

## SÜT VE ÜRÜNLERİNDE CO<sub>2</sub> UYGULAMALARI – II : ÇİĞ VE PASTÖRİZE SÜT

### CO<sub>2</sub> APPLICATION ON MILK AND DAIRY PRODUCTS- II: RAW AND PASTEURIZED MILK

Enes DERTLİ, Nihat AKIN\*

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş tarihi: 15.05.2007

**ÖZET :** Ürünlerin üretiminde hammaddeden kaynaklanan başlangıç bakteriyel yükün azaltılması, pastörizasyon sisteminin geliştirilmesi ve üretim işlemlerinden önceki kontaminasyonun önlenmesi gibi uygulamalar raf ömrünün uzatılmasında etkilidir. Karbon dioksit doğal olarak meydana gelen bir süt bileşenidir ve kesin mekanizması henüz anlaşılmasına rağmen, ürünlerde bazı bozulma oluşturan mikroorganizmalara karşı inhibitör etkilidir. Uygulamada kullanılan yeni CO<sub>2</sub> teknolojileri çiğ ve pastörize sütü içeren sütçülük ürünlerinde farklılığın artırılması, raf ömrünün ve kalitenin yükseltilmesi amacıyla sürekli geliştirilmektedir. Bu çalışmada CO<sub>2</sub> kullanılarak çiğ ve pastörize sütün kalitesinin geliştirilmesi konusunda geçmişteki ve günümüzdeki araştırmalar detaylı olarak irdelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Karbondioksit, pastörize süt, çiğ süt, raf ömrü

**ABSTRACT :** Reducing initial bacterial loads, increasing pasteurization regimes, and reducing postprocessing contamination have all been employed with measured success. The use of antimicrobial additives has been discouraged primarily due to labeling requirements and perceived toxicity risks. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is a naturally occurring milk component and inhibitory toward select dairy spoilage microorganisms; however, the precise mechanism is not fully understood. CO<sub>2</sub> addition through modified atmosphere packaging or direct injection as a cost-effective shelf life extension strategy is used commercially worldwide for some dairy products and is being considered for others as well. New CO<sub>2</sub> technologies are being developed for improvements in the shelf life, quality, and yield of a diversity of dairy products, including raw and pasteurized milk, cheeses, cottage cheese, yogurt and fermented dairy beverages. Here we present a comprehensive review of past and present research related to quality improvement of such dairy products using CO<sub>2</sub>

**Keywords:** Carbon dioxide, pasteurized milk, raw milk, shelf life

### GİRİŞ

Süt ve bazı süt ürünlerinin buzdolabı sıcaklığında raf ömrünün 1–3 hafta ile sınırlı olduğu belirtilmiştir(1). Sütün sınırlı raf ömrü üzerine etkili olan faktörler; çiğ sütün mikrobiyal kalitesi (1), bakteriyel enzimler(2), uygulanan ısı işlem şartları (3) ve dağıtma veya depolama sıcaklıkları (4) gibi faktörler olarak belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> kullanımını çeşitli süt ürünlerinin kalitesini geliştirmek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Özellikle, süt ürünlerinin ürettiği çevrede bulunan bakterilerin gelişmesinin ve metabolizmasının, kullanılan CO<sub>2</sub> miktarına bağlı olarak inhibe olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (5, 6, 7). CO<sub>2</sub> ve diğer muhafaza teknikleri (buzdolabında saklama, pastörizasyon, çeşitli ambalajlama teknikleri gibi) birlikte bakterilerin üremesi ve canlı kalması üzerine inhibe edici etkisi gösterilmiştir. Bu çalışmada çiğ ve pastörize sütlerde CO<sub>2</sub> kullanımının etkisi incelenmiştir.

### Çiğ Süt

Antimikrobiyal ajan olarak süte yüksek basınçlarda CO<sub>2</sub> ilavesi bizi 20. yüzyıla götürmektedir. Hoffman (8) yapmış olduğu çalışmada, süte ilave edilen 50 atm CO<sub>2</sub>'nin mikrobiyal yükün artış oranını azalttığını saptamıştır.

