

# MODİFİYE ATMOSFERDE PAKETLEMENİN FARKLI TİPTEKİ PEYNİRLERİN BAZI NİTELİKLERİNE ETKİSİ

İlhan Gün<sup>1</sup>, Zeynep Güzel-Seydim<sup>2</sup>, Atıf Can Seydim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Süt ve Ürünleri Programı, Burdur

<sup>2</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş tarihi / *Received*: 21.07.2008

Düzeltilerek geliş tarihi / *Received in revised form*: 07.09.2009

Kabul tarihi / *Accepted*: 09.09.2009

## Özet:

Modifiye atmosferde paketleme (MAP) uygulamaları peynir çeşitliliğine göre farklı etkileşim ve değişimler oluşturabilmektedir. MAP uygulamasının birçok peynir tipinde laktik ve mezofilik florayı etkilemediği, maya-küf gelişimini yavaşlattığı gözlenmiştir. Küf gelişimi kontrol altına alındığından, aflatoksin oluşumu da engellenebilmektedir. Peynirlerin raf ömürleri %50-150 oranında artış gösterirken, depolama süresince ağırlık kaybı olabilmektedir. MAP uygulamasının dilimlenmiş peynirlerde yapışma, kalıp peynirlerde çökme ve kırılma görülmeleri gibi bazı dezavantajları da vardır. Peynirlerin CIE renk sistemine göre a\* değerinin arttığı, L\* ve b\* değerinin azaldığı saptanmıştır.

Bu derlemede farklı tip peynirler üzerine MAP uygulamaları ile ilgili güncel araştırma sonuçları incelenerek bu konuyla ilgili detaylı bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Modifiye atmosfer ambalajlama, peynir, raf ömrü

## THE EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON SOME PROPERTIES OF VARIOUS TYPES OF CHEESE

### Abstract:

Modified atmosphere packaging applications may create different interactions and changes according to the cheese types. It was determined that while lactic and mesophilic flora were not affected, mould-yeast development was inhibited in cheeses. Formation of aflatoxin can be blocked because of controlling the mould development. While shelf-life of cheese increases 50-150 %, weight loss may occur during storage. It may be seen sticking in sliced cheese and collapsing and fragiling in block cheese. According to the CIE color system it was determined that a\* value was increased and L\* and b\* values were decreased.

In this review, results of recent articles regarding to the effect of MAP application on various types of cheese were evaluated.

**Keywords:** Modified atmosphere packaging, cheese, shelf life

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ igun@mehmetakif.edu.tr, ☎ (+90) 248 234 5600/2174, 📠 (+90) 248 234 5604

## GİRİŞ

İşleme ve olgunlaştırma olmak üzere iki ana aşamayı kapsayan peynir yapımı, üretilecek peynir tipine göre değişmektedir. Taze olarak tüketilen peynirlerle olgunlaşma aşaması geçiren peynirler arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Peynir olgunlaşması sırasında lezzet oluşumu, süt bileşenlerinin çeşitli kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlarının ardından daha küçük bileşenlere parçalanmasını içeren oldukça yavaş bir süreçtir. Peynire işlenen sütün türü ve bileşimi, mikrobiyel flora, kullanılan enzim ve starter kültür, süte uygulanan işlemler, olgunlaşma süre ve sıcaklığı, hatta sütün elde edildiği hayvanların beslenme şekilleri peynirin kendine özgü lezzet ve yapısını oluşturmada önemli etkindir (1). Farklı peynir çeşitlerinde lezzet bileşenleri oluşumunda ileri katabolizmaların ve bileşenler arasındaki etkileşimlerin tam olarak belirlenmesi ve kontrolü ile istenilen nitelikte peynir üretimi gerçekleştirilebilecektir.

Gıdalarda istenmeyen tat-koku, görünüm ve kimyasal reaksiyonların azaltılması için, çeşitli kimyasal katkı maddelerin bilinçsizce kullanımı ülkemizde hızla yaygınlaşmıştır. Bu nedenle maya-küf ve diğer birçok patojen mikroorganizmanın gelişimini engellemek üzere özellikle meyve-sebze yetiştiriciliği ve et sektöründe modifiye atmosferde paketlenme hızla yaygınlaşırken, peynir gibi süt ürünlerinin paketlenmesi sırasında farklı gaz karışımlarının kullanımı da her geçen gün önemini daha da artırmaktadır.

Modifiye Atmosferde Paketlenme (MAP), özellikle ambalajlanmış gıdaların çevresini saran atmosferin değiştirilerek gıdalarda oluşabilecek enzimatik, mikrobiyolojik ve biyokimyasal reaksiyonların önlenmesi, ürünün kalite özelliklerinin korunması ve raf ömrünün uzatılması prensibine dayanmaktadır (2).

