

GIDALARIN MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLENME TEKNİĞİ

Ahmet Yemenicioğlu, Bekir Cemeroğlu
A.Ü. Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

MAP TECHNIQS IN FOOD PACKAGING

ABSTRACT

In this study the modified atmosphere packaging technics have been explained and different applications are showned.

ÖZET

Bu derlemede modifiye atmosferde paketlenme tekniğı incelenmiş ve değişik uygulamalar gösterilmiştir.

GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak insanların giderek doğadan uzaklaşması, birçok sağlık problemini de beraberinde getirmektedir. Bunun sonucunda çevreci yaklaşımlar, özellikle gıda alanında yaygın bir etkinlik göstermekte ve örneğin gıda alanında yaygın bir etkinlik göstermekte ve örneğin gıda katkı maddelerinin kullanım miktarı veya ışınlama gibi uygulamalarda dozaj düzeyleri gittikçe azaltılmakta ve minimal işlemler uygulanarak tazesine

en yaygın nitelikte gıda üretimine yönelik yeni yöntemler yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Bu cümleden olarak gıda katkılarının en az düzeyde kullanıldığı veya hiç kullanılmadığı "Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP)" tekniğı son yıllarda hızla yaygınlaşan bir yöntem olarak kendini göstermektedir. (Brackett, 1990; Howard et al., 1994).

Gerçekten çok sayıda ve farklı uygulama zenginliğı olan bu teknik üzerinde halen yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Bunların bazıları henüz laboratuvarında deney aşamasında bulunmakla birlikte, bazıları kısa süre içinde ticari ölçüde uygulamaya alınacak aşamaya ulaşmış bulunmaktadır. Bir kısmı ise ticari boyutta yeni ürünlerle gittikçe yayılan bir teknik

haline gelmiştir. Bu gelişmeler gıda alanındaki mevzuatı da etkileyecek düzeydedir. Nitekim Kanada'da meyva sularına uygulanmak üzere geliştirilmiş "MAPTEK FRESH" adıyla anılan teknikle taze portakal suyunun raf ömrü ise 42 güne ulaştırılmıştır. Bu nedenle Florida Turuncğiller Komisyonu (The Florida Citrus Commission) taze portakal suyu tanımını, bu yeni teknolojinin sağladığı süreyi kapsayacak şekilde değiştirmiştir (Worral, 1994). Hızla gelişen ve geleceğin teknolojisi olmaya namzet MAP tekniğinin belli başlı niteliklerini kapsayan bir derleme aşağıda ilgilenenlerin bilgilerine sunulmuştur.

MAP tekniğı esas olarak; ambalajlanmış veya ambalajsız olarak kitle halinde depolanmakta olan gıdaların

bulunduğu ortam atmosferinin bileşiminin, raf ömrünü uzatmayı sağlayacak yönde, bizzat veya kendiliğinden değiştirilmesine dayanan bir yöntemdir (Brody, 1989; Floros, 1990; Dennis ve Stringer, 1992). Meyve ve sebzelerin muhafazasında bu uygulama, çevre atmosferinde oksijen konsantrasyonunun düşük, karbondioksit konsantrasyonunun yüksek olmasının, onların solunum hızlarını azaltması gerçeğine dayanmaktadır (Oarakul ve Stiles, 1991; Kuyper, 1993). Diğer ürünlerde ise, yüksek CO₂ konsantrasyonunun, bozulma etmeni mikroorganizmaların gelişmesini önleme etkisinden yararlanılmaktadır (Ahmad ve Marchello, 1989; Ahvenainen et al., 1990; Gerdes and Valdez, 1991).

Çok eski zamanlardan beri insanlar, bilimsel dayanaklarını bilmeden MAP tekniğinden yararlanagelmışlerdir. Nitekim, eski Çin'de meyvelerin; içerisine yeşil yaprak ve otların konduğu kapalı küplerde taşındığı bilinmektedir (Floros, 1990). Bugün bu uygulamanın; yeşil yaprak veya otların hızlı bir solunumla ortamdaki oksijeni harcayarak, karbondioksit oranını yükseltmek suretiyle meyvenin solunumunu kısıtladığı, böylece onun raf ömrünü uzattığı gerçeğini bilmekteyiz.

