

SU ÜRÜNLERİNİN MUHAFAZASINDA MODİFİYE ATMOSFER PAKETLEME TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

Demet Kocatepe¹, Hülya Turan²

¹Sinop Üniversitesi, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Yiyecek İçecek
İşletmeciliği Bölümü, Sinop

²Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Sinop

Geliş tarihi / Received: 27.11.2011

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 16.03.2011

Kabul tarihi / Accepted: 30.03.2011

Özet

Gıdalarda fiziksel, biyokimyasal ve mikrobiyel aktiviteler sonucunda gerçekleşen bozulmayı engellemek amacıyla farklı muhafaza metotları geliştirilmiştir. Uzun yıllar konserve ve dondurma teknolojisi, ürünlerin en uzun şekilde muhafazasını mümkün kılmıştır. Fakat günümüzde azalan enerji kaynakları, artan ekolojik duyarlılık ve taze gıda tüketiminin insan sağlığına olumlu etkilerinin ortaya çıkması sonucunda gıdaların taze olarak muhafazası önem kazanmıştır. İnsanların kimyasal katkı maddeleri içermeyen güvenli gıdalara yönelmesi de paketleme teknolojisindeki gelişmeleri hızlandırmıştır. Bu amaçla son yıllarda soğukta muhafaza edilecek gıdaların uzun süre muhafazasında modifiye atmosfer paketleme teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Bu derlemede yüksek oranda su, düşük miktarda da bağ doku içeren su ürünlerinin muhafazasında, modifiye atmosfer paketlenme teknolojisinin kullanımına yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Modifiye atmosfer paketleme, gaz karışımları, vakum, su ürünleri

USING MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING TECHNOLOGY IN PRESERVATION OF SEAFOODS

Abstract

Different preservation methods have been developed to prevent spoilage that is a result of physical, biochemical and microbiological changes in foods. For many years, canning and freezing technologies have made it possible to preserve products for a long time. However, today, fresh preservation of foods has gained importance as a result of energy resources decreased, ecologic sensitivity increased and positive effect of fresh food consumption on human health. Also, the fact that the people have gone towards safety foods not including chemical additives has accelerated the developing in packaging technology. For this purpose, modified atmosphere packaging technology has been utilized for preservation of foods storage at cold for a long time in recent years. In this review, using modified atmosphere packaging technology in storage of seafoods including the high amount of water, the low amount of connective tissue are given.

Keywords: Modified atmosphere packaging technology, gas mixture, vacuum, sea foods

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ dkocatepe@sinop.edu.tr ☎ (+90) 368 271 5785 📠 (+90) 368 271 5786

GİRİŞ

Gıda sanayiinde ambalaj kullanımı; ürünü koruması, tanıtması, taşınması, ürünün raf ömrü hakkında bilgi vermesi ve en önemlisi tüketiciye güvenilir bir şekilde ulaştırılması açısından önemlidir. Ambalaj tüketiciye daha ürünü görmeden ürün hakkında olumlu ya da olumsuz karar vermesini sağlayacak bir unsurdur. Ambalaj sadece yapısı gereği ürünü korumakla kalmaz, çeşitli uyarıcı semboller de (ışınlanmış ürün, laktoz içerir, fenil alanin içerir, domuz yağı içermez vb.) içererek tüketicileri bilgilendirir. Günümüzde gıda ambalajları geleneksel koruma özellikleri dışında muhafaza ettikleri ürünler için birçok fonksiyonel özelliğe de sahiptirler (1).

Et, balık, süt ve süt ürünleri, meyve ve sebze gibi çok çabuk bozulabilen gıdaların raf ömrünü, atmosferik oksijenin kimyasal etkisi ve aerobik bozulma bakterileri kısaltmaktadır. Bu faktörler birlikte ya da ayrı ayrı ürünün renk, koku, aroma ve tekstürü üzerinde telafisi olmayan kalite kayıplarına neden olmaktadır. Soğuk muhafaza, istenmeyen değişiklikleri yavaşlatsa bile perakende dağıtım sektörü için önemli olan çok daha uzun muhafaza süresi için yeterli değildir (2). Balık ve diğer su ürünleri kara hayvanlarına oranla daha fazla su ve daha az bağ doku içerirler ve bu nedenle balık eti daha çabuk yumuşar (3). Su ürünlerinin avlanmalarından sonra tüketim anına kadar geçen süreçte mikrobiyel bozulmalar, yağların acılaşması ve organoleptik değişimlerin hızla artması nedeniyle raf ömrünün artırılması ve tüketiciye daha güvenli şekilde sunulması amacıyla çeşitli muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir. Bu metotlarda öncelikle ürünün mikrobiyel gelişiminin ve enzimatik aktivitesinin geciktirilmesi ve durdurulması hedeflenmektedir. Genellikle MAP; taze su ürünlerinin raf ömrünü balığın kalitesine ve işlemeye bağlı olarak iki katına kadar artırabilmektedir.

