktik asit üretimiyle diğer birçok mikroorganizmanın çoğalmasına engel olmaktadır. Bu nedenle bazı gıdalar laktik asit bakterileri kullanılarak üretilmektedir. Ancak laktik asit bakterileri kapalı ambalajlarda çoğalarak bozulmaya neden olabilmektedir. Yüksek LAB konsantrasyonları ekşi ve yapışkan organoleptik tatlarla sonuçlanmaktadır (Oeleker ve ark., 2015).

Balık ürünlerinin işlenmesi sırasında, insanlar Gram pozitif bir mikroorganizma olan *Staphylococcus aureus* ile kontaminasyon riskini taşımaktadır. Bu bakteriler tuza dayanıklıdır ve bu nedenle havyar ve balık bazlı tüm salamura edilmiş ürünleri kontamine edebilmektedir (Fioretto ve ark., 2005).

Salmonella Enteritidis kıyıya yakın bölgelerde hayvan ve insan atıklarıyla kirlenmiş sulardan izole edilebilen, çok çeşitli hayvanların bağırsaklarında yaşayan Gram negatif bir mikroorganizmadır. Bu nedenle balıklar sıklıkla *Salmonella* ile kontamine olmaktadır (Fioretto ve ark., 2005). *Salmonella* pastörizasyonla elimine edilmektedir (Johannesson, 2006).

Listeria monocytogenes su ortamında, balıklarda ve balık işleme fabrikalarında bulunması nedeniyle üretim sırasında balık yumurtasını kontamine edebilmektedir (Miettinen ve ark., 2003). *Listeria* spp. gibi psikrotrofik bakteriler ideal koşullar altında 3°C kadar düşük sıcaklıklarda ve yüksek tuzda (%10'a kadar) üreyebilmekte ve soğutulmuş gıdalarda potansiyel bir gıda güvenliği riski oluşturmaktadır (Shin ve ark., 2010). Tüketime hazır deniz ürünleri sıklıkla *Listeria monocytogenes* ile kontamine olmaktadır (Bledsoe ve ark., 2003). *Listeria* türleri yüksek ısı direnci ve soğukta çoğalabilme yetenekleri nedeniyle yaygın bulunmaktadır. ABD Gıda ve İlaç Dairesi tarafından düzenlenen gıdalarda sıfır tolerans politikası sebebiyle, *Listeria monocytogenes*'in kontrolü soğukta saklanan hazır tüketim gıdalarında hayati derecede önemlidir (Al-Holy ve ark., 2004). Yapılan bir çalışmada *Listeria monocytogenes* havyarda dahil olmak üzere kurutulmuş deniz ürünlerinde saptanmış ancak 5°C'de çoğalmadığı belirlenmiştir. Bu durum havyarın koruyuculuğunu sağlayan tuz parametreleri, düşük pH ve kimyasal koruyucuların kullanımı ile ilişkilendirilmiştir (Johannesson, 2006).

Clostridium spp. süt, et, balık, kabuklu deniz ürünleri ve su ortamında yaygın olarak bulunan Gram pozitif, mezofilik, anaerobik, spor oluşturan çubuk formundaki mikroorganizmadır. *C. botulinum*'un spor oluşturmamasını engellemek için havyara yalnızca ısıyla sterilizasyon uygulamak yeterli gelmemektedir. Tavuk yumurtası pişirildiğinde gözlemlenene benzer bir şekilde havyar proteinin geri dönülemez biçimde denatüre olmaması için yalnızca 80°C'nin altına kadar ısıtılmalıdır. Bu nedenle sporların gelişmesini engellemek için sterilizasyona ek olarak koruyucuların da eklenmesi gerekmektedir (Bledsoe ve ark., 2003). Avrupa Birliği Komisyon Yönetmeliği 1129/2011'a göre maksimum 4 g/kg düzeyde kullanımına izin verilen tek havyar koruyucuları borik asit ve sodyum borattır (EC, 2011). Havyarın pastörizasyonunda konserveler 65°C-70°C sıcak su pastörizasyonuna tabi tutulmaktadır (Monfort, 2002). *Clostridium botulinum* tip E ve *Listeria monocytogenes* için Gaze ve ark. (1989) yeterli bir pastörizasyon işlemi olarak 2 dakika boyunca 70°C uygulanmasını (*L. monocytogenes* için 70°C'de D değerleri 0,14 ile 0,27 dakika arasında değişir) önermiştir.

