



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

CURRENT PERSPECTIVES ON  
HEALTH SCIENCES

Review Article

# Modified atmosphere packaging in cheese technology

Peynir teknolojisinde modifiye atmosfer paketlenme

Erdoğan Doğan<sup>1</sup>, Pelin Demir<sup>1</sup>, Ali Arslan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Elazığ, Türkiye

Received 11.05.2022

Accepted 28.06.2022

Published Online 30.06.2022

Article Code CPHS2022-3(1)-4

## Abstract

One of the cornerstones of a healthy life is adequate and balanced diet. Milk and dairy products have an important place in this context. Cheese is a product that has an important place among dairy products and has a wide variety. Today, with the increase in product variety, consumers prefer fresh and natural products. With modified atmosphere packaging, microbial activities and chemical changes in foods can be controlled and spoilage can be delayed. Thus, a product that is safe in terms of quality is obtained and the shelf life of the product can be extended for a certain period of time without using any chemicals. The aim of this review article is to give information about the importance of cheese in nutrition and the usability of modified atmosphere packaging technique in cheese technology.

## Öz

Sağlıklı yaşamın temel taşlarından biri yeterli ve dengeli beslenmedir. Süt ve süt ürünleri bu bağlamda önemli bir yer tutmaktadır. Peynir süt ürünleri arasında önemli bir yer tutan ve çeşidi fazla olan bir üründür. Günümüzde ürün çeşitliliğinin artmasıyla birlikte tüketiciler taze ve doğal ürünleri tercih etmektedir. Modifiye atmosfer paketlenme ile gıdalardaki mikrobiyel faaliyetler ve kimyasal değişimler kontrol altına alınarak bozulmalar geciktirebilmektedir. Böylece hem kalite açısından güvenli ürün elde edilmekte hem de herhangi bir kimyasal madde kullanılmadan ürünün raf ömrü belli bir süre uzatılabilmektedir. Bu derleme makalenin amacı, peynirin beslenmedeki önemi ve modifiye atmosfer paketlenme tekniğinin peynir teknolojisinde kullanılabilirliği hakkında bilgi vermektir.

## Keywords

nutrition  
modified atmosphere packaging (MAP)  
cheese.

## Anahtar kelimeler

beslenme  
modifiye atmosfer paketlenme (MAP),  
peynir

## Corresponding Author

Pelin DEMİR  
p.demir@firat.edu.tr

## ORCID

E Doğan  
0000-0002-9198-7191

P Demir  
0000-0002-0824-1672

A Arslan  
0000-0002-3011-5592

To cite this article:

Doğan E, Demir P, Arslan A. Modified atmosphere packaging in cheese technology. Curr Perspect Health Sci, 2022;3(1): 23-31.

## GİRİŞ

İnsanların sağlıklı bir yaşam sürmesinin temel gereksinimlerinden olan sağlıklı beslenmede gıdaların güncel teknolojik yöntemler doğrultusunda üretilmesi, sağlıklı beslenmenin sağlanması açısından önemli bir hizmettir. Tüketiciler; kolay hazırlanabilir, besin değeri yüksek, en az miktarda katkı maddesi içeren, uzun ömürlü, çeşitliliği fazla olan, daha iyi niteliklerde olan ve yaşam şeklinin gereksinimine uygun gıdaları tercih etmeye başlamışlardır. Günümüzde gıda teknolojisinin gelişmesi ve tüketicilerin bilinçlenmesiyle birlikte ürün kalitesini iyileştirme çabaları da artmaktadır. Gıda çeşitliliğinin artması, paketleme üzerine yapılan araştırmaları yoğunlaştırmıştır (1).

Enzimatik faaliyetin ve mikroorganizmaların gelişimini engellemek üzere özellikle meyve-sebze yetiştiriciliği ve et sektöründe modifiye atmosferde paketleme hızla yaygınlaşırken, peynir gibi süt ürünlerinin paketlenmesinde farklı gaz karışımlarının kullanımı da gün geçtikçe önemini artırmaktadır (2).

Modifiye Atmosferde Paketleme (MAP) yöntemi, ambalajlanmış gıdaların etrafını saran atmosferin değiştirilerek gıdalarda oluşabilecek biyokimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik reaksiyonların önlenerek, ürünün kalite parametrelerinin korunması ve dayanım süresinin uzatılması prensibine dayanmaktadır (2).

### Peynir ve Peynirin Beslenmedeki Önemi

Bireylerin sağlıklı bir yaşam sürdürmelerinin nedenlerinden biri dengeli beslenmedir. Sağlıklı bir birey olmanın temelinde ise ruhun, bedenin, aklın sağlıklı olması ve bu sağlıklı durumun uzun süre korunması yatmaktadır. Dengeli beslenmeye sadece fiziksel gelişimi değil aynı zamanda zihinsel gelişimi de etkilemektedir. Bu konuyla ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda gelişme ve büyüme döneminde olan çocuklar arasında, dengeli beslenenlerde dengesiz beslenenlere göre zihinsel gelişiminin daha fazla olduğu bildirilmektedir. Bunun yanında dengeli beslenmeye, vücut direncini düşürerek enfeksiyonlara ortam hazırlamakta, hastalığın ağır geçmesine ve öldürücü yan etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (3). Bireylerin yaşamının devamı ve vücut sağlığının korunması için dengeli beslenme esastır. Dengeli beslenme, vücudun içinde bulunduğu fizyolojik durum esas alınarak, ihtiyacı olan enerji, protein, vitamin, mineral ve suyun karşılanmasıdır. İnsanların; büyümesi ve gelişmesi, doku onarımı, yaşamını devam ettirmesi ve sağlığını koruması için sağlıklı gıdalar tüketmesi gerekmektedir. Sağlıklı yaşam ve sağlıklı

beslenme modeli uygulanırken süt ve süt ürünlerinin önemi ve yeri tartışılmazdır. Sütün çok önemli bir hayvansal protein kaynağı olduğu aynı zamanda büyüme ve gelişme için gerekli olan ana besin elementlerinin büyük bir kısmını içerdiği bilinmektedir. Ancak sütün raf ömrünün ve dayanma süresinin kısa olmasından dolayı ya uygun ısı işlemleri uygulanarak daha dayanıklı hale getirilmeli ya da peynir gibi dayanıklı ürünlere işlenmelidir. Süt ve süt ürünleri arasında önemli ve büyük bir yer tutan peynir aynı zamanda çeşitliliği fazla olan bir süt ürünüdür. Bunun nedenleri, tüketici tercihi, sütün içinde bulunan besin elementlerinin önemli bir miktarının peynirde bulunması, raf ömrünün uzun olması, sütün en çok elde edildiği mevsimlerde ve süt üretiminin fazla olduğu yörelerde farklı işleme metotlarıyla kısa sürede peynire işlenmesi sayılabilir (4).

