

Modifiye Edilmiş Atmosfer Paketlemenin Balık ve Balık Ürünlerine Etkisi

*Yeşim Özoğul, Fatih Özoğul, Esmeray Küley

Çukurova üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Balcalı, Adana, Türkiye
*E mail: yozogul@cu.edu.tr

Abstract: Effect of modified atmosphere packaging on fish and fish products. Modified atmosphere packaging (MAP) is a protecting technique used to extend shelf-life of fish and fish products. In these technique, fish products were packed in an atmosphere including various gases such as mainly CO₂, O₂ and N₂. MAP provides to remain fresh of fish at longer time, preventing bacterial growth and in some conditions oxidative reactions in fish. The shelf life of MAP fish depend on fish species, fat content, initial microbial flora of fish, mixed gas in package, gas/fish ratio and storage temperature being the most important factor. Using high carbon dioxide levels in modified atmosphere package prevents normal spoilage flora of fish. However, Pathogens such as *Clostridium botulinum* grows in MAP fish products stored anaerobic conditions and chilled temperature. These pathogens have a high problems due to causing botulism poisoning for humans. In MAP products, problems such as colour and texture changes and drip loses are present.

Key Words: MAP, CO₂, packaging, fish protecting methods, *Clostridium botulinum*.

Özet: Modifiye edilmiş atmosfer paketleme (MAP), balık ve balık ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için kullanılan bir koruma tekniğidir. Bu teknikte balık ürünleri, başta CO₂ olmak üzere O₂ ve N₂ gibi çeşitli gazları içeren bir atmosferde paketlenmektedir. MAP, depolanan balıktaki bakteriyel gelişimi ve bazı koşullarda oksidatif reaksiyonu engelleyerek balığın daha uzun süre taze kalmasını sağlamaktadır. MAP balık ürünlerinin raf ömrü, türüne, balığın yağ içeriğine, balığın başlangıçtaki mikrobiyal florasına, paket içindeki gaz karışımına, gaz/ürün oranına ve en önemlisi depolama sıcaklığına bağlıdır. Modifiye atmosfer paketlemede yüksek karbondioksit seviyesinin kullanımı balık ürünlerinin normal bozucu florasını engellemektedir. Fakat, anaerobik ortamda ve soğuk derecelerde depolanan MAP balık ürünlerinde *Clostridium botulinum* gibi patojenler gelişmektedir. Bu patojenler, insanlarda botulizm zehirlenmesine neden olmasından dolayı MAP ürünleri için büyük bir problem oluşturmaktadır. MAP ürünlerinde ayrıca renk değişimi, yapı değişimi ve su kaybı gibi problemlerde ortaya çıkabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: MAP, CO₂, paketleme, balık koruma metotları, *Clostridium botulinum*.

Giriş

Balığın raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılan modifiye atmosfer paketleme (MAP) ile ilgili ilk rapor 1930' larda görülmektedir (Killeffer, 1930). Fakat, 1974'de Fransız şirketi SCOPE, MAP edilmiş et satışına başlayana kadar, MAP' ın önemli bir ticari uygulaması ortaya çıkmamıştır. 1979' a kadar MAP edilmiş balık ürünü satılmamıştır (Kimber, 1984). Bu tarihten itibaren taze ve soğutulmuş ürünlere karşı tüketici taleplerinin artmasının bir sonucu olarak MAP ürünlerinin kullanımında dikkate değer artışlar kaydedilmiştir. Günümüzde MAP tekniği; çığ ve pişmiş kırmızı et, kümes hayvanları, meyve, taze pasta, cips, kahve, çay, sebze, peynir, ekme, balık ve krustaseler gibi gıda ürünlerinde geniş ölçüde kullanılmaktadır (Church, 1998).

MAP, paketteki havanın uzaklaştırılması ve bu havanın yerine tek gaz veya karma gaz eklenmesini içeren bir paketleme biçimidir (Parry, 1993). MAP için iz gaz olarak karbon monoksit, nitröz ve nitrik oksitler, sülfür dioksit, etan ve klor gibi gazlar tavsiye edilmesine rağmen, ticari olarak kullanılan başlıca gazlar karbondioksit (CO₂), oksijen (O₂) ve nitrojen (N₂) olmaktadır. Bu iz gazların çoğu güvenlik problemi, tüketici tepkisi, yasal yönler ve maliyetten dolayı kullanılmamaktadır (Church, 1994). CO₂ bakteriyostatik ve fungistatik özelliğinden dolayı MAP balık ürünlerinde kullanılan

en önemli gazdır. Bu gaz bir çok bozucu bakterinin gelişimini engellemektedir. Bu engelleme paket atmosferindeki CO₂ konsantrasyonunun yükseltilmesiyle artmaktadır (Sivertsvik ve diğ., 2002). Fakat çok yüksek CO₂ konsantrasyonu, balık derisinin maruz kalmış yüzeyinin beyazlamasına, aşırı su kaybına ve balık yenildiği zaman köpüğümsü bir hisse neden olur (Davis, 1995). Nitrojen, vakum yapıldığı zaman basıncı gidermek için kullanılan bir doldurucu (filler) gaz olup (Statham, 1984), ürünün ezilmesini ve/veya yapışmasını engellemek için paket bütünlüğünü sağlamaktadır. Oksijen et rengini korumak için ve beyaz etli balıklarda su kaybını azaltmak için kullanılmaktadır fakat yağlı balıklarda oksidatif bozulmayı arttırdığı için kullanılamayabilmektedir (Stammen, 1990).

MAP teknolojisinin kullanılması çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Fakat dikkat edilmesi gereken bazı problemlerde vardır. İnsan sağlığı güvenliği bakımından MAP ürünlerinde ortaya çıkan en büyük problem, uzatılmış raf ömürlü yemeye hazır gıdaların buz dolabı koşullarında bırakılmasıdır. Bu ürünlere daha uzun depolama ömrü verilmesinden dolayı, soğuk derecelerde gelişebilen patojenik mikroorganizmalar önemli bir problem olabilmektedir (Farber, 1991).

Anaerobik doğasından ve şiddetli hastalığa neden olmasından dolayı en problemleri patojen *Clostridium botulinum*

olmaktadır. Balık ve balık ürünleri psikrotrofik *Clostridium botulinum* ile kontamine olabilmektedir çünkü bu organizma deniz ortamında yaygın olarak bulunmaktadır. Bu patojenler anaerobik oldukları için yüksek CO₂ içeriğine sahip modifiye edilmiş paketlerde depolama süresince gelişebilmektedir. Tip E, proteolitik olmayan tip B ve tip F üyelerinin hepsi 3.3 °C gibi düşük sıcaklıklarda gelişme ve toksin üretme yeteneğine sahiptirler (Phillips, 1996). Tüketici için ürünü riskli kılan ve botulizm zehirlenmesine yol açan faktörler, *C. botulinum* patojeninin varlığı, kötü işleme, toksin üretimini desteklemede yetenekli olan ürün ve bu ürünün her hangi bir ısıl işlem olmaksızın tüketilmesidir (Farber, 1991).

Balık ve Balık ürünlerinin Modifiye Edilmiş Atmosferde Paketlenmesi

MAP, paketteki havanın farklı bir gaz karışımıyla yer değiştirmesi sonucu ürünün paketlenmesidir. Gaz karışımı yapıldıktan sonra depolama süresince gaz kompozisyonunda hiçbir kontrol yapılmamaktadır (Farber, 1991). Depolama boyunca, paketlenmiş ürünün solunumu, biyokimyasal değişimler ve paketlenme materyalindeki düşük gaz sızmasından dolayı gaz atmosferi sürekli olarak değişmektedir (Parry, 1993). Modifiye edilmiş atmosfer paketlenme bileşenleri, balık, tek gaz veya karma gaz, gaz oranı ve paketlenme materyalinden ibarettir.

