

SÜT VE ÜRÜNLERİNDE CO₂ UYGULAMALARI III: ÇEŞİTLİ SÜT ÜRÜNLERİ

Enes Dertli, Nihat Akın*

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş tarihi / Received: 15.05.2007

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 08.01.2008

Kabul tarihi / Accepted: 11.02.2008

Özet

Soğutulmuş ürünlerin raf ömrünün uzatılması bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişme oranının dolayısıyla da ürününün bozulmasının redüksiyonu sonucu meydana gelmektedir. Ürünlerin üretiminde hammaddeden kaynaklanan başlangıç bakteriyel yükün azaltılması, pastörizasyon sisteminin geliştirilmesi ve üretim işlemlerinden önceki kontaminasyonun önlenmesi gibi uygulamalar raf ömrünün uzatılmasında etkilidir. Modifiye atmosferde paketlenme ile birlikte CO₂ ilavesi veya direkt enjeksiyonu tüm dünyada ticari anlamda uygulanan ve diğerlerine göre tercih edilen, uygun maliyetli bir raf ömrü uzatma metodudur. Uygulamada kullanılan yeni CO₂ teknolojileri fermente süt içecekleri, yoğurt, Cottage peyniri, çeşitli peynirler ve tereyağı gibi ürünlerinde farklılığın artırılması, raf ömrünün ve kalitenin yükseltilmesi amacıyla sürekli geliştirilmektedir. Bu çalışmada CO₂ kullanılarak ürünlerin kalitesinin geliştirilmesi konusunda geçmişteki ve günümüzdeki araştırmalar detaylı olarak irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Karbon dioksit, peynir, yoğurt, dondurma, süt tozu, raf ömrü

CO₂ APPLICATION ON MILK AND DAIRY PRODUCTS III: VARIOUS DAIRY PRODUCTS

Abstract

Extension of the shelf life of refrigerated products requires, at a minimum, reductions in the growth rate of spoilage microorganisms and subsequent deterioration of the product. Reduction of initial bacterial loads coming from the raw material, improvement of pasteurization regimes, and reduction of pre-process contamination have all been employed with measured success for increasing the shelf life. The use of antimicrobial additives has been discouraged primarily due to labeling requirements and perceived toxicity risks. Carbon dioxide (CO₂) is a naturally occurring milk component and inhibitory toward dairy spoilage microorganisms; however, the precise mechanism is not fully understood. CO₂ addition through modified atmosphere packaging or direct injection is used world wide commercially as a cost-effective and favored process for the extension of shelf life of dairy products. New CO₂ technologies are being developed for the improvement of the shelf life, quality, and yield of a diverse range of dairy products, including cheeses, cottage cheese, yogurt, butter and fermented dairy beverages. In this study, a comprehensive review of past and present researches related to quality improvement of such dairy products using CO₂ is presented.

Keywords: Carbon dioxide, cheeses, yogurt, ice cream, milk powder, shelf life

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ nakin@selcuk.edu.tr, ☎ (+90) 332 223 2913, 📠 (+90) 332 241 1922

GİRİŞ

Karbon dioksit; su ve yağ fazında kolaylıkla çözünebilmesi, pH'yı düşürme yeteneği ve sıcaklığa bağlı olarak çözünürlüğünün değişmesi gibi fizikokimyasal özellikleri süt ürünleri açısından onu ideal bir bileşen haline getirmektedir. Süt ve süt ürünlerinde çözünerek bozulmaya neden olan ve patojen mikroorganizmaların gelişimini engeller bu yüzden iyi bir koruyucudur. Ayrıca bu çözünme sayesinde kazein misellerinin fonksiyonelliği artmaktadır. Böyle ideal bir bileşen uzaklaştırılmak istendiğinde ise yumuşak bir ısıtma ve agitasyon veya basit bir vakum işlemi yeterli olmaktadır.

Karbon dioksit Cottage peyniri endüstrisindeki yararları çok daha belirgindir. Aynı zamanda çiğ sütün mikrobiyel kalitesini geliştirme açısından da karbon dioksit kullanımını destekleyen çok sayıda veri vardır. Ancak bu teknolojiye yakalanan ivme henüz ne süt üreticisine ne de süt toplama merkezlerine yansıtılmamıştır. Bilindiği üzere ABD ve Avrupa'da herhangi bir işlem görmemiş kaliteli süttten üretilen peynirler çok daha fazla ilgi görmektedir. Karbon dioksit kullanımı ile bu peynirlerde bulunabilecek patojenlerden kaynaklanan risk karbon dioksit tarafından indirgenilmekte ve aynı zamanda bu peynirlerin istenen karakteristik aroması aynen muhafaza edilebilmektedir.

Koruma özellikleri yüksek materyallerle paketlenen Cottage peyniri ve diğer sıvı ürünlere CO₂'in direkt olarak eklenmesi ticari olarak mükemmel bir şekilde uygulanan ve ekonomik açıdan da uygun bir tekniktir. Raf ömründe %200, %400'e varan uzamalar kaydedilmiştir. Önemli araştırmacılar değişik süt ürünlerine veya direkt süte işlenecek depolanan çiğ süte CO₂ eklenmesinin ürünün raf ömründe uzama, ürün güvenliğinin artması ve bazı durumlarda da kalitenin yükselmesi gibi etkileri olduğunu belirtmektedir. Bunlara ek olarak süt ve ürünlerinin raf ömrünün artması günümüzde uygulanılabilenden ziyade uzun mesafelere bu ürünlerin ulaşmasını sağlar. Böylece yeni pazarların oluşması sağlanır. Bu çalışmada çeşitli peynirler, yoğurt, tereyağı, süttozu ve dondurma gibi ürünlerde CO₂ kullanımıyla ilgili çalışmalar özetlenmeye çalışılmıştır.

PEYNİR ÇEŞİTLERİ

CO₂ ve Depolama

Cheddar gibi sert ve yarı sert peynirler %100 CO₂ veya CO₂-N₂ karışımı atmosfer koşullarında paket-