İdeal gaz karışımları üründen ürüne değişmekle birlikte, MAP'da kullanılan gaz karışımları üç tipdir;

- İnert bir gaz kullanımı ( $N_2$ )
- Yarı-reaktif gaz kullanımı ( $CO_2:N_2$  veya  $O_2:CO_2:N_2$ )
- Tam-reaktif gaz kullanımı ( $CO_2$  veya  $CO_2:O_2$ )

-Oksijen, hem aerobik mikroorganizmalar hem de bileşen açısından kompleks sistemi olan gıda-

larda yağların oksidasyonu, esmerleşme reaksiyonu ve pigment oksidasyonu gibi birçok reaksiyonda etkili olan önemli bir gazdır (3). Paketlenmiş bir ambalajda oksijenin bulunması ürünün kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyel özelliklerini etkileyip bozulmalara neden olduğundan, ambalajlanan gıdanın tepe boşluğundaki oksijen oranı azaltılmaktadır.

- $CO_2$  ise bakterisit veya fungusit olmamasına rağmen, özellikle gram negatif aerobik bakterilere karşı bakteriyostatik, küflere karşı fungistatik özelliğe sahiptir. Mikroorganizmanın sitoplazmasında pH'yı düşürmesi ve burada bulunan enzimlere etkisi, dolayısıyla hücre zarının geçirgenliğini etkilemesi nedeniyle mikrobiyel gelişimi engellemektedir. Bu etki  $CO_2$  konsantrasyonu,  $CO_2$  kısmi basıncı, tepe boşluğundaki  $CO_2$  miktarı, organizma tipi, ürünün bakteriyel yükü, depolama sıcaklığı, asitlik, su aktivitesi ve ambalajlanan ürün çeşidine bağlı olarak geliştirilebilir (3, 4). Ayrıca paketlenmede kullanılan  $CO_2$ 'in çözünürlüğü gıda maddesinin su aktivitesi ve pH gibi fiziksel ve kimyasal özelliği ile rutubet, yağ ve protein içeriği gibi gıdanın bileşimine göre değişebilmektedir (5, 6, 7).

-Azot gazı suda ve yağda çözünmeyen inert bir gazdır (8). Azot gazının direk olarak antimikrobiyel etkisi yoktur (3). Bununla birlikte, peynirin modifiye atmosferde paketlenmesinde azot gazının kullanım amacı oksidasyonu önlemek, aerobik mikroorganizmaların gelişimini engellemek, ambalajın çökmesini önlemek ve dolgu sağlamaktır (9, 10).

Peynirlerde önemli bir sorun olan küf gelişimi ve oksidatif değişiklikler  $CO_2$  kullanımıyla büyük ölçüde engellenebilmektedir. Bu amaçla özellikle sert ve yarı sert peynirler, bütün kalıp, parça veya dilimlenmiş halde %100  $CO_2$  veya 95:5 oranında  $CO_2:N_2$  gazı atmosferinde ambalajlanmaktadır. Kalıp halindeki peynirlerin ambalajlanmasında %100  $CO_2$  kullanılırken, dilimlerin birbirine yapışmasını engellemek için dilimlenmiş peynirlerde  $CO_2$  ile birlikte %10-20 oranında  $N_2$  kullanılır (9, 11).

Peynir teknolojisinde vakum ve modifiye atmosfer uygulamasının etkisi depolamanın 0 ile 7. gün arasında görülür. Çünkü bu süreç içinde mevcut mikroorganizma sayısında azalma görülürken, kalanların yeni atmosfer koşullarına uyum sağlaması gerekir. Bu durum normal atmosfer koşullarında meydana gelmemektedir (12). Özellikle  $CO_2$ 'in peynir ile ambalaj tepe boşluğunda dengeye gelmesi hızlı ve depolamanın ilk günlerinde olmakta, depola-

ma sıcaklığına bağlı olarak da değişmektedir (13). Ayrıca vakum uygulamalarında paketleme sırasında oksijen kalabilmekte ve peynirlerde küf gelişimi, acılaşıma gibi kusurlar ortaya çıkabilmektedir.

MAP uygulamaları peynir çeşidine göre farklı etkileşim ve değişimler yaratabilmektedir (14, 15, 16). Peynir teknolojisinde MAP uygulamaları farklı olmakla birlikte, en fazla tercih edilen gaz karışımları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada farklı tip peynirlere modifiye atmosferde paketleme uygulamasının etkilerini inceleyen araştırmalardan güncel bilgiler bir araya getirilmiştir.

### OLGUNLAŞMIŞ VE OLGUNLAŞMAMIŞ SERT VE YARI SERT TİP PEYNİRLERDE MAP UYGULAMASI

Bu grup içinde yer alan Cheddar, Emmental, Edam, Gouda, Tilsit, Kaşar ve Tulum gibi sert ve yarısert tip peynirler geleneksel üretim yöntemlerine göre belirli bir olgunlaşma aşaması geçirdikten sonra tüketilmektedir. Bu tip peynirler ya büyük kalıp halinde ya da dilimlenerek piyasaya sunulmaktadır. Burada büyük kalıp ve/veya dilimlenerek tüketime sunulan ve atmosfer koşulları da değiştirilerek paketlenen olgunlaşmış peynirler üzerine MAP'in etkileri incelenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde MAP uygulamasının, peynirlerin kimyasal bileşimi üzerine çok fazla etkisinin olmadığı gözlenmiştir (12, 24). Ancak bazı peynirlerde kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin görülebilmesi, peynir tipinin ve uygulanan atmosfer bileşiminin farklı ol-

masından kaynaklanabilir. Bununla birlikte, uygulamanın bazı peynirlerin yüzeyinde kuruma etkisi yaratması, ekşi tat oluşumu, sert tip peynirlerde çökme olması MAP'in olumsuz yönü olarak görülebilir (25, 26).