İşlenmiş %8 tuz içeren Kanada somon yumurtası, *Clostridium botulinum* tip A ve tip E'nin çoğalmasını engellerken, -20°C depolama *Escherichia coli* ve *Vibrio parahaemolyticus*'u etkisiz hale getirmiş ve *Streptococcus faecalis* sayılarını azaltmıştır (Himelbloom ve Crapo, 1998).

Viral Tehlikeler

Viruslar gıdada çoğalmamaktadır ancak çevrede mevcut olmaları durumunda ürünün işlenmesi sırasında kontaminasyona neden olmaktadır. Viral enfeksiyonlar genellikle fekal-oral yolla bulaşır. Bu nedenle gıdanın fekal kontaminasyonu tehlikesini ortadan kaldırmayı amaçlayan genel kişisel hijyen ve temizlik prosedürleri viral kontaminasyonun önlenmesinde önemlidir (Johannesson, 2006).

Herpesvirusler, özellikle Alloherpesviridae ailesine ait türler bilinen balık patojenleridir. Amerika ve Avrupa'da mersin balığını enfekte edebilen *herpesvirusler* bulunmaktadır. Bu çift sarmallı DNA viruslerinin Acipenseridae'yi spesifik olarak enfekte edebilen birkaç türü tanımlanmıştır. Bunlardan yalnızca *Ictalurivirus* cinsine dahil olan *Acipenserid herpesvirus 2 (AciHV-2)*, ICTV (Uluslararası Virus Taksonomisi Komitesi) tarafından resmi olarak tanınmaktadır (Mugetti ve ark., 2020). *Acipenserid herpesvirus 2 (AciHV-2)*, Alloherpesviridae ailesine ait büyük, çift sarmallı bir DNA virüsüdür ve genç beyaz mersin balığı (*Acipenser transmontanus*) popülasyonlarında %80'e varan ölüm oranlarıyla büyük salgınlara neden olmaktadır (Quijano Cardé ve ark., 2024).

Mersin Balığı Nükleositoplazmik Büyük DNA Virüsleri (sNCLDV), mersin balığında hastalığa neden olan viral etkenlerin en çok sayıda ve heterojen grubunu temsil etmektedir. Virusların çoğu, Iridoviridae ailesine ait olabilecekleri anlamına gelebilecek olan "*Iridovirus*" olarak tanımlanmaktadır (Mugetti ve ark., 2020). *Iridovirus* enfekte mersin balığında ölümcül bir deri hastalığına yol açar ve popülasyonlarda %90'dan fazla ölüm oranına neden olmaktadır (Radosavljević ve ark., 2019).

Paraziter Tehlikeler

Mersin balıkları protozoalar, trematodlar, nematodlar, monojenlar, helmintler ve argülidler gibi birçok parazitin konakçısıdır (Deák ve ark., 2024). Lumpfish balıklarındaki parazitler, muhtemelen insanlar için bir sağlık tehlikesi olduğu düşünülen, nematodlar *Anisakis simplex* ve *Pseudoterranova dicipiens*'tir. Her ikisi de Norveç sularında lumpfish balıklarının bağırsaklarında bulunmaktadır. Her iki türde 55°C'nin üzerindeki ısı ile işlemlerle ölmekte ve dolayısıyla uygun pastörizasyonla elimine edilmektedir (Johannesson, 2006). Diğer yandan, bazı protozoalar mersin balıklarına zarar verebilmekte, hastalıklara ve diğer sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Örneğin, mersin balıkları ve diğer balıkları enfekte edebilen *Ichthyophthirius multifiliis*, bu türlerin derisinde ve solungaçlarında beyaz nokta hastalığına neden olmaktadır. Yetiştirilmenin farklı aşamalarında balıkların diğer parazitlere karşı duyarlı olması normal büyüme ve gelişmelerini ciddi şekilde etkilemektedir (Deák ve ark., 2024).

Havyarın sınırlı tüketimi göz önüne alındığında, insan sağlığına yönelik riskler gerçekten düşüktür ve su ürünleri yetiştiriciliğinden gelen havyarın yaygınlaşması muhtemelen bu riskleri azaltacaktır (Sicuro, 2019).