lenmektedir. Normal koşullarda paketlenen peynirler 14-15 günlük bir raf ömrüne sahipken MAP ile polipropilen filmlerle paketlenen peynirlerin raf ömrü 4 haftaya çıkmaktadır. CO₂'in peynirlerdeki major etkisi yüzeyde gelişen küflerin gelişimini inhibe etmesidir, bununla birlikte yüksek CO₂'li MAP tekniğinde küçük parçalara ayrılmış mozeralla peynirinde küf ve mayalara ek olarak laktik ve mezofilik bakterilerin de inhibe olduğu gösterilmiştir (1, 2). CO₂ küflere hem direkt hem de O₂'in uzaklaştırılmasıyla indirekt olarak etki etmektedir zira küflerin O₂'e gereksinimleri yüksektir. Vakum paketlenme özellikle buruşuk paket bölgelerinde bulunan O₂'i tamamen uzaklaştırılmaz, dolayısıyla küf ve maya gelişimi vakum paketlenme de hala meydana gelebilir (3). CO₂ konsantrasyonunun artırılması ve O₂'in uzaklaştırılması ile uygulanan MAP tekniği küflerin gelişimini büyük oranda inhibe etmektedir, sonuçta ürünün raf ömrü uzar. CO₂ aynı zamanda peynir tarafından da absorbe edilir ve böylece paket içinde bir vakum meydana gelir. Dilimlenmiş ve rendelenmiş peynirler MAP koşulları altında yastık biçiminde paketlenir (4). Gaz karışımı tipik olarak özellikle küflerin gelişimini önlemek, paket şeridi boyunca çökmeleri engellemek ve paketin şeklini korumak amacıyla %70 N₂ ve %30 CO₂ den oluşmaktadır (5). Bu durumda N₂ gazı CO₂'in emilmesi dolayısıyla bir vakum oluşturucu ve paket çökmelerini önleyici bir doldurucu olarak rol alır. Alves ve ark., (6) yaptıkları çalışmada yüksek koruyucu lamine filmlerde %100 N₂, %100 CO₂ ve %50 N₂ %50 CO₂ karışımı koşulları altında paketlenen dilimlenmiş mozeralla peynirlerini incelemişlerdir. Bu çalışma ile dilimlenmiş mozeralla peynirinin raf ömrünü artırmada %50 den fazla CO₂'li şartların %100 N₂'dan daha etkili olduğu ileri sürülmektedir. %100 N₂ atmosferi ürünün duysal raf ömrüne çok küçük bir etki yaparken, %100 CO₂ atmosferi duysal raf ömrünü %385 arttırmıştır. %100 CO₂ koşulları altında küf, maya ve psikrotrof bakterilerin tümü inhibe olmuştur. Eliot ve ark., (7) da yaptıkları çalışmada dilimlenmiş Mozeralla peynirinde CO₂'in benzer yararlarını görmüşlerdir. Gonzales-Fandos ve ark., (8) yaptıkları çalışmada %50 N₂ : %50 CO₂ ve %60 N₂ : %40 CO₂ atmosferi altında paketlenen peynirin raf ömrünü uzattığını ve peynirdeki istenmeyen kimyasal ve mikrobiyolojik değişiklikleri etkili bir şekilde inhibe ettiğini göstermiştir. Bununla birlikte, Juric ve ark., (9) yaptıkları çalışmada %100 CO₂ atmosferi altında paketlenen ışık altında depolanan dilimlenmiş Samsu peynirinde istenmeyen tekstürel ve lezzet

değişikliğine neden olduğunu ifade etmiştir. Yüksek miktarda CO₂ ile paketlenen peynirler gevrek ve kuru bir yapı almaktadır aynı zamanda fotooksidasyonun artmasıyla aroma, renk ve lezzet kayıpları meydana gelmektedir.

CO₂ ve Peynir Üretimi

Peynir üretimi için kullanılacak süte CO₂'in ilavesi ve yapacağı etkiler halen araştırılan bir konudur. Calvo ve ark., (10) yaptıkları çalışmada, CO₂ ilavesi ile sütün pH'sı 6.0-6.5 arasına düşmesi ile sonuçlanan asidifikasyonun, psikrofilik bakteri sayısını indirdiğini ve aynı zamanda peynir verimini arttırdığını bulmuştur. Bununla birlikte sonuçlar diğer araştırmalardan pek farklı değildir. 10⁵ -10⁷ kob/mL düzeyinde olan mikrobiyel populasyon benzer araştırmalarda daha düşük olan mikroorganizma sayısı ile çelişmektedir. Diğer çalışmalar da sütteki mikrobiyel yükün düşük olduğunu ve CO₂ ile muamele edilmiş ve edilmemiş süttten yapılan peynirlerde verimin pek değişmediğini göstermektedir (11). Ancak sütün kalitesi düştükçe CO₂ ile muamele edilen süttten elde edilen peynirin, düşük kaliteli süttten elde edilen peynire göre verimi artmaktadır. Bu çalışmada CO₂ peynir yapımından önce uzaklaştırılmıştır ve peynir de asit pıhtısındadır. McCarney ve ark., (12) da yaptıkları çalışmada peynir yapılacak süte eklenen CO₂'in etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada, eklenen 30 mM CO₂'in psikrotrof bakteri sayısının 10⁶ kob/mL'ye ulaşması için geçen süreyi azalttığı, dolayısıyla da kalitenin yükseldiği gösterilmiştir. CO₂ ile muamele edilmiş süttten yapılan peynirlerde proteolitik ve lipolitik aktivite indirildiği için kazein ve lipidlerde daha az bozulma meydana gelmektedir. Montilla ve ark., (13) yaptıkları çalışmada CO₂ ile muamele edilmiş süttten yapılan peynirlerin proteolizinde çok az bir indirgenme meydana gelerek %75 daha az rennet ile koagüle olabildiğini göstermiştir. Ancak bu veriler CO₂'in peynir verimi üzerindeki etkisi açısından tatmin edici değildir. Bununla birlikte peynirlerin duyuusal özelliklerinde önemli bir farklılık söz konusu değildir. Bu çalışmaları gerçekleştiren araştırmacılar CO₂'in peynir özellikleri ve randımanı üzerinde herhangi bir zararlı etkisinin olmadığını ve çiğ sütün depolama kalitesini artırabileceğini ifade etmektedir.

Daha sonraki bir çalışmada Ruas-Madiedo ve ark., (14) maya pıhtısı İspanyol sert peyniri üretiminde kullanılacak çiğ süte eklenen CO₂'in etkisini incele-

mişlerdir, kullanılan süt pastörize ve 90:10 oranında şeklinde inek ve manda sütü karışımıdır. CO₂ peynir yapımından veya pastörizasyondan önce uzaklaştırılmıştır. Pastörize süttten yapılan peynirle karşılaştırıldığında CO₂ ile muamele edilen süttlerde laktik asit bakterileri daha düşük oranda gelişebilirken asit üretimi de yavaşlamıştır. Pastörize olmayan sütle yapılan peynirle karşılaştırıldığında CO₂ ile muamele olan peynirlerin uçucu bileşen içeriğinde herhangi bir farklılık mevcut değilken, sütün pıhtılaşma süresi azalmış, peynir randımanı ve sertliği de artmıştır. Yine bu çalışma grubu (15) CO₂'in proteoliz üzerindeki etkilerini incelemiştir. CO₂ ile muamele edilmiş süttten yapılan peynirde olgunlaşmanın sonunda hidrofilik peptit seviyesi azalırken hidrofobik peptit seviyesinde herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir. Olgunlaşma periyodunda β-kazein çökmesi etkilenmezken α_{s1}-kazeinin çökmesi artmıştır, panelistlerle yapılan ölçümlerde ise tat da herhangi bir farklılığın oluşmadığı tespit edilmiştir.