Konu ile ilgili araştırmaların çoğunluğu peynirlerin mikrobiyolojik özellikleri üzerinedir. Özellikle maya-küf, laktik asit bakterileri ve birçok patojen grubu üzerine yapılan çalışmalar, MAP uygulamasının işletmelerde de kullanımını desteklemektedir. Peynir üreten işletmeler için önemli bir sorun olan maya ve küf gelişimi sonucunda oluşan tat-koku, yapı ve görünüm ile renk kusurları MAP uygulaması ile engellenebilmektedir (27). Ayrıca uygulamanın daha etkin olması için depolama sıcaklığının 4 ve 7 °C'lerde olması istenmektedir. Daha yüksek depolama koşullarında kullanılan gazların etkinliği azalmaktadır (10).

Colchin ve ark. (28)'nin Cheddar peynirinin uçucu bileşenleri ve rengi üzerine yaptığı bir çalışmada, örnekler CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub> içeren ambalaj içinde ve flüoresan ışıklı ortamda 6 hafta depolanmıştır. Örneklerden CO<sub>2</sub> içeren ambalajdaki peynirlerde N<sub>2</sub> gazında depolananlara oranla alkol ve esterlerin miktarının düşük, aldehit ve yağ asitleri düzeyinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Peynirlerin ışığa maruz kalarak rengin okside olması, tüketicinin kabul edilebilirlik derecesini etkilemektedir. Bu nedenle bazı araştırmacılar modifiye atmosferde paketlenen peynirlerde ışık kaynaklı oksidasyonu ve renk değişimi üzerine de çalışmalar yapmış, CO<sub>2</sub>'in ışık oksidasyonunu teşvik ederek renkte açılma meydana getirdiği belirlenmiştir (28, 29). Benzer bir çalışma, yarı-sert tip bir peynir olan Havarti peynirlerine uygulanmış ve örnekler 1000 lüks'lük ışık

Çizelge 1. Farklı peynir tipine göre uygulanan gaz karışımları

Peynir tipi	Kullanılan gazlar			Kaynak
	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)	
Sert ve yarı sert tip peynirler (Cheddar, Emmental, Edam, Gouda, Tilsit)	0	30	70	(16)
	0	25	75	(17)
Yarı yumuşak ve yumuşak tip peynirler (Camambert, Brie, Limburger, Roquefort, Stilton)	10	10	80	(18)
	0	95	5	(19)
Taze tüketilen peynirler (Cottage, Cameros, Requejao, Anthotryros)	0	60	40	(15)
	0	100	0	(20)
	0	70	30	(21)
Dilimlenmiş peynirler (Cheddar, Parmesan, Samsó, Mozzarella)	0	30	70	(22)
	0	75	25	(23)

ğa maruz bırakılarak oksidasyon sonucu oluşan renk değişimi ışıklı ve ışık olmayan ortamda incelenmiştir. Peynirler dilimlenerek 25:75:0.4 oranında CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> içeren paketlerde 5 °C'de 21 gün depolanmıştır. Bu süre içinde peynirlerin yüzeyinden gerçekleştirilen renk ölçümü sonucunda, CIE L\*, a\* ve b\* değerlerine göre peynirlerin her iki ortamda depolandığında kırmızı renk yoğunluğunda (a\*) artış görülmüş, parlaklığında herhangi bir değişim olmamış (L\*) ve sarı renk yoğunluğunda (b\*) azalma meydana gelmemiştir (29).

Modifiye atmosferde paketlemeyle, sert bir peynir çeşidi olan Provolone peyniri 6 ay olgunlaştırıldıktan sonra, eşit miktarlara bölünerek farklı oranlarda CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> gaz karışımlarında (10:90, 20:80, 30:70 ve 100:0) paketlenmiş, 4 ve 8 °C'lerde, oksijen geçirgenliği 23 °C'de 50 cm<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> olan poliamid/poli- etilen (PA/PE) ambalajda depolanmıştır (17). Olgunlaşma aşamasında 30:70 oranındaki gaz karışımında depolanan peynirler, en az proteolitik ve lipolitik aktivite göstererek iyi bir şekilde muhafaza edilmiştir. Bu oranda elde edilen peynirlerin raf ömrü, vakum altında paketlenen kontrol örnekleriyle kıyaslandığında %50 artış göstermiştir. Ayrıca, serbest yağ asidi kompozisyonu %30 CO<sub>2</sub> içeren ambalajda lipolitik aktivitenin yavaş olması nedeniyle en düşük, %100 CO<sub>2</sub> içeren örneklerde yüksek olması nedeniyle en yüksek değerleri taşıdığı belirlenmiştir. Peynir örneklerinin mezofilik aerobik bakteri sayısı tüm örneklerde yakın olmasına rağmen, %100 CO<sub>2</sub> içeren örneklerde psikrotrof aerobik bakteri sayısı düşük olarak saptanmıştır.