MODİFİYE ATMOSFER PAKETLEME (MAP) TEKNOLOJİSİ

MAP gıda paketlemede kullanılan ana paketleme metotlarından biridir. Özellikle son 20 yıldır MAP ticari anlamda geniş bir kullanım alanı bulmuştur (4). İngiltere’de pastaların %90-95’inin taze muhafazasında MAP kullanılmaktadır (5). MAP temelde gıdayı saran atmosferin modifiye edilmesidir. MAP sayesinde konserve, dondurma, kurutma ya

da diğer muhafaza işlemlerinde olduğu gibi sıcaklık ya da kimyasal etki olmaksızın gıdalar taze olarak saklanabilmektedir (2). MAP’ın genel prensibi paket içerisindeki hava ile gaz karışımının yer değiştirmesidir. Gaz paket içerisine basıldıktan sonra ambalaj hermetikli olarak kapatılır. Depolama süresince ambalaj içerisindeki gazın kontrolü yapılamamakta gaz konsantrasyonu değişmektedir. Ürün etrafındaki gazın uzaklaştırılması ya da ürünü çevreleyen atmosferdeki O₂ miktarının azaltılması mikrobiyel gelişimi durdurmakta, kimyasal bozulmaları yavaşlatmaktadır. MAP’ın bilinen en önemli avantajı ürünün raf ömrünü artırmasıdır. Ürün tipi, ham materyalin başlangıç kalitesi, gaz karışımı, depo sıcaklığı, avlama ve paketleme sırasındaki hijyen, gaz/ürün hacmi oranı ve paketleme materyalinin bariyer özellikleri modifiye atmosfer (MA) paketlenmiş ürünün raf ömrüne etki eder (4). Yüksek kalitedeki ürünün tüketiciye ulaştırılması, dilimlenmiş ürünlerin daha kolay ayrılması, kimyasal katkı ihtiyacını ve uzun raf ömrü nedeniyle ekonomik kayıpları azaltması diğer avantajları arasında sayılabilir (4). MAP’ın en büyük dezavantajı ise hem kurulum hem de proses aşamasında masrafları artırmasıdır.

Gıdaların uzun süre muhafazası, başlangıç mikro-organizma yükleri üzerinde değişiklik yapılamayacağından büyük oranda sonraki işlemlere bağlıdır. Atmosfer koşullarının modifiye edilmesi ve ayrıca <4 °C’nin altında muhafaza işlemi mikroorganizmalar üzerine engelleyici rol oynayabilir (5). MAP kolay bozulabilen gıdaların muhafaza süresini artırmak ve paketlenmiş ürünün kalitesini geliştirmek amacıyla uygulanan bir metottur. Bu metot üç farklı şekilde uygulanır. Pasif MA oluşturma; modifiye atmosfer koşulları, hermetikli ortamda kapatılmış paketlerde O₂ tüketimi ve dolayısıyla CO₂ artışı sonucunda pasif olarak gelişir (2). Aktif MA oluşturmak amacıyla paket içerisindeki havayı tutmak için O₂, CO₂, etilen absorbantları ve etanol oluşturan maddeler kullanılmaktadır (2). Paket içerisindeki havanın mekanik yöntemle uzaklaştırılması ise iki şekilde olmaktadır. Bunlardan ilki paket içerisine sürekli gaz basımı diğeri ise vakum uygulandıktan sonra paket içerisine gaz basımıdır (2).

Ambalajlama gazları; gıda maddesi kaba yerleştirilmeden önce, yerleştirilirken veya yerleştirildikten sonra kap içine verilen hava dışındaki gazlardır