Gaz karışımı

Yukarıda bahsedildiği gibi MAP'da kullanılan başlıca gazlar oksijen, nitrojen ve karbondioksit olmaktadır. Önerilen diğer gazlar ise, azotlu ve nitrik oksitler, karbon monoksit, eten ve klordur (Church, 1994). Karbondioksit, oksijen ve nitrojen, ürüne, üretici firmaya ve tüketici ihtiyaçlarına bağlı olarak farklı kombinasyonlarda ve oranlarda kullanılmaktadır. Perakende olarak paketlenme için tavsiye edilen gaz karışımı beyaz etli balıklar ve kabuklular için 40/30/30:CO₂/N₂/O₂, yağlı ve tütülenmiş balıklar için 60/40:CO₂/N₂ olmaktadır (Özoğul, 2001).

Karbondioksit

Karbondioksit karma gaz paketli gıdalarda en önemli antimikrobiyal madde olmaktadır. Bu gaz tesirli bir gaz olup mikrobiyal hücrede ve onun çevresinde kimyasal değişimlere yol açabilmektedir (Betts, 1991). Gıdaları korumada CO₂' in gıdaları korumadaki asıl faaliyeti, bakteriyel metabolizma için mevcut olan oksijenin bir kısmı veya hepsi ile yer değiştirmesi ve bu yüzden bakteri gelişimini yavaşlatmasıdır (Daniels ve diğ., 1985). CO₂'in antimikrobiyal aktivitesinin; karbonik asidi oluşturan gazın gıda yüzeyi üzerinde absorbe edilmesi, sonrasında karbonik asidin iyonlaşması ve pH' daki azalmanın bir sonucu olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir (Genigeorgis, 1985). Fakat, bu minimal pH azalışı hiçbir önemli biyostatik aktiviteye sahip olmamaktadır (Farber, 1991). CO₂ suda ve yağda yüksek derecede çözünür olmaktadır ve çözünürlük sıcaklığın azalmasıyla büyük ölçüde artmaktadır. Suda çözünürlük, 0 °C ve 1 atmosferde 3.38 g CO₂/ kg H₂O, 20 °C

de ise 1.73 g CO₂/ kg H₂O olmaktadır (Knoche, 1980; Svertsvik ve diğ., 2002).

Bir kültür ortamında veya gıda sisteminde karbondioksitin mikroorganizmalardaki engelleyici etkisi, karbondioksitin kısmi basıncına, karbondioksit konsantrasyonuna, başlangıçtaki gaz seviyesine, sıcaklığa, asitliğe, su aktivitesine, mikroorganizma türüne, mikrobiyal gelişme evresine ve kullanılan gelişme ortamına bağlıdır. Maksimum antimikrobiyal etki için, bir MAP ürünün depolama sıcaklığı mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır. Çünkü, sıcaklığın artmasıyla karbondioksitin çözünürlüğü önemli ölçüde düşmektedir. Bu nedenle uygun olmayan depolama sıcaklığı genellikle karbondioksitin yararlı etkisini yok etmektedir. (Farber, 1991).

Devlieghere ve diğ. (1998 a, 1998 b), modifiye atmosferdeki mikroorganizma gelişiminin engellenmesinin üründe çözülen CO₂ konsantrasyonu ile belirlendiğini göstermiştir. Modifiyeli atmosfer paket açıldıktan sonra CO₂ üründen yavaşça serbest kalmakta ve kalan bir miktar CO₂ belli bir zaman periyodu için yararlı bir koruyucu etki göstermeye devam etmektedir (Stammen ve diğ., 1990). Mikrobiyal gelişme yüksek karbondioksit konsantrasyonu ile azalmaktadır (Reddy ve ark., 1992). Fakat taze balık ürünlerini paketlenmede yüksek karbondioksit seviyeleri paketin deformasyonuna veya çöküşüne neden olan ve aynı zamanda et pigmentleri ile ilişkili ürün rengini etkileyen balık eti içerisinde karbondioksit çözünmesine neden olur. Doku pH'ındaki düşüş etin su tutma kapasitesinin düşüşüne neden olabilmekte ve su kaybı ortaya çıkmaktadır (Reddy ve diğ., 1992).

CO₂'in çok yüksek konsantrasyonları aşırı su kaybının yanı sıra metalik, ekşi kötü koku ve tadı ortaya çıkardığı için kullanılmamaktadır (Fey ve Regenstein, 1982). % 40'ın üzerindeki CO₂'in su kaybına neden olmadığı belirtilmiştir (Anon., 1992).

Oksijen

Anaeroblar oksijene karşı oldukça hassas bir değişim gösterirken, oksijen genellikle aerobik gelişimi teşvik etmekte ve şiddetli bir şekilde anaerobik bakteri gelişimini engellemektedir. MAP etindeki oksijenin ana fonksiyonlarından birisi, etin oksijenli formunda miyoglobini, taze kırmızı etle bağlantılı olan ve ete parlak kırmızı renk veren oksimiyoglobini korumaktır (Farber, 1991). Düşük oksijen seviyesi (<%0.5) et ve et ürünlerinin renginin kahve veya kahve/gri renge (koyulaşmasına) dönüşmesine neden olur (Church, 1993). Oksijen varlığı yağlı balıklarda oksidatif bozulma probleminin neden olabilmektedir. Aynı zamanda düşük oksijen seviyeleri esmerleşme reaksiyonlarına yol açar. Bu yüzden, bu etkileri minimize etmek için genellikle bu balıklardaki oksijen uzaklaştırılmaktadır (Church, 1998).

Düşük seviyeli oksijen *C. botulinum*, *Clostridium perfringens* gibi patajenik anaerobik bakteri gelişimini engelleyebildiği için, tüm MAP ürün paketleri içerisindeki atmosferin %5-10 oksijen seviyesi içermesi önerilmektedir (Hotchkiss, 1989). Fakat, bu anaerobik gelişimi önlemek için güvenli bir ölçüt olmamaktadır

çünkü ürün yüzeyinin altında atmosferin anaerobik olduğu durumlar mevcut olabilmektedir (Betts, 1995).

Depolama başlangıcında bir üründe oksijenin bulunması laktik asit bakterileri gibi bozucu organizmaların gelişimini desteklemesine rağmen, bir MAP ürünündeki oksijen seviyesi depolama süresince ürün solunumu veya mikrobiyal gelişimden dolayı azalabilmektedir (Betts, 1995).

Nitrojen

Nitrojen, suda ve lipitte düşük çözünürlü tatsız ve tesirsiz bir gaz olarak kullanılır. Üründeki O₂'in yerine geçmesi ile faaliyet gösterir ve bu nedenle oksidatif bozulmayı geciktirme ve aerobik mikroorganizmaların gelişimini engelleme özelliğine sahiptir (Farber, 1991; Özoğul, 2001). Yüksek karbondioksit konsantrasyonunda paketlenmiş MAP ürünlerinde (özellikle taze et ürünleri), et dokuda karbondioksitin çözünürlüğünden dolayı paket çökmesi meydana gelmektedir. Bu gaz paket çöküşünü engellemekte ve karbondioksitin tam etkisini göstermesini yardımcı olmaktadır (Gill ve Penney, 1988). Paket çöküşünü engellemek için kullanılan bu doldurucu gaz, ürünü ezilme ve/veya yapışma durumunu önleyerek paket bütünlüğünü korumaktadır (Stammen ve diğ., 1990).