Sağlık açısından toksik küf metabolitleri olan mikotoksinler süt endüstrisi için de oldukça önemlidir. Peynirlerde MAP uygulamasının mikotoksin oluşturan küflerin gelişimini engellediği belirtilmektedir. Konu ile ilgili olarak dilimlenmiş Cheddar peyniri üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada, peynire *Mucor plumbeus*, *Fusarium oxysporum*, *Byssochlamys fulva*, *B. nivea*, *Penicillium commune*, *P. roqueforti*, *Aspergillus flavus* ve *Eurotium chevalier* küfleri aşılmıştır (30). Örneklerden %20 ve %40 CO<sub>2</sub> ile %1 ve %5 O<sub>2</sub> ortamında ambalajlananlarda küf gelişiminin görüldüğü, ancak gelişim oranının türe bağlı olarak %20-80 arasında azaldığı gözlenmiştir. Aflatoksin B1 ve B2, Roquefortine C ve siklopiazonik asit oluşumunun ise aynı gaz bileşimlerinde önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Küflerin türüne bağlı olarak atmosfer ortamına göre, koloni çapında %38-53 oranında azalma saptanmıştır. En küçük koloniler %40 CO<sub>2</sub> içe-

ren örneklerde belirlenmiştir. Yüksek CO<sub>2</sub> ve düşük O<sub>2</sub> içeriğinde ergosterol üretiminin modifiye atmosfer koşullarında %54-88 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Yarı-sert bir peynir olan Samsu peyniri 5-6 hafta olgunlaştırıldıktan sonra dilimlenerek farklı gaz bileşiminde paketlenerek ışık etkisinde ve karanlık ortamda 3 hafta depolanmıştır. Kimyasal bileşimdeki değişimlerin de incelendiği bu çalışmada, depolama sırasında pH ve yağ içeriğinde bir değişim olmamış, %100 CO<sub>2</sub> ile paketlenen örneklerde kurumanın olduğu gözlenmiştir (25). Ayrıca ışıkta ve %100 N<sub>2</sub> ile %20 CO<sub>2</sub> içeren paketlerde karanlıkta depolanan örneklerle kıyasla belirgin bir rutubet azalması görülmüştür. Modifiye atmosfer paketleme uygulamalarında depolama süresince ambalajdaki gazın kompozisyonundaki değişim de oldukça önemlidir. Tepe boşluğundaki gaz kompozisyonun da incelendiği araştırmada, 0-2 gün arasında %0 CO<sub>2</sub> ve %20 CO<sub>2</sub> içeren örneklerde büyük bir gaz bileşimi değişikliği olmuştur. Örneklerden %0 CO<sub>2</sub> ile paketlenenlerde CO<sub>2</sub> içeriği %2'den %5.3'e, %20 CO<sub>2</sub> içerenlerde ise %15.2'den %16.4'e varan bir artış görülmüştür. Peynirlerdeki renk değişimleri, depolama sırasında karanlıkta bırakılanlara kıyasla ışığa maruz kalanlarda a\* değerinin daha fazla olduğu, L\* ve b\* değerlerinde ise depolamanın ilk 4 gününde azalma meydana geldiği, depolamanın diğer günlerinde çok az bir değişim göstererek neredeyse sabit kaldığı belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmede ise %100 CO<sub>2</sub> içeren örnekte acılaşma, kuruluk ve ufalanabilen bir yapı gözlenmiştir. Karanlıkta depolanan %0 ve %20 CO<sub>2</sub> ile paketlenen örneklerde ise yağlımsı bir tat algılanmıştır. Peynirlerde oksidasyon ürünü olarak 1-pentanol, 1-oktanol, 2-etil-1-bütanol, 2-bütanol, 2-heptanol, 2-pentanol, 2-nonanol, benzaldehit, 2-bütanon, 2-nonanon, dimetil trisülfid ve tetrahidrofuran oluşmuş ancak, gaz bileşenlerindeki farklılığının ve ışığın bu oluşumda etkisi önemli görülmemiştir.

Dilimlenmiş Parmesan (Parmigiano Reggiano) peynirlerini 4 °C'de 3 ay vakum ambalajda ve 50:50 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> ile 30:70 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> koşullarında depolayan Romani ve ark. (22), vakumda depolanan örneklerde yağ damlacıkları oluştuğunu gözlemiştir. Modifiye atmosfer koşullarında paketlenen örneklerden 30:70 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> koşulunda depolanan peynirlerde, diğerine oranla yapışkan ve kırılğan bir yapı görülmüştür.