(6). MAP sisteminde; ürünün özelliklerine göre; paket içindeki hava alınıp yerine N_2 , CO_2 ya da O_2 ilavesi ile daha etkili ambalajlama yapılır. MAP'da paketin içerisinden oksijenin elemine edilmesi ve farklı konsantrasyonlarda CO_2 ve N_2 ile doldurulması sonucunda aerobik mikroorganizmaların, proteolitik bakterilerin, maya ve küflerin gelişimi inhibe edilmektedir (7). Bakteriostatik ve fungustatik özelliğinden ötürü CO_2 gazı en çok kullanılan gıda gazıdır. Birçok bozulma bakterisi üzerine kullanım oranı arttıkça artan etkisi vardır. Küfler, mayalar ve yüksek aerobik bozulma etkeni bakteriler CO_2 'e duyarlıdır (4, 8). CO_2 gıdalarda bulunan suda çözünerek karbonik asit oluşturur ve pH'yı düşürür (4). pH değerinin düşmesi aside duyarlı mikroorganizmaların gelişimini engeller. MAP'da kullanılan paketleme materyalleri CO_2 geçirgendirler. Balık türü, başlangıç mikroorganizma yükü, gaz/balık oranı ve paketleme metoduna göre ambalajlamada kullanılacak CO_2 konsantrasyonu farklılık göstermektedir (8). En çok kullanılan CO_2 oranları %40-60 arasında değişmektedir (9). O_2 kokusuz, renksiz, tatsız ve reaktif bir gazdır. Sudaki çözünürlüğü oldukça düşüktür (10). Oksijenin gıdalar üzerine birçok etkisi vardır. Birincil etkisi et ürünlerinde bulunan myoglobini oksitleyerek oksimiyoglobine dönüştürmesidir. Oksimiyoglobin taze ete kırmızı rengini verir. Taze etler genel olarak %80 O_2 ile paketlenir (5). İnert, tatsız ve antimikrobiyel aktivitesi olmayan bir gaz olan N_2 gazı; su ve yağda az çözünmesi nedeniyle özellikle yüksek CO_2 oranının kullanıldığı MAP uygulamalarında paket doldurma gazı olarak kullanılır. Aynı zamanda N_2 paket içerisindeki O_2 ile yer değiştirerek aerobik mikroorganizma gelişimini ve oksidatif acılaşmayı önler (2). MA şartlarının sağlanmasında farklı gazlar farklı oranlarda kullanılmaktadır. Genellikle gıda ambalajlamada kullanılan gazlar O_2 , CO_2 ve N_2 'dir. Bu üç gazın dışında karbon monoksit (özellikle kırmızı renkli ürünlerde, kırmızı ette), ozon, etilen oksit, nitroz oksit, helyum, neon, argon (bazı meyve ve sebzelerin paketlenmesinde), hidrojen, sülfür dioksit ve klorin birçok ürünün depolama sürecinde kullanılabilmektedir (10).

MAP'da kullanılacak paket materyalinin karakteristik özelliklerini; delinmelere karşı dayanıklılığı, paket ağzı yapışkanlık oranı, buğulanmayı önleyici özelliği, CO_2 geçirgenliği, O_2 geçirgenliği ve su

buharı geçirgenlik oranı belirlemektedir. MAP'da kullanılacak ambalaj materyali 4 polimerin bir veya daha fazla karışımı ile üretilir. MAP'da kullanılan polimerler; polivinylchloride (PVC), polyethlene terephthalate (PET), polyethylene (PE) ve polypropylene (PP)'dir (5).

Su Ürünlerinin Muhafazasında MAP Teknolojisinin Kullanılması

Balık eti su miktarı yüksek bağ doku miktarının düşük olması nedeniyle çok hızlı bozulmaktadır. Balık etinde bulunan protein, yağ ve protein olmayan azotlu bileşikler ölüm sonrasında biyokimyasal reaksiyonlara maruz kalırlar. Mikrobiyel ve kimyasal bozulma balık ölür ölmez ya da avlanmadan hemen sonra başlar. Bu bozulmalara balık etinde bulunan enzimler ve mikroorganizmalar sebep olur (11). Tek başına, bozulmaya neden olan en önemli faktör olarak mikrobiyel aktivite de gösterilebilir (8). Balıkta bulunan mikroorganizma yükü ve cinsi; avlanma sezonu, avlanma bölgesi, su kirliliği, sıcaklık, avlama metodu, saklama koşulları, taşıma ve işleme şekli gibi birçok faktörden etkilenmektedir (12).

Balığın avlandığı andan itibaren soğuk zincir kurallarına uygun şekillerde transfer edilmesi ve işlenmesi gerekmektedir. Soğuk muhafaza ($0^\circ C$) koşullarında mikrobiyel aktivite yavaşlatılabilir fakat inhibe edilemez (13). Su ürünlerinin düşük sıcaklıklarda muhafazası mikrobiyel gelişmeyi yavaşlatsa da tek başına etkili bir koruma metodu değildir. MAP teknolojisi mikrobiyel gelişmeyi yavaşlatarak ürünün raf ömrünü artırır. MAP çabuk bozulan su ürünleri için en uygun ve en yaygın kullanımı olan paketleme teknolojisidir (14). Soğuk muhafaza uygulanan balık etindeki dominant bakteri türleri *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens* gibi psikotropik gram negatif çubuk bakteriler (15) ve *Photobacterium phosphoreum*'dur. *Brochothrix thermosphacta* ve Laktik asit bakterileri (LAB) özellikle MA paketlenerek soğuk muhafaza edilen su ürünlerinde görülmektedir. Her iki bakteri bozulma sürecinde ortaya çıkan ekşi tattan sorumludur (13). Gram ve ark. (16); buzlanmış deniz balıkları, tatlı su balıkları ve CO_2 ile paketlenerek soğukta muhafaza edilen balıklarda bozulmaya neden olan spesifik bakteri türlerini sırasıyla; *S. putrefaciens*, *Pseudomonas* spp., *P. phosphoreum* olarak bildirmiştir. Bozulmaya

