

Paketleme ve antimikrobiyal madde uygulamalarının su ürünlerinde kullanımı

Ayşegül ÇARBAŞ^{*1} 

¹ Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü 06530, Ankara, Türkiye

Özet: Besleyici özellikleri açısından gıdalar arasında önemli bir yere sahip olan su ürünleri, mikrobiyal bozulmaya karşı çok hassas oldukları için yakalanması, saklanması ve uygun tekniklerle işlenmesi gereklidir. Bozulmayı yavaşlatırken taze tutmanın en etkili yolu soğuk depolama teknolojisidir. Ayrıca dondurma, tütsüleme, kurutma, tuzlama, ısıl işlem muhafaza, asitleme, paketleme teknikleri (vakum ve modifiye atmosfer paketleme (MAP) vb.), gıda katkı maddelerinin kullanımı gibi su aktivitesinin azaltılması da raf ömrünü uzatır. Antimikrobiyal ajanlar, çevredeki her türlü mikroorganizmayı öldürmek, üremelerini veya aktivitelerini engellemek için koruyucu olarak eklenen katkı maddelerinden biridir. Bu maddeler arasında yaygın olarak kullanılan sorbik asit ve tuzları, depolama sırasında bakterilerin üremesini ve istenmeyen kötü tat ve aromaya neden olan bileşiklerin oluşumunu yavaşlatarak engeller. Bu derleme, vakum paketleme, modifiye atmosfer paketleme ve antimikrobiyal sorbik asidin su ürünlerinin raf ömrü üzerindeki etkilerini çeşitli bilimsel kaynakları kullanarak özetlemektedir.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal, balık eti, raf ömrü, MAP, vakum

Usage of packaging and antimicrobial substance applications in aquaculture

Abstract: Aquatic products, which have an important place among foods in terms of their nutritional properties, need to be caught, stored and processed with appropriate techniques because they are very sensitive to microbial spoilage. The most effective way to keep it fresh while slowing down deterioration is with cold storage technology. In addition, reducing water activity such as freezing, smoking, drying, salting, heat treatment preservation, pickling, packaging techniques (vacuum and modified atmosphere packaging (MAP) etc.), the use of food additives also extends the shelf life. Antimicrobial agents are one of the additives added as preservatives to kill all kinds of microorganisms in the environment, inhibiting their reproduction or activity. Among these substances, commonly used sorbic acid and its salts inhibit the growth of bacteria during storage and the formation of compounds that cause unwanted bad taste and aroma by slowing them down. This review summarizes the effects of vacuum packaging, modified atmosphere packaging, and antimicrobial sorbic acid on the shelf life of aquaculture using a variety of scientific sources.

Keywords: Antimicrobial, fish meat, shelf life, MAP, vacuum

GİRİŞ

Balıkların, yüksek besleyici özelliğinden dolayı gıdalar arasında çok önemli bir yere sahip oldukları bilinmektedir (Turan vd., 2006). Tüketicilere taze, kaliteli balık sağlamak, bozulma mekanizması veya bozulmaya neden olan faktörlerin bilinmesine ve alınması gereken önlemlere bağlıdır (Huss, 1988). Gıdaların bileşim ve özelliklerinde

meydana gelen istenmeyen değişikliklerden kaynaklanan bozulmaların önlenmesi ve raf ömrünün uzatılması için gıda işleme ve muhafazaya yönelik farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bununla birlikte, soğuk depolama teknolojisine ek olarak su aktivitesinin azaltılması için tuz ve şeker ilavesi, kurutma, pastörizasyon ve sterilizasyon ile vakum ve modifiye atmosfer paketleme gibi uygulamalar yapılmaktadır (Evren vd., 2006). Yiyeceklerin lezzetli olması

* Corresponding Author: acarbas@dsi.gov.tr

Submitted date: 22 May 2023

Accepted date: 5 June 2023

ve uzun süre muhafaza edilmesi için formülasyonlarına "gıda katkı maddesi" adı verilen bazı maddeler eklenir. Bu gıda katkı maddelerinden biri de koruyucu olarak kullanılan antimikrobiyal maddelerdir (Çakmakçı ve Çelik, 1994). Asetik asit ve asetatları, benzoik asit ve tuzları, propionik asit ve tuzları, nitrit ve nitrat bileşikleri, nisin, sorbik asit ve tuzları, kükürt dioksit ve çeşitli sülfidler gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal ajanlardır (Gökalp ve Çakmakçı, 1991; Çakmakçı ve Çelik, 1994; Küçüköner, 2006). Günümüzde gıda koruyucu olarak önemli ölçüde kullanılan sorbik asit ve potasyum güvenli olarak kabul edilen maddelerdir ve kolayca sindirilebilirler (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999; İnanlı, 2003). Suda az çözünen sorbatların antimikrobiyal aktivitesi, kullanılan gıdanın içerdiği diğer katkı maddeleri, pH'sı, besin madde içeriği, nem miktarı, işleme metodu, paketlenme metodu, muhafaza sıcaklığı ve raf ömrü gibi birçok faktöre bağlıdır. Sorbatlar maksimum aktivitesini pH 6,0-6,5 arasında gösterirler ve düşük pH'lı gıdalarda daha etkilidirler (Sofos ve Busta, 1981; Çakmakçı ve Çelik, 1994). Sorbik asit ve tuzları küf ve maya gelişimine karşı antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılmaktadırlar. Ayrıca patojenler de dahil olmak üzere birçok saprofitik bakteriye karşı da etkilidirler (Kıvanç, 1991; Thakur ve Patel, 1994; Yetim, 1996).

