



Nar Çekirdeği ve Kekik Yağı İlave Edilmiş Gökkuşuğu Alabalığı Havyarının Dondurulmuş ve Soğuk Muhafazasının Raf Ömrüne Etkisinin Karşılaştırılması

Comparison of the Effects of Freezing and Cold Storage on the Shelf Life of Rainbow Trout Roe Supplemented with Pomegranate Seed and Thyme Oil

Halit BAYRAK^{1*}, İbrahim Fehim ÖZDEMİR²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Bilimleri AD, Isparta

¹ORCID: 0000-0003-3573-6440  ²ORCID: 0000-0001-5028-5831 

*Sorumlu Yazar: halitbayrak@sdu.edu.tr

Geliş Tarihi: 14.01.2026

Kabul Tarihi: 30.03.2026

ÖZET

Gökkuşuğu alabalığı havyarının muhafazasına yönelik yapılan bu çalışmanın amacı, %25'lik NaCl çözeltisi ile tuzlanan havyarlara nar çekirdeği yağı (NÇY) ve kekik yağı (KY) ilave edilerek, kontrol (KT) grubuyla birlikte iki farklı sıcaklıkta raf ömrü değişimlerinin incelenmesidir. Çalışmada, tuzla salamura edilmiş havyar örnekleri ısıtma işlemi uygulanarak +4°C ve -18°C sıcaklıklarda muhafaza edilmiş; depolamanın 0., 90. ve 180. günlerinde tuz içeriği (%), pH, koliform bakteri (KB), toplam aerobik bakteri sayısı (TAB), *Listeria monocytogenes* varlığı ve toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analizleri yapılmıştır. Muhafazanın 90. gününde, +4°C'de saklanan NÇY, KY ve KT grupları için tuz içeriği sırasıyla %3,32±0,71, %3,54±0,36 ve %3,25±0,40; TAB sayısı 7,68 log kob/g, 7,89 log kob/g ve 7,96 log kob/g olarak tespit edilerek pH değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Aynı dönemde (90. gün) -18°C'de saklanan grupların tuz içeriği ise sırasıyla %3,81±0,55, %3,63±0,60 ve %3,29±0,12 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 180. gününde +4°C'deki tüm gruplarda tuz içeriği %3,45-%3,53 bandında seyrederken, TAB sayısı artarak 8,77-9,15 log kob/g seviyelerine ulaşmış ve pH, TVB-N değerlerinde önemli artışlar gözlemlenmiştir. Buna karşın, -18°C'de muhafaza edilen grupların hiçbirinde 180. gün sonunda TAB ve *L. monocytogenes* tespit edilmemiş; tuz içeriği sırasıyla %3,53±0,42, %3,54±0,62 ve %3,60±0,16 olarak ölçülmüş ve TVB-N değerlerinin (5,85-7,64 mg/100g) tüketim için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre; bitkisel yağ ilavesinin (özellikle NÇY) +4°C'de raf ömrü parametrelerine kısmen olumlu etki ettiği, ancak havyarın uzun süreli muhafazası için dondurma (-18°C) işleminin daha etkin bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Havyar, raf ömrü, nar çekirdeği yağı, kekik yağı

ABSTRACT

This study aimed to investigate the shelf-life stability of salted rainbow trout roe treated with pomegranate seed oil (PSO) and thyme oil (TO), compared to a control group (CG), under two storage temperatures (+4 °C and -18 °C). Samples were analyzed at 0, 90, and 180 days for salt content (SC), pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N), and microbiological parameters, including total aerobic bacteria (TAB) count, coliform bacteria, and the presence of *Listeria monocytogenes*. At day 90, under +4 °C storage, TAB counts for PSO, TO, and CG were 7.68, 7.89, and 7.96 log cfu/g, respectively, indicating that essential oil supplementation (particularly PSO) resulted in lower microbial loads compared to the control. Under -18 °C, SC values remained stable across groups (3.29–3.81%). By day 180 at +4 °C, TAB counts reached 8.77–9.15 log cfu/g, accompanied by significant increases in pH and TVB-N, exceeding acceptable limits. In contrast, at -18 °C, TAB and *L. monocytogenes* were not detected in any group at day 180, with TVB-N values (5.85–7.64 mg/100g) remaining well within the limits for human consumption. The results suggest that while vegetable oil supplementation, especially PSO, provides a partial inhibitory effect on spoilage parameters at +4 °C, deep freezing (-18 °C) is the most effective method for the long-term preservation of trout roe.

Keywords: Roe, shelf life, pomegranate seed oil, thyme oil

GİRİŞ

Salmonlardan elde edilen havyar üretimine bakıldığında EUMOFA 2022 raporuna göre genel üreticiler Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Rusya ve Japonya'dır. Havyar üretimi, 2021 yılında ABD'de 13.335 ton ve Rusya'da 29.500 ton olarak gerçekleşirken, Japonya'da doğal problemler nedeniyle kayda değer üretim gerçekleşmemiştir. Avrupa Birliği'nde değeri 16 milyon Euro olan 998 ton alabalık havyarı üretilmiştir. Ülkemizde bazı su ürünleri işleme tesislerinde havyar üretimi olduğu bilinmesine rağmen üretim miktarına ilişkin bir kayıt bulunamamıştır.