Gaz/Ürün oranı

Modifiye edilmiş atmosfer paketlenmiş balıklar için CO₂ konsantrasyonu %20 ve %100 arasında çeşitlilik gösterirken, gaz/ürün oranı 2:1'den 5:1'e kadar değişiklik göstermektedir (Randell ve ark., 1995). Balığın depolama ömründe önemli bir kazanç sağlamak için CO₂ konsantrasyonunun minimum %20, gaz:ürün oranının ise 3:1 olması gerektiğini tavsiye edilmektedir (Anon, 1985). Yüksek bir gaz ürün oranı paketlenme hacmini artırmaktadır ki bu sonrasında depolama ve taşıma maliyetini yükseltmektedir.

Ringa ve alabalık üzerine yapılan bir çalışmada, 40/60:CO₂/N₂ atmosferinde, gaz/ürün oranının 1 olduğu durumda örneklerin raf ömrünün, gaz/ürün oranının 0.4 olduğu örneklere kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Randell ve diğ., 1995). Davis (1993), morina filetosunda MAP' deki (%40 CO₂) maksimum kazanç için gaz/ürün oranının en az 200 ml/100 g olması gerektiğini belirtmiştir. Randell ve arkadaşlarının (1995) araştırma sonuçlarına göre, balık kalitesini korumada 100ml/100g veya 40 ml/100g oranının bile VP kadar etkili olabildiği görülmüştür. % 50 CO₂ ve 2 gaz/ürün oranı morinanın raf ömrünü iki katlamıştır (Pastoriza ve diğ., 1998). 0.4:1 gibi düşük gaz/ürün oranı ile duyusal kazançların gözlemlendiği fakat mikrobiyolojik kazanç sağlamak için en az 1:1 oranının gerekli olduğu rapor edilmiştir (Church,1998).

Paketleme materyali

Tekniksel özelliklere ve tüketici tarafından açılana kadar paket içerisine gaz sızdırabilir özelliğe sahip paketleme materyallerinin yanı sıra iyi görünüme, düşük su buhar transmisyonuna, yüksek gaz engelleme özelliğine sahip, makine işlemesine, depolama ve taşımacılığa dayanıklı olan çeşitli paketleme materyalleri vardır (Özoğul, 2001).

MAP ürünleri için kullanılan paketlerin çoğu kullanım amacına bağlı olarak polivinilklorid (PVC), polietilen tereftalat (PET), polietilen (PE) ve polipropilen (P) gibi polimerlerin biri veya birkaçından yapılmaktadır. Ürünler genellikle hava geçirmez bir filmli tablada paketlenir (Özoğul, 2001).

MAP'ın Balık ve Balık Ürünlerinin Raf ömrüne Etkisi

Modifiye atmosferde (%100 CO₂) paketlenmiş balıkta CO₂' in etkisi hakkında yapılan araştırmalar 1930' lara kadar dayanmaktadır. Bu araştırmaya göre % 100 CO₂'de depolanan morina balığının raf ömrünün aynı sıcaklıkta havada tutulan örneklere göre % 50-100 uzadığı bulunmuştur (Coyne, 1933; Farber, 1991). MAP normal bozucu floranın gelişimini engelleyip, karbondioksit oranının artışı ve düşük sıcaklıkla bağlantılı olarak deniz ürünlerinin raf ömrünü uzatmaktadır. % 25 ile %100 karbondioksit konsantrasyonu çeşitli balık türlerinde etkili olarak görülmektedir (Stammen ve diğ., 1990).

Yağlı balıklar paketlenen zaman oksidatif bozulmayı engellemek için oksijen paketlenme atmosferinden uzaklaştırılır. Başlıca duyusal bozulma parametresi oksidatif bozulma olan salmon ve alabalık gibi modifiye edilmiş atmosfer paketlenen yağlı balıklara uzun bir raf ömrü vermek için vakum paketlenme bir alternatif olarak kullanılabilir (Rosnes ve diğ., 1997; Randell ve diğ., 1999). Düşük depolama sıcaklığında vakum paketlenmiş veya modifiye atmosfer paketlenmiş salmon ve alabalığın raf ömrü hava koşullarında depolamaya göre iki kat artmıştır. Reddy ve diğ. (1997b), salmon üzerinde yaptıkları bir çalışmada, vakum ve hava koşullarına kıyasla MAP' da depolanan örneklerde daha uzun bir raf ömrü gözlemlenmiştir (Sivertsvik ve diğ., 2002). % 60' ın üzerindeki CO₂' de depolanan taze morina, hava paketlenmiş depolamaya göre iki kat daha fazla raf ömrüne sahip olmaktadır (Pastoriza ve diğ., 1996; Philips, 1996). MAP ile paketlenmiş morina filetoalarının raf ömrü %32-52 olarak uzarken, okyanus levreği filetoalarının raf ömrü ise % 42-74 artmıştır (Stefansson ve Lauzon, 1999). Bu yağlı balıklar için biraz daha fazla raf ömrü sağlayan bir doldurucu gaz olarak N₂ ile birlikte CO₂ ve O₂' nin kullanımı tercih edilebilir olmuştur (Sivertsvik ve diğ., 2002). Tütsülenmiş mavi morina (Penney ve diğ., 1994) ve tütsülenmiş atlantik ve gümüş salmon (Civera ve diğ., 1993) gibi pişmiş balıklarda, yüksek CO₂ konsantrasyonu raf ömrünü önemli bir şekilde artırmıştır (Philips, 1996).

% 100 CO₂ atmosferinde paketlenen balık örnekleri hava ile paketlenmiş balık örneklerinden 2-3 kat daha uzun sürede taze tutulmuştur (Killeffer, 1930). 27 °C' de bile modifiye atmosfer paketlenmiş morina balıkları birkaç gün sonrasında iyi şartlarda bulunmuştur. CO₂ absorpsiyonu balığın pH' ını 6.6' dan 6.2'e kadar değiştirmiştir fakat sonrasında havaya maruz kaldığı zaman bu tersine çevrilmiştir (Sivertsvik ve diğ., 2002). Cann ve diğ. (1983), % 40 CO₂'de ticari perakende satış paketleri kullanılarak MAP'deki ringanın duyusal raf ömrünü 8 gün olarak belirlemiştir. (Stammen ve diğ., 1990). Boz dolabı koşullarında (4°C) modifiye atmosfer (60%CO₂:40%N₂) paketlerde depolanan sardalyada raf ömrü 12 gün olmuştur

(Özoğul ve ark., 2004). Taze morina, dil balığı, mezit balığı ve pisi balığı % 40- 50 CO₂ altında optimal şartlar ile % 20-100 CO₂ altında çok etkili korunmuştur (Coyne, 1933). Yassı balıklar diğer balık türlerine kıyasla 0 °C' de ve % 80 CO₂' de kalitesi daha iyi korunmuştur. CO₂ uzun süreli depolama süresince ve filetolama sırasında en iyi sanite edici durumlar kullanıldığı zaman en yararlıdır (Svertsvik ve diğ., 2002).

Pişmiş kerevitler üzerine yapılan bir çalışmada MAP'da depolanan örneklerde raf ömrü (3 hafta), hava koşullarında depolanan örneklerin raf ömrüne (2 hafta) göre daha yüksek olmuştur. Bütün haldeki ve baş kısmı alınmış soğuk su karidesi (Layrisse ve Matches,1984) ve 4 °C'de depolanan karides kuyruk yüzgeç eti (Lanelongue ve diğ., 1982) üzerine yapılan her iki çalışma % 50' den daha yüksek CO₂ seviyelerinde karidesin raf ömrünü 12 gün olarak göstermiştir (Stammen ve diğ., 1990).