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde peynir, hammaddenin uygun bir pıhtılaştırıcı kullanılarak pıhtılaştırılması ve pıhtıdan peyniraltı suyunun ayrılmasıyla ya da sütün permeatının ayrılmasından sonra pıhtılaştırılmasıyla elde edilen, farklı sertliklerde ve yağ içeriklerinde, salamura ile ya da kuru tuzlama ile tuzlanarak ya da tuzlanmadan, starter kültür kullanılarak ya da kullanılmadan, telemesi haşlanarak ya da haşlanmadan, çeşnili ya da çeşnisiz olarak, tekniğine uygun olarak üretilen, olgunlaştırılmadan ya da olgunlaştırıldıktan sonra tüketilen, çeşidine özgü karakteristik özellikleri gösteren bir süt ürünüdür şeklinde tanımlanmıştır (5). Peynir çiğ süttten üretildiği zaman kaliteli protein, mineral (kalsiyum, fosfor) ve vitamin (A, B2) kaynağıdır. Aynı zamanda araşidonik, linolenik ve linoleik asitler gibi esansiyel yağ asitleri ve esansiyel amino asitler bakımından da oldukça iyi bir kaynaktır (6). Peynirin yağ miktarı arttıkça aroması da o doğrultuda artar. Yine yağda eriyen vitaminler peynir yapımı sırasında herhangi bir değişime uğramadan peynire geçerler ve peynirin yağ oranı ne kadar yüksek olursa karoten miktarı ve A, D, E, K vitaminleri içeriği de o kadar yüksek olur. Suda eriyen vitaminlerin bir kısmı peynirde kalmakta bir kısmı da peynir altı suyuna geçmektedir. Peynirdeki kalsiyum ve fosfor oranı yeterlidir (7).

### Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP)

Günümüzde insanların doğadan uzaklaşmalarının bir sonucu olarak doğalına ve tazesine en yakın nitelikte ürün üretme yöntemlerinin uygulanması daha da önem kazanmıştır. Daha sağlıklı ve doğal beslenme tercihinin sonucu olarak gıda sanayinde kullanılan kimyasal koruyucuların ve katkı maddelerinin kullanımının azaltılması, doğal ingrediyenlerin kullanımı ve gıdaların raf ömrünün uzatılmasına dair çalışmalar artmaktadır.

Gıdaların yapılarındaki istenmeyen değişimler sonucunda meydana gelen bozulmaların engellenmesi ve raf ömürlerinin uzatılabilmesi amacıyla çeşitli gıda koruma ve işleme metotları geliştirilmiştir (8). Bu sebeple ambalajlanmış gıdaların çevresini saran atmosferin değiştirilmesiyle gıdalarda ortaya çıkabilecek biyokimyasal, enzimatik ve mikrobiyal reaksiyonların engellenmesi, ürünün kalite niteliklerinin korunması ve raf dayanım süresinin uzatılması prensibine dayanan modifiye atmosfer paketleme yöntemi (MAP) kullanılmaya başlanmıştır (9). MAP teknolojisi ile gıdaların içinde buldukları ambalajların gaz oranları değiştirilerek, solunum hızının azaltılması, mikrobiyal üremenin engellenmesi, oksidatif ve enzimatik faaliyetlerin yavaşlatılarak ürün (9, 10, 11).

Son yıllarda gıda tüketiminde tazelik ve pratikliğin tercih sebebi olmasından dolayı, MAP'a olan talep gün geçtikçe daha da artmakta ve pek çok gıda maddesinde kullanımı yaygınlaşmaktadır (12). MAP tekniği başta meyve, sebze, et ve et ürünleri, tahıl ürünleri olmak üzere pek çok gıda ürünü için yaygın kullanılan önemli bir muhafaza metodudur (13, 14). MAP yöntemi ile ambalajlanmış gıdaların raf ömrü ve gıda güvenirliliği gıdanın özellikleri, ambalaj için kullanılan gaz veya gaz kombinasyonları, ambalajın yapısı ve özellikleri, ortam hijyeni, depolama sıcaklığı, ambalajlamada kullanılan makine ve ambalajlama işlemi gibi faktörlere bağlıdır (8).

### Modifiye Atmosfer Paketleme Yönteminde Kullanılan Gazlar ve Özellikleri

Modifiye atmosfer paketleme yöntemi ile gıdaların paketlenmesinde kullanılan gazlar ve karışımları gıdanın tipine ve özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte en çok oksijen ( $O_2$ ), azot ( $N_2$ ) ve karbondioksit ( $CO_2$ ) gazları kullanılmaktadır (16, 17). Bu ambalajlama yöntemindeki esas amaç ürünün imajını değiştirmek, ürünün duyu özelliklerini iyi yönde geliştirmek, ürün dayanım süresini uzatmak, çeşitli patojen mikroorganizmaların, küflerin, mayaların üreme hızlarını yavaşlatmak ya da engellemektir (18).

MAP yönteminde ürün gaz bariyer özelliği yüksek bir ambalajlama materyali içerisine alınır, ambalajlama materyali içerisindeki hava alınır ve uygun gaz kombinasyonu ( $CO_2$ ,  $N_2$  ve/veya  $O_2$ ) verilerek paket hermetik olarak kapatılır. Bu yöntemde ambalaj materyali içerisindeki gaz karışımı sadece başlangıçta modifiye edilebilmekte, kapatma işleminden sonra gaz karışımının ve miktarının ayarlanması mümkün olmamaktadır (16, 17). Normal havanın bileşiminde yer alan gazlar ve yüzdeleri şöyledir: %78.03 azot ( $N_2$ ), %20

.99 oksijen ( $O_2$ ), %0.93 argon (Ar), %0.03 karbondioksit ( $CO_2$ ), % 0.01 hidrojen ( $H_2$ ). İdeal gaz kompozisyonları üründen ürüne değişmekle birlikte, MAP'da, inert gaz olarak  $N_2$ , yarı-reaktif gazlar olarak ( $CO_2$ : $N_2$  veya  $O_2$ : $CO_2$ : $N_2$ ), tam-reaktif gazlar olarak ( $CO_2$  veya  $CO_2$ : $O_2$ ) gaz karışımları kullanılmaktadır (2).