Sorbatlar doğrudan ürüne katılma, daldırma, püskürtme, toz halinde serpmeye, ambalaj malzemesine veya ambalaj kağıdına katılma gibi çeşitli yöntemlerle gıdalara uygulanmaktadırlar (Yetim, 1996). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), gıda konservelerinde sorbatlar için maksimum kabul edilebilir günlük alım miktarını (ADI) 25 mg/kg olarak belirlemiştir (Sofos ve Busta, 1981). Balık etinin bozulmadan uzun süre saklanamaması, hemen işlenmesini veya ön işleme tabi tutulmasını ve muhafaza edilmesini gerektirmektedir (Huss, 1988).

Bu derlemede, paketlenme yöntemleri ve bir antimikrobiyal ajan olan potasyum sorbatın balık muhafazasında kullanımına ilişkin araştırmalar tartışılmaktadır.

1.1. Balıkçılık endüstrisinde paketlenme yöntemleri

Gıdaların bileşim ve özelliklerinde meydana gelen istenmeyen değişiklikler nedeniyle bozulmayı önlemek ve raf ömrünü uzatmak için gıda işleme ve muhafazaya yönelik farklı yöntemler geliştirilmiştir. Su ürünlerini muhafaza etmenin ana yöntemleri dondurma, konserveleme, tütsüleme, tuzlama ve kurutma iken, günümüzde su ürünlerinin taze olarak muhafazasında vakum ve modifiye atmosfer paketlenme teknolojileri de kullanılmaktadır (Üçüncü, 2000; Kılınç ve Çaklı 2001, 2004; Evren vd., 2006).

Bozulmayı geciktirerek gıdaları taze tutmanın en uygun ve etkili yolu soğuk depolama teknolojisidir. Bununla birlikte, soğuk depolama teknolojisine ek olarak ısı işlemlerden pastörizasyon ve sterilizasyon, su aktivitesinin azaltılması

için kurutma, tuz ve şeker ilavesi ve vakum ve modifiye atmosfer gibi paketlenme tekniklerinin kullanımı giderek artmıştır. Özellikle kontrollü atmosfer, modifiye atmosfer (MAP), vakum, yenilebilir film, akıllı ve aktif paketlenme gıda muhafazasında kullanılmaktadır (Evren vd., 2006).

1.1.1. Modifiye Atmosfer Paketlenme

Modifiye atmosfer paketlenmede prensip; paketlenme ortamına gaz karışımları uygulayarak hakim mikrofloranın metabolizma hızını düşürmek, ürünün solunum hızını düşürmek, enzimatik ve oksidatif bozunma reaksiyonlarını minimum seviyede tutarak mikrobiyal bozunmayı geciktirmektir (Özoğul vd., 2006).

Modifiye atmosfer paketlenme ürünlerin potansiyel raf ömrünü 1,5 ila 4 kat artırmak, ekonomik kayıpları azaltmak, ürünlerin daha düşük dağıtım maliyetleri ile daha uzun mesafeler kat etmesini sağlamak ve daha kaliteli ürünler sunmak gibi birçok avantajlar sunmaktadır (Farber, 1991).

Ancak çözünmüş karbondioksit kontrolü, ambalaj yapısının bozulması, her ürün için farklı gaz bileşiminin gerekliliği, taşıma sırasında ambalajlarda meydana gelebilecek yırtılma, delinme gibi fiziksel hasarlardan ürün güvenliğinin azalması gibi dezavantajlara da yol açabilmektedir (Kılınç ve Çaklı, 2004). Farklı gıdaları paketlenmek için değişik gaz karışım konsantrasyonları uygulanmaktadır (Özoğul vd., 2006).

Karbondioksit (CO₂) gazı fungistatik ve bakteriyostatik özelliklerinden dolayı balıkların modifiye atmosferde paketlenmesinde önemlidir ve bozulmaya neden olan bakterilerin gelişmesini yavaşlatmaktadır. Maksimum antimikrobiyal etki elde etmek için, MAP ürününün saklama sıcaklığı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır (Farber, 1991). Oksijen (O₂) genel olarak aerobik bakterilerin büyümesini teşvik etmekte ve anaerobik bakterilerin büyümesini engellemektedir. Düşük oksijen seviyesinde (<% 0,5), et ve et ürünlerinde kahverengi veya kahverengi/gri renk meydana gelmektedir. Azot (N₂), antimikrobiyal aktiviteye sahip hoş olmayan inert bir gaz olup, su ve yağda karbondioksit göre çok az çözüldüğü için dolgu gazı olarak kullanılmaktadır. Nitrojen ayrıca ambalajda oksijenin yerini almada, oksidasyonu yavaşlatmakta ve aerobik mikroorganizmaların büyümesini engellemektedir (Sivertsvik vd., 2002).