neden olan bu mikroorganizmalar ilerleyen süreçte çeşitli bozulma metabolitleri üretirler. Su ürünlerinin spesifik bozulma organizmaları; biyojen aminler; sülfidler, alkoller, aldehitler, ketonlar ve organik asitler ile ATP'nin yıkım ürünü olan hipoksantin ve laktattan asetat üretirler (17; 18). Özellikle ESO olarak adlandırılan Geçici Bozulma Organizmaları (Ephemeral Spoilage Organism) ürünlerin taşıma, işleme ve depolama süreçlerindeki uygulamalara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu mikroorganizmalar aynı zamanda balık suyunda gelişir ve çürük lahana kokusu olarak tanımlanan bozuk balık kokusundan sorumludurlar. Farklı şekillerde işlenen ve depolanan su ürünlerinde farklı ESO'lar gelişebilir. Herbir üründe gelişen farklı mikroorganizma türlerinin bilinmesi ürüne uygulanacak MAP şartlarının geliştirilmesinde önemlidir. Taze, soğutulmuş ve hava ile muhafaza edilen su ürünlerindeki bozulma bakterileri *S. putrefaciens*, *Pseudomonas* spp. ve *P. phosphoreum* iken, taze soğutulmuş, vakum ya da MAP uygulanan ürünlerde ise *P. phosphoreum*, LAB ve *B. thermosphacta*'dır (13). Bu mikroorganizma ve metabolitlerinin ortaya çıkmasının önlenmesi, ürünlerin raf ömrünün artırılması amacıyla farklı gaz konsantrasyonları ve farklı muhafaza sıcaklıkları pek çok su ürününde denenmiştir (11, 19, 20-30).

Ürünler çiğ olarak MA paketlenbildiği gibi, pişirme, dumanlama, doğal katkı maddeleri ile muamele etme, tuzlama, marine etme gibi işlemler uygulandıktan sonra ya da köfte, burger, dolma gibi ürünlere işlendikten sonra paketlenerek soğuk muhafaza ya da süper soğutma uygulanarak muhafaza edilebilir (31-35) (Çizelge 1).

Çeşitli balıklarda yapılmış çalışmalarda (Çizelge 1) düşük sıcaklık ve yüksek oranda CO₂ kullanımının raf ömründe dikkat çekici artış sağladığı görülmüştür. Farklı balıklar için benzer sıcaklık ve gaz uygulamalarının farklı raf ömrü vermesi (11, 43) gaz oranlarının her balık için ayrı ayrı denenmesi gerektiğini göstermektedir. Aynı balıklar (11, 40, 45) için artan CO₂ miktarının raf ömrünü uzattığı, hiç O₂ içermeyen gaz karışımları ile paketlenmiş ürünlerdeki (40) CO₂ miktarının, O₂ içeren ürünlere oranla (47) daha düşük olmasına rağmen raf ömrünün daha uzun olduğu ve %5 oranında kullanılan O₂ miktarının bile raf ömrünü olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Paketleme öncesi kekik esansiyel yağı (28, 46) ya da tannik asitle

(47) muamele işleminden sonra MA uygulama, balık etlerinin raf ömrünü hava ile paketlemeye oranla 8-12 gün arasında artırmaktadır. Ön işlem olarak bitkisel uçucu yağların ya da tannik asit gibi asitlendiricilerin kullanımı hem balık eti asitliğini artırması hem de antimikrobiyel etkileri nedeniyle mikroorganizma gelişimini yavaşlatması açısından önemlidir. Benzer şekilde Boskou ve Debevere (39), asetat (%10) ile muamele edildikten sonra MAP uygulanan ve 7 °C'de muhafaza edilen morina filetolarında; asetat uygulamasının aerob bakteri sayısını azalttığını, asetat+MAP uygulamasının ise H₂S üreten bakteriler ile *Enterobacteriaceae* familyasını baskıladığını, raf ömrünün sadece MAP uygulanana oranla 3 kat arttığını bildirmişlerdir.