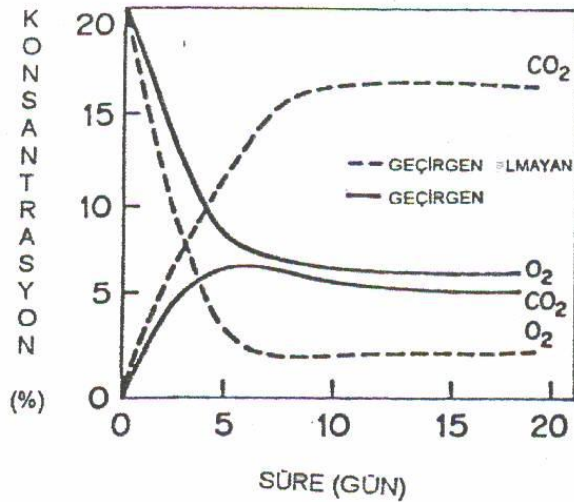
Günümüzde insanların minimal işlem görmüş gıdalara daha fazla yönelmekte oluşu, MAP tekniğinin önemini gittikçe artırmaktadır. Ülkemizden ihraç edilen çabuk bozulabilen nitelikteki gıdaların raf ömrünün birkaç gün bile uzatılabilmesinin ne kadar önemli olduğu herkesce bilinmektedir. Özellikle yakın bir gelecekte GAP projesinin tamamlanmasıyla, meyve-sebze ve hayvancılık alanında üretim patlaması yaşanacağı düşünülrse, bu tür modern paketleme sistemlerinin gerek iç ve gerekse dış pazarlara ulaşmada nekadaronemli olanaklar sağlayacağı ortaya çıkmaktadır.

ORTAM ATMOSFERİNİN MODİFİKASYONU

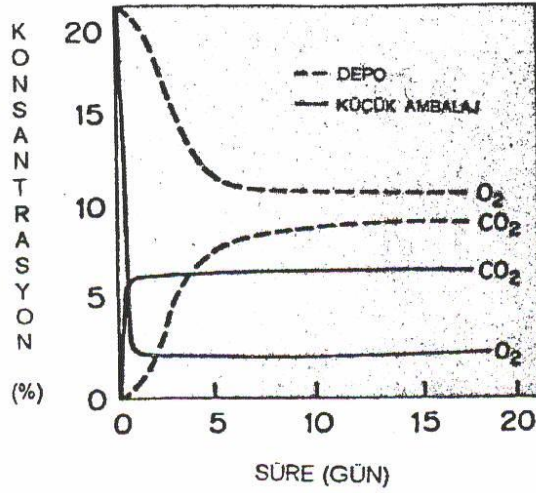
MAP tekniğinde ortam atmosferinin modifikasyonu; "pasif" veya "aktif" olmak üzere iki yolla gerçekleştirilmektedir. Pasif modifikasyon, meyve ve sebze solunum yapan ürünlerde, aktif modifikasyon ise her türlü üründe uygulanabilmektedir.

Pasif Modifikasyon: Bilindiği gibi meyve ve sebzeler hasattan sonra da canlı metaryeller olarak solunumlarına devam etmektedirler. Solunumda alınan oksijenöncelikle içerdikleri şekerlerin yavaş bir hızla oksidasyonu için kullanılırken, çevreye CO₂, H₂O ile etilen gibi bazı uçucu metabolizma ürünleri ve bir miktar da ısı vermektedirler (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Elhadi et al., 1992). Bu na göre eğer solunum, kapalı, sızdırmaz bir sistem içerisinde gerçekleşirse, ortam atmosferinde O₂ konsantrasyonu azalırken, CO₂ ve diğer metaboliklerin konsantrasyonu yükselmekte yani istenen modifikasyon kendiliğinden oluşmaktadır. Bu değişmeye paralel olarak so-