**1. Oksijen ( $O_2$ ):** Oksijen gazının bozulmaya neden olan aerobik mikroorganizmaların gelişimini stimüle etmesinin yanında anaerobik mikroorganizmaların gelişmesini inhibe edici etkisi bulunmaktadır. Bileşen açısından yağlı ürünlerde oksidatif acılaşıma, esmerleşme reaksiyonu ve pigment parçalanmaları gibi birçok reaksiyonda rol alan bir gazdır (2). Ambalajlanmış bir üründe oksijen varlığı gıdanın biyokimyasal, kimyasal ve mikrobiyel fonksiyonlarını etkileyip bozulmalara sebep olduğundan, paketlenen gıdanın tepe boşluğundaki oksijen oranı azaltılmalıdır. Bu sebeple MAP teknolojisinde ortamdaki oksijen tamamen alınır ya da seviyesi minimuma düşürülür (19).

**2. Azot ( $N_2$ ):** Azot gazı, inert bir gaz olup oda sıcaklığında renksiz ve kokusuzdur. Suda ve yağda az çözünebilir bir gazdır ve direkt antimikrobiyel etkisi yoktur. MAP teknolojisinde düşük çözünürlüğü sahip olmasından dolayı paket çökmesini önlemek amacıyla dolgu gazı olarak kullanılmaktadır. Yine oksijenin yerine kullanılması oksidasyonu engellemekte ve aerobik mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmektedir. Peynirlerde saf azot gazının kurumaya neden olduğu belirtilmesine rağmen İngiltere'de peynir üreticilerinin %100 azot gazı ile ambalajlanan peynirlerden iyi sonuçlar aldıkları ve bu gaz kombinasyonunu yaygın olarak kullandıkları bildirilmektedir. Peynirlerde MAP yönteminde azot gazı ambalajda dolgu sağlamak, aerobik mikroorganizmaların gelişmesini engellemek ve oksidasyonu önlemek amacıyla kullanılmaktadır (8, 19, 20).

**3. Karbondioksit ( $CO_2$ ):** Renksiz, kokusuz ancak oda sıcaklığında ve normal basınçta yüksek konsantrasyonlarda hafif asidik kokusu olan bir gazdır. Su ve yağda çözünebilmektedir. MAP teknolojisinde kullanılan gazlar arasında doğrudan antimikrobiyel etkiyi gösteren en önemli gazdır. Mikroorganizmaların lag fazının genişlemesi ve logaritmik üreme fazında üreme süresini uzatması ile üreme hızında düşüşe neden olarak antimikrobiyel etki yapmaktadır şeklindedir (21). Karbondioksitin bu etkisi mikroorganizma sitoplazmasındaki pH'yı düşürerek buradaki enzimlere etkisi ile hücre zarının geçirgenliğini değiştirerek mikrobiyel gelişimi engelleme şeklindedir (22).

Karbondioksitin çözünürlüğü ve antimikrobiyel etkisi düşük muhafaza sıcaklıklarında daha yüksek olmaktadır yani tüm gazlarda olduğu gibi CO<sub>2</sub>'nin çözünürlüğü sıcaklıkla ters orantılıdır. Karbondioksit, küflere karşı fungistatik ve özellikle Gram (-) aerobik bakterilere karşı bakteriyostatik özel-liğe sahip olmasından dolayı MAP teknolojisinde önem arz etmektedir. Gram (-) aerobik bakterilerden en çok etkilenenler Pseudomonas ve Acinetobacter-Moraxella grubu bakterilerdir. Konsantrasyonuyla doğru orantılı olarak bozulmalara neden olan birçok bakterinin gelişmesini engelleyici özelliğe sahiptir. Ambalajlamada kullanılan CO<sub>2</sub>'nin çözünürlüğü ortamın pH'sına kullanılan CO<sub>2</sub>'nin kısmi basıncına, sıcaklığa,tepeboşluğundakiCO<sub>2</sub>miktarına,organizma tipine, gıdanın su aktivitesine, mikrobiyel yüküne, rutubet, yağ oranı, asitlik gibi gıdanın bileşimine göre değişmektedir (8). MAP teknolojisinde genel olarak %20-40 CO<sub>2</sub> gazı kullanılmaktadır. CO<sub>2</sub> oranı %20'den düşük olduğu zaman bakteri gelişmelerini engelleyememekte, bu oran %40'dan fazla olduğunda ise paketin çökmesine neden olabilmektedir (22). Karbondioksit gazı bazı gıdalarda yağ ve su içerisine kolayca çözünebilmektedir. Gıda bileşimindeki su ile karbondioksitin birleşmesi sonucunda karbonik asit oluşmaktadır. Gıdalarda karbonik asit koruyucu etki gösterebilmekte ancak CO<sub>2</sub>'nin çözünmesi sonucunda ambalaj içindeki gaz hacminin azalmasına ve paket çökmesine neden olmaktadır. Ayrıca oluşan karbonik asit gıda maddesinde istenmeyen duyuşsal değişimlere neden olmaktadır. Yine otluşan karbonik aside bağlı olarak pH değerinin düşmesi sonucu aside duyarlı mikroorganizmaların gelişimi engellenir (8, 16).

### **Modifiye Atmosfer Paketleme Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları**

Avantajları, uygulanan ürünlerin raf ömründe %50-400 artış sağlaması, uzun süreli depolamalarda ekonomik kayıpları azaltması, uzun mesafelere dağıtımına imkan sağlaması, nakliye giderlerini azaltması, kimyasal koruyucu maddelere ihtiyacı azaltması veya ortadan kaldırması, ürünlerin sunumunun daha güzel olmasını sağlaması, ambalajlama kontrolü sağlaması, paketlemenin izolasyonlu olması ile ürünün tekrar kontaminasyonunu engellemesi ve su kaybını önlemesi, kokusuz, rahat, kullanışlı ambalajlama sağlamasıdır. Dezavantajları ise Ambalaj malzemesi, gaz ve makinelerin maliyetli olması, sıcaklık kontrolü zorunluluğu olması, farklı ürün tipleri için farklı gaz kompozisyonun gerekli olması, özel ekipman ve personel eğitimi gerektirmesi, satıcı ve tüketicilerin sıcaklık koşullarına dikkat

etmemesi sonucu gıda kaynaklı patojenlerin gelişme potansiyelinin artması, paketlerde açılma veya delinme olursa MAP'ın faydalı etkisinin ortadan kalkması, ambalaj hacminin artmasına bağlı olarak nakliye giderlerinin yükselmesi, gıda ambalajlarında CO<sub>2</sub> çözünmesine bağlı olarak çökme oluşması durumunda tüketiciler tarafından istenmeyen bir görünüşün oluşmasıdır (4, 8, 12, 13, 16).