1.1.2. Vakum Paketlenme

Vakum paketlenme yapılan gıdaların ambalajında hava olmadığı için bakterilerin üremesi ve ürünlerin oksidasyonu engellenmektedir. Fakat vakum ürünlerinde su aktivitesi ve pH gibi faktörlere bağlı olarak anaerobik ve fakültatif türler ile *Lactobacillus* türleri gelişmektedir (Kılınç ve Çaklı, 2001). Balıklar ve diğer su canlılarında vakum paketlenme kullanımı donan yağlı balıklardan (örn. somon, uskumru, sardalya) kaynaklanan donma hasarını azaltmaya yardımcı

olmaktadır. Vakum paketlemenin bir diğer önemli avantajı da paket hacminin ürünün hacmine eşit olması ve paket içinde boş alan olmamasıdır. Vakum paketleme ile karşılaştırıldığında, MAP daha çok yönlüdür, çünkü ilki yalnızca hava gidermeye dayanır, ikincisi belirli gıdalarda kullanılabilir. Raf ömrünü uzatmak için farklı gazlar bir karışım içinde ve farklı konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Dikel, 2022).

2. Balık Muhafaza Yöntemleri ve Depolama Süresi Üzerine Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Parkin vd. (1981) modifiye atmosferde ambalajlamada hava ile ambalajlamaya göre trimetil amin (TMA), aerobik bakteri sayısı ve pH değerlerinin daha düşük olduğunu, modifiye atmosferle ambalajlamanın 13 gün süreyle kaya balığı (*Sebastes* spp.) fileto kalitesini koruduğunu bildirmektedirler. Fey ve Regenstein (1982) taze berlam (*Merluccius merluccius*) ve somon (*Salmo* spp.) balıklarında modifiye atmosfer ve potasyum sorbatlı buz kullanımının raf ömrünü artırdığını tespit etmişlerdir.

Lynch ve Potter (1982) 7 °C'de yapılan depolama süresince %0,5 potasyum sorbat içeren morina balığı (*Gadus* spp.) kıymalarında toplam aerobik bakteri sayısını kontrol grubuna göre daha düşük bulmuşlardır. Regenstein (1982) gaz karışımı ve gaz karışımı + potasyum sorbat uygulanmış mezzit balığı (*Melanogrammus aeglefinus*) filetolarında hava ve vakum paketlemenin duyuşal özellikleri olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir.

Bremner ve Statham (1983) taraklarda (*Pecten alba*) vakum ambalajlama ve potasyum sorbat uygulamasının başlangıç *Vibrio* florasını depolama süresince düşürdüğünü, sorbat uygulanan numunelerde ise önce düşüş daha sonra yükseliş rapor etmişlerdir. Statham vd. (1985) derin deniz levreklerinde (*Nemadactylus macropterus*, jackassfish) vakum ambalajlamanın potasyum sorbatın %100 CO₂ atmosferinden daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Taze beyaz göl balığı (*Coregonus clupeaformis*) filetolarında %5 potasyum sorbat uygulamasının raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir (Sharp vd., 1986). Sazan balıklarında (*Cyprinus carpio*) sorbat muamelesinin raf ömrünü uzattığı saptanmıştır (Gelman vd., 1990).

Barnett vd. (1987) modifiye atmosfer paketlemede yarı geçirgen ambalajlama materyali kullanıldığında alabalık (*Salmo gairdneri*) filetolarının raf ömrünün uzadığı, potasyum sorbat uygulamasının modifiye atmosfer paketlemeden önce yapılmasının ise mikrobiyal gelişmeyi düşürdüğünü bildirmektedirler. Harrison ve Heinsz (1989) karideslerde (*Penaeus aztecus*) raf ömrünün potasyum sorbatlı buz kullanımı ile uzadığını ve bozulmaya sebep olan bakterilerin lag ya da adaptasyon fazını uzattığını rapor etmişlerdir.

Vakum ve modifiye atmosferde ambalajlanan ve 0 °C'de depolanan morina balığı (*Gadus morhua*) filetolarında raf

ömrünün, vakum ambalajlama ile karşılaştırıldığında modifiye atmosferde %100 CO₂ kullanımının 2-3 gün, %48 CO₂ kullanımının ise 6-7 gün uzadığı kaydedilmiştir (Dalgaard vd., 1993). Tilapia (*Tilapia* spp.) balıklarında raf ömrünün hava ile ambalajlanan filetolarla 9 gün, %25 N₂, %50 CO₂ gaz karışımında 13 gün, %50 CO₂+%50 N₂ gaz karışımında 23 gün ve %25 CO₂+%75 N₂ gaz karışımında ise 30 gün olduğu saptanmıştır (Reddy vd., 1994). İzgi (1995) tarafından gökkuşuğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) kontrol grubunda 7 gün, %50 CO₂+%50 N₂ gaz karışımında 9 gün, %50 CO₂+%45 N₂+%5 O₂ ile %100 CO₂ gruplarına ait örneklerde ise 12 gün raf ömrü olduğu ve en iyi sonucu %50 CO₂+%45 N₂+%5 O₂ gaz karışımının verdiği bildirilmiştir.