lunum gittikçe yavaşlamakta ve nihayet durmaktadır. Genel olarak O₂ konsantrasyonu % 12'nin altına düşmesiyle solunumun yavaşlamaya başladığı kabul edilmektedir. Her meyve veya sebze çeşidine bağlı olarak, belli bir konsantrasyonun altında ise, oksidatif fosforilasyonda görevli sitokromoksidaz enzimleri çalışamaz hale gelmektedir. Diğer taraftan CO₂ konsantrasyonu belli bir düzeyin üzerine ulaşınca Krebs ve Glikolizis izyolları kesilmekte, dokuda süksinik asit gibi metabolikler birikmeye başlamaktadır (Oarakul ve Stiles, 1991). Bunu izleyerek anaerobik solunum (anaerobiosis) başlamakta ve üründe etil alkol başta olmak üzere çeşitli metabolitler oluşarak, tad ve aroma tümünden değişmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Smith et al., 1987; Beudry ve Gran, 1993). İşte bu nedenle her meyve veya sebzenin solunum özelliklerini çok duyarlı bir şekilde belirlenerek anaerobik solunumun başlayacağı O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarının önceden bilinmesi gerekmektedir.



ŞEKİL 1: Farklı geçirgenlikteki ambalaj filmleriyle ambalajlanmış domateslerde pasif modifikasyon oluşumu (Floros, 1990).



Şekil 2: Depoda veya tüketici ambalajında uygulanan aktif modifikasyonda, denge gaz bileşimine ulaşma süresi (Floros, 1990).

Pasif modifikasyon uygulamasında meyve ve sebze, plastik bir folyo içinde ambalajlanır. Bu, herhangi bir plastik film değildir. Öyle özel bir film olmalıdır ki, ürünün solunumu için yeterli O_2 'ni içeriye geçirirken, oluşan CO_2 'i ortamda belli bir düzeyin üzerine çıkmasını önleyecek şekilde dışarı bırakılabilmelidir. Bunlara ek olarak ürünün su kaybını engelleyebilmesi için bu filmin su buharı geçirgenliği de belli bir düzeyde olmalıdır. (Smith et al. 1987) Bu açıdan bakınca pasif modifikasyon uygulamasının kiliti, ambalaj filmidir. Ambalaj filmi, içerisindeki ürünün adeta bir koruyucu maskesidir. Şekil 1'de biri hiçbir gaz geçirgenliği olmayan, diğeri belli bir gaz geçirgenliğine sahip, iki farklı materya içinde ambalajlanmış domateslerin çevresindeki atmosfer bileşiminin, zamana bağlı olarak değişimi gösterilmiştir.

Şekil 1, ortamda oluşan denge gaz bileşimini etkileyen en önemli faktörün, ambalaj filminin geçirgenlik

özellikleri olduğunu ortaya koymaktadır.

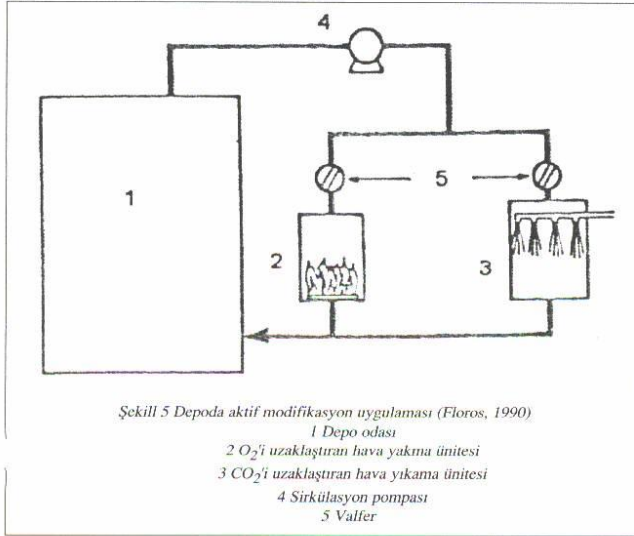
Bu açıklamalara göre, ambalajlanmış üründe solunum giderek yavaşlamakta ve solunum hızıyla gaz bileşimi arasında bir denge oluşmaktadır. Raf ömrünün uzaması, bu dengenin devam ettirilmesine bağlıdır. Bunu sağlamak için öncelikle sıcaklığın düşüşü ve salımsız tutulması gerekir (Ooraikul and Stiles, 1992). Ancak bu da yeterli değildir. Ayrıca, solunum sonucu ortamda biriken ve solunumun giderek hızlanmasına neden olan etilen gibi metabolizma ürünü gazlarının da artmadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla ambalaja, içerisinde potasyum permanganat, aktif kömür, veya polladyum klorür gibi bir gaz akborberi içeren, küçük geçirgen poşetler yerleştirilmektedir (Abe and Watada, 1991; Dennis and Stinger, 1992; Yahia and Rivera, 1992). Aynı şekilde bazı durumlarda, solunum sonucu oluşan su buharının dışarı atılmasına eşdeğer bir uygulama olarak nem bağlayıcılardan yararlan-