Alabalık havyarı yüksek lipid (%5-20) ve protein (%16-30) içeriğine sahip olan kaliteli bir besindir. Yağ içeriğinde %15'i omega-6 çoklu doymamış yağ asidi, %22'si omega-3 çoklu doymamış yağ asidinden oluşmakta olup yaklaşık 180 kilokalorilik enerjisiyle önemli bir besindir. Başlıca yağ asitleri eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) olup sırasıyla %6 ve %12 seviyelerinde yer alır (Bledsoe vd., 2003; Özden vd., 2018).

Havyarın bozulmasında rol alan dış faktörler; muhafaza sıcaklığı, tüketime kadar gerçekleşen sıcaklık değişimleri, oksidasyon, soğutma ve dondurma işlemi olarak sıralanabilir (Rehbein, 2002). Havyarların kalitesini etkileyen en önemli unsur mikrobiyolojik bozulmadır. İşlem öncesi ve işlem süreçlerindeki yumurtaların kontaminasyon hızı oldukça yüksektir (Miyu vd., 2010; Ollee, 2017).

Havyar üretimi genellikle balık yumurtalarının tuzlama yöntemi kullanılarak işlenmesiyle yapılırken üretimde ayrıca dondurma, dumanlama, konserve ve soslama teknolojisi de uygulanmaktadır (Monfort, 2002). Havyar üretiminde koruyucu katkı maddeleri (antimikrobiyal, antioksidan maddeler ve aroma maddeleri vb.) kullanılmaktadır. İçerik olarak %2-6 sodyum klorür (NaCl) hem lezzet kazandırma hem de koruyucu madde olarak kabul görmektedir. Avrupa'da maksimum 4g/kg konsantrasyonunda sodyum tetraborat (E285) kullanımına izin verilmektedir. Genellikle havyarların salamura metoduyla işlenmesinden dolayı oluşan tuzluluk raf ömrünü artırmakla birlikte insan sağlığı açısından yüksek tuzluluk oranı istenmeyen bir durumdur (Bledsoe vd., 2003).

Nar çekirdeği yağı punisic asit içeriğiyle antimikrobiyal, antioksidan, bağışıklık destekleyici, antikanserijen ve

yağ metabolizmasını düzenleme etkilerine sahiptir (Borouhaki vd., 2016). Kekik yağı antimikrobiyal, antioksidan ve yüksek biyoaktif özelliğiyle iyi bir koruyucu olarak değerlendirilmektedir (Nieto, 2020).

Bu çalışmada tüketici sağlığı açısından önem kazanan düşük tuzlu gıda temelinde kaliteli bir ürün olan havyar üretiminde, ticari değer bakımından kısa süreli raf ömrünü belirlemeden ziyade uzun süreli depolama stabilitesi üzerine yoğunlaşmıştır. Dolayısıyla havyarın uzun süreli (6 ay) muhafazası ana odak noktası olarak seçilmiştir. Bu noktayı desteklemek amacıyla ısıl işlem ve nar çekirdeği yağı veya kekik yağı doğal koruyucu olarak kullanılmıştır. Buna ilaveten genellikle tercih edilen ticari depolama sıcaklıklarından soğuk saklama (+4 °C) ile raf ömrü de test edilerek, uzun süreli muhafazayla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Havyar elde etmek için Denizli ili Çameli ilçesinde bulunan Kara Alabalık üretim tesisindeki gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) anaç balıklarının yumurtaları kullanılmıştır. Çalışmada, işletme tarafından üretim amacıyla kullanılan 3 yaşındaki 3-4 kg ağırlığındaki tam olgunlaşmış olan toplam 11 adet anaç alabalıktan sağılan yumurtalar havyar yapımında kullanılmak üzere 4 kg olarak teslim alınmıştır.

Havyarın işlenmesi; (1) bir kap içerisine toplanan yumurtalar %5'lik sodyum klorür (NaCl) çözeltisiyle yıkanmıştır. (2) Böylece içindeki diğer organik kalıntılar ve kendilerini çevreleyen zarlar uzaklaştırılmıştır. (3) Yumurta için kullanılacak olan %25'lik NaCl çözeltisi (Merck), bir kez kaynatılıp süzölmüştür. (4) Kaynatılan çözelti oda sıcaklığına düşürüldüğünde yumurtalar çözelti içine ilave edilip, 15 dakika (dk.) bekletilmiştir. (5) Sonrasında yumurtalara süzme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemleri takiben yumurtalar 230'ar gram tartılarak önceden 180°C'de etüvde sterilize edilen cam kavanozlara koyulmuştur. Bu aşamada nar çekirdeği yağı, kekik yağı ve kontrol grubu olmak üzere 3 grup 3 tekerrürlü olacak şekilde oluşturulmuştur. Kekik yağı (Ozogul ve Uçar, 2013) ve nar çekirdeği yağı (Kutlu vd., 2022) (Botalife, Isparta) ağırlıkça %0,5 oranında ilave edilmiş ve yumurtalar karıştırılmıştır. Ambalajlanan havyar örnekleri soğuk ortamda buzdolabında (+4±1 °C) ve donmuş olarak (-18±1 °C) muhafaza

edilmiştir. Isıl işlem için buharlı sıcaklık kontrolü yapabilen Cobol marka endüstriyel fırın kullanılmıştır. Kavanozlarda kapakları kapatılmış 3 grup yumurtaların hepsine 60 °C'de 10 dk. süreyle ısıtma işlemi uygulanmıştır (Miettinen vd., 2005). Isıl işlem sonrasında üretilen havyarlar belli bir süre oda sıcaklığında tutulduktan sonra depolanma için buzdolabına ve derin dondurucuya alınmıştır.