Kimyasal etkisi

Post mortem balık kasındaki endogenez enzimler pH düşüşü, nükleotid indirgenmesi ve lipid katabolizması gibi otolitik reaksiyonlara neden olur. ADP ve AMP üretimi amacıyla arta kalan ATP moleküllerinin hidrolizi sonucu pH düşer. Endogenez enzim aktiviteyi sonrasında adenozin nükleotidlerinin çoğunu balık türlerine, sıcaklığa ve paketlenme atmosferine bağlı olarak IMP' ye indirgemektedir. Bunları takiben HxR ve sonrasında Hx üretilir. MAP'ın balıktaki ATP düşüş oranını yavaşlattığı ve bu yüzden ürünün organoleptik raf ömrünü uzatmaya yardımcı olduğu gösterilmiştir (Lindsay ve ark., 1987; Davis, 1995). 2 °C'de buzda ve modifiye atmosfer paketlerde (% 40 CO₂, %30 O₂ ve % 30 N₂) depolanan gökkuşağı alabalığı üzerine yapılan bir çalışmada, MAP'da IMP'nin buza kıyasla daha yavaş azaldığı bulunmuştur. Aerobik olarak tutulan gökkuşağı örneklerindeki hipoksantin seviyesi depolama süresince karbondioksit modifiye atmosferinde depolanan örneklerden daha yüksek olmuştur (Özoğul ve Özoğul, 2002)

Dhananjaya ve Stroud (1994), MAP' da tüm, fileto ringa ve morinanın depolama ömrü süresince Hx' deki artışın diğer kontrol örneklerle göre genellikle daha düşük olduğunu rapor etmiştir. Bu araştırmacılar aynı zamanda Hx içeriğinin CO₂ paketlerinde buzlanmış ringaya göre daha düşük olduğunu bulmuşlardır. % 60 CO₂ ve % 40 NO₂ içeren gaz atmosferinde ve buzda depolanan ringa üzerine yapılan bir çalışmada, MAP'da depolanan örneklerle göre, buzda depolanan örneklerdeki Hx içeriğinin daha hızlı arttığı ve IMP'nin ise daha hızlı düştüğü rapor edilmiştir (Özoğul ve diğ., 2000a). Ek olarak, Warthesen ve ark. (1980), %100 CO₂' de depolanan balıktaki Hx içeriğinin daha düşük CO₂ konsantrasyonunda depolanan ürünlere göre daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. MAP' da depolanan bazı balık türlerinin daha uzun bir depolama periyodunda IMP' ye sahip olduğu gösterilmiştir (Davis, 1995). 2°C' de depolanan morina filetoları için, modifiye edilmiş oksijensiz atmosfere (40:60 CO₂:N₂) kıyasla oksijenli atmosferde (40:40:20:CO₂:N₂:O₂) daha düşük bir TMA üretimi gözlenmiştir (Guldager ve diğ., 1998; Sivertsvik

ve diğ., 2002).

MAP bakteriyel gelişimi engellemekte, toplam uçucu baz (TVB) ve trimetilamin (TMA) üretimini azaltmakta ve önemli kalite kaybı olmaksızın üç hafta için buzda depolanan morinanın bir raf ömrünü uzatmaya yol açan proteinin fonksiyonel olarak değişimini geciktirmektedir (Pastoriza ve diğ., 1996; Philips, 1996). Buzdolabı koşullarında (4°C) modifiye atmosfer (60%CO₂:40%N₂) paketlenmiş sardalya örneklerindeki histamin konsantrasyonu (10 mg/100 g) normal hava koşullarında depolanan örneklerden (20 mg/100 g) daha düşük olmuştur. TVB-N değeri ise raf ömrü sonunda hava ortamında depolanan örneklerde modifiye atmosfer paketlenmiş örneklerde (12. gün) 17 mg/100 g'a çıkmıştır (Özoğul ve ark., 2004). % 40 CO₂ atmosferi altında depolanan salmon filetolarında, düşük TMA değerleri ve raf ömründe bir uzama gözlenmiştir. % 40 CO₂ ve hava koşullarında 7 gün süresince lipid oksidasyonu bir problem oluşturmamıştır. Bu çalışmada daha yüksek karbondioksit seviyesinin (%60 ile % 80) daha fazla bir etki sağlayacağı belirtilmiştir (Brown ve diğ., 1980; Stammen ve diğ., 1990). Fakat 6 °C'de farklı gaz kompozisyonunda (%60 CO₂-%10 O₂-%30 N₂, %60 CO₂-%20 O₂-%20 N₂, %60 CO₂-%30 O₂-% 10 N₂, % 60 CO₂-%40 O₂) modifiye atmosfer koşulu altında depolanan morina filetolarının toplama uçucu baz ve trimetilamin üretiminde MAP sınırlı bir inhibitör etkiye sahip olmuştur. atmosferde artan oksijen oranı biraz daha düşük TMA üretimine katkıda bulunması gerçeğini rağmen, 6 °C'de 4 gün depolamadan sonra TVB ve TMA, balığın bozulmuş olarak düşünüldüğü yüksek değerlere sahip olmuştur (Debevere ve Boskou, 1996). 2°C'de buzda modifiye atmosfer paketlerde (%50 CO₂: %45 N₂: %5 O₂) ve normal hava koşulunda depolanan morina için, MAP örneklerindeki TVB değeri kontrol örneklerine kıyasla iki kat daha düşük (40 mg N/100 g'ın üzeri) olmuştur (Pastoriza ve ark., 1998). MAP paketlenmiş karides kuyruk bölgesi etinde düşük TVBN değeri bulunmuştur (Lanelongue ve diğ., 1982).

Bakteriyel Etkisi

Aerobik mikroorganizmalar, gıdalardaki bozulmayı geciktirmek amacıyla MAP' da kullanılan CO₂' e karşı genellikle hassastırlar (enzimleri ve metabolik aşamaları oksijene ihtiyaç duyduğu için). Ancak Brochothrix thermosphacta gibi bazı bakterilerin %75 CO₂'e karşı tolerans gösterdiği ve laktik asit bakterilerinin %100 CO₂'te gelişebildiği bildirilmiştir (Kılınc ve Çaklı, 2001). Lambert ve ark., (1991) Gram-negatif bakterilerin genellikle CO₂' e karşı Gram-pozitif bakterilerden daha hassas olduğunu göstermiştir. Bu yüzden, Pseudomonas, Enterobacteriaceae, Acinetobacter spp, ve Moraxella gibi Gram-negatif bozucu bakteriler daha fazla inhibe edilmektedir, bu nedenle Enterococcus spp, Lactobacillus spp ve Brochothrix thermosphacta gibi Gram-pozitif mikroorganizmalar baskın türler olmaktadır (Betts, 1995; Church, 1998). CO₂ ile paketlenmiş balıkta S. putrefaciens ve canlı balıkta bulunan diğer mikroorganizmaların gelişimi güçlü bir şekilde inhibe edilir. Zit olarak, Photobacterium phosphoreum' un CO₂'e

karşı çok dirençli olduğu gösterilmiştir (Dalgaard, 1995). Bu bakteri anaerobik şartlar altında hızlı bir gelişim oranına sahiptir (Özoğul, 2001).