Soğukta muhafaza edilen kedi balığı (*Ictalurus punctatus*) filetolarında laktik asit kültür, potasyum sorbat ve sodyum asetat uygulamanın Gram negatif bakteri gelişimini 6 günden daha fazla bir süre inhibe ettiği tespit edilmiştir (Kim ve Hearnberger, 1994).

Modifiye atmosferde ambalajlanan morina (*Gadus morhua*) filetolarında bakteri gelişimini sınırlayıcı bir etkiye sahip olduğu ve toplam uçucu baz (TVB) ve TMA değerlerini düşürdüğü bildirilmiştir (Debevere ve Boskou, 1996).

Gökkuşuğu alabalığı (*S. gairdneri*) ve Baltık ringa balığı (*Clupea harengus membras*) filetoları vakum ve modifiye atmosferde paketlenerek 2 °C'de depolanmış ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Mezofilik bakterilerin vakum ve gaz ambalajlamada, koliform grubu bakterilerin ise gaz ambalajlamada gelişiminin yavaş olduğu tespit edilmiştir (Randell vd., 1997).

Potasyum sorbat, sodyum glukonat ve potasyum sorbat-sodyum glukonatın her ikisi ile birlikte potasyum muamele edilerek modifiye atmosferde ambalajlanan çipura (*Sparus aurata*) filetolarında sodyum-glukonatın birlikte kullanımının potasyum sorbatın tek başına kullanımından daha etkili olduğu, glukonat muamelesinin Gram pozitif mikroorganizmaların gelişimini sınırlandırdığı saptanmıştır (Drosinos vd., 1997).

López-Gálvez vd. (1998) %20 CO₂ ile ambalajlanan dil balığı (*Solea solea*) filetolarında normal raf ömrünün 4 gün olduğunu, ancak %40 CO₂+%60 O₂ gaz karışımı ile paketlemenin raf ömrünü 8 günün üzerine çıkardığını tespit etmişlerdir.

Potasyum sorbatla muamele edilen taze hamsilerin (*Engraulis encrasicolus*) depolama ve taşınması esnasında kimyasal ve mikrobiyolojik kalitenin daha uzun süre korunduğu saptanmıştır (Yapar ve Yetim, 2000). Vakum ve modifiye atmosferde ambalajlanan atlantik ringa balığında (*Clupea harengus*) buzda depolamaya göre raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir (Özoğul vd., 2000).

Shalini vd. (2001) tarafından potasyum sorbatla muamele edilerek vakum ambalajlanan ve buzdolabı sıcaklığında depolanan imparator balığında (*Lethrinus lentjan*) mikrobiyal gelişmenin yavaşladığı, bozulmanın geciktiği ve dolayısıyla raf ömrünün uzadığı belirtilmiştir.

Potasyum sorbata daldırılmış kolyoz (*Scomber japonicus*) filetolarının daha düşük mikrobiyal yüke sahip olduğu vurgulanmıştır (Erkan vd., 2001).

Potasyum sorbat uygulamasının vakum ve MAP ile ambalajlanan ve soğukta muhafaza edilen gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) filetolarında kimyasal kalitenin daha uzun süre korumasına katkıda bulunabileceği ve bakteriyel gelişmeyi sınırlandırdığı bildirilmiştir (Çarbaş, 2008).

Gümüş levrek (*Bidyanus bidyanus*) balığında potasyum sorbat uygulamasının bakteri sayısındaki artışı önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir (Gelman vd., 2001).

Patır vd. (2001) potasyum sorbat uygulanmış tuz kürü aynalı sazan (*C. carpio*) filetolarında potasyum sorbat uygulanmış ve %10 oranında tuzlanmış örneklerde mikroorganizma sayısının nispeten daha az olduğunu saptamıştır.

Giménez vd. (2002) modifiye atmosferde ambalajlamanın gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss*) filetolarında raf ömrünü önemli ölçüde uzattığını tespit etmişlerdir.

Erkan vd. (2002) tuzlanmış alabalığın (*O. mykiss*) raf ömrünün %5 O₂+%35 CO₂+%60 N₂ gaz karışımında 60 gün, %30 CO₂+%70 N₂ gaz karışımında ise 75 gün olduğunu bildirmektedir.

Aras Hisar (2002) tarafından gökkuşuğu alabalıklarında (*O. mykiss*) modifiye atmosferde ambalajlamanın raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir.

Tuzu giderilmiş morina (*G. morhua*) balıklarında sitrik asit/potasyum sorbat kombinasyonunun, izolatlar üzerinde farklı derecede inhibisyon etkisi gösterdiği belirlenmiştir (Pedro vd., 2004).

Özoğul vd. (2004) sardalyanın (*Sardina pilchardus*) raf ömrünün modifiye atmosferde 12, vakum ambalajlamada 9 ve havada 3 gün olduğunu, bakteri gelişiminin modifiye atmosferde oldukça yavaş seyrettiğini rapor etmiştir.