Farklı işlenmiş su ürünlerinin muhafazasında da kullanılan MAP teknolojisi ön işleme bağlı olarak depo sürelerinde farklılıklara sebep olur. Sıcak dumanlandıktan sonra farklı şekillerde paketlenerek (hava, %80 CO₂/ %20 N₂; %40 CO₂/ %30 O₂/ %30 N₂) +2 ve +8 °C'de muhafaza edilen yayın balığında mikrobiyel inhibisyonun sağlanması ve yağ oksidasyonun minimuma indirgenmesi için en uygun gıda gazı karışımı oranı %80 CO₂-%20 N₂; en uygun depo sıcaklığı ise +2 °C olarak önerilmiştir (20). Yine paketleme öncesi tuzlama ya da marine etme, su ürünlerinin MAP koşullarında muhafaza süresini artırmaktadır. MA ile paketlenmiş alabalığın depo ömrü 15 gün iken (41) alabalık marinatlarının (%5 O₂/ %35 CO₂/ %60 N₂; %30 CO₂/ %70 N₂) 120. güne kadar bozulmadan saklanabildiği bildirilmiştir (31). CO₂, O₂ ve N₂ dışında su ürünlerinin muhafazasında denenilen bir diğer gaz ise argon gazıdır. Randell ve ark. (48), gökkuşağı alabalığı ve ringa balığı filetoları üzerine farklı paketleme metotlarının (streç film, MAP (CO₂/Ar/N₂ karışımı, vakum) etkisini incelemişler ve Ar gazının bakteriyel gelişimin inhibisyonu üzerine ek bir katkısının olmadığını bildirmişlerdir.

Su ürünlerinde kalite özelliklerinin tespitinde kullanılan Toplam volatil azot (TVB-N), trimetilamin azot (TMA-N) ve tiyobarbiturik asit sayısı (TBA) karbondioksitçe ya da oksijenle zenginleştirilen atmosfer koşullarında farklılık göstermektedir. Artan CO₂ oranı ile birlikte TVB-N değeri azalmakta (25, 40, 41, 49-51) artan O₂ miktarı ise aerob bakteri gelişimi artırıp, bakterilerce azotlu bileşiklerin TMA, amonyak, amin, aldehit ve sülfür gibi ürünlere

Çizelge 1. Modifiye atmosfer paketlenen su ürünleri ve gaz karışım oranları

Su ürünü	Sıcaklık (°C)	Paketleme metodu	Raf ömrü (gün)	Kaynak
<i>Solea solea</i>	2	%20 CO ₂ / %80 hava %40 CO ₂ / %60 hava	4 8	36
<i>Clupea harengus</i>	2±2	Buzsuz strafor kutuda Vakum %60 CO ₂ / %40 N ₂	4 8 10	21
<i>Salmo salar</i>	2	Hava %20 CO ₂ / %80 hava %40 CO ₂ / %60 hava	9 15 24	37
<i>Merluccius merluccius</i>	2	Hava %20 CO ₂ / %80 hava %40 CO ₂ / %60 hava	7 11 18	38
<i>Gadus morhua</i>	7	%50 CO ₂ / %45 O ₂ / %5 N ₂ %50 CO ₂ / %45 O ₂ / %5 N ₂ (%10 asetat)	4 12	39
<i>Salmo salar</i>	4	%1.1 O ₂ / %44.1 CO ₂ / %54.8 N ₂ (süper soğutma uygulanmış)	24	19
<i>Sardina pilchardus</i>	4	Hava Vakum %60 CO ₂ / %40 N ₂	3 9 12	40
<i>Xiphias gladius</i>	4	Hava %50 CO ₂ / %45 N ₂ / %5 O ₂ %50 CO ₂ / %45 N ₂ / %5 O ₂ (%0.1 kekik esansiyel yağı)	8 13 15-16	28
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	4 ±1	%40 CO ₂ / %30 O ₂ / %30 N ₂	15	41
<i>Anguilla anguilla</i>	0	Hava Vakum %40 CO ₂ / %30 N ₂ / %30 O ₂	11 11 18	42
<i>Scomber colias japonicus</i>	6	Hava Vakum %50 CO ₂ / %50 N ₂	7 8 10	43
<i>Scomber colias japonicus</i>	3	Hava Vakum %50 CO ₂ / %50 N ₂	8 10 12	43
<i>Xiphias gladius</i>	4	Hava Vakum %40 CO ₂ / %30 N ₂ / %30 O ₂	7 9 11-12	44
<i>Salmo salar</i>	2±2	%90 CO ₂ / %10 N ₂ (süper soğutma uygulanmış)	22	34
<i>Sardina pilchardus</i>	4 ±1	Hava- %35 CO ₂ / %60 N ₂ / %5 O ₂ %70 CO ₂ / %25 N ₂ / %5 O ₂	5 5 7	45
<i>Dicentrarchus labrax</i>	4±0.5	Hava %60 CO ₂ / %30 N ₂ / %10 O ₂ (%0.2 kekik esansiyel yağı)	6 17	46