HAVYARIN MUHAFAZASI

İnsan sağlığına yönelik olası tehlikeleri ortadan kaldırmak veya en aza indirebilmek için üretim süreçlerini analiz etmek büyük önem taşımaktadır (Johannesson, 2006). Havyar genellikle çiğ tüketildiği için mevcut risk pişirme gibi termalizasyon yoluyla azaltılamamaktadır (Oeleker ve ark., 2015). Havyarın muhafazası; tuzlama, pastörizasyon ve soğuk depolama kombinasyonlarının kullanılmasıyla sağlanmaktadır (Bekhit, 2022). Havyarın 4°C'de soğutulması havyar için ana koruma yöntemidir; sodyum klorür (NaCl) ise tüketiciler tarafından evrensel olarak kabul edilen tek koruyucudur (Sicuro, 2019). Havyar, gıda kalitesindeki tuz kullanılarak balık yumurtalarının tuzlanmasıyla hazırlanmaktadır (CAC, 2010). Geleneksel işlemede havyar, yumurtaların yumurtalıklardan ayrılmasından sonra %4-8 oranında tuz eklenmektedir, ancak "malossol" gibi daha iyi havyar çeşitleri genellikle daha az tuz içermektedir (Heshmati ve ark., 2011). Tuz içeriği çok önemlidir, çok fazlası yumurtaları kurutmakta, çok azı ise havyar tanelerini bozmaktadır (CAC, 2010). En kaliteli havyar hafif tuzludur ve "malossol" olarak bilinmektedir (Sicuro, 2019). Tüketicilerin daha düşük tuz konsantrasyonlu havyar ve balık yumurtası tercihi, pastörizasyonun önemini artırmaktadır, çünkü tuz içeriği *Listeria monocytogenes*'in çoğalmasını engelleyecek kadar yüksek değildir (Ovissipour ve ark., 2018).

Pastörizasyon, gıda kaynaklı hastalık riskini azaltmak için gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ovissipour ve ark., 2018). Havyar pastörize edilebilir ancak ısıl işlem görmüş havyarın duyu özelliklerinde meydana gelecek değişiklikler tüketiciler tarafından beğenilmemektedir (Fioretto ve ark., 2005). Yüksek sıcaklıklar, havyar ve balık yumurtasındaki proteinleri geri dönülemez şekilde denatüre etmektedir. Bu da ürünün özelliklerini tamamen değiştirmektedir ve kalitelerini büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle balık yumurtası için pastörizasyon sıcaklığının 70°C'yi geçmemesi tavsiye edilmektedir. Cam kavanozların su banyosunda pastörize edilmesi, endüstride havyarın pastörizasyonu için kullanılan yaygın bir işlemdir (Ovissipour ve ark., 2018). Pastörize havyar yüksek kaliteli ürünlerden hazırlanabilse de bu işlem genellikle taze havyarın raf ömrünü uzatmak için (10 ila 12 aya kadar) uygulanır (Monfort, 2002).

Patojenitesi olmayan ancak *Listeria monocytogenes* ile ilişkili bir tür olan *L. innocua*, genellikle gıda pastörizasyon süreçlerindeki model sistemlerde indikatör mikroorganizma olarak kullanılmaktadır. Bunun nedeni, bu organizmanın biyofiziksel özelliklerinin *L. monocytogenes*'e çok benzerlik göstermesidir (Bledsoe ve ark., 2003).

Vakumlama ile paketlenmiş veya hava geçirmez şekilde paketlenmiş pastörize edilmemiş havyarın -20°C'de 1 ila 2 yıl raf ömrü bulunmaktadır. Pastörize edilmemiş yeşil balık yumurtası soğutma sıcaklığında saklandığında raf ömrü 3 ila 5 gündür (Bledsoe ve ark., 2003). Paketleme, depolama ve satış sırasında ürün sıcaklığı +2 ile +4°C arasında olurken, depolama ve taşımacılık dahil toptan ticaret işlemlerinde sıcaklıklar 0° ile -4°C arasında olmaktadır (CAC, 2010). Aynı zamanda anaerobik koşullarda paketleme ile havyarın kontaminasyonu ve bozulmasının kontrolü sağlanmaktadır (Sicuro, 2019). Taze havyarın -2°C ile -3°C arasında saklanması gerekmektedir (Monfort, 2002).

Ürünler dayanıklı gıda cilası veya emaye ile kaplanmış metal kutular, cam kavanozlar ya da gıdaya uygun başka kaplar ile paketlenmektedir (CAC, 2010). En iyi havyar, taneleri birbirinden ayrılmış taze taneli havyardır. Taneler 1,7 ila 1,8 kg arası verniklenmiş konserve kutularda paketlenmektedir. Fazla sıvının dışarı çıkmasını sağlamak için kapak aşağı bastırılır ve kapağın etrafına yerleştirilen basit bir lastik bant kutunun su ve hava sızdırmazlığını sağlar (Monfort, 2002).