Nelson ve ark., (16, 17) da yaptıkları çalışmada benzer şekilde CO₂ ilave edilen süttten yapılan peynirlerde olgunlaşma periyodu boyunca α_{s1}-kazeinin çökmesinin arttığını β-kazein çökmesinin ise değişmediğini göstermişlerdir. Bununla birlikte peynir yapımından önce herhangi bir uzaklaştırma işlemi uygulanmayan süt 35 mM CO₂ ile ön asitlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında peynir yapım süresinde önemli bir azalma meydana gelmiştir. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında CO₂ ile asidifiye edilmiş süttten yapılan peynir daha düşük kalsiyum ve toplam yağ daha yüksek tuz içeriğine sahipken, ham protein içeriğinde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Olgunlaştırma işlemi sırasında CO₂ ile muamele edilen ve edilmeyen süttlerde kullanılan pıhtılaştırıcı ve starter kültürler tamamen aynıdır. Bununla birlikte CO₂ ile muamele edilen süttten elde edilen peynirlerde proteoliz daha yüksek bulunmuştur.

Çiğ sütün ultrafiltrasyon (UF) ve mikrofiltrasyonu (MF) süt bileşenlerinin konsantrasyonu ve ayrılmasına izin verir ve böylece süt örneğinin protein içeriği ayarlanabilir. Bu şekilde modifiye edilen süttte peynir yapımında kullanılabilir. Ma ve Barbano (18) yaptıkları çalışmada CO₂ ile muamele edilmiş UF ve MF sütün protein tipi ve konsantrasyonunun; sütün donma noktası ve pH'sı üzerine etkisini incelemişler ve çözünebilir protein ve kazein içeriğinin artmasının sütün tamponlama kapasitesini arttırdığını bulmuşlardır. Düşük CO₂ injeksi-

yon sıcaklıklarında yağsız sütte çözünen CO₂ miktarının artması ile pH redüksiyonu protein tipi ve konsantrasyonu tarafından etkilenmektedir (19). Gevaudan ve ark., (20) tarafından orta düzeyde bir basınçta CO₂ ilave edilen yağsız sütle yapılan çalışma; sütün tamponlama kapasitesinde süt tuzlarının geri dönüşümsüz artışı ve geri dönüşümlü pH değişikliğinden kaynaklandığı düşünülen düşük bir azalma olduğunu göstermektedir. Bu nedenle eğer sütte spesifik bir CO₂ seviyesi isteniyorsa pH CO₂ seviyesinin tahmininde kullanılmamalıdır, daha doğru sonuçlar için analizlerde CO₂ seviyesi direkt olarak ölçülmelidir.

Cottage Peyniri

Cottage peynirinin korunmasında CO₂ kullanımının ticari olarak yararlı olduğu bulunmuştur. 4 °C'de depolanan ve CO₂ ile yıkanmış esnek materyallerle paketlenen Cottage peynirinde küf, maya ve psikrotrofların gelişiminin indirgendiği gösterilmiştir (21). Ürünün tazeliği 73 gün boyunca korunurken CO₂'in yüksek oranda bulunmasından dolayı Cottage peyniri kabarcıklı bir hal almıştır. Diğer araştırmalarda Cottage peynirinin korunmasında tepe boşluğunda bulunan gazın uzaklaştırılmasını incelemişlerdir (22, 23, 24). Maniar ve ark., (25) yaptıkları çalışmada ürünün mikrobiyolojik ve duyu kalitesinin korunması için diğer gaz karışımlarına göre %100 CO₂'in tercih edilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Gaz temizleme işlemi resmi olarak Almanya da kullanılmaktadır (26). Kutular Cottage peynirinin doldurulmasından önce CO₂ ile yıkanmakta ve doludan sonrada ürünün tepe boşluğu yeniden CO₂ ile yıkanmaktadır. Paketleme materyallerinde Al-folyo kullanılmaktadır.

Moir ve ark., (23) yaptıkları çalışmada peynirin paketlenmesinden önce CO₂ eklenmesinin; peynirin yüzeyinde ve iç kısımlarında gelişen psikrotrofların inhibe edilmesi için gerekli olduğunu ifade etmektedir. Bu araştırmacılar geleneksel, termoform ve yüksek etkili polisitren kaplarda paketlenen peynirlerin iç kısımlarında ve yüzeylerindeki mikrobiyel yükün önemli ölçüde farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Eğer kullanılan materyallerin CO₂ geçirgenliği yüksekse depolama periyodu boyunca CO₂ konsantrasyonunun azaldığı ifade edilmektedir.

CO₂ ile ilişkilendirilen problemlerin çoğu; krem tipinde Cottage peyniri elde etmek için pıhtının ka-

rıştırılmasından önce CO₂'in direkt ilavesi ile önlenmektedir (27, 28, 29). Isı ile şekillendirilmiş yüksek bariyer etkili polisitren ile paketlenmiş CO₂ içeren peynirin kalitesi sırasıyla 4 °C'de 63, 7 °C'de 42 gün boyunca korunabilmektedir (28) .

Düşük seviyelerde CO₂ içeren Cottage peynirinin ticari üretim prosedürü gıda uygulamaları için geliştirilmiş dağıtıcı ünite vasıtasıyla CO₂'in krem oluşumu sırasında enjeksiyonunu içermektedir. CO₂ gazı basınç hattında kontrollü seviyelerde hareketli buhar üzerine enjekte edilmektedir. CO₂ ile muamele edilen kısım pıhtı ile karıştırıldıktan sonra dolun işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler sırasında; CO₂ kabarcıklarının boyutu, sistemde kalan geri basınç, sistemde kalış süresi, sıcaklık ve dolun işlemi gibi parametreler sürekli kontrol edilmelidir (30).

Cottage peynirinde ve diğer ürünlerde CO₂'in neden olduğu tat hala üzerinde durulan bir konudur (daha keskin veya ağız hissiyatındaki farklılıklar). Kullanılan CO₂'in miktarı içeceklerde ve sodalarda CO₂'in neden olduğu duyu hissiyatı esas alınarak ayarlanmaktadır. Eğitilmiş panelistler kullanılarak yapılan üçgen testlerinde sütte CO₂'in minimum eşik değeri 4.54 ve 9.10 mM olarak bulunmuştur (31, 32). Tüketicilerle yani eğitilmemiş panelistlerle yapılan testlerde tat için eşik değeri daha yüksek bulunmuştur. Moir ve ark., (23) yaptıkları çalışmada Cottage peyniri kremasına eklenen 10 mM CO₂'in üründe herhangi bir pH veya tat değişimi yaratmaksızın ürünün raf ömrünü uzattığını ifade etmektedir.

Cameros Peyniri

Gonzalez-Fandos ve ark. (33) tarafından Cameros (pastörize keçi sütünden yapılan geleneksel bir İspanyol peyniri) peynirinin modifiye atmosferde paketlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada CO₂ atmosferinde paketlenen peynirlerle, kontrol örnekleri arasında ransit tat oluşumu açısından büyük farklar tespit edilmiştir. Bu araştırmacılar modifiye atmosferde paketlenen peynirdeki lipoliz seviyesini azalttığını ifade etmektedir. Vakum paketlenme ile karşılaştırıldığında CO₂ ortamında paketlenme; ransit tat oluşumunu yavaşlatma açısından çok daha avantajlıdır.