dönüşümünü hızlandırmaktadır. TVB-N miktarı MA koşullarında paketlenen su ürünleri için depolama süresi sonunda limit değerleri geçmediğinden TVB-N analizinin MA paketlenmiş su ürünlerin tazeliğinin tespitinde tek başına kullanılması doğru değildir (25, 51). Bu analiz duyuşsal ve mikrobiyel analizlerle desteklenerek MA paketlenmiş su ürünlerinin muhafaza sürelerinin tespitinde kullanılabilir. Bakteriyel bozulma ürünü olan TMA-N, su ürünlerinin kalitesinin ve

raf ömrünün tespitinde kullanılan kimyasal kalite indeksinden biridir. TMA oluşumu genel olarak mikrobiyel olsa da bazı balıklar TMAO'ı parçalayan enzimleri içermektedir (53). Su ürünlerinde artan CO₂ oranı ile birlikte TMA miktarı azalır. Bu durum pek çok araştırmacı tarafından CO₂'in, balık etinde hem sıvı hem de yağ fazında çözünmesi sonucunda inhibitör etki göstermesi ile ilişkilendirilmiştir (4, 18, 49). Balık dokusunda çözünen CO₂, ortamı asitleştirmekte ve dolayısıyla mikrobiyel gelişimi yavaşlat-

maktadır. *Aeromonas spp.*, *Enterobacteriaceae*, *P. phosphoreum*, *S. putrefaciens* ve *Vibrio spp.* TMAO'ı TMA'e indirgeyen bakterilerdir (17). Bu bakterilerin gelişimi pH düşüşü ile yavaşlatılabilir. TBA sayısı yağ oksidasyonu derecesinin ölçümünde kullanılmaktadır. MAP uygulanan su ürünlerinde hava ile paketlenenlere oranla artan CO₂ oranı ile birlikte TBA değeri artmaktadır (40, 49). CO₂'ce zengin paketlerde yüksek TBA değerinin görülmesinin nedeni; kaslarda antioksidatif enzimlerin CO₂ etkisi ile inaktive olması ve hemoglobinin denatürasyonu sonucu pro-oksidant olarak görev yapmasıdır (50). Artan O₂ miktarı oksidasyonu artırmakta (20, 50, 51) ve O₂ içermeyen gaz karışımları ile paketlenen su ürünlerinde oksidasyon oranı daha düşük olmaktadır (51). Bu nedenle özellikle yüksek yağ oranına sahip su ürünlerinin muhafazasında O₂ gazı kullanılmamalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Su ürünlerinin muhafazasında kullanılan başlıca metotlar dondurma, konserve, dumanlama, tuzlama ve kurutma iken günümüzde su ürünlerinin taze muhafaza süresinin artırılması amacıyla vakum ve MAP teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Su ürünlerinin MAP teknolojisi ile muhafazası, hızla gelişen ve yenilenen bir uygulamadır. MAP; taze su ürünleri dışında, haşlanmış, tuzlanmış, soğuk dumanlanmış, marine edilmiş ürünler, ya da midye dolma, balık salatası, surimi, balık köftesi gibi işlenmiş su ürünlerine de uygulanabilir. Marketlerde satılan birçok taze ürünün (pasta, tatlı, kırmızı et, dumanlanmış balık, salam, sosis vb.) ambalajlanmasında sıkça kullanılan ve tüketici tarafından benimsenen bu teknoloji, ürünün kalitesini geliştirmekte, tazelik ve raf ömrünü uzatmakta, tüketiciye kolaylık sağlamakta ve ürünün değerini artırmaktadır.

Antimikrobiyel ve antioksidan etkiye sahip farklı bitki özütleri ve yağları, organik asitlerin kitosanla kombinasyonları su ürünlerinde hem mikrobiyel gelişimi geciktirir/önler hem de tat ve aromayı zenginleştirir. Ürüne işleme aşamasında katılan farklı yapay katkı maddeleri ya da yapay aktif bileşenler ürünün tat ve aromasını olumsuz etkileyebilir. Bunun önlenmesinde kekik, limon vb. bitki yağlarının aktif bileşen olarak etkileri, MA