Kekik yağı (*Origanum vulgare*) uçucu yağ bileşenleri ile nar çekirdeği yağı (*Punica granatum*) yağ asidi kompozisyonu; GC-FID-MS sistemi kullanılarak, Adams (2007) ve AOAC (2000) tarafından belirtilen standart metodlara uygun şekilde analiz edilmiştir.

İşlenmiş havyar örnekleri Isparta ilinde bulunan Tarım ve Orman Bakanlığına ait Isparta Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü laboratuvarında analiz edilmiştir. Analizler 0., 90. ve 180. günlerde yapılmıştır. Örneklerin tuz miktarı Mohr metoduna göre saptanmıştır (Tolgay ve Tetik, 1964). Örneklerdeki toplam uçucu bazik azot (TVB-N) miktarının belirlenmesinde Varlık vd., (2004) bildirdiği yöntem uygulanmıştır. Örneklerin pH'sı Türk Standartları Enstitüsü'nün TS3136 ISO2917 (2002)'ye göre belirlenmiştir. Mikrobiyal analizler için Varlık vd.'nin 2004'te yer alan numune hazırlama ve standart seyreltme metotları kullanılmıştır. Plate count agarda toplam aerobik bakteri sayımı gerçekleştirilmiştir (Harrigan, 1998). Koliform bakteri sayısı Türk Standartları Enstitüsü'nün TS ISO 4832 (29.04.2010)'ye göre belirlenmiştir. Örneklerin *L. monocytogenes* analizi de Türk Standartları Enstitüsü'nün TS EN ISO 11290 -2 (2017)'ye göre gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada istatistik analizler SPSS 16 programıyla sonuçların homojenitesini takiben ANOVA (OneWay Anova for Repeated Measures) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama değerler %95 güven aralığı baz alınarak Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel farklılıklar tabloda sunulurken, aynı satır üzerinde önem derecesine göre farklı harflerle gösterilmiştir.

BULGULAR

Denemelerde kullanılan kekik yağı ve nar çekirdeği yağının yağ asidi kompozisyonu çizelge 1'de verilmiştir. Havyarların tuz içeriği çizelge 2'de verilmiştir. Tuz içeriklerinde istatistik farklılıklar görülmesine rağmen Uluslararası Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

(FAO) (2018) kodeksine göre iyi bir havyarın tuzluluk oranının %3-5 arasında olması gerektiği kriterine uygun gerçekleşmiştir.

Çizelge 1. Bitkisel katkı maddesi temel bileşen içerikleri

Kekik yağı (<i>O. vulgare</i>) uçucu bileşenleri		Nar çekirdeği (<i>P. granatum</i>) yağı yağ asidi içerikleri	
Bileşen Adı	Bileşen miktarı (%)	Bileşen Adı	Bileşen miktarı (%)
Myrcene	0,86	Palmitic acid	2,35
Eucalyptol	0,97	Stearic acid	1,72
Gama-terpinene	1,66	Oleic acid	4,45
Para-cymene	2,57	Linoleic acid	4,35
Camphor	0,31	Linolenic acid	0,08
Linalool	5,45	Arachidic acid	0,41
Beta-caryophyllene	1,08	Ecosenoic acid	0,65
Borneol	1,70	<i>Punicic acid</i>	79,14
Beta-Bisabolene	1,76	Peroksit acid	6,68
Thymol	1,26	Free Fatty acid (Oleic acid Cin)	6,73
<i>Carvacrol</i>	78,64		

Çizelge 2. Havyar örneklerinin tuz içeriği tablosu (%)

Gün	+4 °C			-18 °C		
	NÇY	KY	Kontrol	NÇY	KY	Kontrol
0	3,27±0,93 ^a	3,57±0,21 ^b	3,28±0,85 ^a	3,81±0,40 ^c	3,64±0,35 ^{b,be}	3,28±0,72 ^a
90	3,32±0,71 ^a	3,54±0,36 ^b	3,25±0,40 ^a	3,81±0,55 ^c	3,63±0,60 ^b	3,29±0,12 ^a
180	3,53±0,65 ^a	3,45±0,46 ^a	3,52±0,46 ^a	3,53±0,42 ^a	3,54±0,62 ^a	3,60±0,16 ^a

pH değeri bakteriyel faaliyetlere bağlı olarak değişip mikrobiyal gelişimde önemli rol oynamaktadır.