Karbon dioksit; birçok bakteri türünün gelişim oranını azaltmaktadır. Gıdanın yüzeyinde yeterli çözünmüş CO₂ olduğu takdirde, CO₂ konsantras-

yonu arttıkça mikroorganizma inhibisyonu da artmaktadır (27).

Normal atmosfer koşullarında depolanan örneklerde ortalama mezofilik bakteri sayısı hızla artmış ve 4 °C'de 14 günlük depolama sonunda 7 log kob/g seviyesine ulaşmıştır. Modifiye atmosferde paketlenen örneklerde ise ancak 28. günün sonunda mikrobiyel populasyon 7 log kob/g seviyesinin çok az üstüne çıkabilmiştir. %100 CO₂ şartlarında depolanan peynirlerde ise durum biraz farklıdır. Depolamanın sonundaki mezofilik bakteri sayısı sadece 5,42±0,53 log kob/g seviyesinde kalmıştır.

Psikrotrof gelişimi de CO₂ konsantrasyonu arttıkça azalmaktadır (%20 CO₂'de 3,81±0,28 log kob/g, %40 CO₂'de 3,00±0,19 log kob/g, %50 CO₂'de 2,43±0,24 log kob/g ve %100 CO₂ de 0,22±0,15 log kob/g). Kontrol örneklerindeki psikrotrof sayısı 0 ile 28 gün arasında 5.3 log ünitesi artmıştır. Aynı periyot boyunca vakumla depolanan örneklerdeki artış 1.2 log kob/g seviyesinde kalmıştır. CO₂ varlığında da psikrotrof gelişimi meydana gelmektedir. Ancak CO₂ konsantrasyonu arttıkça gelişim daha geç oluşmakta ve gelişim oranı da azalmaktadır. Bu sonuçlar Cottage peynirinde psikrotrofik *Pseudomonas* gelişimini inceleyen Moir ve ark., (23)'nin buldukları sonuçlar ile örtüşmektedir. Bununla birlikte Eliot ve ark., (2) modifiye atmosfer koşullarında yaptıkları çalışmada depolamanın daha ilk haftasında psikrotrof gelişimini tespit etmişlerdir. Bu çelişkili sonuçlar psikrotrof spektrumunun genişliğinden ve farklı durumlarda CO₂'e olan duyarlılığın farklılaşmasından kaynaklanabilir. Değişik depolama sıcaklıkları da CO₂'in çözünürlüğü sıcaklık arttıkça azaldığı için CO₂'in inhibe edici özelliği üzerine etkilidir (23).

Normal koşullarda depolanan peynirlerde 14. günün sonunda *Enterobacteriaceae* sayısı 4 log kob/g in üzerindedir. Daha sonra bu peynirler %100 CO₂ atmosferine konmuş ve 7 gün içinde *Enterobacteriaceae* seviyesi 1,43±0,37 log kob/g düzeyine indirgenmiş ve 28. güne kadar sadece 0.2 log ünitesi artış gerçekleşmiştir. Vakum ile paketlenen peynirlerdeki çoğalma kontrol örneğinden yavaş gerçekleşirken CO₂ atmosferine göre gelişim biraz daha hızlıdır.

Cameros peynirinin duyuşal özelliklerinin korunması ve raf ömrünün uzatılması açısından en etkili paketlenme atmosferi olarak %50 CO₂ / %50 N₂ ve %40 CO₂ / %60 N₂ koşulları ifade edilmektedir (33) *Listeria monocytogenes* 1970'lerden bu yana bilinen

gıda kaynaklı bir patojendir. Sebze ve et ürünleri ile birlikte bazı taze peynir çeşitleri de bu patojen için ideal gelişme ortamı oluşturur. Cameros peynirinin nihai pH'sı 6.35±0,14 olduğu için bu patojen Cameros peynirinde çok iyi bir gelişme ortamı bulur. CO₂'li ortamda paketlenme gerçekleştirilerek bu patojenin gelişimi inhibe edilmiştir (33).

Cameros peyniri *Listeria monocytogenes* için mükemmel bir gelişme ortamıdır. Nitekim bu çalışmada normal atmosfer koşullarında 28 gün boyunca depolanan inoküle örneklerde *Listeria monocytogenes* gelişimi tespit edilmiştir. Depolama ortamındaki gaz karışımı %20 CO₂ / %80 N₂ ve %40 CO₂ / %60 N₂ olduğu takdirde dahi 28 günlük depolama boyunca *Listeria monocytogenes* sayısı 3.40–3.00 log seviyesinde artmıştır. Sadece %100 CO₂ atmosferinde *Listeria monocytogenes* in lag fazı artmış ve dolayısıyla patojen sayısı 2.5 log birim artabilmiştir. Bu sonuçlar CO₂ atmosferinde *Listeria monocytogenes* gelişiminin engellenemediğinin, fakat önemli oranda azaltılabildiğinin göstergesidir. Bu nedenle her ne olursa olsun kontaminasyon engellenmeli ve diğer gelişim parametreleri kontrol edilmelidir (33)

Mozzarella Peyniri

Modifiye atmosferdeki CO₂ Mozzarella peynirindeki laktik ve mezofilik florayı etkili bir şekilde stabilize etmiş, istenmeyen *staphylococci*, maya ve küfleri de inhibe etmiştir. Psikrotrofların ise artan CO₂ konsantrasyonları ile birlikte gelişimleri azalmıştır. %75 CO₂ istenmeyen organizmaların gelişimlerinin baskılanması ve gaz oluşumunun indirgenmesi için en uygun CO₂ seviyesidir.

Depolama periyodu boyunca peynir kalitesinin korunması; dehidrasyon önlenmesi ve özellikle patojenler olmak üzere istenmeyen mikroorganizmaların redüksiyonu yoluyla gerçekleştirilir. Dehidrasyona karşı koruma düşük su buharı geçirgenliğine sahip paketlenme filmlerinin kullanımı ile elde edilmektedir: semi bariyer (polipropilen, düşük yoğunluklu polietilen) veya bariyer filmler (Alüminyum, polivinil klorit, polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilen). İstenmeyen organizmaların birçoğu tat ve koku değişikliklerine neden olmaktadır. Maya ve küflerde görünüş ve tekstürü modifiye edebilmektedir. Mikrobiyel üremeyi yavaşlatan proseslerden birçoğu ürünün duyuşal kalitesi açısından uygun olmayabilmektedir. Sorbat gibi koruyucu katkılar

tat modifikasyonlarına neden olabilmekte, pastörizasyon gibi temel proseslerde tekstürel özelliklere müdahale edebilmektedir. Paketleme materyalinin oksijen içeriğinin azaltılması gibi fiziksel prosesler çok daha etkilidir. Vakum paketleme mükemmel bir uygulamadır fakat olgunlaşmış peynirler gibi kolay kırılır ürünler için çok da uygulanabilir değildir.