Avrupa Birliği havyarda koruyucu madde olarak bazı bor bileşiklerinin (örn., E284: borik asit-E285: sodyum tetraborat) hala kullanılmasına izin vermektedir (EFSA, 2013), ancak son zamanlarda Codex Alimentarius ve bazı ulusal düzenlemeler boraks içermeyen ürünlere yönelmiştir (Brambilla ve ark., 2020). EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi), 2013 tarihli son bilimsel görüşünde boraksın havyar hazırlanmasında sınırlı kullanımını doğrulamış olsa da uluslararası pazar boraks içermeyen ürünleri tercih etmektedir (EFSA, 2013). Birçok ülke zaten boraks kullanımını yasaklamıştır. Koruyucu madde içermeyen bir ürünün üretilmesi, ürünün güvenliğini ve nihai kalitesini artırmaktadır (Brambilla ve ark., 2020). Havyarın pürüzsüz ve taze bir görünüm kazanması için boraks eklenebilmektedir. Ancak bu gıda katkı maddesi ABD'de yasaklanmıştır (Monfort, 2002).

HAVYARIN KALİTESİ

Havyarda son ürünün kalitesi; organoleptik (koku, görünüm, tat), kimyasal (tuz, pH değeri, uçucu azot bileşenleri) ve mikrobiyolojik (toplam canlı bakteri sayımı) yönüyle değerlendirilmektedir (Schubring, 2004). Mikroorganizma yükünün fazla olması genellikle kontaminasyonları veya işleme ya da depolama sırasındaki uygun olmayan sıcaklıkları ifade etmektedir (Oeleker ve ark., 2015). Havyarın kalitesi, tanenin olgunluk aşamasına (çok olgunlaşmamış), muamele, işleme tabii tutma (tane ayırma, kaliteli tuzla tuzlama ve paketlenme) ve depolama koşullarına bağlıdır (Monfort, 2002). Mikrobiyolojik kaliteyi korumak için artan tuz konsantrasyonları (%3-6) ve soğuk zincirin korunması çok önemli faktörlerdir. Raf ömrünü uzatmak için pastörizasyon yapılmaktadır veya benzoik asit, boraks gibi koruyucular eklenmektedir (Oeleker ve ark., 2015). Havyarın işleme ve saklama koşulları optimal olmalıdır. Aksi takdirde bakteriler çoğalarak havyardaki uçucu nitrojen bazlarını, peroksitleri, serbest yağ asitlerini, amonyağı ve biyojenik aminleri artıracaktır. Sonuçta, bu bileşikler birçok olumsuz organoleptik değişikliğe neden olmaktadır (Tavakoli ve ark., 2021). Modern havyar mükemmelliği kavramı, özellikle mikrobiyal kontaminasyonun neden olduğu kötü tatların, mikrobiyal fermantasyon katabolitlerinin bulunmamasına, yumurtalık yağının düşük insidansına dayanmaktadır (Sicuro, 2019). Özellikle çok sayıda çoklu doymamış yağ asitlerinden türetilen aroma bileşikleri aromadan sorumludur (Vilgis, 2020).

Balık yumurtasının ve havyarın kimyasal kompozisyonu iç (tür, yumurtaların olgunluğu, yumurtanın yumurtalıktaki yerleşimi) ve dış faktörlerden (beslenme, balığın olgunluğu, mevsim, hasat alanı ve yapım koşulları) etkilenmektedir (Bekhit ve ark., 2009). Havyarı işlemek için kullanılan teknikler, ürünün kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Muhafaza sırasında ortaya çıkan kötü tatlar; toplam uçucu nitrojen, histamin ve diğer biyojenik aminler esas olarak *Pseudomonas* ve *Coliform*'ların neden olduğu mikrobiyal kontaminasyonlarla ilişkilidir (Sicuro, 2019).

Taze havyarın duyu kalite açısından dondurulmuş veya dondurulup çözülmüş havyara göre daha kabul edilebilir olduğu belirtilmektedir (Balaswamy ve ark., 2010). Büyük ve soluk renkli balık yumurtası, tüketiciler için en popüler ve çekicidir. Havyarın kabul edilebilirliğinde doku ve lezzet sonraki iki önemli parametredir (Tavakoli ve ark., 2021). Havyara katılan tuz lezzet açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca bazı havyar türlerinde yüksek oranda bulunan serbest glutamik asit (3g/100g) havyarın bu güçlü tadını büyük ölçüde etkilemektedir (Vilgis, 2020). Havyarın istenmeyen kötü tadı vitellogenesis sırasında balık yumurtasında depolanan lipofilik bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Aldehitler, geosmin ve izoborneol çeşitli istenmeyen tatlar veren izole edilmiş en büyük madde grubunu temsil etmektedir. Bu bileşikler su kütlelerinde doğal olarak oluşan aktinomisetlerin (*Streptomyces* ve *Nocardia* spp.) ve siyanobakterilerin (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Microcystis* ve *Pseudanabaena*) varlığından kaynaklanmaktadır (Sicuro, 2019).