mak gerekebilmektedir. Bu amaçla, ambalaj içine ayrıca, gaz absorberlerinde yapıldığı gibi poşet içinde, NaCl veya benzer başka bir nem tutucu eklenmektedir (Yahia and Rivera, 1992).

Görüldüğü gibi pasif modifikasyonda gerekiyorsa, etilen gibi solunumu hızlandırıcı metabolitleri veya nem tutucu bazı absorbanlar kullanılabilmekte ve fakat CO_2 ile O_2 , konsantrasyonuna sadece ambalaj filminin geçirgenlik özelliği ile etki edilmektedir. Böylece modifikasyonda karşılaşılan bazı sorunlar kısaca değinilen bu önlemlerle aşılabilmektedir. Ancak solunumu, belli bir süre sonra birden bire hızlanan ve hızla olgunlaşma sürecine giren, yani; klimakterik davranış gösteren meyvelerde bazı sorunlar aşılmadığı için bu tür meyvelerde MAP tekniğinin uygulanması halen sınırlı bulunmaktadır.

MAP tekniği sadece bütün haldeki meyve ve sebzelerde uygulanmaktadır. Bazı meyve ve sebzeler doğrama, dilimleme ve çekirdek çıkarma gibi basit hazırlık işlemleri sonunda da MAP tekniği uygulamasıyla tüketime sunulabilmektedirler. Ancak doğranmış meyve ve sebzelerle kaçınılmaz olarak solunum hızının artması ve özellikle etilen üretiminin yükselmesi (Howard et al, 1994) bunlarda MAP uygulamasında önemli sorunlar oluşturmaktadır. Gerek bütün gerekse doğranmış olarak paketlenen meyvelerin yeterince olgun ve fakat tekstürlerinin henüz yumuşamamış olması gerekir. Dilimlenmiş meyvelerin depolanma süresince tekstürlerinin korunabilmesi için, % 2'lik $CaCl_2$ çözeltisine daldırılmaları yaygın bir uygulamadır.

Meyve ve sebzelerin düşük O_2 ve yüksek CO_2 konsantrasyonu bulunan atmosfer altında saklanması, sağlanan yararların başlıcaları tekrar ve özetle verilmek istenirse şunlardır: Solunum hızı ve etilen üretimi yavaşlar, bunun sonucu olarak olgunlaşma



yavaşlayarak gecikir, bileşimde bulunan şeker ve asitlerin harcanması sınırlanır, solunuma bağlı olarak gelişen nem ve ısı oluşumu azalır, enzimatik esmerleşmeler sınırlanır veya sona erer, mikroorganizma gelişmesi sınırlanır (Smith et al, 1987; Ballantyne et al, 1988; Ooraikul and Stiles, 1991; Kuyper et al. 1993). Ancak kök sebzelerin, Erwiniaların neden olduğu bozulmalara karşı dirençlerinin azalması hususu, bu yöntemin bir olumsuzluğudur. (Hao and Brackett, 1994).