Çizelge 3'te havyar örneklerinin pH değişimleri verilmiştir. pH değeri incelendiğinde yağların asidik özelliğinden dolayı yağ ilave edilen özellikle +4 °C'deki gruplarda 90. güne kadar sınır değer (pH<7) içinde kalmıştır (P <0,05). Sadece 180. günde NÇY grubu nispeten daha düşük bir değerle sınır değeri aşmakla birlikte en yakın

değer olarak tespit edilmiştir. Dondurulmuş örneklerde ise 180. günde dahi sınır değer altında kaldığı görülmektedir.

Çizelge 3. Havyar örneklerinin pH değeri tablosu

Gün	+4 °C			-18 °C		
	NÇY	KY	Kontrol	NÇY	KY	Kontrol
0	6,16±0,21 ^a	6,12±0,15 ^a	6,37±0,21 ^{bc}	6,41±0,15 ^c	6,35±0,21 ^b	6,42±0,25 ^c
90	6,63±0,40 ^a	6,75±0,55 ^a	6,79±0,40 ^c	6,55±0,46 ^{bc}	6,48±0,20 ^b	6,53±0,32 ^{bc}
180	7,11±0,45 ^a	7,36±0,85 ^{ab}	7,45±0,16 ^{abc}	6,67±0,11 ^c	6,61±0,11 ^{bc}	6,58±0,45 ^{bc}

Mikrobiyolojik analiz sonuçları değerlendirildiğinde, koliform bakteri sayısının tüm muhafaza süresi boyunca ve tüm gruplarda tespit edilebilir sınırın altında (<10 kob/g) kaldığı belirlenmiştir.

Gökkuşluğu alabalığı havyarında risk teşkil edebilecek patojenlerden biri olan *Listeria monocytogenes*, uygulanan 'var/yok' analizi sonucunda hiçbir örnekte tespit edilmemiştir.

Çizelge 4'te sunulan toplam aerobik bakteri (TAB) verileri incelendiğinde; depolamanın başlangıcında ortalama 5,81 log kob/g seviyesinde olan bakteri yükünün, +4°C muhafaza koşullarında 90. günde kontrol grubunda maksimum 7,96 log kob/g seviyesine ulaştığı görülmüştür. Buna karşın, -18°C'de depolanan örneklerde aynı süre zarfında herhangi bir bakteri gelişimi gözlenmemiştir. Depolamanın 180. gününde +4°C koşullarında en düşük TAB sayısı 8,78 log kob/g ile NÇY grubunda tespit edilirken, -18°C'deki örneklerde bakteri gelişimi saptanmamıştır.

İstatistiksel değerlendirmede, +4°C'de NÇY ilavesinin TAB gelişimini baskılamada diğer gruplara kıyasla daha etkili olduğu ($p<0,05$); -18°C'de depolanan ürünlerde ise TAB sayısının tüm süreç boyunca <10 kob/g değerini koruduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Gökkuşluğu alabalığı havyarının muhafazası sırasında Toplam Aerobik Bakteri (TAB) sayısındaki değişimler (log kob/g)

°C	Günler	NÇY	KY	Kontrol
+4 °C	0	5,81 ± 0,02	6,10 ± 0,07	6,75 ± 0,01
	90	7,68 ± 0,04 ^a	7,89 ± 0,01 ^b	7,96 ± 0,01 ^c
	180	8,78 ± 0,02 ^a	8,98 ± 0,02 ^b	9,15 ± 0,08 ^c
-18 °C	0	<10	<10	<10
	90	<10	<10	<10
	180	<10	<10	<10

Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) analiz sonuçları Çizelge 5'te sunulmuştur. Elde edilen verilere göre, muhafaza sıcaklığı ve süre faktörlerinin TVB-N değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Genel olarak +4°C'de depolanan örneklerde TVB-N miktarı zamana bağlı olarak artış gösterirken; -18°C'de muhafaza edilen gruplarda bu artışın daha sınırlı kaldığı ve en düşük TVB-N değerlerinin bu sıcaklıkta elde edildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Havyar örneklerinin toplam uçucu bazik azot değeri (mg/100 g)

Gün	+4 °C			-18 °C		
	NÇY	KY	Kontrol	NÇY	KY	Kontrol
0	7,2±0,10 ^c	6,83±0,06 ^c	8,40±0,02 ^d	7,16±0,06 ^c	6,16±0,15 ^b	4,90±0,44 ^a
90	8,39±0,04 ^d	8,19±0,09 ^d	9,31±0,10 ^e	7,55±0,07 ^c	6,78±0,18 ^b	5,01±0,18 ^a
180	8,63±0,06 ^e	8,29±0,12 ^d	9,46±0,12 ^f	7,64±0,09 ^{bc}	7,16±0,06 ^b	5,85±0,06 ^a