Stenström (1985), % CO₂, %90 CO₂:%10 N₂, %90 CO₂: %10 O₂' de depolanan morina filetolarında bozucu mikrofloranın sırasıyla %80, %62 ve % 85' ini homofermentatif *Lactobacillus spp.*'nin oluşturduğunu bulmuştur. Aynı zamanda, *Vibrionaceae*, *Micrococcus spp* ve *B. thermophacta* ile birlikte *S. putrefaciens* (% 12, % 30 ve % 12) bulunmuştur. Bu araştırmacılar tarafından önerilen atmosferde (%50 CO₂ ve %50 O₂), mikroflora % 44 *Lactobacillus spp.*, % 38 *S. putrefaciens* ve % 10 *B. Thermosphacta*' dan oluşmuştur (Sivertsvik ve diğ., 2002). Layrisse ve Matches (1984), bütün haldeki soğuk su karideslerinin paketleme öncesi başlangıç *Enterobacteriaceae* popülasyonunun % 18 olduğunu, fakat % 100 CO₂'de 8 gün depolanması sonucu bu popülasyonun % 66' a çıktığını, 16 günlük depolama sonucu ise %22' ye düştüğünü gözlemlemiştir. % 50 CO₂' de *Enterobacteriaceae* 8. günde ve 16. günde sırasıyla %11 ve % 0 olmuştur. 4 °C' de % 100 CO₂'de depolanan karides kuyruk yüzgeci etinde mikroflora popülasyonu, % 68.9 gram negatiften % 38.4 gram-negatife kadar değişiklik göstermiştir (Lanelongue ve diğ., 1982).

7°C' de gaz paketli morina filetolarında mikrofloranın büyük bir kısmını *Shewanella* benzeri bir bakterinin oluşturduğu (Boskou ve Debevere, 1997) ve bu bakterinin *S. putrefaciens*' e kıyasla CO₂ ile daha az inhibe edildiği bulunmuştur. Yüksek konsantrasyonda CO₂ uygulandığı takdirde (>%50) *S. putrefaciens* gelişmemektedir ve aynı zamanda O₂'nin yüksek konsantrasyonu (% 70) *S. putrefaciens*' in gelişiminde bazı engelleyici etkisi olmaktadır (Boskou ve Debevere, 1998).

Özoğul ve diğ. (2000), 2±2 °C'de buzda, buzsuz koşullarda, vakum pakette ve modifiye atmosfer paketlerde (%60 CO₂:%40 N₂) 16 gün depolanan ringada, en düşük bakteriyel miktar logaritmik evrenin uzatıldığı MAP koşullarında gözlenmiştir (10⁶ cfu g⁻¹). Bu çalışmada bakteriler, buzsuz kutularda depolanan örneklerde en hızlı gelişim göstermiştir (10⁹ cfu g⁻¹).

Pastoriza ve ark. (1998) buzda normal hava koşullarında depolanan morina dilimlerindeki TVC değerinin 2. gün depolama sonrasında modifiye atmosfer paketlenmiş örneklerden daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Her bir gram örnek için 10⁶ bakteri balığın tüketimi için kabul edilebilir bir sınır olarak alındığı zaman, hava koşulunda depolanan morina dilimlerinin raf ömrü 7 gün olurken, MAP örnekleri için ise raf ömrü 14 gün olarak belirlenmiştir. Bir çalışmada balık ürünlerinden izole edilen çeşitli bakteri saf kültürlerinde, hava veya nitrojen atmosferi altında normal bakteri gelişimi gözlenirken, CO₂ atmosferinin bakteri gelişimini inhibe ettiği bulunmuştur (Coyne, 1932). Aynı zamanda kültürler CO₂ atmosferinden uzaklaştırıldıktan ve bir hava ortamına alındıktan sonra bile CO₂ muamelesinin arta kalan bir etkisi olarak bakteriyel gelişimin inhibe edildiği gözlenmiştir. 15 °C' de 4 gün için bakteriyel gelişme % 25 CO₂ altında belirgin bir şekilde inhibe edilmiştir, daha yüksek CO₂ konsantrasyonunda

ise hemen hemen hiçbir gelişme gözlenmemiştir (Sivertsvik ve diğ., 2002).

Molin ve diğ. (1983), % 100 CO₂, %100 N₂ veya hava koşullarında depolama süresince ringa filetolarının mikroflora değişimine çalışmıştır. 2 °C' de karbondioksitte 28. günden sonra başlangıç karma flora % 100 *Lactobacillus spp.*'ye dönüşmüştür. Hava koşullarında 9 gün sonra *Pseudomonas spp.* baskın (%55) olmuştur. Cann ve diğ. (1983) % 40 CO₂' de depolanan ringada hiçbir laktik asit bakteri rapor etmemiştir (Stammen ve diğ., 1990) MAP' da depolanan morina ve dil balığında *Lactobacillus spp* ile birlikte *S. putrefaciens*' in önemli bir bozucu bakteri olduğu rapor edilmiştir (Stammen ve diğ., 1990). Fakat CO₂ ve N₂ karışımı modifiye atmosfer paketlerde 0°C' de depolanan morinada bozulmadan sorumlu organizma olarak gram-negatif *Photobacterium phosphoreum* tespit edilmiştir (Dalgaard, 1995a). *P. phosphoreum* dondurma durumlarına karşı hassastır ve -20 ve -30 °C' de 6-8 hafta dondurularak depolandıktan sonra MAP' lı morina filetolarında tamamen inaktif olmuştur (Boknæs ve diğ., 2000; Sivertsvik ve diğ., 2002).

Modifiye atmosfer paketlemedeki mikrofloranın *Lactobacillus spp.*'ye değişiminden dolayı modifiye atmosfer paketli balıklarda histamin zehirlenmesi bir tehlike oluşturabilmektedir. Watts ve Brown (1982), yüksek sıcaklıkta (20 °C), % 80 CO₂ ve havada depolanan Pasifik uskumrudaki histamin formasyonunu araştırmıştır. Bu sonuçlar, CO₂ atmosferinin histamin formasyonunu hızlandırmadığını ve CO₂'deki histamin seviyesinin havaya kıyasla daha düşük kaldığını göstermiştir. Cann ve diğ., (1983) MAP'da depolanan ringanın histamin gelişiminde de benzer sonuçlar bulmuştur. Düşük depolama sıcaklığı ve iyi sanitasyon bakteriyel histamin formasyonunu kontrol altına alabilmektedir (Taylor, 1988).

Patojen bakterilere etkisi

Clostridium botulinum

C. botulinum spor üreten, anaerobik çubuksu bir gram pozitif bakteri olmaktadır. Bu üyelerin 7 farklı tipi mevcut olup, insan hastalığına yol açan tipleri A, B ve E' dir (Farber, 1991). Deniz ortamında *C. botulinum*'un her tipi tespit edilebilmektedir (Kader, 1986), fakat MAP'da E tipi, proteolitik olmayan B ve F tipi büyük problem olmaktadır. Bunlar proteinleri ayrıştırmayıp, 3.3 °C gibi düşük derecelerde gelişebilmektedir. Balık eti, bu bakterilerin gelişimi ve üremesi için hemen hemen optimal besin sunmaktadır. Gelişme düşük sıcaklık derecelerinde çok düşüktür, fakat MAP'ın uzattığı raf ömrü toksin gelişimi için yeterli uzunlukta olabilmektedir (Eklund, 1982). MAP normal bozucu indikatörleri engellediğinden ve *C. botulinum* tipleri proteolitik olmadığından dolayı, soğutma koşulları altında, *C. botulinum* organoleptik uyarı olmaksızın balıkta potansiyel olarak mevcut olmaktadır Bu risk depolama süresince sıcaklığın artmasıyla daha fazla olmaktadır (Stammen, 1990). Balık ürünlerinin modifiyeli atmosfer paketlenmesinin (MAP), normal bozucu organizmayı engellediği ve raf ömrünü önemli ölçüde arttırdığı gösterilmiştir. Fakat, *Clostridium botulinum* tip E ve proteolitik olmayan tip B üyeleri, buzdolabı sıcaklığında düşük oksijenli atmosferde gelişmesi ve toksin üretmesinden

dolayı, modifiye atmosfer paketlenmiş deniz ürünleri ile ilgili çalışmalarda büyük ilgiye neden olmuştur (Church, 1994).