Aktif Modifikasyon: Aktif modifikasyon; taze meyve ve sebzeler yanında ayrıca kırmızı et ve ürünler, kanatlı etleri, deniz ürünleri, süt ürünleri, hazır yemekler vb. Sayısız gıdalara uygulanmakta olan bir tekniktir (Brody, 1989; Ooraikul and Stiles, 1991; Dennis and Stringer, 1992). Bu teknikte "denge gaz bileşiminin" oluşumu, pasif modifikasyonda olduğu gibi yavaş yavaş ve kendiliğinden değil, müdahale ile kısa sürede gerçekleştirilmektedir. (Floros, 1990). Modifikasyonun kısa sürede oluşturul-

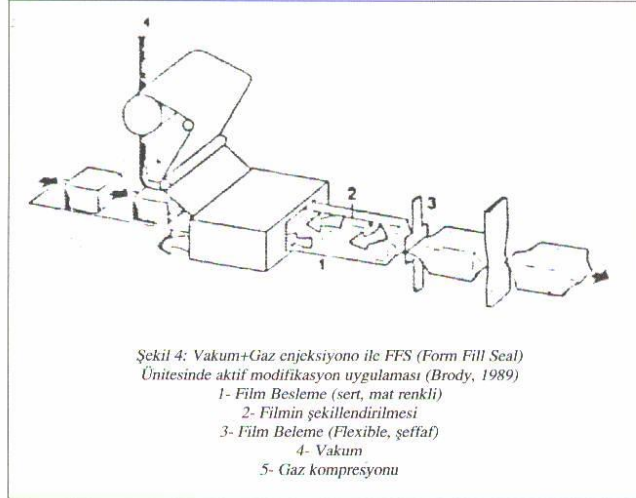
ması, bu yöntemin, önemli bir avantajı olup, denge gaz bileşimi oluşuna kadar ürünün uygun olmayan bileşimindeki bir gaz atmosferinde kalmasının doğuracağı olumsuzluklar önlenmektedir. Bazı pasif modifikasyon uygulamalarında da, uygun gaz bileşi-

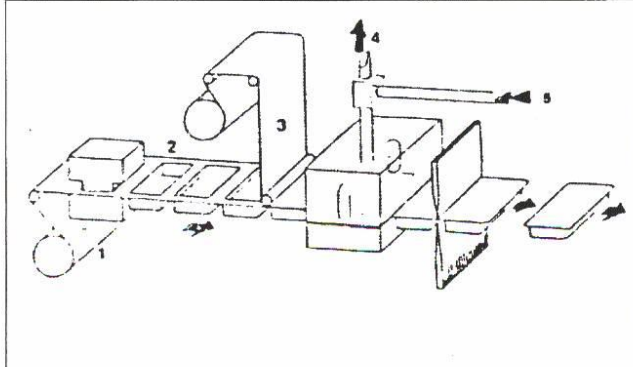
minin oluşmasını beklemenin neden olduğu olumsuzlukları önlemek için, aktif modifikasyonda olduğu gibi başlangıçta ve ancak bir defaya mahsus müdahale edilmekte ve sonra "denge bileşim" ambalaj geçirgenliği ile sağlanmaktadır. Bu farklı teknik, uygulamanın pasif modifikasyon olduğu gerçeğini değiştirmemektedir.

Şekil 2'de bir depo ve bir tüketici ambalajında aktif modifikasyon uygulamasının, gaz bileşiminde istenen dengeye ulaşma süresini göstermektedir.

Kapalı bir hücrenin (depo veya ambalaj içi) atmosferinin gaz bileşiminin istenen şekilde oluşturulması, ya bu bileşimdeki gazın içeriye enjekte edilmesiyle veya "gaz absorberlerinden" veya "gaz jeneratörlerinden" yararlanmak suretiyle gerçekleştirilmektedir (Floros 1990; Ooraikul and Stiles, 1991; Hui, 1992). Büyük depolara, çeşitli boyutlu fleksibil plastik ambalajlara, metal ve cam kaplara aktif modifikasyon yaygın olarak uygulanmaktadır (Brody, 1989; Floros, 1990; Dennis and Stringer, 1992).