TARTIŞMA

Havyar işleme sürecinde son ürünün tuz içeriği; balık türü, yumurtanın olgunlaşma evresi, kullanılan çözeltinin konsantrasyonu ve uygulama süresine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Huang vd., 2001). Havyar kalitesinde belirleyici bir parametre olan tuzluluk oranı için pazarda farklı beklentiler (az tuzlu/çok tuzlu) bulunmakla birlikte (Southcott vd., 1976; Bledsoe, 1996), FAO kodeksine göre kaliteli bir havyarın tuzluluk oranının %3-5 aralığında olması gerektiği bildirilmiştir. Bu çalışmada uygulanan tuzlama işlemi sonucunda, üretilen havyarların tuzluluk oranları tüm gruplarda %3,28 ile %3,81 arasında tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerlerin, kaliteli havyar için öngörülen (FAO) %3-5 sınırları içerisinde yer aldığı; literatürde benzer çalışmalar yapan Inanlı vd. (2011), Mieltinen vd. (2003), Turan vd. 'nin (2021) çalışmalarında tespit edilen tuzluluk değerlerinden daha düşük, Panjaitan vd. (2020), Bunga vd.'den (2021) çalışmalarında tespit edilen tuzluluk değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada ürünün tüketilebilir kalite kriterlerini sağladığı görülmüştür. Buna karşın test edilen tuzluluk değerlerinin raf ömrü bakımından saklama koşullarına etki etmediği görülmektedir. Birçok çalışmada oluşan farklılığın uygulanan salamura konsantrasyonu ve süresinden kaynaklandığı bildirilmektedir. Ayrıca, balıkların olgunluk dönemleri ve yumurta çapları da etki edebilmektedir.

Su ürünlerinde tüketim için sınır pH değeri 7,0 olarak kabul edilmekte olup, soğuk depolama sürecinde mikrobiyal ve enzimatik faaliyetlere bağlı olarak bu değerlerin artış eğilimi gösterdiği bilinmektedir. Genellikle 7,5-8,0 aralığı bozulma işareti olarak değerlendirilir (İnal, 1992; Varlık vd., 2004; Abbas vd., 2008). pH değeri tazelik göstergesi olarak tam sonuç göstermese de; Abbas vd. (2008), soğuk depolamada pH değişiminin duyu analizlerden daha objektif sonuçlar verebileceğini bildirmiştir. Ayrıca Bledsoe vd. (2003), tuzlama işleminin ham havyarın pH değerini düşürücü etkisine dikkat çekmiştir. Bu çalışmada, başlangıç pH değerleri 6,12-6,67 aralığında tespit edilmiş olup, soğuk depolamanın 90. gününde sınır değerlere yaklaşıldığı ve 180. günde nar çekirdeği yağında kısmen daha düşük bir değer görülmekle beraber bozulma aşamasına ulaştığı görülmüştür. İki yağ grubu karşılaştırıldığında, pH

stabilizasyonu açısından her iki yağın da benzer etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular; özellikle dondurarak depolama grubunda Inanlı vd. (2011) (5,86-6,17) ve Machado vd. (2016) (6,3-6,5) ile benzerlik gösterirken; Duyar vd. (2008)'nin mumlanmış havyar örneklerinden (4,97-5,25) daha yüksek, Turan vd. (2021)'nin bulgularından (6,35-7,02) ise kısmen farklıdır. Bu değişkenliğin, öncelikle saklama yöntemi, sonrasında kullanılan bitkisel yağların türü, konsantrasyonu ve işleme yöntemindeki farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilebilir. pH değeri duyu analizler için önemli bir parametre olmakla birlikte eğitilmiş tadım uzmanı eksikliği bu tür çalışmalarda önemli bir kısıt haline gelmektedir.

Yumurtalar boşaltım sistemiyle yakın temasından dolayı koliform bakterilerle kontamine olabilmekte ve insanlarda birçok besin kaynaklı hastalığa yol açabilmektedir. Genellikle işleme ve değerlendirme ortamı ile çalışan personel kaynaklı olarak ortaya çıkmakta ve fekal kontaminasyonu işaret etmektedir (Sahoo ve Chatli, 2015). Koliform ve *Escherichia coli* düşük sayılarda bulunsa da ürünü şüpheli hale getirmektedir (Khora, 2015). Çalışmada koliform bakteri sayısı tüm gruplarda 10 kob/g değerinden küçük bulunmuştur. Literatürde benzer sonuçlar görülmekte olup işleme sırasında yapılan tuzlama ve ısı işlemlerin ve koruyucu maddelerin bu bakterinin gelişimini sınırladığı üzerinde durulmaktadır. Inanlı vd. (2011)'de aynı benzer şekilde sonuçların elde edildiğini ifade etmişlerdir. FDA (2011) standart limit değeri göre koloni sayısı 10 kob/g dan az olması ve TSE'nin (1993) göre *E. coli* sayısının 3'ten az olması gerektiği bildirilmiştir.