SONUÇ

Havyar içerdiği yağ asitleri, yüksek kaliteli proteinler, vitaminler ve mineraller açısından zengindir ve bu nedenle de sağlıklı bir besin kaynağıdır. Havyar tüketimi kardiyovasküler hastalıklarının önlenmesinde ve tedavisinde, ayrıca içerdiği EPA ve DHA sayesinde öğrenme yeteneğinin gelişiminde rol oynamaktadır. Havyarın aslında lüks bir ürün olduğu, ancak artan üretim ve düşen fiyatlar sayesinde daha geniş bir tüketici kitlesine ulaştığı görülmektedir. Buna karşılık orta gelirli tüketicilerin havyar ikamelerine karşı ilginin arttığı belirtilmektedir. Havyarın kalitesi mevsim, balığın olgunluğu, işleme ve depolama koşulları, hasata bağlı olarak değişmektedir. Artan havyar üretimi yeni pazarların gelişmesine olanak sağlamıştır.

Havyar üretiminin sürdürülebilir kılınması önemlidir. Doğal popülasyonların korunması için daha fazla yatırım yapılmalıdır. Farklı havyar türlerinin besin değerleri ve sağlık üzerindeki etkileri için daha fazla çalışma yapılmalıdır. Tüketicilere havyar ve havyar ikameleri arasındaki fark, havyarın tüketimine ilişkin daha fazla bilgi sunulmalıdır. Tehlike altındaki mersin balığı türlerinin korunması için daha sıkı programlar uygulanmalıdır. Türkiye'de havyar endüstrisi ve yetiştiriciliği üzerine daha fazla yatırım yapılmalı ve bu konuyla ilgili eğitim ve destek programları oluşturulmalıdır. Eğitim ve destek programlarının kalite standartlarına uyumlu olması sağlanmalıdır. Böylece üreticilerin uluslararası pazarlarda rekabet edebilir hale gelmesi sağlanacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını tasdik ederler.

YAZAR KATKISI

Tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

ETİK BEYAN

“Suyun İncisi: Havyar” başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel kurallara, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir. Bu araştırma doküman analizi ve betimsel incelemeye dayalı olarak yapıldığından etik kurul kararı zorunluluğu bulunmamaktadır.