### **Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) Uygulamalarında Kullanılan Ambalajlama Materyalleri ve Özellikleri**

Modifiye atmosfer paketleme teknolojisinde kullanılan polimerler; düşük dansiteli polivinilklorid (PVC), polietilen (PE), polietilentereftalat (PET) ve polipropilen (PP)'dir. Bu ambalaj materyalleri 4 polimerin bir veya daha fazla kombinasyonundan elde edilmektedir. Polipropilenin saydamlığı ve su buharı bariyer özelliği daha güçlüdür. MAP teknolojinde kullanılacak gaz karışımlarının seçiminde materyallerin geçirgenlikleri, kalınlıkları ve yüzey alanları belirleyici olmaktadır. Paketleme materyallerinin oksijen ve karbondioksit gazları için belli bir geçirgenlik oranları vardır. Genellikle oksijen geçirgenliği fazla olmaktadır. Modifiye atmosfer paketleme teknolojisinde gıdaların ambalajlanmasında kullanılacak olan gaz kombinasyonları belirlenirken; ambalajlanacak gıdanın tipi, özellikleri ve muhtemel bozulma mekanizmaları belirleyici olmaktadır (12, 23).

### **Peynir Teknolojisinde Modifiye Atmosfer Paketleme Uygulamaları**

Süt ürünlerinde modifiye atmosfer paketleme teknolojilerinden; kalite parametrelerinin korunması, raf ömrünün uzatılması, küf gelişiminin ve oksidatif reaksiyonların önlenmesi amacıyla yararlanılmaktadır. Peynirlerde meydana gelen oksidatif değişikliklerin ve küf gelişimi önlenmesi amacıyla karbondioksit gazı kullanımı oldukça çok fayda sağlamaktadır. Bu amaçla özellikle yarı sert ve sert tip peynirler dilimlenmiş, parça ya da bütün kalıp halde %100 CO<sub>2</sub> veya %95 CO<sub>2</sub> + %5 N<sub>2</sub> gazı atmosferinde paketlenmektedir. Kalıp halindeki peynirlerde en uygun oranın %100 CO<sub>2</sub> gazı, dilimlerin birbirine yapışmalarını önlemek için dilimlenmiş peynirlerde CO<sub>2</sub> gazı ile birlikte %10-20 oranında N<sub>2</sub> gazının kullanılmasının daha faydalı olacağı ifade edilmektedir (24). Peynir teknolojilerinde modifiye atmosfer paketlemenin birçok patojen mikroorganizma, laktik asit bakterileri, maya daha fazla kullanıldığı belirtilmektedir (26, 27).

Modifiye atmosfer paketleme yönteminin peynir teknolojisindeki uygulamaları peynirin çeşidine, yapım şekline ve yapısına göre farklı etkileşim ve değişimler yaratabilmektedir (2, 28). Peynir teknolojisinde modifiye atmosfer paketleme uygulamaları farklılık göstermekle birlikte, en çok kullanılan gaz kombinasyonları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1. Farklı peynir çeşitlerine göre uygulanan gaz karışımları (2, 28, 29, 30).**

Peynir çeşidi	Kullanılan gazlar (%)		
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
<b>Fiziksel aktivite indeksi (IPAQ)</b>			
Yarı sert ve sert tip peynirler (Tilsit, Emmental, Cheddar, Gouda, Edam)	0	30	70
Yumuşak ve yarı yumuşak tip peynirler (Roquefort, Brie, Camambert, Stilton, Limburger.)	10	10	80
Taze peynirler (Requejao, Cotentage, Anthotyros, Cameros)	0	60	40
	0	100	0
	0	70	30
Dilim peynirler (Samso, Parmesan, Cheddar, Mozzarella)	0	30	70
	0	75	25

### Peynir Teknolojisinde Modifiye Atmosfer Paketleme Yönteminin Kullanılması ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Süzme bir peynir olan Cottage peyniri üzerine yapılan bir çalışmada; %25 tepe boşluğu bırakılarak %100 CO<sub>2</sub> gazı ile ambalajlanan örneklerin raf ömrünün %150 oranında uzatılabildiği ve duyuşal özelliklerinin olumsuz etkilenmediği belirlenmiştir (31). Yine Cottage peyniri üzerine yapılan farklı bir çalışmada %100 CO<sub>2</sub>, %75 CO<sub>2</sub> - %25 N<sub>2</sub> ve %100 N<sub>2</sub> gaz kombinasyonları ile paketlenen örnekler +4°C' de 28 gün depolanmıştır. Depolama sonrası yapılan analizlerde duyuşal özelliklerin en iyi %100 CO<sub>2</sub> gazı ile ambalajlanan örneklerde olduğu belirlenmiştir. Bütün kombinasyonlarda laktik asit bakterileri ve psikrotrof bakteri sayılarının değişmediği, renk bozukluğunun oluşmadığı belirtilmiştir (32).

Dilimlenmiş Mozzarella peynirleri üzerine yapılan bir çalışmada; peynir örnekleri A: %100 CO<sub>2</sub> ve B: %50 CO<sub>2</sub> + %50 N<sub>2</sub> oranlarında hazırlanan gaz kombinasyonları ile modifiye atmosfer paketleme yöntemi ile paketlenmiş ve 7±1°C'de depolanmıştır. Her iki grupta da peynirlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişim olmadığı, raf ömürlerinin A grubunda 63 gün, B grubunda 45 güne kadar uzadığı belirtilmiştir (33). Yapılan başka bir çalışmada yine dilimlenmiş Mozzarella peynirlerinin stabilitesi üzerine modifiye atmosfer paketleme yönteminin etkileri incelenmiş; peynir örnekleri

normal atmosfer, vakum ve modifiye atmosfer olarak CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> kombinasyonunda paketlenerek 10°C'de 8 hafta muhafaza edilmiştir. Muhafaza süresince peynir örneklerinden CO<sub>2</sub> içeren paketlerde laktik ve mezofilik floranın çok fazla değişiklik göstermediği, maya-küf ve Staphylococcus sayılarında ise azalma olduğu belirtilmiştir (34).

