

Balık İşleme Endüstrisinde Modifiye Atmosferde Ambalajlama

Şükriye ARAS HİSAR, Olcay HİSAR, Telat YANIK

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, Erzurum (shisar@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 20.04.2004

ÖZET: Geleneksel olarak, balıklar buzda veya buzdolabı şartlarında depolandıklarında raf ömürleri 5 ila 10 gün olmaktadır. Daha uzun raf ömrü pazar potansiyelini artırmakta, dağıtım ve perakende satış esnasındaki kayıpları azaltmaktadır. Modifiye atmosferde ambalajlamanın (MAP), buzdolabı şartlarında raf ömrünü iki kat artırdığı gösterilmiştir. MAP tüketici ve balık endüstrisi için bir çok avantajlar sunmaktadır. Buzun elemine edilerek buzdolabında modifiye atmosfer ambalajların muhafaza edilmesi ekonomi ve sanitasyon bakımından avantaj sağlamaktadır. Bu derleme, modifiye atmosferde ambalajlama ve bu yöntemin balık depolamadaki avantaj ve dezavantajlarını içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Balık, muhafaza, modifiye atmosferde ambalajlama

Modified Atmosphere Packing in Fish Processing Industry

ABSTRACT: Traditionally, the shelf life of the fish is 5 to 10 d when stored in ice or under refrigerated conditions. Longer shelf life expands the market potential and reduces waste during distribution and retail display. Modified atmosphere packing (MAP), in conjunction with refrigeration, has been shown to double shelf life. MAP offers multiple advantages to the fish industry and the consumer. The elimination of ice from the refrigerated modified atmosphere containers or packages results in economic and sanitation advantages. The present paper discusses the modified atmosphere packaging (MAP) and its advantages and disadvantages in the fish storage.

Key words: Fish, preservation, modified atmosphere packaging

GİRİŞ

Balık ve balık ürünlerinin doymamış yağlar, özellikle ω -3 yağ asitleriyle olan ilgilerinden dolayı tüketimleri artmaktadır (Sikorski 1990, Regenstein ve Regenstein 1991). Fakat, taze balıklar sahip oldukları biyolojik kompozisyonlarından dolayı avlamadan kısa bir süre sonra çok hızlı bir şekilde bozulabilmektedirler. Bu nedenle, balık işleme endüstrisi raf ömrünü uzatacak, taze olarak pazarlama sağlayacak ve aynı zamanda enerji masrafları daha düşük muhafaza metotları arayışına girmiştir (Ashie vd., 1996, Sorheim vd., 1997). Derlemede günümüzde balık muhafazasında yaygın olarak kullanılan modifiye atmosferde ambalajlama (MAP, modified atmosphere packaging) hakkında bilgi sunulması hedeflenmiştir.

MODİFİYE ATMOSFERDE AMBALAJLAMA (MAP)

Balık muhafazasında modifiye atmosferde ambalajlama tekniği, balıklarda muhafaza süresini uzatmak, mikrobiyolojik gelişmeyi azaltmak ve enzimatik bozulmayı önlemek amacıyla ambalaj içi gaz atmosferinin değiştirilerek balığın yapısına uygun özellikteki ambalaj materyalleri ile balıkların ambalajlanması işlemidir. Modifiye atmosferde uygulanan temel teknik işlem, ambalaj ortamındaki havanın çıkarılarak yerine bir gaz veya gaz karışımı verilerek ambalajın kapatılmasıdır (Farber, 1991; Reddy vd., 1999; Üçüncü, 2000; Sverstvik vd., 2002).

MAP' DE KULLANILAN GAZLAR

MAP işleminde gaz olarak genellikle CO_2 , O_2 ve N_2 , nadiren de CO ve Ar gazları kullanılır. Her bir gaz MAP ile ambalajlanan balıklarda farklı ve spesifik rol

oynar. Ambalajlama anında bu gazların oranları, ambalajlanacak balığın yağlı veya yağsız olmasına göre değişiklik gösterir (Regenstein ve Regenstein, 1991; Philips, 1996; Topal, 1996; Church, 1998; Keleş, 2002).