KAYNAKÇALAR

- Al-Holy, M., Ruiter, J., Lin, M., Kang, D. H., & Rasco, B. (2004). Inactivation of *Listeria innocua* in nisin-treated salmon (*Oncorhynchus keta*) and sturgeon (*Acipenser transmontanus*) caviar heated by radio frequency. *Journal of Food Protection*, 67(9), 1848-1854. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-67.9.1848>
- Altug, G., & Bayrak, Y. (2003). Microbiological analysis of caviar from Russia and Iran. *Food Food Microbiology*, 20(1), 83-86. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00090-4](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00090-4)
- Arvanitoyannis, I.S., Tsitsika, E.V., & Panagiotaki, P. (2005). Implementation of quality control methods (physico-chemical, microbiological and sensory) in conjunction with multivariate analysis towards fish authenticity. *International Journal of Food Science & Technology*, 40(3), 237-263. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00917.x>
- Balaswamy, K., Prabhakara Rao, P. G., Rao, D. G., & Jyothirmayi, T. (2010). Effects of pretreatments and salt concentration on rohu (*Labeo rohita*) roes for preparation of roe pickle. *Journal of Food Science and Technology*, 47(2), 219–223. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0035-z>
- Bekhit, A.E.D.A., Morton, J.D., Dawson, C.O., Zhao, J.H., & Lee, H.Y. (2009). Impact of maturity on the physicochemical and biochemical properties of chinook salmon roe. *Food Chemistry*, 117(2), 318-325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.009>
- Bekhit, A.E.D.A.A. (2022). *Fish roe: biochemistry, products, and safety*. 1st Edition, Publisher, Elsevier Science, eBook ISBN: 9780128231760.
- Binsi, P.K., Natasha, N., Sarkar, P.C., Ashraf, P.M., George, N., Ravishankar, C.N. (2017). Structural, functional and in vitro digestion characteristics of spray dried fish roe powder stabilised with gum arabic. *Food Chemistry*, 221, 1698-1708. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.116>
- Bledsoe, G. E., Bledsoe, C. D., & Rasco, B. (2003). Caviars and fish roe products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(3), 317–356. <https://doi.org/10.1080/10408690390826545>
- Bledsoe, G., & Rasco, B. (2006). Caviar and fish roe. In: *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. Yiu H. Hui (ed.), CRC Press, Publisher : Taylor & Francis Ltd.
- Brambilla, M., Buccheri, M., Grassi, M., Stellari, A., Pazzaglia, M., Romano, E., & Cattaneo, T.M.P. (2020). The influence of the presence of borax and nacl on water absorption pattern during sturgeon caviar (*Acipenser transmontanus*) storage. *Sensors*, 20(24), 7174. <https://doi.org/10.3390/s20247174>
- Bronzi, P., & Rosenthal, H. (2014). Present and future sturgeon and caviar production and marketing: A global market overview. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(6), 1536-1546. <https://doi.org/10.1111/jai.12628>
- Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J.T., Wei, Q., Rosenthal, H., & Gessner, J. (2019). Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(1), 257-266.
- CAC (2010). Standard for sturgeon caviar. Codex Alimentarius Commission CODEX STAN 291-2010. http://www.codexalimentarius.org/download/standards/11516/CXS_291e.pdf. (Erişim Tarihi: 01.05.2024).
- Caredda, M., Addis, M., Pes, M., Fois, N., Sanna, G., Piredda, G., & Sanna, G. (2018). Physico-chemical, colorimetric, rheological parameters and chemometric discrimination of the origin of Mugil cephalus' roes during the manufacturing process of Bottarga. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 108, 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.039>
- Chapman, F.A., & Van Eenennaam, J.P. (2016). Technically speaking, What is sturgeon caviar? <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FA194>
- Chebanov, M.S., & Galich, E.V. (2013). *Sturgeon hatchery manual*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 558., Food and Agriculture Organization of The United Nations, Ankara, 303 p., ISBN 978-92-5-106823-6.
- CITES Trade Database (2024). [https://trade.cites.org/en/cites_trade/download/view_results?filters\[time_range_start\]=2022&filters\[time_range_end\]=2024&filters\[exporters_ids\]\[\]=all_exp&filters\[importers_ids\]\[\]=all_imp&filters\[sources_ids\]\[\]=106&filters\[pu](https://trade.cites.org/en/cites_trade/download/view_results?filters[time_range_start]=2022&filters[time_range_end]=2024&filters[exporters_ids][]=all_exp&filters[importers_ids][]=all_imp&filters[sources_ids][]=106&filters[pu)