Pintado ve ark. (35), Portekiz Requejao peyniri üzerine modifiye atmosfer paketlemenin etkilerini belirlemek amacıyla farklı gaz kombinasyonlarında peynir örneklerini paketleyerek 4 °C, 12°C ve 18°C'de 15 gün boyunca depolamışlar. Paketleme örneklerinde %50 CO<sub>2</sub> -%50 N<sub>2</sub>, %100 N<sub>2</sub> ve %100 CO<sub>2</sub> gaz kombinasyonlarını kullanmışlardır. Paketlenen peynir örnekleri muhafazanın 2., 6., 10. ve 15. gününde analize tabi tutulmuştur ve %100 CO<sub>2</sub> içeren gruptaki örneklerde maya ve küf sayılarında azalma olduğu, ancak sporlu bakteri, Enterobacter, Staphylococcus spp., ve Clostridium spp. sayılarının stabil olduğu, Enterococcus spp. suşlarının ise 6. günden itibaren artmaya başladığını gözlemlemişlerdir. %100 N<sub>2</sub> gazı içeren gruptaki örneklerde ise maya ve küf sayılarında değişimin olmadığı, Lactobacillus spp., Staphylococcus spp. ve Bacillus spp. sayılarında ise 2. günden itibaren düşüş olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada ilgili mikroorganizmaların inhibisyonu için mümkün olduğunca düşük depolama sıcaklığının gerekli olduğu ve sıcaklık artışı ile CO<sub>2</sub> çözünürlüğünün büyük ölçüde azaldığını bildirmekteyler. %100 CO<sub>2</sub> gazı ile paketlemenin kullanılan peynir örneklerinin raf ömrünü uzatmada daha etkili olduğunu saptamışlardır.

Taze bir peynir olan İspanya'da üretilen Cameros peynirleri üzerine Gonzalles-Fandos ve ark. (36), yapmış oldukları bir çalışmada; MAP uygulaması (%100 CO<sub>2</sub>, %20 CO<sub>2</sub>- %80 N<sub>2</sub>, %40 CO<sub>2</sub>-%60 N<sub>2</sub>, %50 CO<sub>2</sub>- %50 N<sub>2</sub>) ve vakum uygulaması ile 5 farklı şekilde peynir örnekleri paketlenmiş ve ambalajlanan ürünler 3-4°C'de depolanmıştır. Daha sonra periyodik olarak kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel analizlere tabi tutmuşlardır. Ağırlık kaybının ve pH değişiminin modifiye atmosfer paketlenen gruplar ve normal hava ile paketlenen gruplarda benzer olduklarını gözlenmiştir. Depolama sırasında pH değişiminin çok az olduğu gözlemlenmiş ve en çok pH değişimini %100 CO<sub>2</sub> uygulanan paketlerde saptamışlardır. Karbondioksit konsantrasyonu arttıkça MAP uygulanan örneklerde psikrotrof, mezofil, koliform ve Enterobacteriaceae grubu bakterilerin sayılarında düşüş görülmüştür. Ayrıca CO<sub>2</sub> içeren örneklerde S. aureus, Salmonella, Listeria spp., koliform bakteri ve maya-küf saptanmazken, vakumlu paketlenenlerde maya-küf tespit edilmiştir. %40-50 CO<sub>2</sub> uygulaması

uygulanması ile paketlenen ürünlerin duyu kalitelerinde fazla bir değişimin olmadığı ancak %100 CO<sub>2</sub> uygulaması ile paketlenen ürünlerde olumsuz bir etkinin olduğunu gözlemişlerdir.

Romani ve ark., (37); dilimlenmiş Parmesan (Parmigiano Reggiano) peynirlerini MAP (%50 CO<sub>2</sub>-%50 N<sub>2</sub>, %30 CO<sub>2</sub>-%70 N<sub>2</sub>) ve vakum ambalajlayarak 4°C'de 3 ay depolamışlar, vakum ambalajlı olan örneklerde depolama süresince sarılık, ekşilik, yapışkanlık gibi ürün kalite niteliklerinde istenmeyen durumların oluşup oluşmadığını izlemişlerdir. Sonuç olarak, MAP yöntemiyle ambalajlanan örneklerde %30 CO<sub>2</sub>-%70 N<sub>2</sub> oranında gaz kombinasyonu kullanılan örneklerin daha fazla yapışkanlık ve kırılabilirlik gösterdiğini belirlemişlerdir.

Papaioannou ve ark. (38), Yunanistan'da üretilen ve geleneksel bir peynir olan Anthotryros peyniri üzerinde yaptıkları bir çalışmada modifiye atmosfer koşullarında ve vakum paket (kontrol grubu) paketlenen peynir örneklerinin duyu, mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerini ve aynı koşullarda raf ömürlerini belirlemeye çalışmışlardır. Ürünler vakum paket ve %30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub>, %70 CO<sub>2</sub> + %30 N<sub>2</sub> gaz kompozisyonları kullanılarak MAP yöntemiyle ambalajlanıp, 4°C ve 12°C'de muhafaza edilmiştir. Peynir örneklerinde yapılan analizler sonucunda kimyasal özellikler bakımından örnekler arasında belirgin bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir. Tüm örneklerde pH değerlerinin muhafaza süresi boyunca düştüğü gözlemlenmiştir. Toplam mikrobiyel biota üzerine inhibisyon etkisinin en fazla %70 CO<sub>2</sub> + %30 N<sub>2</sub> gaz kombinasyonunda olduğunu saptamışlardır. Peynirlerin duyu özelliklerinin MAP yöntemi ile paketlenen gruplarda daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, peynir örneklerinin raf ömürlerinin MAP yöntemi ile paketlenenlerde vakum paketlenenlere göre 4°C'de %30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub> kombinasyonunda 10 gün, %70 CO<sub>2</sub> + %30 N<sub>2</sub> kombinasyonunda 20 gün; 12°C'de %30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub> kombinasyonunda 2 gün, %70 CO<sub>2</sub> + %30 N<sub>2</sub> grubunda ise 4 gün uzadığını tespit etmişlerdir.