Karbondioksit; Karışımdaki en önemli gazdır. Ambalajlanan balıktaki mikroorganizmalar üzerinde bakteriyostatik ve fungustatik etkiye sahiptir. Balıklarda tipik olarak bozulmaya neden olan *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Flavobacterium* ve *Achromobacter* gibi Gram negatif psikrotrofik aerobik mikroorganizmalarına ve küflerin gelişmesini önler. Karbondioksit, bakteri hücrelerinin enzim sistemini bozar, pH'yı düşürür. Lag fazını (adaptasyon fazı) uzatır ve logaritmik faz esnasında gelişme oranını düşürerek bakteriyostatik etkisini gösterir. Ortam pH'sının düşmesi ile aside duyarlı organizmaların gelişmesi engellenirken laktik asit bakterileri gibi nispeten kabul edilebilir mikroorganizmalar gelişebilir. Gazların çözünürlüğü sıcaklıkla ters orantılı olduğundan, karbondioksitten maksimum antimikrobiyal etkiyi alabilmek için MAP ile ambalajlanmış balıklar mümkün olduğunca soğukta muhafaza edilmelidir (Ghazala, 1994).

Kırmızı etlerde görülen myoglobinin oksidasyonu olayı balıklarda görülmediği için muhafazada maksimum koruma elde etmek amacıyla oldukça yüksek CO_2 konsantrasyonlarında ambalajlama yapılabilir. %100 CO_2 şartlarında ambalajlama yapıldığında koruma maksimum olmasına rağmen, yüksek CO_2 seviyeleri (%60-100) gözlerde bulanıklaşmaya ve solungaçlarda kahverengileşmeye neden olduğundan istenilmeyebilir. Ayrıca, CO_2 nispeten balıkta da çözündüğü için ambalajda çökmelere sebep olabilir. Bu nedenle %40-60 CO_2 seviyeleri balıklar için maksimum antimikrobiyal

etki ve minimum tekstür bozulması sağlar ve renk problemlerini minimuma indirir. Depolama süresi sonunda ambalaj açıldığında CO₂'in bakteriyostatik etkisi belirli bir süre daha devam eder. (Finne, 1982; Ogrydziak ve Brown, 1982; Daniels vd., 1984; Regenstein ve Regenstein, 1991).

Azot; İnert bir gazdır ve balık üzerinde herhangi bir etkisi yoktur. Kimyasal olarak etkisizdir ve antimikrobiyal özelliklere sahip değildir. Su ve yağda çözünürlüğü azdır. MAP'de esas olarak, CO₂ absorblayabilen ürünlerde ambalajın çökmesini önlemek için dolgu gazı olarak kullanılır. Ayrıca yüksek yağlı balıklarda O₂'nin yerini alarak oksidatif ransidite gibi kimyasal bozulmayı, ransit tat ve koku oluşumunu ve küf gelişimini engeller (Cann, 1985; Church ve Parsons, 1995).

Oksijen; Oksidatif ransiditeyi ve bozulmaya neden olan toksin üretici aerobik bakterilerin gelişmesini arttırdığı ve kaliteyi düşürdüğü için özellikle yağlı balıkların ambalajlanmasında gaz karışımından uzaklaştırılır. Ancak bazı durumlarda O₂'nin varlığı anaerobik bozulmayı ve *Clostridium botulinum*'dan kaynaklanan botulizmi engellediği için ve kırmızı etli balıklarda (tuna, sarı kuyruk gibi) etin kırmızı rengini sürdürmesi için metmyoglobin oluşumu ile kahverengiye dönüşmesini geciktirdiği ve azalttığı için kullanımı tercih edilir (Ogrydziak ve Brown, 1982; Boskou ve Debevere, 1997; Üçüncü, 2000).

Diğer gazlar; MAP'de bu gazların yanı sıra nadiren Ar ve CO kullanılır. CO, CO₂'e ilave edilerek istenmeyen renk değişimlerini ve bazı küf ve mayaların gelişimini engeller. Ar ise N₂ gibi inert bir gazdır ancak daha ağırdır. Molekül ağırlığı nedeni ile ambalajın içinde havanın yerine geçmektedir. Ancak, MAP için oldukça pahalı bir gazdır (Wolfe, 1980; Sorheim vd., 1997).