Taze morina (*G. morhua*) filetolarında vakum ve %65 N₂+%30 CO₂+%5 O₂ gaz karışımı uygulanarak ambalajlanmış ve 4 °C'de depolanmış örneklerin raf ömrünün daha uzun olduğu ve depolama sıcaklığı düşüğe bakteriyel gelişme oranının azaldığı ve lag fazının uzadığı tespit edilmiştir (Corbo vd., 2005).

Sardalya (*S. pilchardus*) balıklarında sitrik ve sorbik asitin raf ömrünü olumlu yönde etkileyen katkı maddeleri olduğu belirlenmiştir (Altın, 2006).

Tüketime hazır morina (*G. morhua*) balıklarında mikrobiyal gelişmenin normal paketlerde daha hızlı olduğu, modifiye atmosfer uygulamasının bu gelişmeyi önemli oranda azalttığı, ayrıca sitrik asit ve sorbat ya da sitrik asit-sorbat solüsyonu ile işlem görmüş filetolarda modifiye atmosferin daha etkin olduğu belirlenmiştir (Magnússon vd., 2006).

Modifiye atmosferde ambalajlamanın sardalyanın (*S. pilchardus*) raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir (Erkan vd., 2006). Sardalya balıklarında (*S. pilchardus*) mikrobiyal floranın *Shewanella putrefaciens*, *Pseudomonas*, *B. thermosphacta*, Enterobacteriaceae ve laktik asit bakterilerinden oluştuğu, bakteri gelişiminin hava ile ambalajlamada hızlı, modifiye atmosferde yavaş seyrettiği saptanmıştır (Stamatis ve Arkoudelos, 2007).

Abosrea (2007) potasyum sorbat/*Bifidobacterium* kombinasyonunu uygulanan Nil tilapia balığı (*Oreochromis niloticus*) filetolarının fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini -18 °C'de 24 hafta, 4 °C'de ise 12 gün koruduğunu tespit etmiştir.

Siyah pomfret (*Parastromateus niger*) ve yeşil çiklit (*Etroplus suratensis*) balıklarında vakum uygulanarak ambalajlanmış örneklerde raf ömrünün sırasıyla 8 ve 10 gün olduğu, sodyum asetat ve potasyum sorbatla muamele edilen vakum ambalajlanmış siyah pomfret balığı örneklerinde bu sürenin 16 gün, aynı uygulamaların yapıldığı yeşil çiklit balık örneklerinde ise 15 gün olduğu rapor edilmiştir (Manju vd., 2007).

Pantazi vd. (2008) hava ile ambalajlanmış kılıç balığında (*Xiphias gladius*) *Pseudomonas* spp. ve H₂S üreten bakterilerin dominant olduğunu, vakum ve modifiye atmosferde ambalajlamanın bakterileri gelişimini kısmen inhibe ettiğini, Enterobacteriaceae ve laktik asit bakterilerinin de mikrobiyal florada bulunduğunu belirlemişlerdir.

Potasyum sorbat uygulamalarının vakumla paketlenmiş inci kefali (*Chalcalburnus tarichi*) filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri, psikrotrofik bakteri, Enterobacteriaceae, maya-küf sayıları, TVB-N değerleri, feniletilamin, putresin, triptamin ve pH değerleri üzerine önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Özellikle %5 seviyesinde potasyum sorbat uygulaması ve vakumlu paketlenmenin soğukta depolanan filetoların biyojenik aminlerini, mikrobiyolojik ve kimyasal kalitelerini daha uzun süre korumalarına yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır (Genççelep vd., 2014).

Gandotra vd. (2014) tarafından gümüş sazani (*Hypophthalmichthys molitrix*) üzerinde yürütülen çalışmada, örnekler A (kontrol-işlenmeden alüminyum folyo kaplanmış) ve B (%5 potasyum sorbat çözeltisine 15 dakika daldırılıp, alüminyum folyo kaplanmış) gruplarına ayrılarak hava geçirmez kaplarda -12±2 °C'de 30 gün süreyle depolanmış ve depolanmanın 0, 10, 20 ve 30. Günlerinde biyokimyasal ve

mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. B grubu filetoların TBA, FFA (serbest yağ asidi), toplam bakteri, koliform grubu bakteri ve psikrotrofik bakteri sayısı kontrol (A) grubundan daha düşük değerler gösterdiği belirlenmiştir. %5 potasyum sorbat muamelesinin dondurulmuş filetoların raf ömrünü korumada etkili olduğu, depolama süresinde kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmanın geciktirildiği, filetoların depolanmanın son gününde (30) bile iyi durumda olduğu tespit edilmiştir.

Kocatepe vd. (2016) tarafından yürütülen araştırmada, farklı CO₂/N₂ (MAP) gaz konsantrasyonlarının (atmosferik hava (kontrol) (A), %60CO₂ + %40N₂ (B), %75CO₂ + %25N₂ (C), %40CO₂ + % 60N₂ (D)) 3±1 °C'de depolanan alabalık kıymasının kimyasal/duyusal stabilite, renk özellikleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Analizler depolanmanın 1., 4., 8., 12., 16., 20., 24. ve 28. Günlerinde yapılmıştır. Üç modifiye atmosfer gazı kompozisyonu arasında en iyi koruma yöntemi ve alabalık kıyması için en uygun gaz konsantrasyonu %75 CO₂ içeren C grubunda bulunmuştur. Depolanmanın 12. Gününde kontrol (A) grubunun, 16. Gününde MAP B grubunun, 24. Gününde MAP C grubunun ve 16. Gününde MAP D grubunun tüketilemeyeceği tespit edilmiştir.