Sert bir kabuklu peynir çeşidi olan dilimlenmiş Provolone peyniri üzerinde yapılmış çalışmada; %30 CO<sub>2</sub> + %70 N<sub>2</sub> gaz kombinasyonu kullanılarak MAP teknolojisi ile paketlenen örneklerin raf ömrünün vakum paketlenmeye göre %50 uzadığı vurgulanmıştır (30).

Oyugi ve Buys (28); Cheddar peynirinin mikrobiyel kalitesi üzerine yapmış oldukları çalışmada %73 CO<sub>2</sub> + %27 N<sub>2</sub> gaz kombinasyonu ile modifiye atmosfer paketlenen örneklerin mikrobiyel kalitesinin %80 CO<sub>2</sub> +

%17 N<sub>2</sub> + %3 O<sub>2</sub> gaz kombinasyonu ile modifiye atmosfer paketlenen örneklerden ve aerobik olarak paketlenen örneklerden daha iyi olduğunu saptamışlardır.

Dilimlenmiş taze beyaz peynirler ile yapılan bir çalışmada, 5 farklı gaz karışımında (%0 O<sub>2</sub> + %0 CO<sub>2</sub>, %10 O<sub>2</sub> + %0 CO<sub>2</sub>, %0 O<sub>2</sub> + %75 CO<sub>2</sub>, %10 O<sub>2</sub> + %75 CO<sub>2</sub> ve aerobik) modifiye atmosfer paketleme yöntemiyle paketlenmiş ve 13 hafta 3°C'de muhafaza edilmiştir. Taze beyaz peynirlerin kontrol grubu salamura içerisinde paketlenmiştir. Taze beyaz peynirlerin doğrandıktan sonra %75 CO<sub>2</sub> gazı içeren modifiye atmosfer paketlenmiş ürünün dayanım süresinin 13 haftaya kadar arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca %75 CO<sub>2</sub> içeren örneklerde maya-küf gelişimine rastlanmadığı belirtilmektedir (39).

Temiz ve ark., (40); lor peynirinin mikrobiyolojik, duyu, fizikokimyasal değişikliklerini ve raf ömrünü belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada peynir örnekleri MAP uygulaması (%40 CO<sub>2</sub> - %60 N<sub>2</sub>, %60 CO<sub>2</sub> - %40 N<sub>2</sub>, %70 CO<sub>2</sub> - %30 N<sub>2</sub>), vakum ve kontrol grubu olarak atmosferik hava altında beş farklı şekilde paketlenmiş ve 4°C'de 45 gün muhafaza edilmiştir. Peynir örneklerinin protein, yağ ve kuru madde içeriği ortalama %10.6, %15.7, %35 olarak belirlenmiştir. Depolama süresince tüm grupların pH değerlerinde düşüş olduğu tespit edilmiştir. Peynir örneklerindeki bu pH değişimi laktik asit bakterilerinin artışıyla ilişkilendirilmiştir. Modifiye atmosfer paketleme yöntemi kullanılarak paketlenen peynir örneklerinin pH değerindeki düşme muhafazanın 17. gününden sonra belirgin hal almıştır. Bu pH değişimi CO<sub>2</sub> varlığı nedeniyle karbonik asidin oluşumuyla açıklanmıştır. En yüksek lipit oksidasyonu vakum ve kontrol grubunda belirlenmiş, en düşük oksidasyon ise %70 CO<sub>2</sub>-%30 N<sub>2</sub> gaz kombinasyonu kullanılan örnekte tespit edilmiştir. %60 ve %70 CO<sub>2</sub>'nin kullanıldığı gruplarda maya ve küfler daha yüksek oranda inhibe edilmiştir. Duyusal analizler sonucunda 10. günden sonra vakum ve kontrol grubunun kabul edilemez seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. En iyi duyu analizinin %70 CO<sub>2</sub> içeren MAP'ta elde edildiği belirtilmiştir.

Tulum peynirinin raf ömrü üzerine MAP'nin etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; kontrol grubu olarak normal hava ile (A grubu) ve MAP yöntemiyle 4 farklı gaz kombinasyonu (B:%100 CO<sub>2</sub>, C: %100 N<sub>2</sub>, D: %30 CO<sub>2</sub>- %70 N<sub>2</sub>, E:%25 CO<sub>2</sub>- %75 N<sub>2</sub>) kullanılarak 5 farklı şekilde peynir örnekleri paketlenmiştir.

Paketlenen peynir örnekleri 4 °C' de muhafaza edilerek 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 ve 240. günlerde duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Depolama boyunca bütün gruplarda pH'nın sürekli düştüğü, asitlik ve kuru madde oranının da arttığı bildirilmiştir. En uzun raf ömrünün E grubunda gözleendiğı, su aktivitesinin (aw) depolamamanın ilk gününden itibaren A, C ve D gruplarında sürekli olarak arttığı, B grubunda dalgalanmalar gösterdiği ve E grubunda ise düzenli olarak azalma gösterdiği belirtilmiştir. Maya-küf sayısı ve proteolitik bakteri sayısının bütün gruplarda depolama süresince sürekli olarak arttığı, maya-küf sayısı bakımından E (%75 N<sub>2</sub> + %25 CO<sub>2</sub>) grubundaki örneklerin değerlerinin diğer gruplara kıyasla muhafazanın başlangıcından sonuna kadar yaklaşık 1-2 log daha düşük seviyelerde seyrettiğı belirlenmiş. Çalışmada %75 N<sub>2</sub> + %25 CO<sub>2</sub> gaz kombinasyonunda paketlenen E grubu tulum peynirlerinde muhafaza süresince duyuşal, kimyasal ve mikrobiyoloji özelliklerin en az düzeyde değişim gösterdiği ve dayanım süresinin 240 güne kadar uzadığı bildirilmiştir (4).