Modifiye atmosferde paketleme gaz içeriği modifiye edilmiş koruyucu materyaller içerisinde gıdaların paketlenmesidir. Modifiye atmosfer solunumu yavaşlatır, mikrobiyel gelişimi azaltır ve enzimatik değişiklikleri geciktirerek raf ömrünü uzatır. Yüksek koruyucu materyallerle birlikte CO₂ içeren atmosfer koşulları geniş bir gıda grubundaki Gram negatif psikrotrofik organizmaların gelişiminin inhibisyonunda oldukça etkilidir. Modifiye atmosferde paketlenen ürünlerin raf ömrü; gıdanın kalitesi, gaz atmosferinin bileşimi, paketleme materyalinin tipi ve depolama sıcaklığı gibi koşullar tarafından etkilenmektedir. Her ürün için gaz karışımı optimize edilmelidir.

Rosenthal ve ark., (22) yaptıkları çalışmada ; %67.1 CO₂, %26.3 N₂ ve %6.6 O₂ içeren atmosfer koşullarında depolanan quark ve Cottage peynirinde *Pseudomonas*, küf ve mayaların tamamen inhibe olduğunu bildirmektedir. Bu etki N₂ ile CO₂ yer değiştirdiğinde sağlanamamaktadır.

Karbon dioksitin etkisi, konsantrasyonuna, ürünün su aktivitesi ve pH'sına, sıcaklığa ve mikroorganizmanın türü ve sayısına bağlı olarak değişmektedir.

Peynir korumasında kullanılan modifiye atmosferin kompozisyonu peynir çeşidine bağlı olarak değişmektedir: örneğin Tallegio peyniri için %10 CO₂/ %90 N₂ veya dilimlenmiş Mozzarella peyniri ve Cottage peyniri için %100 CO₂. Günümüzde ticari olarak peynirlerin modifiye atmosferde paketlenmesinde en çok kullanılan gaz nitrojendir.

Karbondioksit *staphylococci*, bazı küf ve maya çeşitleri gibi istenmeyen organizmaları baskılamada oldukça etkilidir. Karbon dioksit psikrotrofik bakterileri baskılamada etkili değildir fakat laktik ve mezofilik bakterilerin gelişimini azaltmaktadır. Karbon dioksitin psikrotrofik flora üzerindeki küçük etkisi iki hipotez ile açıklanabilmektedir: yüksek depolama sıcaklığı veya Mozzarella peynirinin CO₂ hassasiyetindeki azalma. Mezofiller açısından yüksek CO₂ konsantrasyonu nitrojenden çok daha etkilidir ve aynı zamanda mayaları ve küfleri inhibe

etme açısından da CO₂ vakum paketlemeden daha etkindir (2)

Yoğurt ve Diğer Fermente Süt Ürünleri

Yoğurdun raf ömrü açısından en zarar verici etkilerin başında küf ve mayaların gelişmesi ve istenmeyen lezzet maddelerini oluşturmaları gelmektedir. (34, 35). Ek olarak bu tip ürünlerde probiyotik organizmaların hayatta kalabilmesi de çok önemlidir. Bu nedenle raf ömrünün uzatılması amacıyla geliştirilen teknolojiler hem istenen organizmalara hem de bozulmaya neden olan organizmalara hassasiyet göstermelidir. Cottage peynirinde olduğu gibi yoğurt paketlerinin tepe boşluğunun CO₂ ile muamele edilmesi bozulmaya neden olan organizmaları inhibe ederek raf ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır, aynı şekilde ürüne direkt CO₂ enjeksiyonu da raf ömrünün uzaması konusunda son derece yararlıdır. Kaşıkla tüketilebilir yoğurdun karbonize edilmesi ile ilgili bir metot patent almıştır ve viskoz sıvıların karbonizasyon modeli ve bu amaçla modifiye bir metot yayınlanmıştır (36). CO₂ enjekte edilmiş Cottage peyniri üretiminde yatırım maliyetleri ve ekipmanları minimal iken esas maliyet etkeni paketleme gereçleridir. Karagül-Yüceer ve ark., (37) yaptıkları çalışmada; yoğurda eklenen yüksek seviyelerdeki çözünmüş CO₂'in istenen (tipik veya tipik olmayan starter kültürler) veya istenmeyen (bozucu ve patojenik) mikroorganizmalar üzerinde pek de etkili olmadığını vurgulamaktadır. Ancak CO₂'in eklenmesi ile starter bakterilerin gelişim süresi CO₂'in teşvik edici etkisi ile kısalmaktadır, bu şekilde bir hipotez kurulabilir. Sadece üç değişik patojen ve bozucu mikroorganizmaların; *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *B. licheniformis*'in gelişimi incelenmiştir. *L. monocytogenes* çözünmüş CO₂'den herhangi bir şekilde etkilenmemiştir, popülasyon CO₂ ile muamele edilen ve edilmeyen örneklerde depolama boyunca giderek azalmıştır. *B. licheniformis* yoğurt örneklerinde herhangi bir gelişim göstermezken, *E. coli* popülasyonu CO₂ ile muamele edilen yoğurtlarda 60 günlük depolama boyunca saptanamayan oranlarda azalmıştır.

Daha önceleri yapılan bir çalışmada Karagül-Yüceer ve ark., (38) CO₂ ile modifiye edilmiş ve edilmemiş yoğurtlarda tüketici kabulü, raf ömrü ve duysal özellikler açısından herhangi bir farklılığın olmadığını göstermiştir. Wright ve ark., (39) yaptıkları çalışmada yoğurdun duysal özellikleri açısından karbonizasyon eşliğini daha önce yapılan çalışma-

lara nazaran daha düşük oranda ortalama 5.97 mM olarak bulmuştur. Bu eşik karbonize edilmiş yoğurt ürünleri üreten üreticiler ve duyuşal özellikleri değiştirmeden yoğurdun raf ömrünü uzatma uygulamalarında kullanılmalıdır.

Daha öncede ifade edildiği gibi fermente ürün üretiminde kullanılacak çiğ süte depolama boyunca CO₂ eklenmesi; son ürünün özelliklerinde herhangi bir görülebilir değişme olmaksızın mikrobiyel kalitenin artması ile sonuçlanmaktadır. Calvo ve ark., (40) yaptıkları çalışmada CO₂ ile muamele edilmiş yağsız süttten yapılan yoğurtlarla CO₂ ile muamele edilmeyen kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, laktik asit üretimi açısından önemli bir farklılık olmadığını ifade etmektedir. Ancak bu araştırmacılar yoğurt üretiminde kullanılacak çiğ süte CO₂'in eklenmesinin uygun olabileceğini vurgulamışlardır. Gueimonde ve ark., (41) yaptıkları çalışmada da organik asit oluşumu açısından CO₂ ile muamele edilen ve edilmeyen yoğurtlarda herhangi bir farklılığın olmadığını vurgulamaktadır. Bu araştırmacılar; duyuşal özellikler ve starter kültürlerin gelişimi açısından da hiçbir farkın olmadığını ifade etmektedirler. Ancak bu çalışmaların hiçbirinde kullanılan CO₂'in seviyesi belirtilmemiştir.