\* E-posta: nakin@selcuk.edu.tr

Herhangi bir işlem uygulanmamış süt oda sıcaklığında 24 saat içinde pıhtılaşmaya başlarken, 10 atm CO<sub>2</sub> ilave edilmiş sütte 72 saat sonra bile herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Van Slyke ve Bosworth (9) yaptıkları çalışmada yüksek CO<sub>2</sub> basıncının laktik asit fermentasyonunu yavaşlattığını öne sürmüşlerdir. Bu çalışmada en iyi korumanın içeceklerin dolusunda tanklarda CO<sub>2</sub> basılması tekniğini kullanan kuruluşlarda olduğu gibi yeni pastörize edilmiş ve temiz bir şekilde elde edilmiş sütün tanklarda CO<sub>2</sub> ile muamele edilmesiyle sağlandığı bildirilmiştir. Yine bu yüzyılın başında çeşitli laboratuvarlarda yapılan çalışmalar, CO<sub>2</sub> ile mikrobiyal aktivite arasındaki ilişkiyi konu edinmiştir (10, 11,12) .

### Depolama ve Taşıma

Günümüzde çoğu araştırmacı düşük seviyelerde süte eklenen CO<sub>2</sub>'in kimyasal ve mikrobiyolojik etkilerini incelemektedir (13). Bu konudaki öncü çalışmalar herhangi bir muamele yapılmamış ve bakteri inoküle edilen süte 10 ile 40mM düzeyinde CO<sub>2</sub> ekleyen ve bu sütleri 4, 7 ve 10 °C'de 6 gün depolayan King ve Mabbit (14), Mabbit (15), Law ve Mabbit (16) tarafından gerçekleştirilmiştir. CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artması ve sıcaklığın düşmesi mikrobiyal gelişim inhibisyonunu artırmaktadır. En etkili sonuçlar bu iki parametre birlikte ayarlandığında elde edilmektedir. Sıcaklık azaldıkça CO<sub>2</sub>'in çözünürlüğünün artması ve böylece mikrobiyal gelişimin indirgenmesi ve her ikisinin kombine etkisi ürünün güvenilirliğini artırmaktadır. Düşük başlangıç mikrobiyel yükü ve düşük süt toplama sıcaklığı maksimum etkinin elde edilmesini sağlar. Bu araştırmacılar aynı zamanda çiğ sütün mikrobiyal kalitesinin CO<sub>2</sub>'in etkisini değiştirdiğini ifade etmektedir. CO<sub>2</sub> ile muamele edilmiş sütte 6 gün sonunda mikrobiyal yük 4 log kob/mL iken, CO<sub>2</sub> ile muamele edilmemiş sütteki mikrobiyal yük 3 log birimi daha fazladır, diğer bir çalışmada da 5 log kob/mL başlangıç yükü CO<sub>2</sub> ile muameleden sonra 1 log birim azalmıştır (14). 10 °C'de tutulan ve mikrobiyal yükü 5 log kob/mL olan süte CO<sub>2</sub>'in çok az bir yararı söz konusudur. Tankerlerle toplanan çiftlik sütüne 20–30 mM CO<sub>2</sub> eklenmesi, hiçbir muameleye tabi tutulmayan süte göre 7 °C'de 4 gün depolama sonunda 3 log kob/mL lik daha az yüke sahip olmasına neden olmuştur. CO<sub>2</sub> ile aynı pH'ya HCl ile asidifiye edilen sütte CO<sub>2</sub>'inki kadar mikrobiyel inhibisyon sağlanamamıştır. King ve Mabbit (14) yaptıkları çalışmada mikrobiyal inhibisyon etkisinin ne pH düşüşü ne de oksijenin uzaklaştırılmasından kaynaklandığını, CO<sub>2</sub>'in direkt olarak etki edip onun varlığından dolayı olduğunu dile getirmektedirler. Bu veri CO<sub>2</sub>'in eklenmesi ile yüksek kalitede ürün elde etme imkânı sağlandığını göstermektedir.