Fadıloğlu ve Çoban (2020) yaptıkları araştırmada, potasyum sorbat (%1) ve karanfil yağının (%1) 2 °C'de 20 gün depolama süresince kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) kalite özellikleri üzerindeki antioksidan ve antibakteriyel etkilerini karşılaştırmışlardır. Depolanmanın 10. Günden sonuna kadar potasyum sorbat uygulamasının kerevit örneklerinin TBA değerleri üzerinde kontrol ve karanfil yağı uygulanmış örneklerle göre önemli etkisinin olduğunu (p<0,05), hem potasyum sorbat hem de karanfil yağı

uygulamasının, 20 günlük depolama boyunca lipid oksidasyonunu geciktirdiğini tespit etmişlerdir.

Buzdolabı sıcaklığında 15 gün boyunca depolanan domuz balığı (çotıra) (*Alosa immaculata*, Bennett, 1838) filetolarının fizikokimyasal (renk ve doku, pH ve total uçucu baz azotu-TVB-N), mikrobiyolojik (toplam bakteri sayım, psikrotrofik, sülfür indirgeyen bakteriler ve asit-laktik bakteriler), duyu kalite özellikleri ve raf ömrü üzerinde farklı paketlenme türlerinin (havada (kontrol), vakumda (VP) ve modifiye atmosferde (MAP) etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, numuneler 0. gün (taze balık), 5., 10. (8 ve 12. duyu analiz için) ve 15. günlerde analiz edilmiştir. MAP, kontrol grubundaki filetolara kıyasla TVB-N içeriklerindeki artışı engellemiştir. Kontrol grubundaki filetoların (toplam bakteri sayısı ve psikrotrofik bakteri sayısı, 10. Günde 7 log (kob/g)'ı aşarken, vakum ve modifiye atmosferde paketlenmiş filetolarda bu sınırın altında kalmıştır. Kontrol grubu filetoların raf ömrü 8 gün iken, vakum ve modifiye atmosferde paketlenmenin raf ömrünü sırasıyla 15 ve 12 güne kadar uzattığı tespit edilmiştir (Esteves vd., 2021).

SONUÇ

Yapılan çalışmalar göz önüne alındığında balık etlerinin muhafazasında paketlenme metodlarının başarıyla uygulandığı ve raf ömrü üzerine olumlu etkiler yaptığı rapor edilmiştir. Ayrıca antimikrobiyal maddelerin kullanımında balık etlerinde kimyasal ve mikrobiyal bakımdan olumsuz değişikliklere neden olmaksızın raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir. Sonuç olarak balık etlerinin muhafazasında gelecekte yeni katkı maddeler kullanılarak teknoloji ışığında paketlenme materyalleri ya da yöntemleri geliştirilmesi sektörün gelişmesi bakımından önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Abosrea, N.A. (2007). Efficiency of *Bifidobacterium* with/or salts of sorbic acid on the quality of chilled and frozen fish fillet. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 53(112), 78-105.
- Altın, A. (2006). Sorbik asit ve sitrik asitin taze sardalya balığının (*Sardina pilchardus*) raf ömrüne etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Aras Hisar, Ş. (2002). Modifiye atmosferde ambalajlamanın gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Barnett, H.J., Conrad, J.W., & Nelson, R.W. (1987). Use of laminated high and low density polyethylene flexible packaging to store trout (*Salmo gairdneri*) in a modified

atmosphere. *Journal of Food Protection*, 50(8), 645-651.

Bremner, H.A., & Statham, J.A. (1983). Effects of potassium sorbate on refrigerated storage of vacuum packed scallops. *Journal of Food Science*, 48, 1042-1047.

Corbo, M.R., Altieri, C., Bevilacqua, A., Campaniello, D., D'Amato, D., & Sinigaglia, M. (2005). Estimating packaging atmosphere-temperature effects on the shelf life cod fillets. *European Food Research and Technology*, 220, 509-513.

Çakmakçı, S., & Çelik, İ. (1994). Gıda katkı maddeleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu No: 164, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 249 s, Erzurum.