Yarı yumuşak bir peynir olan Stilton peyniri (küfle olgunlaştırılan peynir tipi) üzerine yapılan bir çalışmada, peynirler *Listeria monocytogenes* inoküle edildikten sonra 80:10:10, 80:20:0 ve 100:0:0 oranlarında kullanılan  $N_2:CO_2:O_2$  gaz karışımında naylon/polietilen ambalaj materyaline paketlenmiş ve 6 hafta depolanmıştır. Örneklerden 80:10:10 gaz karışımında depolananlarda toplam aerobik bakteri sayısı 2-3 log azalmıştır. Peynir örneklerinin *Lactobacillus* sayısında çok az bir değişiklik belirlenirken, *L. monocytogenes* gelişimini önlemede MAP'ın uygun olmadığı tespit edilmiştir. Çünkü %0.001 olarak inoküle edilen *L. monocytogenes* sayısı kontrol örneğinde %180 artış gösterirken, 80:10:10 gaz ortamında %5000 artış göstermiştir. Bu sayı %0.01 inokülasyon oranında %2300 artmıştır (18).

Dilimlenmiş Mozzarella peynirinin stabilitesi üzerine yapılan bir çalışmada, üretilen peynirler farklı atmosfer koşullarında 10 °C'de 8 hafta depolanmıştır. Peynir örneklerinin depolanması sırasında  $CO_2$  içeren ortamda laktik ve mezofilik floranın stabilite gösterdiği, stafilokok, maya ve küflerin inhibe olduğu belirlenmiştir. Peynirlerin tümünde psikrotrof mikroorganizmanın geliştiği ancak yüksek  $CO_2$  içeren örneklerde sayılarının az olduğu belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca, %75'lik  $CO_2$  seviyesinin istenmeyen mikroorganizmalar üzerinde baskın olduğu ve gaz oluşumunun azaldığı da tespit edilmiştir (23). Benzer bir başka çalışmada Mozzarella peynirlerinin fiziksel veya kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir (31). Araştırmada peynirlerin raf ömrü normal atmosfer bileşiminde 13 gün olarak belirlenirken, sürenin 50:50  $CO_2:N_2$  uygulamasıyla 45 güne, %100  $CO_2$  uygulamasıyla da 63 güne kadar uzadığı belirlenmiştir.

## TAZE TÜKETİLEN PEYNİRLERDE MAP UYGULAMASI

Yüksek nem içeriğine sahip, pH değeri 6'nın üzerinde olan ve düşük tuz içeriğine sahip peynirlerin depolanması sırasında maya-küf, bakteri ve Enterobakter gelişimi hızla artmaktadır (32). Her ne kadar düşük depolama sıcaklığında (2-4 °C/ 14 gün) taze peynirlerin mikrobiyel gelişimi engellense de, bu tip peynirlerin raf ömrünü uzatmak sorun yaratmaktadır. Bu nedenle MAP işlemi bu tip peynirlere de uygulanmaktadır.

Proteoliz ve lipoliz esnasında üretilen asidik aminoasitler ve serbest yağ asitleri pH'nın düşmesine neden olmaktadır.  $CO_2$  varlığında, karbonik asidin ortaya çıkması peynirlerde pH düşüşünün nedeni olmakla birlikte (15), Cottage peynirinde böyle bir etkinin olmadığı gözlenmiştir (33). Çünkü  $CO_2$ 'in peynir yüzeyinde absorbe edilmesi, toplam kütle içindeki asitlik değerinin yüzey bölgede elde edilen değerlerden daha farklı olmasına neden olmaktadır. Moir ve ark. (33)'ün yaptığı araştırmada, %40  $CO_2$  içeren Cottage peynirindeki pseudomonasların inhibe edilmesi için peynir iç ve dış yüzeyine  $CO_2$ 'in işlemesi gerektiği ifade edilmektedir. Ayrıca 5 °C'deki depolamada peynir dış yüzeyindeki inhibisyon düzeyinin 15 °C'dekinden daha fazla olduğu da vurgulanmaktadır.

Cottage peynirinin raf ömrünü uzatmak üzere yapılan bir diğer çalışmada, %25 oranında tepe boşluğu bırakılan ambalaja %100  $CO_2$  gazı doldurmanın örneklerin duyuşal özelliklerini olumsuz etkilemediği ve peynirlerin raf ömrünün %150 oranında uzatılabildiği görülmüştür (20). Chen ve Hotckkiss (34) az yağlı Cottage peynirine  $10^4$  kob/g düzeyinde *L. monocytogenes* ve *C. sporogenes* inoküle ederek  $CO_2$  içeren ortamda gelişim düzeylerini incelemiştir. Araştırmada *C. sporogenes* gelişiminin görülmediği, *L. monocytogenes*'in ise normal paketlemede  $10^4$  kob/g seviyesinden  $10^7$  kob/g düzeyine 4 °C'de 28 günde, 7 °C'de ise 7 günde ulaştığı belirlenmiştir.