Roberts ve Torrey (17) yaptıkları çalışmada steril sütü yine süttten izole ettikleri en yaygın çeşitli proteolitik psikrotroflarla inoküle etti ve 7 °C'de eklenen 20 – 30 mM'luk CO<sub>2</sub>'in etkisini inceledi. Bu çalışmayla içerisine inoküle edilen ve edilmeyen sütte de çözünen CO<sub>2</sub> miktarı arttıkça mikroorganizmaların gelişimindeki eksponansiyel fazın azaldığı, lag fazın ise arttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda düşük miktarlarda CO<sub>2</sub> ilave edilmiş çiğ sütün soğukta depolanabilmesi 1 ile 3 gün arasında artmıştır. Amigo ve ark., (18) yaptıkları çalışmada ısı işlem görmüş süte, inoküle süte ve çiğ süte aynı zamanda duyuusal özelliklere de asidifikasyonun etkisini incelemişlerdir; CO<sub>2</sub> sütün pH'sının 6.7'den 6.2 ve 6.0'ya kadar düşmesini sağlamaktadır. Ancak, bu çalışmada pH'nın bu denli düşmesi için ilave edilmesi gereken CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ifade edilmemiştir. Dolayısıyla diğer çalışmalarla sağlıklı bir karşılaştırma yapılamamaktadır. CO<sub>2</sub> muamelesi *Pseudomonas* türlerinin generasyon sürelerini uzatmakta ve gelişme oranlarını da azaltmaktadır. Duyusal özellikler açısından bütün gazları uzaklaştırılmış, pastörize süt ile muamele görmüş ve muamele görmemiş sütler arasında herhangi bir algılanabilir farklılık mevcut değildir. Gazları uzaklaştırılmamış örnekler ise CO<sub>2</sub>'in yüksek oranda çözünmesinden dolayı dokusal duyuular açısından daha kalitesiz bulunmuştur.

Espie ve Madden (19) yaptıkları çalışmada 6 °C'de 7 gün süreyle depolanan çiğ sütün doğal mikrobiyal florası üzerine 30 ve 45 mM'lük CO<sub>2</sub>'in etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar *Lactobacilli*, psikrotrof, koliform ve toplam mikroorganizma yükünü göstermektedir. *Lactobacilli* hariç diğerlerinin CO<sub>2</sub> ilavesi ile inhibe oldukları ispat edilmiştir. Bu araştırmacılar çiğ süte CO<sub>2</sub> ilavesi ile depolama kalitesinde bir artışın elde edileceğini ifade etmektedir.

Martin ve ark., (20) yaptıkları çalışmada 15 °C'de depolanan inoküle ısıtılmış sütün eklenmesiyle ilgili olarak 0.6'dan 61.4 mM seviyelerinde CO<sub>2</sub> ilavesinin bakteriyel gelişim üzerine etkisini incelemişlerdir ve bu konsantrasyonların çığ süt bakterilerinin gelişimini önemli ölçüde azalttığı sonucuna varmışlardır. Çığ sütteki toplam mikroorganizma popülasyonu ve inoküle edilmiş steril sütteki *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*, ve *Bacillus licheniformis* popülasyonlarını incelemişlerdir. Çığ sütteki toplam mikroorganizma popülasyonu için CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artışı ile gelişme oranı azalırken, maksimum gelişme süresi ve lag fazı da artmaktadır. Çalışılan her spesifik organizma için CO<sub>2</sub> Gram (+) bakterilerden çok Gram (-) bakterilerin gelişimini inhibe etmektedir. 0.4 mM CO<sub>2</sub> ile inkübe edilen *Pseudomonas fluorescens*'in lag fazı 3.3 saat iken, 46.3 mM CO<sub>2</sub> ilave edildiğinde 26.1 saattir. *Bacillus cereus* için CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artarken lag fazda herhangi bir değişiklik saptanmamış, aynı zamanda gelişme oranında da çok az bir azalma not edilmiştir ; *Bacillus licheniformis* içinde lag faz artarken, gelişme oranında herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir. Bu sonuçlar CO<sub>2</sub>'in buzdolabı sıcaklıklarının üstünde bile süt patojenleri ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini inhibe ettiğini göstermektedir.