MAP'de kullanılan gaz kompozisyonu balığın türüne göre değişir. Genel olarak, beyaz etli balıklar için %40 CO₂, %30 O₂ ve %30 N₂ gaz oranları tavsiye

edilmektedir. Yağlı balıklar ve tütsülenmiş balıklar için daha yüksek CO₂ seviyeleri kullanılır ve gaz karışımındaki O₂ seviyesi önemli ölçüde düşürülür. Gaz karışımı oranı %60 CO₂ ; %40 N₂'dir (O'beirne, 1990; Church, 1994). Balıkların modifiye atmosferde ambalajlanmasında kullanılacak ideal sıcaklık ve atmosferin içeriği Tablo1'de verilmiştir (Farber, 1991).

MAP'DE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

Taze balıkların raf ömrünü uzatmak için MAP'de gelişigüzel bir şekilde ambalajlanması ciddi halk sağlığı sorunlarına yol açabilir. MAP kullanılırken dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar vardır (Cann, 1985; Stammen vd., 1990; Farber, 1991):

1. Yalnızca taze balık kullanılmalıdır.
2. Ambalajlamadan önce balık sıcaklığının 2°C'nin altında olması sağlanmalıdır.
3. Soğuk şartlar altında ambalajlama yapılmalıdır.
4. Ambalaj içinde kullanılan gaz karışımını kullanılan materyal için uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir.
5. Ürünün dağıtımı esnasında ürünün sıcaklığını 0-2°C arasında tutulmasını sağlayan ekipmanlar kullanılmalıdır.
6. Ürünün sıcaklığının 0-2°C arasında olup olmadığı satış yerine ve depoya ulaşıldığında kontrol edilmelidir.
7. Ürünün üzerine özellikle raf ömrünün belirtildiği etiket yapıştırılmalıdır.

Soğutulmuş ve modifiye atmosfer ile ambalajlanmış balıklar, müşteriler için hem kaliteli hem de güvenilir ürünlerdir. Bununla birlikte kalite, çığ materyal ve ürünün üretilmesi, depolanması ve taşınması esnasında çok dikkatli bir şekilde kontrol edilmesine bağlıdır (Cann, 1985).

MAP yönteminin bazı potansiyel avantaj ve dezavantajları mevcuttur;

Tablo 1. Su ürünleri için önerilen sıcaklık ve modifiye atmosfer şartları (Farber, 1991)

Su ürünleri çeşidi	Sıcaklık (°C)	Atmosfer	Raf ömrü (gün)	
			Hava	MAP
Morina balığı filetosu	2	%48-100 CO ₂ geriye kalan O ₂ yada N ₂	-	-
Altın alabalık, kurbağa	4	%100 CO ₂	-	-
Pişmiş tatlı su istakozu	4	%80 CO ₂ ; %20 Hava	14	≥21
Alabalık	1,7	%80 CO ₂ ; %20 N ₂	12	-20
Benekli karides	0-2	%50 CO ₂ ; %50 Hava	12-16	-
Kılıç balığı	3,5	%100 CO ₂ , %40-70 CO ₂ geriye kalan O ₂ yada N ₂	-	-
Kahverengi karides	4	%100 CO ₂ , %66 CO ₂ ; %34 O ₂	4-5	>14
Kayabalığı filetosu	1,7	%80 CO ₂ ; %20 Hava	≤6	≤13
Tatlı su levreği	1,1	%100 CO ₂	-14	≥25
Kaya morina balığı	4	%80 CO ₂ ; %20 Hava	7	≥21

MAP'İN AVANTAJLARI

1. Su ürünlerinde potansiyel raf ömrünü %50-400 oranında artırır.
2. Ekonomik kayıpları azaltır.
3. Ürünün daha uzak mesafelere dağıtımını kolaylaştırır ve dağıtım masraflarını azaltır.
4. Yüksek kalitede ürün sağlar (Wolfe, 1980; Young vd., 1988; Farber, 1991).