- [rposes_ids\]\]\]=123&filters\[terms_ids\]\]\]=12&filters\[taxon_concepts_ids\]\]\]=&filters\[reset\]=&filters\[selection_taxon\]=taxonomic_cascade&web_disabled=&filters\[report_type\]=comptab](#)
- Corrias, F., Atzei, A., Giglioli, A., Pasquini, V., Cau, A., Addis, P., Sarais, G., & Angioni, A. (2020). Influence of the technological process on the biochemical composition of fresh roe and bottarga from *Liza ramada* and *Mugil cephalus*. *Foods*, 9(10), 1408. <https://doi.org/10.3390/foods9101408>
- Deák, G., Holban, E., Sadica, I., & Jawdhari, A. (2024). Sturgeon parasites: A review of their diversity and distribution. *Diversity*, 16(3), 163. <https://doi.org/10.3390/d16030163>
- Dudu, A., & Georgescu, S. E. (2024). Exploring the Multifaceted Potential of Endangered Sturgeon: Caviar, Meat and By-Product Benefits. *Animals*, 14(16), 2425. <https://doi.org/10.3390/ani14162425>
- EC (2011). Commission Regulation (EU) No 1129/2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives. *Official Journal of the European Union*, 295(1), 177. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:295:0001:0177:en:PDF>
- EFSA (2013). Scientific Opinion on the re-evaluation of boric acid (E 284) and sodiumtetraborate (borax) (E 285) as food additives, EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. *EFSA Journal*, 11(10), 3407. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3407>
- EUMOFA (2023). Sturgeon meat and other by-products of caviar. <https://eumofa.eu/documents/20178/432372/Sturgeon+meat.pdf?>
- Fahim, A., Khanipour, A.A., & Gashti, G.Z. (2018). Changes of microbial spoilage indices Beluga caviar processed (*Huso Huso*) during storage at -2°C. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 7(1), 36. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20180701.15>
- Farag, M.A., Abib, B., Tawfik, S., Shafik, N., & Khattab, A.R. (2021). Caviar and fish roe substitutes: current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 405-417. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.015>
- Fioretto, F., Cruz, C., Largeteau, A., Sarli, T. A., Demazeau, G., & El Moueffak, A. (2005). Inactivation of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella enteritidis* in tryptic soy broth and caviar samples by high pressure processing. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research = Revista Brasileira de Pesquisas Medicas e Biologicas*, 38(8), 1259-1265. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2005000800015>
- Gaze, J., Brown, G., Gaskell, D., & Banks, J. (1989). Heat resistance of *Listeria monocytogenes* in homogenates of chicken, beef steak and carrot. *Food Microbiology*, 6(4), 251-259. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(89\)80006-1](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(89)80006-1)
- Heshmati, M.K., Hamdami, N., & Shahedi, M. (2011). Evaluation of Nanocomposite Packaging Containing ZnO on Shelf Life of Caviar. In 6th International CIGR Technical Symposium- Section 6, "Towards a Sustainable Food Chain" Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management Nantes, France - April 18-20, 2011.
- Himelbloom, B. H., & Crapo, C. A. (1998). Microbial evaluation of Alaska salmon caviar. *Journal of Food Protection*, 61(5), 626-628. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-61.5.626>
- Hu, Q., Pan, Y., Xia, H., Yu, K., Yao, Y., & Guan, F. (2023). Species identification of caviar based on multiple dna barcoding. *Molecules*, 28, 5046. <https://doi.org/10.3390/molecules28135046>
- Johannesson, J. (2006). Lumpfish caviar – from vessel to consumer. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 485. Rome, FAO. 2006. 60p.
- Lopez, A., Vasconi, M., Bellagamba, F., Mentasti, T., & Moretti, V.M. (2020). Sturgeon meat and caviar quality from different cultured species. *Fishes*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fishes5010009>
- Maćkowiak-Dryka, M., Pyz-Łukasik, R., Ziomek, M., & Szkucik, K. (2020). Nutritional value of a new type of substitute caviar. *Medycyna Weterynaryjna*, 76 (5), 285-288. <https://doi.org/10.21521/mw.6404>
- Mandal, S., Ghosal, S., Karmakar, I., Biswas, K., & Bakanjilal, A. (2023). Caviar the gold in your spoona, review on caviar. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 10(1S), 6180-6187. <https://doi.org/10.53555/sfs.v10i1S.2123>
- MEB (2016). *Denizcilik, Balıkçılık ve Su Ürünleri, Mersin Balığı Yetiştiriciliği*. https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Mersin%20Bal%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf
- Memis, D. (2014). A short history of sturgeon caviar production in Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(6), 1552-1556. <https://doi.org/10.1111/jai.12602>
- Miettinen, H., Arvola, A., Luoma, T., & Wirtanen, G. (2003). Prevalence of *Listeria monocytogenes* in, and microbiological and sensory quality of, rainbow trout, whitefish, and vendace roes from Finnish retail markets. *Journal of Food Protection*, 66(10), 1832–1839. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-66.10.1832>
- Monfort, M.C. (2002). Fish roe in Europe: supply and demand conditions. *FAO/GLOBEFISH Research Programme*, Vol. 72. Rome, FAO. 2002. 47p
- Mouritsen, O.G. (2023). Roe gastronomy. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32, 2. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100712>
- Mugetti, D., Pastorino, P., Menconi, V., Pedron, C., & Prearo, M. (2020). The old and the new on viral diseases in sturgeon. *Pathogens*, 9(2), 146. <https://doi.org/10.3390/pathogens9020146>
- Oeleker, K., Alter, T., Kleer, J., Pund, R.P., Gözl, G., Hildebrandt, G., & Huehn, S. (2015). Microbiological and chemical investigation of caviar at retail. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 10(1), 35-37. <https://doi.org/10.1007/s00003-015-1002-4>