Rajagopal ve ark., (21) yaptıkları çalışmada belirli bir sürüden elde edilen 5, 6.1, 10 ve 20 °C da 68'den 689 kPa düzeylerine kadar CO<sub>2</sub> eklenen ve 9 güne kadar depolanan çığ sütteki mikrobiyel gelişimi incelemişlerdir. Bu parametrelerle herhangi bir protein çökmesi meydana gelmemiştir. Bütün bu uygulamalar ile buzdolabı sıcaklıklarının üzerinde bile çığ sütteki toplam mikroorganizma sayısında önemli bir reduksiyon meydana gelmiştir. Yüksek CO<sub>2</sub> basıncında depolamanın sonunda toplam mikroorganizma, toplam Gram (-) bakteri ve *Lactobacillus* sayısında bir reduksiyon ölçülmüştür. 6.1 °C'de kontrol örneği ile karşılaştırıldığında popülasyonun 4.3 log kob/ mL ye ulaşması için geçen süre 4 gün artmıştır. CO<sub>2</sub> ile muamele edilen örneklerde koliform seviyesi aynı kalırken, CO<sub>2</sub> ile muamele edilmeyen örneklerde iki katına yükselmiştir. 9 günün sonunda CO<sub>2</sub> eklenmiş örneklerdeki termodürük bakteri seviyesi kontrol örneği ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalmıştır. ABD de pastörize süt yönetmeliğine göre çığ sütte pastörizasyondan önce bulunması gereken toplam mikroorganizma sayısı 6.1 °C'de maksimum 5 log kob/ mL düzeyinde olması gerektiği belirtilmiştir (22). Bu limit CO<sub>2</sub> ile muamele edilmemiş kontrol örneğinde 4 günün sonunda aşılırken, 689 mM CO<sub>2</sub> ile muamele edilmiş sütte 8. gün hala aşılmamıştır. Bu bilgi CO<sub>2</sub> eklenmesinin optimum süt kalitesi ve depolama, raf ömrü ile birlikte yüksek miktarlarda işletmede toplu depolanan çığ sütün korunmasında etkili bir metot olabileceğini göstermektedir.

Son yapılan laboratuvar çalışmaları da 138'den 345 kPa basınç altında 18900 L çığ süte eklenen 45mM CO<sub>2</sub>'in depolama süresini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (23). Bu süt normal şartlar altında paslanmaz çelik tankında yüksek miktarlarda işletmede toplu olarak depolanmıştır. Başlangıç sıcaklığı 2 °C olan sütün sıcaklığı 14 gün boyunca yavaş yavaş 10°C'ye yükselmiştir. Toplam mikroorganizma sayımları CO<sub>2</sub> ile muamele edilmiş sütün mikrobiyel yükünün kalite standartlarını aşmadığını göstermektedir. Dolayısıyla orta dereceli CO<sub>2</sub> basıncı çığ sütün muhtemel taşınma ve depolama süresinin artırılmasında etkili bir metot olabilmektedir (23).

### **Sütteki Enzim Üretimi ve Aktivitesi Üzerine CO<sub>2</sub>'in Etkisi**

İdeal bir süt ortamında *P. fluorescens* tarafından üretilen ekstraselüler enzim üzerine karbon dioksit etkisi incelenmiştir (24). 7 °C'de 30 mM seviyesinde çözünen CO<sub>2</sub> proteaz üretiminde % 50'ye varan reduksiyona neden olmuştur. 5. günün sonunda kontrol örneğindeki lipaz düzeyi CO<sub>2</sub> ile muamele edilen süte göre % 85 daha fazladır. Bu farklılığın CO<sub>2</sub>'in lipidlerdeki yüksek çözünürlüğünden kaynaklanması muhtemeldir. Son olarak süper kritik CO<sub>2</sub> (100 bar) seviyesinin *P.fluorescens*'in lipaz aktivitesinde % 50'ye varan azalmaya neden olduğu Habulin ve Knez tarafından gösterilmiştir (25).