paketlenme ile kombine edilerek denenebilir. Yine azalan enerji kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla soğuk depolamada daha uzun süre depolanabilecek MAP paketlenmiş ürünler için uygun gaz karışımı oranları, paket özellikleri, ön işlemler ve depo sıcaklıkları araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Han JH. 2005. New technologies in food packaging: Overview. In. Han, J.H. (Editor) Innovations in food packaging. 3-11.
2. Anonim, 2010. www.unido.org/fileadmin/import/32124_23Modifiedatmospherepackaging.5.pdf (Erişim tarihi, 02.04.2010).
3. Gökoğlu N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul. ISBN: 975-9703-48-3. 157 s.
4. Sivertsvik M, Rosnes JT, Bergslien H. 2002. Modified atmosphere packaging. Minimal Processing Technologies in The Food Industry. CRC Press, Boston, New York Washington, DC; 61-86.
5. Phillips CA. 1996. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *IJFST*, 31: 463-479.
6. TGKY 2008. Türk Gıda Kodeksi, Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği, T.C. Resmi Gazete, Sayı: 26883. Ankara.
7. Swiderski F, Russel S, Waszkiewicz-Robak B, Cholewinska E. 1997. Evaluation of vacuum-packaged poultry meat and its products. *J Sci of Food Agric*, 48: 193-200.
8. Genigeorgis CA. 1985. Microbial and safety implications of the use of modified atmospheres to extend the storage life of fresh meat and fish. *Int J Food Microbiol*, 1: 237-251.
9. Heidmann Soccol MC, Oetterer M. 2003. Use of modified atmosphere in seafood preservation, *Braz Arch Biol and Technol*, 46(4): 569-580.
10. Erkmen O. 2010. Gıda Mikrobiyolojisi. Elif Yayınevi, Ankara.
11. Stamatis N, Arkoudelos SJ. 2007. Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on microbial, chemical and sensory quality indicators of fresh, filleted *Sardina pilchardus* at 3 °C. *J Sci Food Agric*, 87: 1164-1171.

12. Jayasinghe PS, Rajakaruna RMAGG. 2005. Bacterial contamination of fish sold in fish markets in the central province of Sri Lanka, *J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka*, 33(3): 219-221.
13. Nollet LML, Toldrá F. 2010. Handbook of seafood and seafood product analysis. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton. New York.
14. Mastromatteo M, Conte A, Del Nobile A. 2010. Combined use of modified atmosphere packaging and natural compounds for food preservation. *Food Eng. Rev*, 2: 28-38.
15. Adams MR, Moss MO. 2008. Food Microbiology, Third edition, RSC Publishing. ISBN 978-0-85404-284-5
16. Gram L, Ravn L, Rasch M, Bruhn JB, Christensen AB, Givskov M. 2002. Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria. *Int J Food Microbiol*, 78: 79-97.
17. Gram L, Dalgaard P. 2002. Fish spoilage bacteria - problems and solutions. Current Opinion in Biotechnology, 13: 262-266.
18. Olafsdottir G, Lauzon HL, Martinsdóttir E, Oehlenschläger J, Kristbergsson K. 2006. Evaluation of shelf life of superchilled cod (*Gadus morhua*) fillets and the influence of temperature fluctuations during storage on microbial and chemical quality indicators. *J Food Sci*, 71-2: 97-109.
19. Sivertsvik M, Rosnes JT, Kleiberg GH. 2003. Effect of modified atmosphere packaging and superchilled storage on the microbial and sensory quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *J Food Sci*, 68(4):1467-1472.
20. Göktepe I, Moody MW. 1998. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of smoked catfish. *J Muscle Foods*, 9: 375-389.
21. Özoğul F, Taylor KDA, Quantick P, Özoğul Y. 2000. Chemical, microbiological and sensory evaluation of Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack, *Food Chem*, 71: 267-273.
22. Torrieri E, Cavella S, Villani F, Masi P. 2006. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). *J Food Eng*, 77: 1078-1086.
23. Hovda MB, Lunestad BT, Sivertsvik M, Rosnes JT. 2007. Characterisation of the bacterial flora of modified atmosphere packaged farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) by PCR-DGGE of conserved 16S rRNA gene regions. *Int J Food Microbiol*, 117: 68-75.
24. Sanguandeeikul R, Siripatrawan U, Narakaew V. 2008. Changes in the quality of abalone (*Haliotis asinaria*, Linnaneus) packed under atmospheric air, vacuum and modified atmosphere. *Packaging Technology and Science*, 21: 159-164.
25. Yılmaz M, Ceylan ZG, Kocaman M, Kaya M, Yılmaz H. 2009. The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria* in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *J Muscle Foods*, 20: 465-477.
26. Muşabak C. 2008. Kitosanla kaplama ve modifiye atmosfer ambalajlamanın palamut (*Sarda sarda*) filetolarının kimyasal parametreleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 32 s.
27. Çağlak E, Çaklı Ş, Kılınç B. 2008. Microbiological, chemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging. *Eur Food Res and Technol*, 226: 1293-1299.
28. Kykkidou S, Giatrakou V, Papavergou A, Kontominas MG, Savvaidis IN. 2009. Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4 °C. *Food Chem*, 115(1): 169-175.
29. Lu S. 2009. Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf life of Chinese shrimp (*Penaeus chinensis*). *LWT- Food Sci and Technol*, 42(1): 286-291.
30. Yesudhasan P, Krishnaswamy T, Gopal S, Ravishankar CN, Lalitha KV, Kumar, KNA. 2009. Effect of modified atmosphere packaging on chemical, textural, microbiological and sensory quality of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks packaged in thermoformed trays at 0-2°C. *J Food Processing and Preservation*, 33(6): 777-797.
31. Erkan N, Metin S, Varlık C, Baygar T, Özden Ö. 2000. Modifiye atmosferle paketlenmenin (MAP) paneli alabalık marinatlarının raf ömrü üzerine etkisi, *Türk J Vet Anim Sci*, 24: 585-591.
32. Muratore G, Licciardello F. 2005. Effects of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf life of liquid-smoked swordfish (*Xiphias gladius*) slices. *J Food Sci*, 70(5): 359-363.
33. Lauzon HL, Magnusson H, Sveinsdóttir K, Gudjónsdóttir M, Martinsdóttir E. 2009. Effect of brining, modified atmosphere packaging and superchilling on the shelf life of cod (*Gadus morhua*) loins. *J Food Sci*, 74(6): 258-267.