MAP'İN DEZAVANTAJLARI

1. Masraflarda gözle görülür artış olur.
2. Sıcaklık kontrolü şarttır.
3. Her bir ürün çeşidi için farklı gaz formülasyonu gerekir.
4. Özel ekipman ve çalışma gereklidir.
5. Gaz karışımından etkilenmeyen ambalaj materyaline ihtiyaç vardır (Cann vd., 1983; Varlık ve Metin 2000).

MAP'İN UYGULANIŞI

MAP işleminden önce, taze balıklar tazyikli su ile iyice yıkanır. Ardından bir ön işleme uygulanarak istenilen şekle göre (fileto, biftek...vs.) balık parçalanır ve sert plastik küvetler (PS köpük veya PVC/PE) içerisine yerleştirilir. Daha sonra MAP makinesine yerleştirilen küvetlerin bir vakum vasıtası ile havası çekilir ve ambalaj uygun gaz karışımı ile doldurulur. En sonunda küvetlerin üzeri bir film tabakası (PVDC kapatma filmi) ile kaplanır ve kapatılır. Kullanılan ambalaj materyalinin gaz geçirgenliğinin düşük olması gerekmektedir. Hem gaz karışımının oranı hem de gazın balıklara verilen miktarını kontrol etmek önemlidir. Minimum balık:gaz oranı 1:3 olarak tavsiye edilir (Cann, 1985).

MAP İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Proteolitik olmayan *C. botulinum*'un %100 CO₂'e maruz bırakıldığı zaman gelişmesinin çok yavaş ve sınırlı olduğu ve bu etkinin 5°C ve altındaki sıcaklıklarda daha da arttığı, düşük sıcaklıklarda da gelişebilen proteolitik olmayan *C. botulinum*'un yüksek CO₂ şartlarında gelişmesinin engellendiği tespit edilmiştir (Gibson vd., 2000). Normal ve CO₂ oranı artırılmış (CO₂/hava; 20/80 ve 40/60) atmosfer ile ambalajlanan ve 2°C'de depolanan alabalık bifteklerinde depolanma süresince meydana gelen mikrobiyolojik, biyokimyasal ve duyuşsal değişiklikler incelenmiş, duyuşsal analizler sonucunda normal hava ile karşılaştırıldığında %40 oranında CO₂ içeren ambalajların 15 gün, %20 CO₂ içeren ambalajların ise 6 gün daha fazla raf ömrüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca buzdolabı şartlarında muhafaza edilen alabalıklara ait mikrobiyolojik ve biyokimyasal sonuçlara göre %40 CO₂ ile zenginleştirilmiş modifiye ambalajlamanın daha etkili yöntem olduğu belirlenmiştir (De La Hoz vd., 2000).

Silva ve White (1994), normal şartlarda, %25 düşük konsantrasyonda ve %80 gibi yüksek konsantrasyonda CO₂ içeren MA ortamında ambalajlanan ve 2 ile 8°C' de 4 hafta süreyle depolanan kanal kedi balığı filetolarının duyuşsal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişler, en iyi uygulamanın yüksek konsantrasyonda CO₂ ile ambalajlama ve 2°C' de depolama olduğunu tespit etmişlerdir. Morina balığı filetolarında dört farklı gaz kompozisyona sahip modifiye atmosfer ambalajlama (MAP) uygulanmış (%60 CO₂ %10 O₂ %30 N₂, %60 CO₂ %20 O₂ %20N₂, %60 CO₂ %30 O₂ %10N₂, %60 CO₂ %40 O₂) ve filetolar 6°C'de depolanmıştır. Depolamanın 3, 4, 5, 6 ve 7. günlerinde bakteriyolojik sayımlar ile TVB, TMA ve filetolarda pH analizleri yapılmıştır. MAP genel olarak mikrobiyal gelişmeyi engellemiş fakat TVB ve TMA oluşumunda sınırlı olarak etkili olmuştur. Depolamanın 4. gününden sonra TVB ve TMA değerleri oldukça yüksek çıkmıştır (Debevere ve Boskou, 1996).