Pasta Filata peynirlerinde yapılan bir çalışma (42), dört farklı paketlemenin (vakum, 2 tip modifiye atmosfer paketleme [MAP1=%70 N<sub>2</sub>/%30 CO<sub>2</sub>; MAP2=%100 N<sub>2</sub>] ve parafin) mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve uçucu organik bileşim üzerine etkileri incelenmiştir. Uygulanan ambalaj yöntemleri peynirlerin mikrobiyolojik profillerini etkilemezken, kimyasal ve fiziksel parametrelerden sadece pH ve su aktivitesi (aw) değerleri, denemeler arasında istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiş. Özellikle parafine sarılmış peynirler en yüksek pH değerini gösterirken, MAP kullanılarak paketlenenlerde aw değeri en yüksek oranda saptanmıştır. Vakumlu peynirler en yüksek hafiflik (L\*) değeri ile karakterize edilmiştir. Parafinle kaplanmış peynirler muhtemelen en yüksek acı tatlardan sorumlu serbest yağ asitleri içerdiklerinden duyuşal değerlendirmede en düşük puanları almıştır.

Modifiye atmosferde (vakum, %20 CO<sub>2</sub>-%40 N<sub>2</sub>, %40 CO<sub>2</sub>-%60 N<sub>2</sub> ve %60) paketlenmiş Minas Frescal (MF) peynirinde psikrotrof ve laktik asit bakterilerinin gelişimini değerlendirmek üzere yapılan bir çalışmada, % CO<sub>2</sub>-%40 N<sub>2</sub>) ve 7°C'de 21 gün muhafaza edilmiştir. Ambalajdaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna paralel olarak psikrotrofların ve laktik asit bakterilerinin üremesinin engellendiğı belirtilmiştir (43).

Modifiye atmosferde paketlemenin (MAP) Domiati peynirinin raf ömrünü uzatma, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini araştıran bir çalışmada, beş farklı MAP grubu oluşturulmuştur [%10 CO<sub>2</sub>/%90 N<sub>2</sub> (G1), %15 CO<sub>2</sub>/%85 N<sub>2</sub> (G2), %25 CO<sub>2</sub>/%75 N<sub>2</sub> (G3), %100 CO<sub>2</sub> (G4) ve %100 N<sub>2</sub> (G5)]. Kontrol numuneleri havada (CA) ve vakum altında paketlenmiştir. Soğuk depolama sırasında olgunlaşma indeksleri MAP' den önemli ölçüde etkilenmiştir. G4 ve G5 gruplarında toplam aerobik mezofilik ve psikrotrofik bakteriler, maya ve küf sayıları depolamanın sonuna kadar daha düşük düzeyde saptanmıştır. Duyuşal değerlendirme MAP ve muhafaza süresinden önemli ölçüde etkilenmiştir, 45 günlük CA peynir örnekleri kabul edilemez olarak değerlendirilmiş. En iyi duyuşal özellikler G5, G4 ve G3 gruplarında elde edildiğı vurgulanmıştır. Raf ömrünün G5, G4 ve G3 gruplarında daha uzun olduğu belirtilmiştir (44).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Modifiye atmosfer paketleme ile gıdalardaki mikrobiyel faaliyetler ve kimyasal değişimler kontrol altına alınarak bozulmalar geciktirebilmektedir. Yapılan çalışmalarda modifiye atmosfer paketlemenin, peynir teknolojisinde maya-küf gelişimi, toplam aerobik mezofilik bakteri, psikrotrof mikroorganizmalar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu uygulamanın başarılı olmasında birçok faktör etkili olmaktadır. Gaz kompozisyonunun iyi belirlenmesi (her peynir çeşidi için uygun gaz kombinasyonu), depolama sıcaklığının kontrol altında tutulması, paketleme materyalinin iyi seçilmesi gibi faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Peynir teknolojisinde kalıp halindeki peynirlerin paketlenmesinde %100 karbondioksit kullanımı önerilirken, dilimlenmiş peynirlerde dilimlerin birbirine yapışmasını engellemek için CO<sub>2</sub> ile birlikte belli oranlarda N<sub>2</sub> kullanılması tavsiye edilmektedir. Uygun gaz karışımı kullanılmadığında peynirler kuru, kırılğan ve yağlımsı bir yapıya sahip olabilmektedir, peynirde %100 CO<sub>2</sub> gazı kullanılması da ortamda ekşime, ransid tat ve kuruluğa neden olabilmektedir. MAP uygulamasının peynir teknolojisinde yaygınlaşması ile hem tüketici albenisini kazanacak güvenilir ve uzun raf ömürlü ürünler elde edilecek hem de ekonomiye katkı sağlanabilecektir.

*Conflict of interest/Çıkar çatışması: Yazarlar ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur.*

*Yazarlık katkısı: Çalışmanın tasarımı: DE, DP, AA; İlgili literatürün taranması: DE, DP; Makale taslağının oluşturulması: DP; İçerik için eleştirel gözden geçirme: DP; Yayınlanacak versiyonun son onayı: DE, DP, AA.*