Özellikle birçok ülkede bilinen ve severek tüketilen peynirler dışında, yöresel bazı tip peynirler üzerinde de konu ile ilgili çalışmalara rastlamak mümkündür. Gonzalles-Fandos ve ark. (12), taze bir peynir çeşidi olan Cameros peyniri üzerinde yaptığı araştırmada  $CO_2$  konsantrasyonu artırıldığında psikrotrof bakteri gelişiminin azaldığını tespit etmişlerdir. Psikrotrof sayısı gaz konsantrasyonu %20 iken 3.81 log kob/g, %40'da 3.0 log kob/g, %50' de 2.43 log kob/g, %100 olduğunda 0.22 log kob/g, vakum uygulanan örnekte ise değer 1.2 log kob/g bulunmuştur. Normal koşullarda paketlenen örneklerde *Enterobacteriaceae* sayısı 14 günlük depolamada 4 log kob/g iken, %100  $CO_2$  içeren örnekte 7. günün sonunda 1.43 log kob/g olarak saptanmıştır. Karbondioksit içeren örneklerde *Salmonella*, *S. aureus* ve *Listeria*, koliform bakteri ve maya-küf saptanmazken, vakum altında olanlarda 3.0 log kob/g düzeyinde koliform bakteri, 3.73 log kob/g maya-küf belirlenmiştir.

İtalya'da manda sütünden yapılan yumuşak bir peynir tipi olan Stracciatella peynirinin raf ömrünü artırmak üzere yapılan bir uygulamada, dört farklı CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> gazlarının karışımı kullanılmıştır (19). Depolama sırasında mikrobiyel gelişim ve kabul edilebilir duyuşal değerlendirmeler açısından irdelendiğinde en iyi sonuç, 50:50:0 ve 95:5:0 oranlarında gaz içeren ambalajlardaki peynirlerde tespit edilmiştir.

Ülkemizdeki lor peyniri üretimine benzer bir şekilde üretilen Portekiz Requejao peyniri, farklı gaz ortamlarında paketlenerek 4, 12 ve 18 °C'de depolanmış, 2, 6, 10 ve 15. günlerde analizleri gerçekleştirilmiştir (21). Araştırmada 4 °C de 15 gün depolama sırasında %100 CO<sub>2</sub> içeren örneklerde *Enterobacter*, *Staphylococcus* spp., maya ve küf, sporlu bakteri ve *Clostridium* spp. sayısında artışın olmadığı, *Enterococcus* spp. suşlarında aynı sıcaklıkta 6 günde artış gözleendiği, %100 N<sub>2</sub> içeren örneklerde ise *Staphylococcus* spp., *Lactobacillus* spp. ve *Bacillus* spp. gelişimini inhibe ettiği tespit edilmiştir. Sıcaklığın 18 °C olması durumunda, laktik asit bakterilerinden özellikle *Lactococcus*'ların sayısında artış gözlenmiştir. Çünkü bu sıcaklıkta CO<sub>2</sub> gazı inhibitör etki göstermemektedir. *Enterobacter*'ler 4 °C'de %100 CO<sub>2</sub> içeren ortamda tamamen inaktif olmasına rağmen, 18 °C'de özellikle 6. güne kadar hafif bir etki göstermiştir.

Yunanistan'da üretilen Anthotryros peyniri üzerine yapılan bir çalışmada, kimyasal özellikler açısından belirgin bir farklılık görülmemiştir. Özellikle CO<sub>2</sub>'in etkisiyle mikroorganizmaların gelişiminin inhibe edilmesi, pH'nın çok fazla değişmesine neden olduğu şeklinde ifade edilmektedir. Araştırmada, toplam bakteri inhibisyonu üzerine en fazla etkinin 70:30 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> gaz karışımında olduğu belirlenmiştir. Bakteriostatik etkisi yüzünden, su ve yağda çözünebilir CO<sub>2</sub> bakteriyel gelişimin lag evresini uzatarak ve logaritmik evre boyunca büyüme oranını azaltarak *Pseudomonas* gibi aerobik gram negatif bakterilerin gelişimini engellemektedir. Laktik asit bakteri sayısının da vakum uygulamasıyla kıyaslandığında modifiye atmosfer paketlemede çok az geliştiği belirtilmektedir. *Enterobacteria*, *Pseudomonas*, maya ve küf gelişimi modifiye atmosfer paketlemede daha az görülmüştür. Peynirlerin duyuşal özelliklerinin modifiye atmosfer uygulamasıyla paketlenmiş örneklerde daha iyi olduğu tespit edilmiştir (24). Peynir-

tı suyundan üretilen Myzithra peyniri üzerine yapılan bir çalışmada, örnekler 20:80 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>, 40:60 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> ve 60:40 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> kullanımının yanı sıra vakumlanmış ve kontrol örneği olarak atmosfer ortamında paketlenmiştir. Örneklerin tümü 4°C' de 45 gün depolanmıştır. Depolama süresince dominant florayı laktik asit bakterileri oluştururken, *Enterobacteriaceae*'nın depolamanın 35 inci gününden sonra etkin bir şekilde, maya ve küflerin ise tamamen inhibe olduğu belirlenmiştir (15).