CO₂ ile modifiye edilen çiğ süttün fermente süt içeceklerinde de kullanılması diğer bir çalışma konusudur. Vinderola ve ark., (42) yaptıkları çalışmada, CO₂ modifikasyonunun fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılan starterlerden hem *S. thermophilus*/*L. acidophilus* (AT) hem de *S. thermophilus*/*L. acidophilus*/*B. bifidum* (ABT) kullanılarak süttün (bu ürün ABT fermente ürün olarak adlandırılmıştır) fermentasyon süresini kısalttığını ifade etmektedir. Aynı zamanda CO₂ modifikasyonu süttlerin duyuşal karakteristiklerinde herhangi bir olumsuzluğa neden olmamaktadır. Benzer olarak Gueimonde ve de los Reyes-Gavilan (43) yaptıkları çalışmada *L. acidophilus* ve *S. thermophilus* starter suşlarının bir çeşidi kullanılarak fermente edilen karbonize edilmiş sütte inkübasyon süresinin kıaldığını ifade etmektedir. Noriega ve ark., (44) yaptıkları çalışmada *B. cereus* ile inkübe edilen ABT sütte 37 °C'deki inkübasyon boyunca CO₂ ile modifiye edilen örneklerde patojenlerin gelişiminde önemli bir inhibisyon olduğunu öne sürmektedir. 4 °C'lik depolama boyunca, inoküle sütte proteoliz ve asit üretimi indirgenmiştir. Bu araştırmacılar; ABT sütte gereken uzun inkübasyon periyodu boyunca *B. cereus* kontaminasyonu riskinin azalmasında CO₂'in etkili bir metot olabile-

ceğini öne sürmektedir. Bütün çalışmalarda probiyotik *Bifidobacterium* türünün gelişimi üzerine bir etkiden söz edilmemiştir.

Wright ve ark., (39) tarafından yapılan çalışmada 62 ile 1596 ppm arasında değişen karbonizasyon oranının duyuşal karakteristikler üzerine etkisi incelenmiş, yoğurt karbonizasyon eşiği belirlenmeye çalışılmıştır. ABD'de 1998 yılı verilerine göre karbonize edilmiş içecek tüketimi kişi başına yaklaşık olarak 208 litredir. Son yıllarda tüketiciler, aroması korunmuş sütcülük ürünlerini tüketmeye yönelik eğilim sergilemektedirler. Karbonizasyonla gelen istenen aroma, yoğurt gibi besleyici süt ürünlerinin tüketiminin artmasına katkıda bulunabilir. Karbonizasyon açısından duyuşal eşiğin ürünün bütün raf ömrü boyunca bilinmesi, üreticilerin bu seviye-yi ayarlaması ve korumasına katkı sağlayacaktır.

Diğer tatlandırılmış süttlerde de karbonize etme; süttün pişmiş tat ve aromasının baskılanmasında kullanılmaktadır. Cottage peyniri ile yapılan bir çalışmada %100 CO₂'li ortam; N₂, normal atmosfer ve modifiye atmosfer koşullarından daha iyi bir duyuşal kalite ortaya koymaktadır. Karagül-Yüceer ve ark., (38) yaptıkları çalışmada karbonize etmenin yoğurt mikroorganizmaları üzerine etkisini incelemiştirler. Karbonize etmenin polifenol oksidaz enzimi üzerine inhibe edici etkisi de ifade edilmektedir (29)

Tereyağı

Yayıklama işleminde sırasında tereyağına CO₂ eklenmesi işleminde araştırılmıştır (45, 46). Bu gazın tüm yayıklama işleminde boyunca kremayla muamelesi sağlanmaktadır. Mikrobiyel gelişim üzerine herhangi bir etkiden söz edilmemektedir. Tereyağında karbonize etme işleminden sonra depolama boyunca hızlı bir şekilde ekşimsi tat meydana gelmektedir (bu ekşilik CO₂ seviyesinin tat eşiğini aştığının göstergesidir). Bu çalışma inhibitör etkinin sağlanabilmesi için CO₂ seviyesinin tereyağında yeterli bir şekilde korunmadığını ifade etmektedir. Prucha ve ark., (46) yapmış oldukları çalışmada karbonize edilmiş tereyağında ancak ürün hava geçirmez materyallerde paklendiğinde bakteriyel gelişimin engellendiğini ifade etmektedir. Bu çalışmalar pek net değildir. Çünkü CO₂ nonpolar lipitler de yüksek çözünürlüğe sahip olduğu için tereyağında hiçbir zaman çözünmüş olarak kalmamıştır. Bununla birlikte kullanılan enjeksiyon sıcaklığı da bütün

çözünürlüğü etkileyebilmektedir. Sütte ve kremada CO₂ çözünürlüğü üzerine CO₂ enjeksiyon sıcaklığının etkisi üzerine bir çalışmada; Ma ve Barbano (19) yüksek sıcaklıklarda süt yağı sıvı olduğu için yağdaki CO₂ çözünürlüğünün arttığını, düşük sıcaklıklarda ise katı olan süt yağında CO₂ çözünürlüğünün azaldığını ifade etmektedir. Tereyağında CO₂ kullanımı üzerine daha fazla araştırma yapılmamıştır.

Süt Tozu

Süt tozu genellikle O₂'in indirgendiği veya %100 N₂ ve N₂, CO₂ karışımı atmosfer koşullarında, ticari modifiye atmosferde uzun depolama için tenek kutularda veya kartonlarda paketlenmektedir. Süt tozunda ki genellikle tam yağlı süt tozu için geçerli olan raf ömrünün uzatılması açısından paketlenme stratejisi; istenmeyen lezzet ve kokuya neden olan yağ oksidasyonunu önlemek veya yavaşlatmak için O₂'in redüksiyonu veya uzaklaştırılmasıdır. Gaz temizleme işlemi yani oksijen tutucuların araya girmesi paket içinde istenen depolama atmosferini elde etmek için kullanılabilir. Driscoll ve ark., (47) tarafından geçmişte yapılan bir çalışmada, modifiye atmosferde 32, 21 ve 10 °C'de polietilen ve tenek kutularda 4 yıl boyunca saklanan instant ve standart yağsız süt tozunun duyu kalitesi incelenmiştir. 21 °C de normal hava koşullarında depolanan örnekler aynı sıcaklıkta modifiye atmosferde paketlenenlere göre istenen duyu özellikleri açısından çok daha zayıftır. %100 CO₂ atmosferi pakete kuru buz topağının eklenmesi ile elde edilmiştir. Holm ve ark., (48) yaptıkları çalışmada hava veya vakum altında depolanan süt tozunda CO₂ atmosferinde depolanana göre istenmeyen tat ve aroma gelişiminin daha hızlı meydana geldiğini ifade etmektedir. Hiçbir araştırıcı yüksek CO₂'li veya O₂'siz depo ortamının patojen veya bozulmaya neden olan mikroorganizmalar üzerine etkisini incelememiştir. Modifiye atmosfer koşullarında tenek kutularda depolanan süt tozu özellikle uzun depolama periyodunda çok farklı kalite varyasyonları sergilemektedir. Lloyd ve ark., (49) tarafından yapılan bir çalışmada 10 farklı fabrikadan alınan süt tozu örnekleri incelenmiştir. Geniş bir dağıtım ağına sahip 7 farklı firmanın 10 süt tozu örneği ile yapılan çalışmada örneklerin paket bütünlüğü, duyu karakteristikler (aroma, lezzet ve genel kabul edilebilirlik), su aktivitesi ve tepe boşluğundaki oksijen içeriği bakımından çok farklı olduğu bulun-

muştur. Bu değişkenlik firmaların kendilerine özgü üretim ve paketlenme proseslerindeki farklılıklar ve firmalardaki kalite kontrol ölçümlerindeki yanlışlıklardan ileri gelmektedir.