- Çarbaş, A. (2008). Potasyum sorbat uygulamasının vakum ve modifiye atmosferde ambalajlanmış gökkusağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının raf ömrü üzerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Dalgaard, P., Gram, L., & Huss, H.H. (1993). Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, 19(4), 283-294.
- Debevere, J., & Boskou, G. (1996). Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 31, 221-229.
- Dikel, Ç. (2022). Sorular ile su ürünleri yetiştiriciliği-Bölüm 14 Hazır su ürünleri, soğuk saklama, nakil ve pazarlama, İksad Yayınevi, 251-273, Ankara.
- Drosinos, E.H., Lambropoulou, K., Mitre, E. & Nychas J.E. (1997). Attributes of fresh gilt-head seabream (*Sparus aurata*) fillets treated with potassium sorbate, sodium gluconate and stored under a modified atmosphere at 0±1 °C. *Journal of Applied Microbiology*, 83, 569-575.
- Erkan, N., Metin, S., Varlık, C., & Özden, O. (2001). Die einfluss kalium sorbat zur verbesserung der qualität von filets vom mittelmeermakrele. *Deutsche Lebensmittel Rundschau*, 97(10), 427-431.
- Erkan, N., Mol, S., Varlık, C., Özden, Ö., & Baygar, T. (2002). The effect of the modified atmosphere packaging on the shelf-life of the salted trout. *Fleischwirtschaft*, 82 (12), 89-92.
- Erkan, N., Özden, Ö., Alakavuk, D.Ü., Yıldırım, Ş.Y., & İnuğur, M. (2006). Spoilage and shelf life of sardines (*Sardina pilchardus*) packed in modified atmosphere. *European Food Research and Technology*, 222, 667-673.
- Esteves, E., Guerra, L., & Anibal, J. (2021). Effects of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality and shelf-life of gray trigger fish (*Balistes capriscus*) fillets. *Foods*, 10, 250.
- Evren, M., Albayram, C., & Apan, M. (2006). Laktik asit bakterilerinin oluşturduğu antimikrobiyal maddeler. Türkiye 9. Gıda Kongresi (24-26 Mayıs), Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 33, 977-980, Bolu.
- Fadıloğlu, E.E., & Çoban, M.Z. (2020). Comparative assessment of potassium sorbate and clove oil (*Syzygium aromaticum*, L.) on quality alteration in chilled crayfish (*Astacus leptodactylus*). *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science*, 30(1), 220-228.
- Farber, J.M. (1991). Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology-a review. *Journal of Food Protection*, 54(1),58-70.
- Fey, M.S., & Regenstein, J.M. (1982). Extending shelf-life of fresh wet red hake and salmon using CO₂-O₂ modified atmosphere and potassium sorbate ice at 1 °C. *Journal of Food Science*, 47,1048-1054.
- Gandotra, R., Gupta, V., Koul, M., Gupta, S., & Uz-zaman, R. (2014). Studies on the effect of potassium sorbate treatment on fillets of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Biolife Journal*, 2(2), 702-707.
- Gelman, A., Pasteur, R., & Rave, M. (1990). Quality changes and storage of common carp (*Cyprinus carpio*) at various storage temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 52, 231-247.
- Gelman, A., Glatman, L., Drabkin, V., & Harpaz, S. (2001). Effects of storage temperature and preservative treatment on shelf life of the pond-raised freshwater fish, silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Journal of Food Protection*, 64(10), 1584-1591.
- Genççelep, H., Andiç, S., & Köse, Ş. (2014). Effects of potassium sorbate application on shelf life and biogenic amines of pearl mullet (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) fillets packaged with vacuum. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 23,347-357.
- Giménez, B., Roncalés, P., & Beltrán, J.A. (2002). Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1154-1159.
- Gökalp, H.Y., & Çakmakçı, S. (1991). Gıda sanayinde antimikrobiyal maddeler ve kullanımları. *Araştırma Aylık Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, 3(33), 27-32.
- Gülyavuz, H., & Ünlüsayın, M. (1999). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı, 359 s, Isparta.
- Harrison, M.A., & Heinsz, L.J. (1989). Shelf-life extension of raw brown shrimp (*Penaeus aztecus*) with potassium sorbate in ices and dips. *Journal of Food Quality*, 12(3), 243-248.
- Huss, H.H. (1988). Fresh fish quality and quality changes. FAO Fisheries Series No: 29, Training Manual Prepared for the FAO/ DANIDA Training Programme on Fish Technology and Quality Control, Rome.
- İnanlı, A.G. (2003). Tuzlanmış ve potasyum sorbat uygulanmış alabalık (*Oncorhynchus mykiss*)