Toplam bakteri sayıları besinlerin mikrobiyal kalitesinin belirlenmesinde en temel mikrobiyolojik verilerdendir. Bir ürünün tazelik ve raf ömrünün belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri toplam aerobik bakteri sayısıdır (Khora, 2015). TABS değeri balık havyarının kalitesini dolayısıyla market değerini etkiler. Bu değer tür, yediği yem, hasat dönemi, habitat durumu, işleme yöntemi, koruyucular, paketleme ve saklama koşullarına bağlı olarak değişir (Bledsoe vd., 2003). Taze havyar mikrobiyolojik olarak steril olup işleme sırasında sterilliği kaybolur. Toplam uçucu nitrojen bazları (TVB-N), histamin ve diğer biyolojik aminler genellikle *Pseudomonas* ve koliform bakteriler tarafından üretilir ve havyarın

kalitesini olumsuz etkiler (Sicuro, 2019). FDA (2011) kodeksine göre limit değer 7 log kob/g kabul edilmiştir. Bu hassas değere göre soğuk depolama şartlarında ürünlerin 90. günde sınır değeri kısmen aştığı, 180. günde ise limit değerini üstüne çıktığı görülmektedir. Nar çekirdeği yağı ve kekik yağı ilavesinin kontrol grubuna göre kısmi bir fayda oluşturduğu görülmüş olup 180. günde nar çekirdeği yağı kullanılan grupta nispeten daha düşük bir bakteri gelişimi görülmüştür ($P < 0,05$). +4 °C depolama da benzer sonuçlar Li vd. (2017), Miettinen vd. (2003), Inanlı vd. (2011) bulunurken Alak vd. (2021) daha düşük sonuçlar elde etmişlerdir. TAB sayısı havyar kalitesi bakımından en önemli parametrelerden biri olup işleme yöntemi ve depolama sıcaklığı gibi birçok etkenden değişebilmektedir. Bu çalışmadaki bulgular sınır değerler içinde kalmakla beraber -18 °C depolama koşulundan bakteriyel değişim olmamıştır. Bu durum beklendiği şekilde dondurarak saklama yönteminin mikrobiyal gelişimi sınırlamasından kaynaklanmaktadır. Sonuçların sağlıklı değerlendirilebilmesi için yapılamayan psikofil bakteri sayısının ölçülmesine de ihtiyaç vardır.

Listeria monocytogenes besin kaynaklı hastalığa sebep olan vejetatif bir besin patojenidir. Taze ürünlerde tespiti önem arz etmekte olup ısıl işlem gören ürünlerde inaktif hale gelmektedir. Yirmi beş gram içinde varlığı tespit edildiğinde kontaminasyon olduğu kabul edilmekte olup limit değer 2 log kob/g enfekte doza ulaştığı kabul edilmektedir (Noseda vd., 2014). *Listeria monocytogenes* gökkuşağı alabalığı havyarında bulunabilecek patojen bakterilerden biridir. Birlikte pastörizasyon ve koruyucu ilavesi olmadan havyar ürününün *L. monocytogenes* varlığından arı tutulması neredeyse imkansızdır (Miettinen vd., 2003). Sıcaklık uygulaması ile yok edilebilmektedir. Bu çalışma, oda sıcaklığında uygulanmış ve bu bakterinin varlığı tespit edilmemiştir. Bu sebeple sıcaklık uygulamasının etkisinden bu durumun ortaya çıktığı değerlendirilmiştir ve kontaminasyon kaynağı olarak varlığı test edilmiştir. TSE'ye göre limit değer 0/25 gr/ml olarak verilmiş olup tüm gruplarda elde edilen sonuçlar bu limit değere uygundur.

Toplam uçucu nitrojen bazları (TVB-N), histamin ve diğer biyolojik aminler genellikle pseudomonas ve koliform bakterilerin aktivitesi sonucu ortaya çıkar ve havyarın kalitesini olumsuz etkiler (Sicuro,

2019). Havyarın işleme ve saklama koşulları uygun şartlarda olmalıdır aksi takdirde bakteri üreyerek TVB-N, peroksit, amonyak ve biyolojik aminler artış gösterebilir. Bu tür etkiler havyarın duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkileyecektir (Tavakoli vd., 2021). Bu çalışmada her iki depolama sıcaklığında ölçülen TVB-N değerleri kontrol grubunda diğer gruplara göre yüksek olmasında rağmen sınır değerler içinde kalmıştır. Inanlı vd. (2011) ile benzer Turan vd. (2021)'den daha düşük olarak tespit edilmiştir. Bu farklılıklar işleme yöntemi ve koruyucu katkı değişiminden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. TVB-N değerleri Duyar vd. (2008)'nin Lang (1979)'dan bildirdiği değerlendirme sistemine göre en iyi sonuçları vermiştir. pH değerinde olduğu gibi bu parametrede de eğitilmiş panelist bulunamadığından duyuşal analiz ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

SONUÇ

Havyar insan tüketiminde önemli bir gıda olup çeşitli türlerden elde edilen havyarların piyasada yüksek maddi değeri bulunmaktadır. Havyar olarak bilinen mersin balığı havyarı nesli tükenmekte olan bir canlıdan elde edildiği ve bu ürünün ticaretinin sıkı denetiminden dolayı diğer balık türlerinin ve özellikle somon/alabalık havyarının tüketimi artmıştır. Besin kalitesi yüksek, kaliteli bir gıda olan bu ürün piyasada önem kazanırken ticari olarak önem arz etmektedir.