### **Sütün İşlenmesi**

Calvo ve De Rafael (26) yaptıkları çalışmada pastörizatörün plakalarının yüzeylerinde süt kalıntılarının oluşmasını minimize etmek amacıyla pastörizasyondan önce CO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılması gerektiğini ileri sürmektedir. Beaulieu ve ark., (27) da yaptıkları çalışmada model bir süt sisteminde HTST pastörizasyon sıcaklığı koşulları al-

tında çözünen protein içeriğinin yükseldiğini ve pH'nın düşmesiyle kazeinlerin agregasyonunun arttığını göstermiştir. Bu koşullar ısıtma ekipmanlarında tortu oluşumu ile sonuçlanabilmektedir. Pastörizasyon işlemi sırasında 0 dan 54mM'e kadar CO<sub>2</sub> ile muamele edilmiş sütün pH sı, artan basınç ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu nedeniyle düşmektedir; sabit CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda artan sıcaklıkla birlikte basıncın pH düşmesi üzerine etkisi maksimumdur, yine sabit sıcaklıkta CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artmasıyla basıncın pH düşmesi üzerine etkisi maksimumdur (28). Ma ve ark., (29) yaptıkları çalışmada sütün 23mM'lük CO<sub>2</sub> ile modifikasyonunun pH'nın düşmesi ile sonuçlanacağını ifade etmişlerdir. 80 °C de 345 kPa basınç altında 55 m'lük CO<sub>2</sub> ile modifiye edilmiş sütün pH'sı 5.63'ün altına da düşebilir. Bu nedenle pastörizasyon sıcaklığı ve basıncı altında sütün bozulmasının önlenmesi için CO<sub>2</sub> içeriğinin çok iyi ayarlanması gerekir (28). Bu faktörler ayarlandığı takdirde CO<sub>2</sub> pastörizasyon sırasında mikroorganizmaların yok edilmesine yardımcı olarak kullanılabilir. Loss (30) yaptığı çalışmada 1 ile 36 mM arasında değişen çiğ sütteki çözünmüş CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artmasının *P. fluorescens* in 50° C deki desimal redüksiyon süresini doğrusal olarak azalttığını ve 44 ile 58 mM arasında değişen CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun toplam mikroorganizmanın z değerini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Pastörizasyon işlemi sırasında çözünmüş CO<sub>2</sub>'in bakteriyel etkileri üzerine daha geniş bir çalışma Loss ve Hottchkiss (31) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Pastörizasyon işleminden sonra ayrıldığında, 23 mM CO<sub>2</sub>'in ABD'de antibiyotik kontaminasyonu, su karıştırma, protein/yağ/laktoz içeriği ve mikrobiyal yükü nispi olarak indirgemek amacıyla gerçekleştirilen pastörizasyon işleminin etkinliğini belirlemek amacıyla yapılan antibiyotik kalıntı testi, donma noktası, alkali fosfataz testi gibi popüler analizlere önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır (29) . Ruas ve ark., (7) yaptıkları çalışmada bir pilot tesis çalışmasında 200L süte yeterli oranda CO<sub>2</sub> eklenmesi durumunda çiğ süt pH'sının 6.0 veya 6.2 seviyesine düştüğünü ifade etmişlerdir. Sütten vakum işlemiyle kalıntı CO<sub>2</sub> uzaklaştırılmış, süt pastörize edilmiş ve 4 gün boyunca 4°C'de tutulmuştur. Süt örnekleri duyuşsal, mikrobiyolojik ve kimyasal açıdan değerlendirilmiştir. CO<sub>2</sub> eklenmesi, vakum işlemi ve pastörizasyonun kombine etkisi ne PAS (Peynir altı suyu) proteinlerini ne de kazeinleri etkilemiştir. Genel olarak CO<sub>2</sub> ile muamele işlemiyle çok az azalan laktik asit dışında sütün organik asit içeriği değişmemiştir. Ancak aynı ürünün uçucu organik bileşen konsantrasyonu (galiba mikrobiyal aktivitenin azalmasından dolayı) düşmüştür. Duyusal özelliklerde herhangi bir önemli değişiklik meydana gelmemiştir. En önemli major değişiklik CO<sub>2</sub> eklenmemiş çiğ sütle karşılaştırıldığında 4 günlük depolama sonunda CO<sub>2</sub> ile işlem görmüş çiğ süte koliform, psikrotrof, proteolitik psikrotrof ve lipolitik psikrotrof sayılarının azalmasıdır. Araştırmacılar depolama boyunca herhangi bir şekilde mikrobiyel bozulma olmaması için CO<sub>2</sub>'in çiğ süte eklenebileceğini ve işlem basamakları boyunca kolaylıkla uzaklaştırılabileceğini öne sürmektedir. Aynı araştırma grubu raf ömrünü uzatmak amacıyla ilave edilen CO<sub>2</sub>'in çiğ sütün serbest monosakkarit içeriği (32), yağda veya suda çözünebilir vitamin (33, 34) içeriğine herhangi bir etkisinin olmadığını ifade etmektedir.