Randel vd. (1997), tarafından yapılan araştırmada, gökkuşuğu alabalığı ve ringa balığı filetoları; streç film, vakum ve modifiye atmosfer (%35 CO₂ + %32.5 Ar + %32.5 N₂, %35 CO₂ + %65 Ar ve %40 CO₂ + %60 N₂) uygulanarak ambalajlanmış ve 2°C'de depolanmıştır. Bu ambalajların karşılaştırılmasında streç filmle ambalajlanan filetolarda mezofilik bakterilerin çok hızlı bir şekilde geliştiği, vakum ve gaz ambalajlama ortamında ise oldukça yavaş bir gelişme seyri gösterdikleri tespit edilmiştir. Koliform grubu bakteriler yönünden yapılan karşılaştırmada ise streç film ve vakum ambalajlamadaki gelişmenin gaz ambalajlamaya oranla çok daha hızlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca gaz ambalajlamanın üç tipindeki alabalık ve ringa filetolarının duyuşsal kalitelerinin oldukça benzerlik gösterdiği ve Ar'nin filetoların raf ömürlerini uzatmada etkili olmadığı rapor edilmiştir.

Reddy vd. (1997), taze morina balıklarının filetolarını 3 farklı atmosfer ortamında (%100 hava, %75 CO₂: %25 N₂ ve vakum) ambalajlayıp *Clostridium botulinum* tip E bakterisini inokule ettikten sonra buzdolabı şartlarında 4°C, 8°C ve 16°C'de depolanışlardır. Bu şekilde ambalajlanmış morina balıkları filetolarında *Clostridium botulinum* tip E'nin toksin üretmeye başlama süresi ve filetoların güvenilir raf ömürlerinin bulunmasını amaçlamışlardır. Sonuçta duyuşsal bozulmanın, her bir atmosfer ortamında ve sıcaklık derecelerinde toksin üretiminden önce geldiği, bozulmadan 20 gün sonra bile hiçbir morina balığı ambalajında toksin oluşmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca aynı şartlar altında ambalajlanmış alabalık, tilapia ve kedi balığı filetoları ile karşılaştırıldığında morina balığı filetolarının güvenilirlik sınırlarının daha geniş olduğu bildirilmiştir.

Erkan vd. (2000), MAP ile ambalajlanmış alabalık marinatlarında yaptıkları duyuşsal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler sonucunda kontrol grubu

örneklerin depolanmanın 90. gün, MA gruplarının ise 120. gün bozulduklarını tespit etmişlerdir. Metin vd. (2002), gökkuşuğu alabalığı salatasını modifiye atmosferde ($O_2:CO_2:N_2=1:7:12$ ve $CO_2:N_2=3:7$) ambalajladıktan sonra normal hava ile ambalajlanan kontrol grubu örnekleri ile karşılaştırmışlardır. Ambalajlanan alabalık salataları $4^\circ C$ 'de 14 gün süre ile depolanmıştır. Modifiye atmosferde ambalajlanan grubun duyuşal özelliklerinin kontrol grubu salatalara oranla oldukça daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Uygulanan mikrobiyolojik ve kimyasal analizler neticesinde kontrol grubunun kabul edilebilirlik sınırına 7 günde ulaştığı, modifiye atmosferde ambalajlanan mikrobiyal aktivite ve duyuşal değişiklikleri azalttığı ayrıca, örneklerin raf ömürlerini yaklaşık %50 oranında uzattığı rapor edilmiştir. Gimenez vd. (2002), gökkuşuğu alabalığı filetoalarını farklı gaz oranlarında (%10 O_2 -%50 CO_2 -%40 N_2 ; %10 O_2 -%50 CO_2 -%40 Ar; %20 O_2 -%50 CO_2 -%30 N_2 ; %20 O_2 -%50 CO_2 -%30 Ar; %30 O_2 -%50 CO_2 -%20 N_2 ; %30 O_2 -%50 CO_2 -%20 Ar), vakum ve normal hava ile ambalajlayarak $1\pm 1^\circ C$ 'de depolanmışlardır. Depolanmanın belirli günlerinde mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal analizler neticesinde modifiye atmosferde ambalajlanmanın vakum ve normal hava ile ambalajlananlarla karşılaştırıldığında önemli bir raf ömrü uzaması sağladığı tespit edilmiştir. Modifiye atmosferde N_2 ve Ar gazları arasında önemli bir fark olmadığı, en iyi gaz karışımının %10 O_2 -%50 CO_2 -%40 N_2 /Ar olduğu bildirilmiştir. Hisar (2002), gökkuşuğu alabalığı filetoalarını hava, vakum ve farklı gaz karışımları altında (%100 O_2 , %2.5 O_2 -%7.5 N_2 -%90 CO_2 , %30 O_2 -%30 N_2 - %40 CO_2) $10^\circ C$ ve $4\pm 1^\circ C$ 'de incelemiştir. Depolanmanın belirli günlerinde yapılmış olan mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal analizler sonucunda MAP'nin duyuşal kalitedeki düşüşü, bakteriyel çoğalmayı ve TVB-N'deki artışları azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca MAP, vakum ve havada ambalajlama ile karşılaştırıldığında $4\pm 1^\circ C$ 'de raf ömrünü belirli sürelerde uzattığı belirlenmiştir.