Dondurma

Daha önceleri yapılan çalışmalar dondurma prosesine eklenen karbon dioksitin donmuş üründeki mikrobiyel gelişim üzerine önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir (50, 51, 52). Çözünmüş karbon dioksit kullanarak donmamış miksin raf ömrünün uzatılması çok daha faydalanılabılır ve makul bir alandır. 6.1 °C'de 43 gün boyunca yüksek koruma özelliği olan materyallerle paketlenen sırasıyla 0, 690 ve 1080 ppm CO₂ içeren çikolatalı dondurma miksindeki toplam aerobik ve Gram negatif koloni sayısı ölçülmüştür (53). 0, 690 ve 1080 ppm CO₂ içeren mikslerdeki total aerobik koloni sayısı sırasıyla 20, 35 ve 41. günlerde 6.0 kob/ml düzeyine ulaşmıştır. Kontrol örneğindeki Gram negatif sayısı 30 günde 6.0 kob/ml düzeyine ulaşırken, karbon dioksit ile muamele edilen örneklerde ise bu seviyeye ulaşmak 40 günden daha fazla zaman almıştır. Yapılan duyu testler dondurma için karbon dioksit eşik değerinin 800 ile 1400 ppm arasında olduğunu göstermektedir (53).

SONUÇ

Günümüzde sütçülük ürünlerinin geniş bir hacimde üretilebilmesi için nispi olarak kısa raf ömrü ve hızlı kalite kaybı gibi problemlerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu da sütçülük ürünlerinin raf ömrünü artıracak gelişmelerin takibi ile mümkündür. Bu ihtiyacın karşılanması amacıyla Cottage peynirinin pastörizasyonu ve UHT işlemi gibi ısıl işlemler geliştirilmiştir. Ancak çoğu zaman bu prosesler ürünün organoleptik özelliklerinde kayba neden olmaktadır. Sorbik asit ve nisin gibi antimikrobiyel ajanların kullanımı da gündemdedir. Ancak bu katkıların kullanımı mevzuatta sınırlandırılmıştır. Geçirgenlik özellikleri yüksek materyallerle paketlenen Cottage peyniri ve diğer sıvı ürünlere CO₂'in direkt olarak eklenmesi ticari olarak mükemmel bir şekilde uygulanan ve ekonomik açıdan da uygun bir tekniktir. Bu uygulamalarla raf ömründe %200, %400'e varan uzamalar kaydedilmiştir. Önemli araştırmacılar değişik süt ürünlerine veya direkt süte işlenecek depolanmış çiğ süte CO₂ ek-

lenmesinin ürünün raf ömründe uzama, ürün güvenliğinin artması ve bazı durumlarda da kalitenin yükselmesi gibi etkileri olduğunu belirtmektedir. Bu konuda yapılacak daha detaylı araştırmalar prosesin verimliliğinin artmasını ve CO₂'in biyostatik aktivitesinin esaslarının daha iyi anlaşılabilmesini sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Maniar AB, Marcy JE, Bishop JR, Duncan SE. 1994. Modified atmosphere packaging to maintain direct-set cottage cheese quality. *J. Food Sci.* 59:1305–1308.
- Eliot SC, Vuilleumard JC, Emond JP. 1998. Stability of Mozzarella cheese under modified atmospheres. *Journal of Food Science* 63, 1071–1080
- Hocking AD, Faedo M. 1992. Fungi causing thread mold spoilage of vacuum packaged cheddar cheese during maturation. *Int. J. Food Microbiol.* 16:123–130.
- Fierheller MG. 1991. MAP of miscellaneous products. In: *Modified atmosphere packaging of food*. Ooraiku B, Stiles M.E. eds. New York: E. Horwood.60–246.
- Parry RT. 1993. *Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods*. NewYork. Blackie Academic & Professional Publishers.305 s.
- Alves RMV, Sarantopoulos CIGD, Van Dender AGF, Faria JDF. 1996. Stability of sliced mozzarella cheese in modified-atmosphere packaging. *J. Food Protect.* 59:838–844.
- Eliot SC, Vuilleumard JC, Emond JP. 1998. Stability of shredded mozzarella cheese under modified atmospheres. *J. Food Sci.* 63:1075–1080.
- 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.
- Juric M, Bertelson G, Mortenson G, Petersen MA. 2003. Light-induced colour and aroma changes in sliced, modified atmosphere packaged semi-hard cheeses. *Int. Dairy J.* 13: 239–249.
- Calvo MM, Montilla MA, Olano A. 1993. Rennet-clotting properties and starter activity on milk acidified with carbon dioxide. *J. Food Protect.* 56:1073–1076.
- Ruas-Madiedo P, Alonso L, De Llano DG, de los Reyes-Gavilan CG. 1998. Growth and metabolic activity of a cheese starter in CO₂-acidified and non-acidified refrigerated milk. *Eur. Food Res. Technol.* 206:179–83.
- McCarney T, Mullan WMA, Rowe MT. 1995. Effect of carbonation of milk on cheddar cheese yield and quality. *Milchwissenschaft* 50:670–674.
- Montilla A, Calvo MM, Olano A. 1995. Manufacture of cheese made from CO₂-treated milk. *Eur. Food Res. Technol.* 200:289–292.
- Ruas-Madiedo P, Alonso L, Delgado T, Bada-Gancedo JC., de los Reyes-Gavilan CG. 2002. Manufacture of Spanish hard cheeses from CO₂ treated milk. *Food Res. Int.* 35:681–690.
- Ruas-Madiedo P, Bada-Gancedo JC, Delgado T, Guéimonde M, de los Reyes-Gavilan, CG.2003. Proteolysis in rennet-coagulated Spanish hard cheeses made from milk preserved by refrigeration and addition of carbon dioxide. *J. Dairy Res.* 70:115–122.
- Nelson BK, Lynch JM, Barbano DM. 2004. Impact of milk preacidification with CO₂ on cheddar cheese composition and yield. *J. Dairy Sci.* 87: 3581–3589.
- Nelson BK, Lynch JM, Barbano DM. 2004. Impact of milk preacidification with CO₂ on the aging and proteolysis of cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 87:3590–3600.
- Ma Y, Barbano DM. 2003. Serum protein and casein concentration: effect on pH and freezing point of milk with added CO₂. *J. Dairy Sci.* 86:1590–1600.
- Ma Y, Barbano DM. 2003. Effect of temperature of CO₂ injection on the pH and freezing point of milk and creams. *J. Dairy Sci.* 86:1578–1589.
- Gevaudan S, Laguade A, Tarodo de la Fuente B, Cuq JL. 1996. Effect of treatment by gaseous carbon dioxide on the colloidal phase of skim milk. *J. Dairy Sci.* 79:1713–1721.
- Kosikowski FV, Brown DP. 1973. Influence of carbon dioxide and nitrogen on microbial population and shelf-life of cottage cheese and sour cream. *J. Dairy Sci.* 56:12–18.
- Rosenthal L, Rosen B, Bernstein S, Popel G. 1991. Preservation of fresh cheeses in a CO₂- enriched atmosphere. *Milchwissenschaft*, 46:706–708
- 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.
- Fedio WM, Macleod A, Ozimek L. 1994. The effect of modified atmosphere packaging on the growth of microorganisms in cottage cheese. *Milchwissen.*, 49:622–629.
- Maniar AB, Marcy JE, Bishop JR, Duncan SE. 1994. Modified atmosphere packaging to maintain direct-set cottage cheese quality. *J. Food Sci.* 59:1305–1308.
- Honer C. 1987. Protecting cottage cheese with carbon dioxide. *Dairy Foods* 88 (5):40–45.
- Chen JH, Hotckiss JH. 1991a. Effect of dissolved carbon dioxide on the growth of psychrotrophic organisms in cottage cheese. *J. Dairy Sci.* 74:2941–2945.