Tüketici ambalajlarına aktif modi-





Şekil 3: Sürekli gaz enjeksiyonu ile FFS (Form Fill Seal) Ünitesinde aktif modifikasyon uygulaması (Broyd, 1989)
1- Paketin havanın uzaklaştırılması
2- Kompresyon borusu
3- Isıl kapama
4- Gaz kompresyonu

fikasyon uygulaması; ya henüz kapanmamış ambalaja istenen bileşimindeki gazın verilerek mevcut atmosferi süpürerek onun yerini almasını sağlamak suretiyle veya; önce ambalajda mevcut atmosferi vakum oluşturarak uzaklaştırmak ve bunu izleyerek içeriye istenen gazı enjekte etmek şeklinde gerçekleştirilmektedir (Floros, 1990; Ooraikul and Stiles, 1991; Hui 1992). Tanımlanan bu sistem şekil 3 ve 4'de gösterilmiştir. Şekillerde gösterilen bu iki uygulamada da ambalaj, bir rulodan çekilen folyo ile bu işlem sırasında oluşmaktadır. Buna karşın ambalajlanacak gıdanın geometrik şeklinin zorunlu kılması durumunda veya küçük boyutlu parçaların birlikte ambalajlanması gerekince, prefabrik büyük torbalar da ambalaj olarak kullanılmaktadır.

Yukarıda değinildiği gibi tüketici ambalajlarına aktif modifikasyon uygulamasında, bir başka yöntem ambalaj içine yerleştirilir ve hatta ambalaj materyaline eklenen yani onunla entegre edilen bir absorber veya bir jeneratörden yararlanılmasıdır (Floros, 1990; Dennis and Stringer, 1992). Bu yöntemde, ya kimyasal veya enzimatik bir reaksiyon yardımıyla konsan-

trasyonu yükseltmek istenen gaz üretilmekte ya da konsantrasyon düşürülmek istenen gaz absorbe edilmektedir. "Demir tozu bazlı absorberlerin" oksijeni absorbe ederek ortamdaki konsantrasyonunu düşürmesi, kimyasal reaksiyonlardan yararlanılmasına önemli bir örnektir. Buna karşın, alkol oksidaz veya glukoz oksidaz enzimlerince oksijenin kullanılarak, konsantrasyonunun düşürülmesine dayalı absorberler ise; enzimatik reaksiyonların kullanıldığı uygulamalara örnektir (Brody, 1989; Floros, 1990; Ooraikul and Stiles, 1991; Dennis and Stringer, 1992). Oksijen absorberlerinin kullanımı son yıllarda sıvı gıdalarda da yaygınlaşma eğilimine girmiştir. Nitekim oksidasyona duyarlı şarap ve meyve suyu gibi içeceklerde; gerek sıvıda çözünmüş ve gerekse tepe boşluğunda bulunan oksijenin bağlanması amacıyla bu tür absorberler kullanılmaya başlanmıştır (Floros, 1990; Rysstad, 1994).

Oksijen bağlamada kimyasal ve enzimatik yöntemler dışında son yıllarda bazı oksijen bağlayan sentetik moleküllerin bulunmasıyla bu konuda yeni bir yol daha açılmıştır. Nitekim Amerika Birleşik Devletleri Savunma

Bakanlığı adına, Denizaltındaki faaliyetlerde oksijen tüplerinin yerini alabilecek adeta bir yapay solunum makinası geliştirmeye yönelik olarak yürütülen bir proje çalışması sırasında, oksijen bağlayabilen ve projedeki amacın aksine, bağladığı oksijeni bir daha bırakmayan sentetik moleküller geliştirilmiştir. Bu materyaller halen farklı bir alanda kullanıma olanağı bulunmuş olup bira kapaklarının iç kısmına yerleştirilerek, birada oksijenin oluşturduğu olumsuzlukları önleme deneyleri sürdürülmektedir (Ryssto, 1994).

Gerçekten oksijenin çeşitli şekillerde bağlanarak özellikle doğranmış meyve ve sebzelerin MAP tekniği ile daha uzun süre saklanma olanağı uygun şekilde araştırılmaktadır. Bu çalışmalarda, doğranmış soğan gib idu-yarlı bir materyalin bile MAP tekniği ile potasyum permanganat gibi bir gaz absorberi eşliğinde 2°C sıcaklıkta kabul edilebilir bir kalite düzeyini 10 gün süre sonunda bile koruyabildiği saptanmıştır (Hoşard et al, 1994).