Çalışmada havyar işlemeden sonra ürünün ticari olarak uzun süreli depolanmasına yönelik bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Elde edilen havyarın 90. gün verilerine göre -18 °C'de muhafaza edilen tüm gruplar ve +4 °C'de nar çekirdeği yağı katılan grupta en iyi sonuçlar tespit edilirken elde edilen havyarın Türk Gıda Kodeksi, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi kodeksi (FDA) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü kodeks değerlendirme sistemine göre tüketime uygun olduğu görülmüştür. Depolanmanın 180. gününde, +4 °C'de muhafaza edilen NÇY ve KY gruplarının TAB sayısı, KT grubuna oranla daha düşük seviyelerde istatistiksel olarak önemli bir tablo sergilemiştir. Bununla birlikte, tüm grupların Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından belirlenen 7 log kob/g limit değerini aştığı gözlemlenmiştir. Bu şekilde sınır değerlere göre 90. güne kadar raf ömründe nispeten sorun olmadığı görülmektedir. 180. günde

nar kabuğu yağı eklenen grup dahil +4 °C’de depolanan havyarların limit değeri aştığı görülmüştür. Fakat sınırlamalar nedeniyle ticari depolamaya yönelindiğinden dolayı 90. günden önce yapılamayan analizler koruyucu bitki yağlarının etkisinin tam olarak anlaşılmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte kontrol grubunda tam olarak bir ayrışma gerçekleşmemesi de tereddüt yol açmaktadır. Bu yüzden 90 günden önce en azından 30. günde bir analiz yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Buna karşın beklendiği şekilde dondurarak depolama sıcaklığında (-18 °C) kontrol grubunda dahi mikrobiyal gelişim olmamıştır. Fakat dondurma işleminin havyar kalitesi üzerindeki etkisinin duyusal analizler yapılarak da değerlendirilmesi yerinde olacaktır. Bu çalışmada nar çekirdeği ve kekik yağları ilavesinin mikrobiyal gelişimi engellemesiyle birlikte pH yükselmesine kısmen engel olduğu böylelikle 90. güne kadar havyarın raf ömrüne kısmen olumlu yönde etki ettiği düşünülmektedir. Bununla birlikte bu çalışmada yapılamayan duyusal analizler, psikrofilik bakteri sayısı ve bitkisel yağların oksidatif özelliklerinden dolayı lipid oksidasyon (TBARS) ölçümüne ihtiyaç olduğu görülmüştür.

AÇIKLAMALAR

Beyan

Bu çalışma 9. International GAP SUMMIT Scientific Research Congress (July 1-3, 2022 / Adıyaman, Turkey)’de özet bildiri olarak sunulmuştur. İbrahim Fehim Özdemir’in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada gökkuşuğu alabalığı yumurtalarının temini ve analizlerin finansmanını sağlayan Kara Alabalık Üretim Çiftliği sahibi Mustafa Kara’ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abbas, K. A., Mohamed, A., Jamilah, B. ve Ebrahimian, M. (2008). A review on correlations between fish freshness and pH during cold storage. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 4, 416–421. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2008.416.421>

Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*

(Vol. 456). Allured Publishing Corporation.