34. Fernández K, Aspe E, Roecke M. 2009. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging. *Food Control*, 20: 1036–1042.
35. Öztürk A, Yılmaz N, Güneş G. 2010. Effect of different modified atmosphere packaging on microbial quality, oxidation and colour of a seasoned ground beef product (Meat ball). *Packaging Technology and Science*, 23: 19–25.
36. López-Gálvez DE, De La Hoz L, Blanco M, Ordóñez JA. 1998. Refrigerated storage (2 °C) of sole (*Solea solea*) fillets under CO₂-enriched atmospheres. *J Agric Food Chem*, 46: 1143–1149.
37. De La Hoz L, López-Gálvez DE, Fernández M, Hierro E, Ordóñez JA. 2000. Use of carbon dioxide enriched atmospheres in the refrigerated storage (2 °C) of Salmon (*Salmo salar*) steaks. *Eur Food Res Technol*, 210: 179–188.
38. Ordóñez JA, López-Gálvez DE, Fernández M, Hierro E, De La Hoz L. 2000. Microbial and physicochemical modifications of hake (*Merluccius merluccius*) steaks stored under carbon dioxide enriched atmospheres. *J S Food Agric*, 80: 1381–1840.
39. Boskou G, Debevere J. 2000. Shelf-life extension of cod fillets with an acetate buffer spray prior to packaging under modified atmospheres. *Food Addit Contam*, 17(1): 17–25.
40. 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 Chem*, 85: 49–57.
41. Çarbaş A. 2008. Potasyum sorbat uygulamasının vakum ve modifiye atmosferde ambalajlanmış Gökkuşáğı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) fileto-larının raf ömrü üzerine etkisi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
42. Arkoudelos J, Stamatis N, Samaras F. 2007. Quality attributes of farmed eel (*Anguilla anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0 °C. *Food Microbiol*, 24: 728–735.
43. Stamatis N, Arkoudelos SJ. 2007. Quality assessment of Scomber japonicus under modified atmosphere and vacuum packaging. *Food Control*, 18: 292–300.
44. Pantazi D, Papavergou A, Pournis N, Kontominas MG, Savvaidis IN. 2008. Shelf-life of chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes. *Food Microbiol*, 25: 136–143.
45. Erkan N, Özden Ö, Üçok Alakavuk D, Yıldırım ŞY, İnuğur M. 2006. Spoilage and shelf life of sardines (*Sardina pilchardus*) packed in modified atmosphere. *Eur Food Res Technol*, 222: 667–673.
46. Kostaki M, Giatrakou V, Savvaidis IN, Kontominas MG. 2009. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiol*, 26(5): 475–482.
47. Maqsood S, Benjakul S. 2010. Synergistic effect of tannic acid and modified atmospheric packaging on the prevention of lipid oxidation and quality losses of refrigerated striped catfish slices. *Food Chem*, 121: 29–38.
48. Randell K, Hattula T, Ahvenainen R. 1997. Effect of packaging method on the quality of rainbow trout and baltic herring fillets. *Lebensm Wiss u.-Technol*, 30: 56–61.
49. Masniyom P, Benjakul S, Visessanguan W. 2005. Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices. *LWT Food Sci Technol*, 38: 745–756.
50. Arashisar Ş, Hisar O, Kaya M, Yanik T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets, *Int J Food Microbiol*, 97: 209– 214.
51. Giménez B, Roncalés P, Beltrán JA. 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *J Sci Food Agric*, 82: 1154–1159.
53. Jay JM. 2000. Food preservation with modified atmospheres. Chapter 14. In: *Modern Food Microbiology*, Sixth Ed., Hardcover.