Enfors ve Molin (1978) yüksek karbondioksit seviyesinin *C. botulinum* spor üretimini engellediğini rapor etmiştir. Stier ve diğ. (1981), 4.4 °C'de de %60 CO₂ ve havada toksin üretimi olmaksızın salmonu 57 gün muhafaza etmişlerdir. Balık tamamen bozulmuş fakat MAP, *C. botulinum* gelişimini hızlandırmamıştır. Wilhelm (1982), MAP'da desteklenen (favored) *Lactobacillus* tarafından üretilen asit ve oksitlerin *C.botulinum*' da engelleyici bir etkiye sahip olduğunu rapor etmiştir (Stammen ve diğ., 1990).

Yersinia enterocolitica

Yersinia enterocolitica, *Enterobacteriaceae* familyasına ait gram negatif çubuklu anaerobik ve psikrotrofik bir bakteridir. Bu organizmanın insanlara taşınımı başlıca kontamine olmuş gıda ve suların sindirimi yoluyla olmaktadır (Farber, 1991). *Yersinia enterocolitica* 2 °C' nin altında tamamen engellenmekte ve 5 °C' de uzun bir lag evresi gözlenmektedir. Bu nedenle tüm pH derecesinde 5 °C'nin altında depolanan et ürünlerinin paketlenmesi bu soğuğa toleranslı patojenlerdeki riski azaltmada etkili olarak görülmektedir (Gill, Reichel, 1989; Philips, 1996). Zee ve diğ. (1984), farklı modifiye atmosfer paketlenmiş koşullarda depolanan et ürünleri üzerine yapmış oldukları çalışmada, *Yersinia* gelişiminin hava ortamına kıyasla % 10 CO₂'de harekete geçtiği, % 40 CO₂'de bu bakterinin lag evresinin arttığı, %100 CO₂' de ise hem lag evresinin arttığı hemde logaritmik periyod süresince bu bakterinin gelişme oranının düştüğü gözlenmiştir (Farber, 1991).

Listeria monocytogenes

Listeria monocytogenes gıda endüstrisinde büyük bir probleme sahip bir organizma olmaktadır (Farber, 1991). Bu bakteri soğuk derecelerde çoğalma kabiliyetine sahiptir (Philips, 1996). *Listeria monocytogenes* insanlarda hastalığa yol açan (listiosis) çubuk biçimli hareketli organizma olmaktadır (Farber, 1991). Bu organizmanın gelişiminin MAP' dan etkilenmediği gözlenmiştir (Rocourt ve Cossart, 1997). Fakat % 100 CO₂ atmosferi altında (Avery ve diğ., 1994; Szabo ve Cahil, 1998) veya bakteriyosin gibi engelleyicilerle kombinasyon haldeki % 50 CO₂ atmosferinde (Nilsson ve ark., 1997; Szabo ve Cahil, 1998) ve/veya düşürülmüş pH'ın *L. monocytogenes* gelişimini engellediği rapor edilmiştir (Sivertzvik ve diğ., 2002). Gill ve Reichel (1989) % 100 CO₂ ile paketlenmiş kırmızı ette 5 °C veya daha düşük sıcaklıkta *Listeria monocytogenes*'in çoğalmada yeteneksiz olduğunu, 10°C' de ise bu bakterini gelişmediğini bulmuştur. Pothuri ve diğ. (1996), hava veya vakum paketlenmeye kıyasla modifiye atmosfer şartları altında (%75 CO₂: %10 O₂, %15 N₂) paketlenmiş ve laktik asitle muamele edilmiş kerevit kuyruk yüzgeç eti örneklerinde *L. monocytogenes*'in lag evresinin 8 gün uzadığını gözlemiştir. CO₂ atmosferi altında depolama *L. monocytogenes*'in gelişimini geciktirmektedir fakat modifiye atmosferler ve soğuk depolama bazı ürünlerde patojen gelişimini kontrol etmede tek başına yeterli olmamaktadır.

Güvenliği sağlamak ve özellikle uzatılmış raf ömürlü su ürünlerinin değerini arttırmak için katkı maddesi olarak engelleyici maddeler kullanılmalıdır (Sivertzvik ve diğ., 2002).

Aeromonas hydrophila

Psikrotrofik, hareketli ve gram negatif olan bu organizma *Vibrionaceae* familyasının bir üyesidir. *Aeromonas hydrophila* özellikle tatlı su olmak üzere sağlıklı balığın normal bağırsak florasında bulunmaktadır (Popoff, 1984). 10 °C' de *Aeromonas hydrophila* kısa bir lag evresine sahip olduğu ve hızlı çoğaldığı için bu bakteri aynı derecede MAP'da depolanan ürünlerde bir risk oluşturmaktadır fakat 5 °C' de bu etki gözlenmemektedir (Philips, 1996). 4 °C' de % 80 CO₂'de 21 gün depolanan morinada *Aeromonas* benzeri türler rapor edilmiştir (Mokhele ve diğ., 1983). Ingham ve Potter (1988), Surimiye dayalı ürünlerde *Aeromonas*' ı engellemek için modifiye atmosfer paketlenmenin fazla yararlı olmayacağını ve hatta modifiye atmosfer paketlenmiş bu ürünlerin organoleptik olarak kabul edilebilir olduğu zamanlarda bile ürün içerisinde potansiyel olarak büyük miktarda bu organizmaların mevcut olduğunu belirtmiştir (Farber, 1991). 0 ve 5 °C' de, modifiye atmosfer şartları altında depolanan balıklarda (morina için, 60:40:0 ve 40:30:30 CO₂:N₂:O₂; alabalık için 60:40 ve 80:20: CO₂:N₂ atmosfer) *Aeromonas* spp. izole edilmiştir (Slade ve Davies, 1997).

Salmonella spp.

Salmonella su ürünlerinde, kontaminasyonlu suların veya su dışında olan kontaminasyonun bir sonucu olarak mevcut olmaktadır (Shewan, 1971). 10 günlük depolama sonrası, havada depolanan gıdalara kıyasla karbondioksit *Salmonella* spp.' nin gelişimini azaltmada sayıca 1000 kat daha etkili olmaktadır (Silikler ve Wolfe, 1980). Karbondioksit veya % 100 nitrojen içeren modifiye atmosfer, *Salmonella enteritidis*' de bakteriyostatik ve bakterisit etkiye sahiptir (Tassou ve diğ., 1996). 10 °C'de % 100 N₂, % 20 CO₂, % 80 O₂ atmosferinde paketlenen taze balıkta bu organizmalar çabucak çoğalmaktadır. Ve hatta % 100 CO₂' de paketlenen örneklerde bile bazı gelişmeler görülmektedir. 3°C' de bu organizmalar hayatta kalabilmelerine rağmen önemli gelişme göstermemektedir (Nychas ve Tassou, 1996). Slade ve Davies (1997)' in 0 ve 5 °C' de farklı modifiye atmosfer şartları altında depolanan morina ve alabalıkta *Salmonella typhimurium*' u teşhis etmiştir. *Salmonella* spp.' yi içeren *Enterobacteriaceae*' nin gelişimi karbondioksit konsantrasyonunun artmasıyla genellikle azalmaktadır fakat aynı zamanda depolama sıcaklığı da bir faktör olmaktadır (Sawaya ve diğ., 1995).