- Alak, G., Kaynar, Ö. ve Atamanalp, M. (2021). The impact of salt concentrations on the physicochemical and microbiological changes of rainbow trout caviar. *Food Bioscience*, 41, 100976. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100976>
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (Method 969.33). Association of Official Analytical Chemists.
- Bledsoe, G. E. (1996). *A comprehensive program for improving the effective and economic utilization of pink salmon (Oncorhynchus gorbuscha) from Prince William Sound, Alaska* (Publication No. 9630055) [Doctoral dissertation, University of Washington]. ProQuest Dissertations Publishing.
- Bledsoe, B. G., Bledsoe, C. D. ve 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>
- Borouhaki, M. T., Mollazadeh, H. ve Afshari, A. R. (2016). Pomegranate seed oil: A comprehensive review on its therapeutic effects. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(2), 430–438. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.7\(2\).1000-13](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.7(2).1000-13)
- Bunga, S., Ahmmed, M. K., Carne, A. ve Bekhit, A. E. D. A. (2021). Effect of salted-drying on bioactive compounds and microbiological changes during the processing of karasumi-like Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) roe product. *Food Chemistry*, 357, 129780. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129780>
- Duyar, H. A., Öğretmen, Y. ve Ekici, K. (2008). The chemical composition of waxed caviar and the determination of its shelf life. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(8), 1029–1033. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/26590286>
- European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. (2022). *Salmon and trout roe: Production, trade and consumption*. Retrieved December 14, 2022, from <https://www.eumofa.eu>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *Standard for sturgeon caviar (CXS 291-2010)*. Retrieved December 20, 2021, from <https://www.fao.org>
- Food and Drug Administration. (2011). *Fish and fishery products hazards and controls guidance* (4th ed.). Retrieved April 10, 2022, from <https://seafood.oregonstate.edu>
- Harrigan, W. F. (1998). *Laboratory methods in food microbiology*. Academic Press, Gulf professional publishing, London.
- Huang, Y., Rogers, R. M., Wenz, M. A., Cavinato, A. G., Mayes, D. M., Bledsoe, G. E. ve Rasco, B. A. (2001). Detection of sodium chloride in cured salmon roe by SW-NIR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4161–4167. <https://doi.org/10.1021/jf001177f>
- İnanlı, A. G., Öksüztepe, G., Özpolat, E. ve Çoban, O. E. (2011). Effects of acetic acid and different salt concentrations on the shelf life of caviar from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(23), 3172–3178. <https://doi.org/10.3923/javaa.2011.3172.3178>
- İnal, T. (1992). *Besin hijyeni: Hayvansal gıdaların sağlık kontrolü* (2. baskı). Final Ofset.
- Khora, S. S. (2015). Health risks associated with seafood. In S. K. Kim (Ed.), *Seafood science: Advances in chemistry, technology and applications* (pp. 483–570). CRC Press.
- Kutlu, N., Meral, R., Ekin, M. M., Erim Kose, Y. ve Ceylan, Z. (2022). A new application for the valorisation of pomegranate seed oil: nanoencapsulation of pomegranate seed oil into electrospun nanomats for food preservation. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 1074-1082. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15472>
- Li, C., Huang, L. ve Hwang, C. A. (2017). Effect of temperature and salt on thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in salmon roe. *Food Control*, 73, 406–410. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.08.027>
- Machado, T. M., Tabata, Y. A., Takahashi, N. S., Casarini, L. M., Neiva, C. R. P. ve Henriques, M. B. (2016). Caviar substitute produced from roes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Scientiarum. Technology*, 38(2), 233–240. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v38i2.27944>
- Miettinen, H., Arvola, A. ve Wirtanen, G. (2005). Pasteurization of rainbow trout roe: *Listeria monocytogenes* and sensory analyses. *Journal of Food Protection*, 68(8), 1641–1647. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.8.1641>
- Miettinen, H., Arvola, A., Luoma, T. ve Wirtanen, G. (2003). Prevalence of *Listeria monocytogenes* in fish roes. *Journal of Food Protection*, 66(10), 1832–1839. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.10.1832>
- Miya, S., Takahashi, H., Ishikawa, T., Fujii, T. ve Kimura, B. (2010). Risk of *Listeria monocytogenes* contamination of raw ready-to-eat seafood products. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(10), 3383–3386. <https://doi.org/10.1128/AEM.01456-09>
- Monfort, M. C. (2002). *Fish Roe in Europe: Supply and Demand Conditions*. Róm, İtalia: FAO/GLOBEFISH Research Programme. http://awsassets.panda.org/downloads/35_2002_fish_roe_in_europe_monfort_int.pdf. (Erişim tarihi: 14.05.2025)
- Nieto, G. (2020). A review on applications and uses of thymus in the food industry. *Plants*, 9(8), 961. <https://doi.org/10.3390/plants9080961>
- Nosedá, B., Vermeulen, A., Ragaert, P. ve Devlieghere, F. (2014). Packaging of fish and fishery products. In I. S. Bozariş (Ed.), *Seafood processing: Technology, quality and safety* (pp. 237–261). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118346174.ch10>
- Ollee, B. A. (2017). İşlenmiş alabalık yumurtalarının raf ömrüne farklı katkı maddelerinin etkisi (Tez No. 465029) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Ozogul, Y. ve Uçar, Y. (2013). The effects of natural extracts on the quality changes of frozen chub mackerel (*Scomber japonicus*) burgers. *Food and Bioprocess Technology*, 6(6),

- 1550-1560. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0794-9>.
- Özden, Ö., Erkan, N. ve Varlık, C. (2018). Havyar. *Aydın Gastronomy*, 2(2), 21–34.
- Panjaitan, F. C. A., Yeh, N. ve Chai, H. (2020). Effect of different processing on quality changes of barramundi caviar. *Journal of Food Processing and Preservation*. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14790>
- Rehbein, H. (2002). Measuring the shelf-life of frozen fish. Safety and quality issues in fish processing, pp.407-424. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, UK.
- Sahoo, J. ve Chatli, M. K. (2015). *Textbook on meat, poultry and fish technology*. Daya Publishing House.
- Sicuro, B. (2019). The future of caviar production in light of social changes. *Reviews in Aquaculture*, 11(1), 204–216. <https://doi.org/10.1111/raq.12235>
- Southcott, B. A., Boyd, J. W., ter Borg, L., Razzell, W. E., Babiuk, T. S. ve Yarish, J. (1976). Salmon Roe Processing-effects on Bacteria of Public Health Significance. Department of the Environment, Canada, Fisheries and Marine Service, Technical Report No. 626.
- Tavakoli, S., Luo, Y., Regenstein, J. M., Daneshvar, E., Bhatnagar, A., Tan, Y. ve Hong, H. (2021). Sturgeon, caviar, and caviar substitutes. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(4), 753–768. <https://doi.org/10.1080/23308249.2021.1873244>
- Tolgay, Z. ve Tetik, İ. (1964). Muhtasar Gıda Kontrolü ve Analizleri Kılavuzu. Ege Matbaası, Ankara.
- Turan, H., Çorapçı, B., Keskin, İ. E., Köstekli, B., Eyüboğlu, A., Altan, C. O. ve Kocatepe, D. (2021). The new gastronomic product: Dried and vacuumed rainbow trout roe. *Food Technology*, 45(1), 26–37. <https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2021.1.02>
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S. ve Baygar, T. (2004). *Su ürünleri işleme teknolojisi*. İstanbul Üniversitesi.