- Oona Caviar (2024). Caviar processing. <https://www.oona-caviar.ch/en/about-oona/caviar-processing>
- Ovissipour, M., Liu, C., Ünlü, G., Rasco, B., Tang, J., & Sablani S.S. (2018). Quality changes in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) caviar (ikura) affected by thermal pasteurization, storage time, and packaging material. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(2), 200-210. <https://doi.org/10.1080/10498850.2017.1417340>
- Quijano Cardé, E. M., Anenson, K. M., Yun, S., Heckman, T. I., Jungers, H. T., Henderson, E. E., ... & Soto, E. (2024). Effects of Acipenserid herpesvirus 2 on the outcome of a *Streptococcus iniae* co-infection in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Frontiers in Aquaculture*, 3, 1306518. <https://doi.org/10.3389/faqc.2024.1306518>
- Radosavljević, V., Milićević, V., Maksimović-Zorić, J., Veljović, L., Nešić, K., Pavlović, M., ... & Marković, Z. (2019). Sturgeon diseases in aquaculture. *Archives of Veterinary Medicine*, 12(1), 5-20. <https://doi.org/10.46784/e-avm.v12i1.34>
- Rosa, A., Scano, P., Melis, M.P., Deiana, M., Atzeri, A., & Dessì, M.A. (2009). Oxidative stability of lipid components of mullet (*Mugil cephalus*) roe and its product "bottarga". *Food Chemistry*, 115(3), 891-896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.002>
- Sathivel, S., Yin, H., Bechtel, P.J., & King, J.M. (2009). Physical and nutritional properties of catfish roe spray dried protein powder and its application in an emulsion system. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.011>
- Schubring, R. (2004). Differential scanning calorimetric (DSC) measurements on the roe of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): influence of maturation and technological treatment. *Thermochimica Acta*, 415(1-2), 89-98. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2003.09.020>
- Sicuro, B. (2019). The future of caviar production on the light of social changes: a new dawn for caviar?. *Reviews in Aquaculture*, 11(1), 204-219. <https://doi.org/10.1111/raq.12235>
- Shin, J. H., Oliveira, A. C., & Rasco, B. A. (2010). Quality attributes and microbial storage stability of caviar from cultivated white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Journal of Food Science*, 75(1), C43-C48. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01409.x>
- Shirai, N., Higuchi, T., & Suzuki, H. (2006). Analysis of lipid classes and the fatty acid composition of the salted fish roe food products, Ikura, Tarako, Tobiko and Kazunoko. *Food Chemistry*, 94(1):61-67. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.050>
- Tavakoli, S., Luo, Y., Regenstein, J. M., Daneshvar, E., Bhatnagar, A., Tan, Y., & Hong, H. (2021). Sturgeon, caviar, and caviar substitutes: from production, gastronomy, nutrition, and quality change to trade and commercial mimicry. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(4), 753-768. <https://doi.org/10.1080/23308249.2021.1873244>
- Tunçelli G., & Yamaner, G. (2024). Scientific Studies on Sturgeon Culture in Türkiye. *Present-Day Turkish Aquaculture and Trends in International Research*. 353.
- USDA (2018a). Fish, caviar, black and red, granular. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174188/nutrients>
- USDA (2018b). Nutrients: cholesterol (mg). <https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/page-files/cholesterol.pdf>
- Üstündağ, E. (2005). Mersin Balıkları. SÜMAE YUNUS Araştırma Bülteni, 5, 1-8. https://www.aquast.org/uploads/pdf_408.pdf
- Vasconi, M., Tirloni, E., Stella, S., Coppola, C., Lopez, A., Bellagamba, F., Bernardi, C., & Moretti, V. M. (2020). Comparison of chemical composition and safety issues in fish roe products: application of chemometrics to chemical data. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(5), 540. <https://doi.org/10.3390/foods9050540>
- Vecsei, P. (2001). Cites identification guide-sturgeons and paddlefish: guide to the identification of sturgeon and paddlefish species controlled under the convention on international trade in endangered species of wild fauna and Flora. Canada. Published by Authority of the Minister of Environment, Minister of Supply and Services, ISBN 0-660-61641-6. https://cites.org/sites/default/files/vc-files/files/CAN-CITES_Sturgeons_Guide.pdf
- Vilgis, T.A. (2020). The physics of the mouthfeel of caviar and other fish roe. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 19, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100192>
- Workman D. (2023). Top Caviar Export Sales by Country, Unit Price & Weight. https://www.worldstopexports.com/top-caviar-export-sales-by-country-unit-price-weight/#google_vignette
- Yamaner, G. (2012). Farklı sulandırıcılarla dondurulan Rus Mersin Balığı (*Acipenser gueldenstaedtii* 1833) spermasının kalitesi üzerine bir araştırma. T.C. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.