28. Chen JH, Hotchkiss JH. 1991b. Long shelf-life cottage cheese through dissolved carbon dioxide and high-barrier packaging (abstr). *J. Dairy Sci.* 74 (Suppl 1):125.
29. Chen HH, Hotchkiss JH. 1993. Growth of *Listeria monocytogenes* and *Clostridium sporogenes* in cottage cheese in modified atmosphere packaging. *J. Dairy Sci.* 76:972–977.
30. Hotchkiss JH, Lee E. 1996. Extending shelf-life of dairy products with dissolved carbon dioxide. *Eur. Dairy Mag.* 3:16–19.
31. Chen JH, Hotchkiss JH, Lawless HT. 1992. Sensory and microbiological quality of cottage cheese packaged in high-barrier film with added carbon dioxide (abstr). *J. Dairy Sci.* 75 (Suppl 1):95.
32. Lee EYC. 1996. Carbon dioxide gas analysis and application in the determination of the shelflife of modified atmosphere packaged dairy products. [MSc thesis]. Ithaca, NY. Cornell Univ. 77 s.
33. Gonzalez-Fandos E, Sanz S, Olarte C. 2000. Microbiological, physicochemical and sensory characteristics of Cameros cheese packaged under modified atmospheres. *Food Microbiology.* 17: 4, 407–414s.
34. Robinson RK, Tamime AY, Wszolek M. 2002. Microbiology of fermented milks. In: Robinson RK. editor. Dairy microbiology handbook: the microbiology of milk and milk products, 3rd ed. New York: Wiley-Interscience. 367–430 s.
35. Viljoen BC, Lourens-Hattingh A, Ikalafeng B, Peter G. 2003. Temperature abuse initiating yeast growth in yoghurt. *Food Res. Int.* 36:193–197.
36. Taylor DP, Ogden LV. 2002. Carbonation of viscous fluids: carbon dioxide holding capacity and rate to saturation of simulated yogurt. *J. Food Sci.* 67:1032–1035.
37. Karagul-Yuceer Y, Wilson JC, White CH. 2001. Formulations and processing of yogurt affect the microbial quality of carbonated yogurt. *J. Dairy Sci.*, 84:543–550.
38. Karagul-Yuceer Y, Coggins PC, Wilson JC, White CH. 1999. Carbonated yogurt: sensory properties and consumer acceptance. *J. Dairy Sci.*, 82:1394–1398.
39. Wright AO, Ogden LV, Eggett DL. 2003. Determination of carbonation threshold in yogurt. *J. Food Sci.*, 68:378–381.
40. Calvo MM, Montilla MA, Cobbs A. 1999. Lactic acid production and rheological properties of yogurt made from milk acidified with carbon dioxide. *J. Sci. Food Agric* 79:1208–1212.
41. Gueimonde M, Alonso L, Delgado T, Bada-Gancedo JC, de los Reyes-Gavilan CG. 2003. Quality of plain yoghurt made from refrigerated and CO₂-treated milk. *Food Res. Int.* 36:43–48.
42. Vinderola CG, Gueimonde M, Delgado T, Reinheimer JA, de los Reyes-Gavilan CG. 2000. Characteristics of carbonated fermented milk and survival of probiotic bacteria. *Int. Dairy J.* 10:213–220.
43. Gueimonde M, de los Reyes-Gavilan CG. 2004. Reduction of incubation time in carbonated *Streptococcus thermophilus*/*Lactobacillus acidophilus* fermented milks as affected by the growth and acidification capacity of the starter strains. *Milchwissenschaft-Milk Sci. Int.* 59:280–283.
44. Noriega L, Gueimonde M, Alonso L, de los Reyes-Gavilan CG. 2003. Inhibition of *Bacillus cereus* growth in carbonated fermented bifidus milk. *Food Microbiol.* 20:519–526.
45. Hunziker OF. 1924. Facts about carbonated butter. *J. Dairy Sci.* 7:484–488.
46. Prucha MJ, Brannon JM, Ruehe HA. 1925. Carbonation of butter. *J. Dairy Sci.* 8:318–321.
47. Driscoll NR, Brennand CP, Hendricks DG. 1985. Sensory quality of nonfat dry milk after long-term storage. *J. Dairy Sci.* 68:1931–1935.
48. Holm GE, Wright PE, Greenbank GR. 1927. Variations in the susceptibility of the fat in dry whole milks to oxidation when stored at various temperatures and at various atmospheres. *J. Dairy Sci.* 10: 33–35.
49. Lloyd MA, Zou J, Farnsworth H, Ogden LV, Pike OA. 2004. Quality at time of purchase of dried milk products commercially packaged in reduced oxygen atmosphere. *J. Dairy Sci.* 87:2337–2343.
50. Prucha MJ, Brannon JM, Ambrose AS. (1922), Does carbon dioxide in carbonated milk and milk products destroy bacteria, University of Illinois Agricultural College and Experimental Station Circular, 256, 1–8.
51. Rettger LF, Winslow CEA, Smith AH. 1922, Report of an investigation into the effect of freezing ice cream in an atmosphere of carbon dioxide. National Association of Ice Cream Dealers, New York.
52. Valley G, Rettger LF. 1927. The influence of carbon dioxide on bacteria, *J. Bacteriol.*, 14, 101.
53. Loss CR, Hotchkiss JH. 2006. The use of dissolved carbon dioxide to extend the shelf life of dairy products. Cornell University. USA.