Clostridium perfringens

Atmosferik basınçta CO₂' in, nitrojen ile ilişkili *C. perfringens* sporlarının çoğalmasını harekete geçirdiği bulunmuştur (Enfors ve Molin, 1978). 37 °C'de *C. perfringens* sporlarının çoğalması %4 CO₂ atmosferinde teşvik edilmiş, %10 CO₂' den etkisiz olmuş, % 25 CO₂ atmosferinde ise durmuştur (Farber, 1991). 5 °C' de hava, % 100 N₂ veya % 40 CO₂-% 60 N₂

atmosferi altında depolama süresince uskurmuda *C. perfringens'* in gelişimi gözlenmemiştir (Kimura ve Murakami, 1993).

Duyusal Etkisi

MAP' daki gıda ürünlerinin görünümü ürünün tüketici tarafından kabul edilmesini sağlamak açısından önemlidir. Duyusal özellikler fiziksel ve organoleptik olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Fiziksel etkiler paket çökmesi, ürünün su kaybı ve üründeki renk değişimi gibi görsel olarak değerlendirilmektedir. Organoleptik özellikler tat, koku ve tekstürden ibarettir (Özoğul, 2001).

Paket çökmesi, CO₂'in paketlenme filmine N₂'e kıyasla 30 kat daha hızlı sızmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. CO₂ aynı zamanda yağ ve suda çözünür olup, çözünürlüğü sıcaklık azaldığı zaman artmaktadır. Bu faktörler paket içerisindeki basıncın azalmasını sağlayarak paket çöküşüne neden olmaktadır. (Church, 1998). Bazı durumlarda, üst film ürünle kontak halde olmaktadır. Bu durumun tüm görsel çekicilik için zararlı olduğu ve paket derinliğinin artmasının ekonomik anlamı olduğu düşünülmektedir (Davis, 1993). Aşırı durumlarda, paketin yan tarafları bükülebilmektedir ki bu paket biçimini bozmakta ve CO₂ oranını değiştirmektedir. Paket çökmesini minimize etmek için, MAP' deki CO₂ içeriğinin azaltılması, gaz oranına karşı ürünü arttırmak, hafif bir basınçla gaz enjekte etmek, ürünü karbondioksitçe doymuş su veya bikarbonat solüsyonu ile ön muamele etme ve hava içerisinde paketlenmek gibi çeşitli metotlar kullanılmaktadır (Church, 1998).

Yüksek CO₂' li MAP' la ilişkili diğer potansiyel problem su kaybının artmasıdır. Çiğ filetolarda ortaya çıkan küçük miktarlardaki su kaybı büyük bir problem olmamaktadır fakat bu durum MAP' deki bazı ürünler için sınırlayıcı bir faktör olmaktadır (Davis, 1993). Balıklar depolama sırasında normalde yaklaşık % 1-3 su kaybederler (kaslardaki su). Cann ve diğ.,(yapmış oldukları bir çalışmada MAP altında depolanan morinanın su kaybının %5' den daha az olduğunu bildirmiştir. Dalgaard ve ark. (1993), morina filetolarında su kaybının depolama süresince arttığını ve en büyük su kaybının yüksek CO₂ konsantrasyonunda (%97) depolanan filetolarda gözlendiğini rapor etmişlerdir. Karideslerdeki su kaybının karbondioksitin bir fonksiyonu olarak ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Layrisse ve Matches, 1984). Büyük karidesler için su kaybı MAP' lı % 14' ün üzerinde bulunmuştur. Bu durum, karbondioksitin yol açtığı pH' daki düşüşten dolayı proteinlerin su tutma kapasitesinin azalmasından kaynaklanmaktadır (Church, 1998). Bu problem CO₂ seviyesinin sınırlanmasıyla ve balığın paket içerisindeki emici yastıklara yerleştirilmesiyle aşılabilmektedir (Tiffney ve Mills, 1982; Davis, 1993; Church, 1998). Daha düşük su içeriğine sahip olan tütsülenmiş ürünler ve yağlı balıklar, yüksek CO₂ içeriğinde paketlenen zaman su kaybı problemlerine karşı daha az hassastırlar (Özoğul, 2001).

MAP renk problemini önlemede yarar sağlamaktadır. Fakat, kesik yüzeylerde renk değişimi meydana gelebilmektedir ve bu muhtemelen düşük pH' da sarkoplazmik

proteinlerin çökmesinden dolayı olmaktadır (Statham ve Bremner, 1989). Yüksek CO₂ konsantrasyonunda depolanan bütün haldeki balıklarda karın bölgesi, kornea ve deri rengi değişebilmektedir (Haard, 1992). Bütün haldeki balıkta, gözler bulutsu olmakta ve deri pigmentleri solmaktadır (Davis, 1993). Solungaç rengi, oksijenin serbest ortamı için atmosferde küçük miktarda CO₂ kullanılmasıyla önlenmektedir (Rosnes ve diğ., 1998).

% 100 CO₂ paketlenmede esmerleşme ve solma gibi diğer problemler doğal bir özellik olup, bu problemler muhtemelen depolama sırasında paket içerisine sızan düşük O₂ seviyesinden kaynaklanmaktadır (Church, 1998). Salmonlar çok pigmentli türler oldukları için, bu balıklarda renk değişimleri meydana gelmektedir. Salmonid etinde karotenoid pigmentler astaksantin ve kantaksantin olup bu pigmentler oksidasyona karşı hassastır (Davis, 1993). Cann (1984), %60 CO₂/%40 N₂ 'de paketlenen dilimlenmiş tütsü salmonun beyaz ve yeşil-kahverengi renk değişimi gösterdiğini ve bunun VP kontrolleriyle bağlantılı olarak raf ömrünü azalttığını bulmuştur (Özoğul, 2001)

CO₂'li gıda ürünlerinin kokusu taze kesilmiş veya sıkı kaplanmış ürünlerden farklı olmaktadır. MAP balığın tadında önemli bir değişime neden olmamasına rağmen, bozulma şekli tüm balıklardan veya diğer paketlenmiş ürünlerden farklıdır (Özoğul, 2001). Fakat modifiye atmosfer paketlenmiş yağlı balıklar üzerine yapılan bir çalışmada oksijen kullanılmasına rağmen, diğer çalışmalarda bir problem olarak görülen bozuk kötü koku kaydedilmemiştir (Haard, 1992). 16 gün, MAP'da (%60 CO₂:%40 N₂) ve vakum paketlerde depolanan ringada oluşan kötü koku ve su kaybı duyusal kaliteyi düşürmüştür (Özoğul ve diğ., 2000).

Salmonun toplu taşımacılığı için kullanılan % 100 CO₂, balık tekstüründe veya derisinde negatif etkiye neden olmamıştır (Svertsvik, 1999). CO₂ atmosferinde depolanan alabalıkların tekstüründe yumuşama gözlenmiştir (Chen ve diğ., 1984; Sivertsvik, 1999).