Büyük depolarda bazı gıdaların aktif modifikasyon yöntemiyle depolanması yeni yeni yaygınlaşmaktadır. Bu tür bir tekniğin kontrollü atmosferde depolama (CA-depolama) yöntemiyle karıştırılmaması gerekir.

Diğer taraftan büyük çapta gıda transportunda kullanılan konteynerlerde de aktif modifikasyon uygulanmaktadır. Bu konteynerlerde gaz bileşiminin kontrolü, selektif gaz absorbe eden filtrelerden veya CaOH gibi CO₂ absorbe eden materyallerden yararlanılmaktadır (Floros, 1990). Bunun gibi, balık ve etlerin uzun süreli transportunda dondurma yönteminin tercihi onlarda önemli tektürel bozulmalara neden olması sebebiyle ürünlerin gemi ile taşınmasında da MAP konteynerlerinin kullanımını gittikçe artırmaktadır (Fey ve Regenstein, 1982; Lannelonguet et al., 1982).

Meyve ve sebzeler dışındaki diğer gıdaların MAP tekniği ile saklanma-

sında raf ömrünün uzatılması, ambalaj atmosferindeki CO₂ oranının artırılması ile ilişkili olduğuna yukarıda ada değinilmişti. Nitekim ambalajdaki CO₂ oranının yükseltilmesinin bazı peynir çeşitlerinde çok olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır (Amruta et al., 1994). Buna karşın ambalaj içinde CO₂ oranının yükseltilmesi özellikle aktif modifikasyon uygulanmış et ürünlerinde bazı sorunlar oluşturmaktadır. Bunların en sık rastlanılanları, paket göçmesi, tadın değişmesi ve gıdanın öz suyunu sızdırmasıdır (Brody, 1989; Buick and Damoglou, 1989; Dennis and Stringer, 1992).

Bunlardan paket göçmesi, CO₂ gazının yağ ve sudaki çözünürlüğüne fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Gerçekten CO₂ gazı, oksijen ve azot gazlarına göre hem suda ve hem yağda oldukça iyi çözünmektedir. Nitekim CO₂ gazı 0°C'deki suda, oksijenin 30 katı, azotun ise 60 katı kadar fazla çözünebilmektedir (Ooraikul ve Stiles, 1992). İşte bu nedenle özellikle yağ ve su açısından zengin olan et ürünlerined ambalajın tepesi boşluğunda bulunan CO₂, ürün içine difüzyonla sızarak orada çözünmekte ve ambalajın içerisindeki basınç düşerek paketin göçmesine (package collapse) neden olmaktadır. Bu olayın önlenmesi için en sık başvurulan, ambalaja dolgu gazı olarak ayrıca N₂'nin enjekte edilmesidir (Brody, 1989). Son zamanlarda yaygınlaşmaya başlayan bir uygulamada ise ortama enjekte edilen CO₂ gazına ek olarak ambalaja bir miktar kuru buz eklenmektedir (Dennis ve Stringer, 1992). Böylece paketleme sonunda kuru buz CO₂ gazına dönüştürerek ambalaj önce bombaj yapmakta, daha sonra bir kısım CO₂'in ürün tarafından absorbe edilmesiyle basınç düşmekte ve ambalaj normal görünümüne kavuşmaktadır. Paket göçmesi, ambalajda bırakılan boşluğun miktarı ile de denetim altında tutulabilmektedir. Eğer az miktarda boşluk bırakılırsa göçme olayı daha belirgin olarak

ortaya çıkmaktadır (Ahvenainen et al., 1990).