## KAYNAKLAR

- Pala M, Karakuş M, Gıda sanayinin gelişme perspektiflerinde yeni yönelimler. Bursa II. Uluslararası Gıda Sempozyum, 1-3 Ekim 1991, Bursa, Türkiye, 1-14.
- Gün İ, Güzel Seydim Z, Seydim AC. Modifiye atmosferde paketlemenin farklı tipteki peynirlerin bazı niteliklerine etkisi. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi*. 2009;34(5):309-316.
- Akşit MA. Beslenmeye Giriş. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları No: 220, Eskişehir; 1991.
- Demir P. Modifiye atmosfer paketlemenin tulum peynirinin raf ömrü üzerine etkisi (Doktora Tezi). Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 2018.
- Türk Gıda Kodeksi (TGK). Peynir Tebliği (Tebliğ No: 2015/6). Resmi Gazete, Sayı: 29261, 8 Şubat 2015.
- Tekinşen OC, Atasever M, Keleş A. Süt Ürünleri-Üretim Kontrol. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya; 1997.
- Yaygın H. Dünyada peynir üretimi ve ticareti. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 1987;24(1):221-226.
- Üçüncü M. Gıda Ambalajlama Teknolojisi. Akademik Yayıncılık, İzmir; 2007.
- Church JJ, Parsons AL. A review: Modified atmosphere packaging technology. *J Food Agric* 1995;67:143-152.
- Hotchkiss JH, Werner BG, Lee EYC. Addition of carbon dioxide to dairy products to improve quality: a comprehensive review. *Food Sci Food Safety*. 2006;5:158-168.
- Spreafico C, Russo D. A sustainable cheese packaging survey involving scientific papers and patents. *J Clean Prod*. 2021;293:126196.
- Phillips CA. Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce: a review. *Int J Food Sci Technol*. 1999;31:463-479.
- Bevilacqua A, Corbo MR, Sinigaglia M. Combined effects of modified atmosphere packaging and thymol for prolonging the shelf-life of Caprese Salad. *J Food Prot*. 2007;70:722-728.
- Sanguinetti AM, Del Caro A, Mangia NP, Secchi N, Catzeddu P, Piga A. Quality changes of fresh filled pasta during storage: influence of modified atmosphere packaging on microbial growth and sensory properties. *Food Sci Tech Int*. 2011;7:23-29.
- Shewfelt RL. Quality of minimally processed fruits and vegetables. *J Food Quality*. 1987; 10:143-156.
- Sivertsvik M, Jeksrud WK, Rosnes JT. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. *Int J Food Sci Technol*. 2002;37:107-127.
- Mancuso I, Cardamone C, Fiorenza G, Macaluso G, Arcuri L, Miraglia V, et al. Sensory and microbiological evaluation of traditional Ovine Ricotta cheese in modified atmosphere packaging. *Ital J Food Safety*. 2014;3(2):1725.c
- Caridi A. Identification and first characterization of lactic acid bacteria isolated from the artisanal ovine cheese Pecorino Del Poro. *Int J Dairy Technol*. 2003;56:105-110.
- Farber JM. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology: a review. *J Food Protect*. 1991;54(1):58-70.
- Day NB. Modified atmosphere packaging of blueberries: microbiological changes. *Canadian Institute of Food Sci Technol*. 1990;23:59-65.
- Coulon M, Louis P. Modified atmosphere packaging of precooked foods, in controlled modified atmosphere vacuum packaging of foods. Brody AL (Editor). *Food and Nutrition Press Inc., CN, USA; 1989:135-148.*
- Dixon NM, Kell DB. The inhibition by CO<sub>2</sub> of the growth and metabolism of microorganisms. *J Appl Bacteriol*. 1989;67(2):109-136



23. Alam T, Goyal GK. Effect of MAP on the microbiological quality of Mozzarella cheese stored in different packages at 7±10°C. *J Food Sci Technol*. 2011;48:120-123.
24. Üçüncü M. A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova/İzmir; 2008.
25. Daniels JA, Krishnamurthi R, Rizvi SSH. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. *J Food Prot (USA)*. 1985;48(6):532–537.
26. Demirci M. Peynirin Beslenmedeki Önemi. M. Demirci (Editör). *Her Yönüyle Peynir*. Hasad Yayıncılık, İstanbul;1996:7-17.
27. Grove TM, Marcy JE, Hackney CR, Duncan SE. Influence of modified atmosphere packaging on fungal spoilage in dairy products. Erişim: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd0327200019160052/unrestricted/etd>. Erişim Tarihi:15.03.2022.
28. Oyugi E, Buys EM. Microbiological quality of shredded cheddar cheese packaged in modified atmospheres. *Int. J Dairy Technol*. 2007;60:89-95.
29. Whitley E, Muir D, Waites WM. The growth of *Listeria monocytogenes* in cheese packed under a modified atmosphere. *J Appl Microbiol*. 2000;88:52-57.
30. Favati F, Galgano F, Pace AM. Shelf-life evaluation of portioned Provolone cheese packaged in protective atmosphere. *LWT*. 2007;40:480-488.
31. Mannheim CH, Soffer T. Shelf-life extension of Cottage cheese by modified atmosphere packaging *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technol*. 1996;29(8):767-771.
32. Maniar AB, Marcy JE, Bishop JR, Duncan SE. Modified atmosphere packaging to maintain direct set Cottage cheese, *Journal Food Sci*. 1994;59:1305-1308.
33. Vercelino RM, Grigoli CI, Fernandes AG, Jose FF. Stability of sliced mozzarella cheese in modified atmosphere packaging. *J Food Prot*. 1996;59:838-844.
34. Eliot SC, Vuilleumard JC, Emond JP. Stability of shredded Mozzarella cheese under modified atmospheres. *J Food Sci*. 1998;63(6):1075-1080.
35. Pintado ME, Malcata FX. The effect of modified atmosphere packaging on the microbial ecology in Requejão, A Portuguese whey cheese. *J Food Process Preserv*. 1999;24:107-124.
36. Gonzalez-Fandos E, Sanz S, Olarte C. Microbiological, physicochemical and sensory characteristics of Cameros cheese packaged under modified atmospheres. *Food Microbiol*. 2000;17:407-414.
37. Romani S, Sacchetti G, Pittia P, Pinnavaia GG, Dalla Rosa M. Physical, chemical, textural and sensorial changes of portioned Parmigiano Reggiano cheese packed under different conditions. *Food Sci Technol Int*. 2002;8(4):203-211.
38. Papaioannou G, Chouliara I, Karatapanis AE, Kontominas MG, Savvaidis IN. Shelf-life of a Greek whey cheese under modified atmosphere packaging. *Int Dairy J*. 2007;17:358-364.
39. Kırgın C, Güneş G, Akyılmaz MC. Modifiye atmosferde paketlemenin dilimlenmiş taze beyaz peynirin kalitesine etkisi. *Pamukkale Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu*, 2009, Denizli, 93.
40. Temiz H, Aykut U, Hurşit AK, Shelf life of Turkish whey cheese (Lor) under modified atmosphere packaging. *Society of Dairy Technology*. 2009;62:378-386.
41. Brown SRB, Forauer EC, D'Amico DJ. Effect of modified atmosphere packaging on the growth of spoilage microorganisms and *Listeria monocytogenes* on fresh cheese. *J. Dairy Sci*. 2017;101:7768-7779.
42. Todaro M, Palmeria M, Cardamone C, Settanni L, Mancuso I, Mazza F, Scatassa ML, Corona O. Impact of packaging on the microbiological, physicochemical and sensory characteristics of a "pasta filata" cheese. *Food Packag Shelf Life*. 2018;17:85-90.
43. Cabral GJ, Valencia GA, Carciofi BA, Monteiro AR. Modeling microbial growth in Minas Frescal cheese under modified atmosphere packaging. *J. Food Process. Preserv*. 2019;43(8):e14024. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14024>.
44. Atallah AA, El- Deeb Amany M, Mohamed Entsar N. Shelf-life of Domiati cheese under modified atmosphere packaging. *J Dairy Sci*. 2021;104(8):8568-8581.