Modifiye atmosfer paketlenmenin yararını arttırmak için kullanılan ek maddeler

CO₂'in yararını arttırmak ve daha çok koruma sağlamak için aynı zamanda katkı maddeleri de kullanılabilir. Modifiye atmosfer paketlenmiş balık ürünleri için antimikrobiyal faaliyete sahip olan potasyum sorbat, anti-botulinal katkı maddesi olan linoleik asit, sodyum klorid, anti oksidan olarak tokoferoller, balık ürünlerinde su tutma kapasitesini arttırmak ve su kaybını önlemek için polifosfat gibi katkı maddeleri kullanılabilir. Aynı zamanda ışınlama (irradiation) da bir çok gıdada etkili bir koruyucu olarak kullanılmaktadır (Stammen, 1990).

Kaynakça

- Boknæs, N., C. Østerberg, J. Nielsen, and P. Dalgaard. 2000. Influence of freshness and frozen storage temperature on quality of thawed cod filets stored in modified atmosphere packaging. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 33, 244-248.
- Boskou, G. and J. Debevere. 1997. Reduction of trimethylamine oxide by *Shewanella* spp. under modified atmospheres in vitro. *Food*

- Microbiology, 14, 543-553.
- Boskou, G. and J. Debevere. 1998. In vitro study of TMAO reduction by *Shewanella putrefaciens* isolated from cod fillets packed in modified atmosphere. *Food Additives and Contaminants*, 15, 229-236.
- Cann, D. C., G. L. Smith, N. C. Houston 1983. Further studies on marine fish stored under modified atmosphere packaging. Torry Research Station, Aberdeen: Ministry of Agriculture Fisheries and Food. pp. 32-42.
- Church, N. 1994. Developments in modified atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food Science and Technology*, 5, 345-352.
- Coyne, F.P. 1932. The effect of carbon dioxide on bacterial growth with special reference to the preservation of fish. Part I. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 51, 119T-121T.
- Coyne, F.P. 1933. The effect of carbon dioxide on bacterial growth with special reference to the preservation of fish. Part II. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 52, 19-24.
- Dalgaard, P., L. Gram, and H.H. Huss. 1993. Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, 19, 283-294.
- Debevere, J., G. Boskou. 1996. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets. *International journal of Food Microbiology*. Volume 31, Issues 1-3
- Devlieghere, F., J. Debevere, and J. Van Impe. 1998. Effect of dissolved carbon dioxide and temperature on the growth of *Lactobacillus sake* in modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology* 41:231-238.
- Devlieghere, F., J. Debevere, and J. Van Impe. 1998. Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*. 43:105-113.
- Dhananjaya, S., J. Stroud. 1994. Chemical and sensory changes in haddock and herring stored under modified atmosphere. *International Journal of Food Science and Technology*, 29: 575-583.
- Farber, J.M. 1991. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology -A review. *Journal of Food Protection*, 54 (1): 58-70.
- Fey, M. S., and J. M. Regenstein. 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
- Genigeorgis, C.A. 1985. Microbial and safety implications of the use of modified atmospheres to extend the storage life of fresh meat and fish. *International Journal of Food Microbiology*, 1, 237-251.
- Kılınc, B., ve Ş. Çaklı. 2001. Paketleme Tekniklerinin Balık ve Kabuklu Su Ürünleri Mikrobiyal Florası Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(1-2), 279-291
- Killefer, D.H. 1930. Carbon dioxide preservation of meat and fish. *Industrial and Engineering Chemistry*, 22, 140-143.
- Knoche, W. 1980. Chemical reactions of CO₂ in water. In: *Biophysics and Physiology of Carbon Dioxide* (edited by C. Bauer, G. Gros and H. Bartels). pp. 3-11. Berlin: Springer-Verlag.
- Özoğul, F. 2001. The effect packaging systems on quality and safety of herring. PhD dissertation. Lincoln, U.K: Univ. of Lincoln. pp.20-36.
- Özogul, F., K.D.A. Taylor, P. Quantick, and Y. Özogul. 2001. Chemical, microbiological and sensory evaluation of Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack. *Food Chemistry*, 71: 267-273.
- Özogul, F., K.D.A. Taylor, P. Quantick, and Y. Özogul. 2000. A rapid HPLC determination of ATP related compounds and its application to herring stored under modified atmosphere. *International Journal of Food Science and Technology*, 35; 549-554.
- Özoğul Y., and F. Özogul. 2002. Degradation Products of Adenine Nucleotide in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Stored in Ice and in Modified Atmosphere Packaging. *TÜBİTAK, Turk J. Zool.*, 26: 127-130.
- Özogul, F., A. Polat, and Y. Özogul. 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
- Parry, R.T. 1993. Introduction. In R. T. Parry (Ed.), *Principles and application of modified atmosphere packaging of food* (pp. 1-17). Glasgow: Blackie Academic and Professional.
- Pastoriza, L., G. Sampedro, J.J. Herrera, and M.L. Cabo. 1996. Effect of carbon dioxide atmosphere on microbial growth and quality of salmon slices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 72, 348-352.
- Pastoriza, L., G. Sampedro, J.J. Herrera., and M.L. Cabo. 1998. Influence of sodium chloride and modified atmosphere packaging on microbiological, chemical and sensorial properties in ice storage of slices of hake (*Merluccius merluccius*). *Food Chemistry*, 61, 23-28.
- Penney, N., R.G. Bell, and T.L. Cummings. 1994. Extension of the chilled storage life of smoked blue cod (*Paraperis colias*) by carbon dioxide packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 29, 167-178.
- Phillips, C.A. 1996. Review: modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 463-479.
- Reddy, N.R., D.J. Armstrong, E.J. Rhodehamel, and D.A. Kautter. 1992. Shelf-life extension and safety concerns about fresh fishery products packaged under modified atmospheres: a review. *Journal of Food Safety*, 12, 87-118.
- Randell, K., R. Ahvenainen, and T. Hattula. 1995. Effect of the gas/product ratio and CO₂ concentration on the shelf- life of MA packed fish. *Packaging Technology and Science*, 8, 205-218.
- Randell, K., T. Hattula, E. Skyttae, M. Sivertsvik, and H. Bergslien. 1999. Quality of filleted salmon in various retail packages. *Journal of Food Quality*, 22, 483-497.
- Rosnes, J.T., M. Sivertsvik, and H. Bergslien. 1997. Distribution of modified atmosphere packaged salmon (*Salmo salar*) products. In: *Seafood from Producer to Consumer, Integrated Approach to Quality* (edited by J.B. Lutten, T. Børresen & J. Oehlenschläger). Pp. 211-220. Amsterdam: Elsevier.
- Sivertsvik, M., W.K. Jeksrud, and J.T. Rosnes. 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* 2002, 37, 107-127.
- Stammen, K., D. Gerdes, and F. Caporaso. 1990. Modified atmosphere packaging of seafood. *Critical reviews in Food Science and Nutrition* 29(5): 301-331
- Stefansson, G., and H.L. Lauzon. 1999. Retail and bulk packaging of fish fillets in modified atmosphere. In: *Conference Proceeding: 99 Innovations for Seafood Conference*, 21-23 April 1999. Gold Coast, Queensland, Australia: Center for Food Technology, Brisbane.
- Stenstrom, I.J. 1985. Microbial flora of cod fillets (*Gadus morhua*) stored at 2°C in different mixtures of carbon dioxide and nitrogen/oxygen. *Journal of Food Protection*, 48, 585-589
- Watts, D.A., and W.D. Brown. 1982. Histamine formation in abusively stored Pacific mackerel: effect of CO₂ modified atmosphere. *Journal of Food Science*, 47, 1386-1387.