Et ve ürünlerine MAP tekniği uygulamasında yüksek CO₂ konsantrasyonu kullanılmasının diğer bir olumsuzluğu, üründe tad değişimi ve öz suyu sızmasına neden olmasıdır. Dokuda çözün CO₂, ürünün ekşi bir tad kazanmasına neden olmaktadır. Bu olayla genellikle ambalaj atmosferindeki CO₂ konsantrasyonunun % 20'nin üzerine çıkmasında karşılaşılmaktadır (Buick ve Damoglou, 1989; Ahvenainen et al., 1990). Dokuda aşırı miktarda CO₂ çözünmesi, etin pH derecesini düşürerek yüzeydeki proteinlerin denatüre olmasına ve böylece su tutma kapasitesini büyük ölçüde yitirmesine yol açarak ikinci bir olumsuzluk ortaya çıkmaktadır. Bu durumda ise etten dışarıya öz suyu sızmakta (dripp loss) ve paket içinde bir sıvı birikintisi belirmektedir (Dennis ve Stringer, 1992). Ambalaj içerisinde böyle bir sıvı birikintisi hiçbir zaman arzu edilmediğinden, bu tip ürünlerin ambalajına bunu emen "ped" ilavesi genel bir uygulamadır (Seman et al., 1989).

Aktif modifikasyonda N₂ ve CO₂ dışında ambalaj içindeki konsantrasyonun dikkatle düzenlenmesi gereken diğer bir gaz, oksijendir. MAP tekniği uygulanmış meyve ve sebzeler ambalaj içinde de solunumlarına devam etmek için oksijene gereksinim vardır. Et ve et ürünlerinde arzulanan oksimiyogloblin yapısının korunması için de ambalajda oksijen bulunmalıdır. Nihayet bir çok üründe, ortamda anaerobik koşulların oluşmasının engellenmesi gerekir. İşte bu amaçla aktif modifikasyonda ambalaj içinde düşük oranlarda oksijen bulunması sağlanır (Ahmad ve Marchello, 1989; Dennis ve Stringer, 1992; Holley et al., 1994). Bazı aktif modifikasyon uygulamalarında, oksijenin gıdada oluşturduğu olumsuz etkileri önlemek için % 100 CO₂ atmosferi kullanılmaktadır. Bu uygulama bir anlamda vakum pakete-

meye alternatif niteliğindedir. % 100 CO₂ atmosferinde paketlenen, özellikle fırıncılık ürünlerinde küflenmeyi önleme ve aynı zamanda bayatlamayı geciktirmede olumlu sonuçlar vermektedir. Yukarıda değinilmiş olan ve etlerdeki uygulamada ortaya çıkan tad ve görünüşteki olumsuzluklar burada söz konusu olmaktadır (Knorr ve Tomkins, 1985). Bu uygulama oksimiyogloblindeki değişime hariç tutulursa et ürünlerinde oksidatif değişimleri ve mikrobiyal gelişmeleri etkin bir şekilde önlemektedir (Parkin et al., 1981; Seman et al., 1989; Ahvenainen et al., 1990). Yüksek CO₂ konsantrasyonunun hakim olduğu durumlarda, anaerobik mikroorganizmalar için uygun bir ortam oluşturduğu, bu nedenle özellikle et ürünlerinde C.botulinum tip E gibi son derece tehlikeli bir mikroorganizmanın kolaylıkla üreyebileceği gözden uzak tutulmamalıdır (Farber, 1991; Seman et al., 1989; Post et al., 1985; Gerdes ve Valoes, 1991). İşte bu nedenle böyle durumlarda MAP uygulanmış bu tür ürünlerin +4°C'nin altında düşük bir sıcaklıkta saklanması gerekir. Düşük sıcaklık sadece mikroorganizma gelişimini engelleme açısından değil, raf ömrünü uzatıcı diğer etkileri açısından da önemlidir. Nitekim, düşük sıcaklık meyve ve sebzelerin solunum hızını yavaşlatmak suretiyle raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Düşük sıcaklık, ortamdaki CO₂'nin çözünürlüğünü artırmak suretiyle bu gazın bakteriostatik etkisini yükseltmektedir (Dennis ve Stringer, 1992). Bütün bu açıklamalar; gerçekte MAP tekniğinin bağımsız bir uygulama olmadığı, mutlaka düşük sıcaklığın birlikte uygulanması gerektiği ve bu iki tekniğin birbirini tamamladığını açıkça göstermektedir (Sander ve Soo, 1978; Ooraikul ve Stiles, 1992). Bu uygulamanın daha da gelişerek geleceğin gıda muhafaza yöntemlerinin başında yer alacağına inanılmaktadır. ■