SONUÇ

Balık endüstrisinde en önemli ambalajlama tekniklerinden biri olan MAP, balıklarda raf ömrünü uzatmak ve bozulmayı önlemek amacıyla ambalaj ortamındaki havanın çıkarılarak yerine bir gaz veya gaz karışımı verilerek ambalajın kapatılmasıdır. Bu konu ile ilgili olarak dünyada çok sayıda araştırma yapılmıştır. Ülkemizde de konunun önemli anlaşılmış, ancak henüz yeterince çalışma yapılmamıştır.

KAYNAKLAR

- Ashie, I.N.A., Smith, J.P., Simpson, P.K., 1996. Spoilage and shelf life extension of fresh fish and shellfish. *Crit. Rev. Food Sci.* 36(1&2):87-121.
- Boskou, G., Debevere, J., 1997. Reduction of trimethylamine oxide by *Shewanella* spp. under modified atmospheres in vitro. *Food Microbiol.* 14: 543-553.
- Cann, D.C., 1985. Packaging Fish in Modified Atmosphere, Torry Advisory Note # 8, Torry Research Station, Aberdeen, U.K.
- Cann, D.C., Houston, N.C., Taylor, L.Y., Strand, G., Early, J., Smith, G.L., 1983. Studies of Shellfish Packed and Stored Under a Modified Atmosphere. Torry Research Station, Aberdeen, U.K.
- Church, J., Parsons, A.L., 1995. Modified atmosphere packaging technology, a review. *J. Sci. Food Agric.* 67: 143-152.
- Church, N., 1994. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. *Trends Food Sci. Tech.* 5: 343-352.
- Church, N., 1998. MAP fish and crustaceans-sensory enhancement. *Food Sci. Technol. Today* 12 (2): 73-80.
- Daniels, J.A., Krisnamurthi, R., Rızın, S.S.H., 1984. A review of the effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. *J. Food Prot.* 48: 532.
- Debevere, J., Boskou, G., 1996. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA- producing microflora of cod filets. *Int. J. Food Microbiol.* 31: 221-229.
- De La Hoz, L., Lopez-Galvez, D.E., Fernandez, M., Hierro, E., Ordóñez, J.A., 2000. Use of carbon dioxide enriched atmospheres in the refrigerated storage (2 degrees C) of salmon (*Salmo salar*) steaks. *Euro. Food Res. Technol.* 210 (3): 179-188.
- Erkan, N., Metin, S., Varlık C., Baygar T., Özden Ö., 2000. Modifiye atmosfer paketlemenin (MAP) paneli alabalık marinatlarının raf ömrü üzerine etkisi. *Turk J. Vet. Anim. Sci.* 585-591.
- Farber, J.M., 1991. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology- a review. *J. Food Protect.* 54: 58-70.
- Finne, G., 1982. Modified and controlled-atmosphere storage of muscle foods. *Food Technol.* 36 (2): 128-133.
- Ghazala, S., 1994. New packaging technology for seafood preservation-shelf life extension and pathogen control. *Fisheries Processing. Biotechnological applications* published by Chapman and Hall, London, p.96.
- Gibson, A.M., Ellis-Brownlee, R.C.L., Cahill, M.E., Szabo, E.A., Fletcher, G., Bremer P.J., 2000. The Effect of 100% CO_2 on the growth of nonproteolytic *Clostridium botulinum* at chill temperatures. *Int. J. Food Microbiol.* 54: 39-48.
- Gimenez, B., Roncales, P., Beltran, J.A., 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *J. Sci. Food Agric.* 82 (10): 1154-1159.
- Hisar, Ş.A., 2002. Modifiye Atmosferde Ambalajlanmanın Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetoalarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. Atatürk Üniv. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi.
- Keleş, F., 2002. Gıda Ambalajlama İtkeleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:189, Erzurum.
- Metin, S., Erkan, N., Baygar, T., Özden, Ö., 2002. Modified atmosphere packaging of fish-salad. *Fisheries Sci.* 68: 204-209.
- O'beirne, D., 1990. Chilling combined with modified atmosphere packaging in Processing and Quality of Foods, Vol.3, Chilled foods; The Revolution in Freshness. (ed. P. Zeuthen, J.C., Cheffell, C. Eriksson et al.) Elsevier Applied Science New York, p.3.190-203.
- Ogrydziak, D.M., Brown, W.D., 1982. Temperature effects in modified atmosphere storage of seafoods. *Food Technol.* 36(5): 86.
- Philips, C.A., 1996. Review: Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of product. *Int. J. Food Sci. Technol.* 31: 463-479.
- Randel, K., Hattula, T., Ahvenainen, R., 1997. Effect of packaging method on quality of rainbow trout and Baltic herring filets. *Food Sci. and Technol.* 30 (1): 56-61.
- Reddy, N.R., Solomon, H.M., Rhodehamel, E.J., 1999. Comparison of margin of safety between sensory spoilage and onset of *Clostridium botulinum* toxin development during storage modified atmosphere (MA)-packaged fresh marine cod filets with MA-packaged aquacultured fish filets. *J. Food Safety*, 19 (3): 171-183.
- Reddy, N.R., Solomon, H.Y., Roman, G., Rhodehamel, J., 1997. Shelf life and toxin development by *Clostridium botulinum* during storage of modified-atmosphere-packaged fresh aquacultured salmon filets. *J. Food Protect.* 60 (9): 1055-1063.