Ülkemizde dilimlenmiş taze beyaz peynir ve kaşar peyniri üzerine çalışmalar mevcuttur. Farklı gaz karışımlarında paketlenen dilimlenmiş taze beyaz peynirlerden, %10 CO<sub>2</sub> içeren örneklerde toplam bakteri, laktobasil ve laktokok sayılarında azalma olduğu, %75 CO<sub>2</sub> içerenlerde ise maya-küf gelişimine rastlanmadığı belirtilmektedir. Ancak %75 CO<sub>2</sub>'li ortamda depolanan peynirlerde lipoliz düzeyinin azaldığı, esnekliğin arttığı ifade edilmektedir. Onüç hafta depolanan dilimlenmiş taze beyaz peynirlerin 75:10:15 oranında CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> içeren örneklerinde sertlik, çiğnenebilirlik ve dış yapışkanlık değerleri kontrole göre yüksek tespit edilmiştir (35). Kaşar peyniri üzerine yapılan çalışmada %100 CO<sub>2</sub> ile paketlenen örneklerde ekşimsi bir tat belirlenmiştir (26). Olgunlaşma süresince yapısının da değiştiği belirtilen peynir örneklerinin %100 N<sub>2</sub> ve 25:75 oranında CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> gazları ile paketlenmesi sonucunda olgunlaşmanın 1. ayından sonra azot gazı miktarı ile doğru orantılı olarak bombaj oluşumu gözlenmiştir. Bununla birlikte 50:50 CO<sub>2</sub>: N<sub>2</sub> gaz karışımında ambalajlanan örneklerde bombaj görülmemiştir. Peynirlerde yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda ise toplam mezofilik aerobik bakteri sayısında bir değişiklik olmadığı, *Staphylococcus* ve *Micrococcus* sayısında depolama süresince azalma meydana geldiği, küf üremediği ancak maya üremesinin baskılandığı belirlenmiştir.

## SONUÇ

Modifiye atmosferde ürünlerin ambalajlanarak paketlenmesi, özellikle psikrotrof mikroorganizmalar olmak üzere maya-küf gelişimi ve birçok patojen mikroorganizma üzerinde etkili olmaktadır. Ancak diğer ürünlerde olduğu gibi süt ve ürünlerinin ambalajlanmasında birçok faktör uygulamanın başarılı olmasında etken olmaktadır.

Özetle ;

- CO<sub>2</sub>'in etkin olabilmesi için depolama sıcaklığı 5-10 °C arasında olmalıdır.
- Kalıp halindeki peynirlerin ambalajlanmasında %100 CO<sub>2</sub> kullanılırken, dilimlerin birbirine yapışmasını engellemek için dilimlenmiş peynirlerde CO<sub>2</sub> ile birlikte %10-20 N<sub>2</sub> kullanılmalıdır.
- Peynirde %100 CO<sub>2</sub> ortamda kuruluk, ekşime ve ransid tat oluşabilmektedir.
- Duyusal değerlendirmelerde 20:80 ve 50:50 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> içeren gaz karışımında depolanan peynirlerde daha iyi tat-koku sağlamaktadır.
- Özellikle sert tip peynirlerin CIE renk sisteminde, L\* (parlaklık) ve b\* (sarılık) değerlerinde azalma, a\* (kırmızılık) değerlerinde yükselme gözlenmiştir.
- Uygun gaz karışımı kullanılmadığında peynirler yağlımsı, kuru ve kırılğan yapıya sahip olabilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Marilley L, Casey MG. 2004. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains, *Int J Food Microbiol*, 90 : 139-159.
2. Church JJ, Parsons AL. 1995. A review: Modified atmosphere packaging technology. *J Food Agric*, 67 : 143-152.
3. Farber JM. 1991. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology - A review. *J Food Prot*, 54 (1), 58-70.
4. Phillips CA. 1996. Review: modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *Int J Food Sci Technol*, 31: 463-79.
5. Devlieghere F, Debevere J, Van Impe J. 1998. Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms *Int J Food Microbiol*, 43 : 105-113.
6. Debs-Louka E, Louka N, Abraham G, Chabot V, Allaf K. 1999. Effect of compressed carbon dioxide on microbial cell viability. *Appl Environ Microbiol*, 65 (2), 626-631.
7. Hotchkiss JH, Werner BG, Lee EYC. 2006. Addition of carbon dioxide to dairy products to improve quality : A comprehensive review. *Comprehensive Reviews. Food Sci and Food Safety*, 5 : 158 - 168.
8. Kader AA, Whatkins CB. 2007. Modified atmosphere packaging. Toward 2000 and beyond. <http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-47.pdf> (Erişim tarihi 21.10.2007).
9. Parry RT. 1993. Introduction. In: Parry RT, editor. Principles and applications of MAP of foods. New York, USA: Blackie Academic and Professional. 1-18.
10. Grove TM, Marcy JE, Hackney CR, Duncan SE. 2007. Influence of modified atmosphere packaging on fungal spoilage in dairy products. <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-03272000-19160052/unrestricted/etd.pdf> (Erişim tarihi 15.09.2007).
11. Üçüncü M. 2007. Gıdaların Modifiye atmosferde ambalajlanması. Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi Basımevi, 690 s.
12. Gonzalez-Fandos E, Sanz S, Olarte C. 2000. Microbiological, physicochemical and sensory characteristics of Cameros cheese packaged under modified atmospheres. *Food Microbiol*, 17 : 407- 414 .
13. Jakobsen M, Risbo J. 2009. Carbon dioxide equilibrium between product and gas phase of modified atmosphere packaging systems: Exemplified by semihard cheese. *J Food Eng*, 92 : 285-290
14. O'Mahony FC, O'Riordan TC, Papkovskaia N, Kerry JP, Papkovsky DB. 2006. Non-destructive assessment of oxygen levels in industrial modified atmosphere packaged cheddar cheese. *Food Control*, 17 : 286-292.
15. Dermiki M, Ntzimani A, Badeka A, Savvaidis IN, Kontominas MG. 2007. Shelf-life extension and quality attributes of the whey cheese "Myzithra Kalathaki" using modified atmosphere packaging *J Food Sci and Technol*, doi:10.1016/j.lwt.2007.02.014
16. Oyugi E, Buys EM. 2007. Microbiological quality of shredded cheddar cheese packaged in modified atmospheres. *Int. J Dairy Technol*, 60 : 89 - 95.
17. Favati F, Galgano F, Pace AM. 2007. Shelf-life evaluation of portioned Provolone cheese packaged in protective atmosphere. *LWT*, 40 : 480-488
18. Whitley E, Muir D, Waites WM. 2000. The growth of *Listeria monocytogenes* in cheese packed under a modified atmosphere. *J Appl Microbiol*, 88 : 52-57.
19. Gammariello D, Conte A, Di Giulio S, Attanasio M, Del Nobile MA. 2009. Shelf life of Stracciatella cheese under modified-atmosphere packaging *J Dairy Sci*, 92 : 483-490.
20. Mannheim CH, Soffer T. 1996. Shelf-life extension of Cottage cheese by modified atmosphere packaging *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technol*, 29 (8), 767-771.
21. Pintado ME, Malcata FX. 2000. The Effect of modified atmosphere packaging on the microbial ecology in Requejiao, A Portuguese whey cheese. *J Food Process Preserv*, 24 : 107-124 s.