- filetolarının raf ömrü ile sorbat kalıntılarının incelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- İzgi, Ş. (1995). Modifiye atmosfer altında paketlenen alabalığın raf ömrü üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılınç, B., & Çaklı, Ş. (2001). Paketleme tekniklerinin balık ve kabuklu su ürünleri mikrobiyal florası üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(1-2), 279-291.
- Kılınç, B., & Çaklı, Ş. (2004). Su ürünlerinin modifiye atmosferde paketlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 21(3-4), 349-353.
- Kıvanç, M. (1991). Gıda koruyucusu olarak sorbik asit ve tuzları: III. bakterilere etkisi. *Gıda*, 16(1), 39-45.
- Kim, C.R., & Hearnberger, J.O. (1994). Gram negative bacteria inhibition by lactic acid culture and food preservatives on catfish fillets during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 59(3), 513-516.
- Kocatepe, D., Turan, H., Altan, C.O., Keskin, I., & Ceylan, A. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) mince. *Food Science and Technology International*, 22(4), 343-352.
- Küçüköner, E. (2006). Yeni ürün geliştirmede gıda katkı maddelerinin fonksiyonları ve önemi. *Gıda*, 31(3), 175-181.
- López-Gálvez, D.E., Hoz, L., Blanco, M., & Ordóñez, J.A. (1998). Refrigerated storage (2 °C) of sole (*Solea solea*) fillets under CO₂-enriched atmospheres. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 1143-1149.
- Lynch, D.J., & Potter, N.N. (1982). Effects of potassium sorbate on normal flora and on *Staphylococcus aureus* added to minced cod. *Journal of Food Protection*, 45(9), 824-828.
- Magnússon, H., Sveinsdóttir, K., Lauzon, H. L., Thorkelsdóttir, A., & Martinsdóttir, E. (2006). Keeping quality of desalted cod fillets in consumer packs. *Journal of Food Science*, 71 (2), 69-76.
- Manju, S., Srinivasa Gopal, T.K., Jose, L., Ravishankar, C.N., & Ashok Kumar, K. (2007). Nucleotide degradation of sodium acetate and potassium sorbate dip treated and vacuum packed black pomfret (*Parastromateus niger*) and pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *Food Chemistry*, 102, 699-706.
- Özoğul, F., Taylor, K.D.A., Quantick, P., & Özoğul, Y. (2000). Chemical, microbiological and sensory evaluation of atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack. *Food Chemistry*, 71, 267-273.
- Özoğul, F., Polat, A., & Özoğul, Y. (2004). The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 85, 49-57.
- Özoğul, Y., Özoğul, F., & Küley, E. (2006). Modifiye edilmiş atmosfer paketlemenin balık ve balık ürünlerine etkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1-2), 193-200.
- Pantazi, D., Papavergou, A., Pournis, N., Kontominas, M.G., & Savvaidis, I.N. (2008). Shelf life of chilled fresh mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: microbiological, biochemical and sensory attributes. *Food Microbiology*, 25, 136-143.
- Parkin, K.L., Wells, M.J., & Brown, D. (1981). Modified atmosphere storage of rockfish fillets. *Journal of Food Science*, 47, 181-184.
- Patır, B., Gürel, A., Ateş, G., & Dinçoğlu, A.H. (2001). Potasyum sorbat uygulanmış tuz kürü aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) filetolarının üretimi ve muhafazası sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve kimyasal değişimler üzerine araştırmalar. *Selçuk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 17(2), 31-44.
- Pedro, S., Batista, I., Nunes, M.L., & Bernardo, M.F. (2004). Desalted cod spoilage flora inhibition by citric acid and potassium sorbate combination. *Journal of Food Product Technology*, 13(3), 25-37.
- Randell, K., Hattula, T., & Ahvenainen, R. (1997). Effect of packaging method on the quality of rainbow trout and baltic herring fillets. *LWT- Food Science and Technology*, 30(1), 56-61.
- Reddy, N.R., Schreiber, C.L., Buzard, K.S., Skinner, G.E., & Armstrong, D.J. (1994). Shelf life of fresh tilapia fillets packaged in high barrier film with modified atmospheres. *Journal of Food Science*, 59(2), 260-264.
- Regenstein, J.M. (1982). The shelf-life extension of haddock in carbon dioxide-oxygen atmospheres with and without potassium sorbate. *Journal of Food Quality*, 5(4), 285-300.
- Shalini, R., Jasmine, G.I., Shanmugam, S.A. & Ramkumar, K. (2001). Effect of potassium sorbate dip-treatment in

- vacuum packaged *Lethrinus lentjan* fillets under refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 38(1), 12-16.
- Sharp, W.F., Norback, J.P., & Stuibler, D.A. (1986). Using a new measure to define shelf life of fresh whitefish. *Journal of Food Science*, 51(4), 936-939.
- Sivertsvik, M., Jeksrud, W.K., & Rosnes, T. (2002). A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), 107-127.
- Sofos, J.N., & Busta, F.F. (1981). Antimicrobial activity of sorbate. *Journal of Food Protection*, 44(8), 614-622.
- Stamatis, N., & Arkoudelos, J.S. (2007). Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on microbial, chemical and sensory quality indicators of fresh, filleted *Sardina pilchardus* at 3 °C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1164-1171.
- Statham, J.A., Bremner, H.A., & Quarmby, A.R. (1985). Storage of morwong (*Nemadactylus macropterus*) in combinations polyphosphate, potassium sorbate and carbon dioxide at 4 °C. *Journal of Food Science*, 50, 1580-1587.
- Thakur, B.R., & Patel, T.R. (1994). Sorbates in fish and fish products a review. *Food Reviews International*, 10(1), 93-107.
- Turan, H., Kaya, Y., & Sönmez, G. (2006). Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1-3), 505-508.
- Üçüncü, M. (2000). Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.
- Yapar, A., & Yetim, H. (2000). Potasyum sorbat uygulaması ve farklı depolama sürelerinde taze hamsilerin (*Engraulis encrasicolus*) bazı kalite özelliklerinde meydana gelen değişimler. Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu (28-30 Haziran), 883-893, Erzurum.
- Yetim, H. (1996). Sorbik asit ve taze balık muhafazasında kullanım imkanları. *Gıda*, 21(3), 205-213.