- Regenstein, J.M., Regenstein, C.E., 1991. Introduction to Fish technology. An Osprey Book Published by Von Nostrand Reinhold, New York. P,79.
- Sikorski, Z.E., 1990. Seafood; Resources, Nutritional Composition and Preservation. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, p.102.
- Silva, J.L., White, T.D., 1994. Bacteriological and color changes in modified atmosphere-packaged refrigerated channel catfish. *J Food Protect.*, Vol. 57 (8): 715-719.
- Sorheim, O., Aune, T., Nesbakken, T., 1997. Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. *Trends Food Sci. Tech.*, 8: 307-312.
- Stammen, K., Gerdes, D., Caporosa, F., 1990. Modified atmosphere packaging of seafood. *CRC Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.*, 29:301-331.
- Sverstsvik, M., Jeksrud, W.K., Rosnes, M.J.T., 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. *J. Food Sci. Technol.*, 37: 107-127.
- Topal, Ş., 1996. Gıda Güvenliği ve Kalite Yönetim Sistemleri. Tübitak-Marmara Araştırma Merkezi Matbaası-Gebze, Kocaeli.
- Üçüncü, M., 2000. Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniv. Basımevi. Bornova, İzmir, s.612.
- Vartık, C., Metin, S., 2000. Su Ürünlerinde Modifiye Atmosfer Paketleme Uygulamaları. *Dünya Gıda Derg.*, 10 (6): 68-72.
- Wolfe, S.K., 1980. Use of CO₂- and CO₂- Enriched atmospheres for meats, fish, and produce. *Food Technol.*, 34 (3): 55-58.
- Young, L.L., Revere, R.D., Cole, A.B., 1988. Fresh red meats: a place to apply modified atmospheres, *Food Technol.*, 42(9): 65.