22. Romani S, Sacchetti G, Pittia P, Pinnavaia GG, Dalla Rosa M. 2002. Physical, chemical, textural and sensorial changes of portioned Parmigiano Reggiano cheese packed under different conditions. *Food Sci Technol Int*, 8 (4), 203-211.
23. Eliot SC, Vuilleumard JC, Emond JP. 1998. Stability of shredded Mozzarella cheese under modified atmospheres. *J Food Sci*, 63 (6), 1075-1080.
24. Papaioannou G, Chouliara I, Karatapanis AE, Kontominas MG, Savvaidis IN. 2007. Shelf-life of a Greek whey cheese under modified atmosphere packaging. *Int Dairy J*, 17 : 358-364.
25. Juric M, Bertelsen G, Mortensen G, Petersen MA. 2003. Light-induced colour and aroma changes in sliced, modified atmosphere packaged semi-hard cheeses. *Int Dairy J*, 13 : 239 - 249.
26. Erkan ME, Aksu H, 2006. Modifiye atmosfer paketleme tekniğinin dilimlenmiş taze kaşar peynirinin mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fak. Dergisi*, 32 (1) : 15.
27. Daniels JA, Krishnamurth R and Rizvi SSH. 1985. A review of effects of CO<sub>2</sub> on microbial growth and food quality. *J Food Protect* 48 : 532-537.
28. Colchin LM, Owens SL, Lyubachevskaya G, Boyle-Roden E, Russek-Cohen E, Rankin SA. 2001. Modified atmosphere packaged Cheddar cheese shreds: Influence of fluorescent light exposure and gas type on color and production of volatile compounds . *J Agric Food Chem*, 49 (5), 2277 -2282.
29. Kristensen D, Orlie V, Mortensen G, Brockhoff P, Skibsted LH. 2000. Light-induced oxidation in sliced Havarti cheese packaged in modified atmosphere. *Int Dairy J*, 10: 95-103.
30. Taniwaki MH, Hocking AD, Pitt JI, Fleet GH. 2001. Growth of fungi and mycotoxin on cheese under modified atmosphere. *Int J Food Microbiol* , 68 : 125-133.
31. Vercelino RM, Grigoli CI, Fernandes AG, Jose FF. 1996. Stability of sliced mozzarella cheese in modified atmosphere packaging. *J Food Prot*, 59 : 838-844.
32. Del Nobile MA, Conte A, Incoronato AL, Panza O. 2009. Modified atmosphere packaging to improve the microbial stability of Ricotta. *African J Microbiol Res*, 3 (4), 137-142.
33. Moir CJ, Eyles MJ, Davey JA. 1993. Inhibition of pseudomonads in cottage cheese by packaging in atmospheres containing carbon dioxide. *Food Microbiol*, 10 : 345-351.
34. Chen JH, Hotchkiss JH. 1993. Growth of *Listeria monocytogenes* and *Clostridium sporogenes* in Cottage cheese in modified atmosphere packaging. *J Dairy Sci*, 76 : 972-977.
35. Kırgın C, Güneş G, Akyılmaz MC. 2009. Modifiye atmosferde paketlemenin dilimlenmiş taze Beyaz peynirin kalitesine etkisi. Pamukkale Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, 21-23 Mayıs, Denizli, Türkiye, 93.