Pastörizasyon yani sütten CO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılmasından sonra ilave edilen CO<sub>2</sub>'in sütün kalitesi üzerine etkisi de araştırılmıştır (35). CO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılmasından önce 4°C'de 10 gün tutulmuş olan süte CO<sub>2</sub> ilave edilmiş (14.8-22.7 mM) ve daha sonra HTST pastörizasyon işlemi uygulanıp HDPE plastik gereçlerde 6°C de 30 gün boyunca depolanmıştır. Çiğ ve pastörize süt toplam mikroorganizma, Gram(-) psikrotrof sayıları, proteoliz, lipoliz ve pH yönünden incelenmiştir. Asit değeri (ADV) lipoliz için indeks olarak kullanılırken, toplam nitrojendeki kazein nitrojeninin yüzdesi (CN/TN) de proteoliz için bir indeks olarak kullanılmaktadır.

CO<sub>2</sub> ile muamele edilmiş süte işlem görmeyene göre mikrobiyel popülasyon pastörizasyondan sonra daha uzun lag fazı ve daha düşük gelişim oranı göstermekte ve pastörizasyondan öncekine göre daha düşük mikroorganizma sayıları sergilemektedir. Pastörize sütteki proteoliz ve lipoliz seviyesi de CO<sub>2</sub>'in eklenmesi ile indirgenmiştir. İşlem görmüş ve işlem görmemiş pastörize sütteki kazein içeriği ve ADV'deki değişiklikler arasındaki farklılıklar pastörizasyondan önce toplam mikrobiyel yükü 6 log kob/ mL olan çiğ süt için mükemmeldir. Pastörizasyondan sonra aynı mikrobiyal yüke erişmek için geçen süre de CO<sub>2</sub> muamelesinden etkilenmektedir. Benzer olarak Ma ve ark., (28) da yaptıkları çalışmada 4 °C'de 34 mM CO<sub>2</sub> ile depolanan çiğ süte süt bakterilerinin mikrobiyal gelişiminin indirgendğini ve sonuçta tüm proteoliz ve lipoliz aktivitelerinin azaldığını göstermiştir.

CO<sub>2</sub>'in eklenmesi ile buzdolabı koşullarında depolanan çiğ sütteki bozulmalarla birlikte sütteki spesifik psikrotrof Gram (-) organizmaların gelişiminin indirgendiği apaçıktır. Ayrıca çiğ sütteki organizmaların inhibisyonu pastörize sütün kalitesini bütünüyle geliştirmektedir. Buzdolabı koşullarında depolanan çiğ süte CO<sub>2</sub>'in etkisi daha geniş bir şekilde incelenirken, toplama koşullarındaki çiğ süte veya buzdolabı sıcaklığının üzerindeki derecelerde CO<sub>2</sub>'in etkisi henüz yeteri kadar araştırılmamıştır. Sıcaklığın yükselmesi ile birlikte CO<sub>2</sub>'in inhibe edici etkisi azalır. Ancak yeteri kadar soğutulmamış çiğ sütteki çok az bir redüksiyon bile çok önemlidir. Düşük depolama sıcaklıklarının sağlanamadığı durumlarda CO<sub>2</sub> eklenmesi sütün kalitesinin yükseltilmesi açısından düşük maliyetli bir uygulamadır. Rashed ve ark., (36) yaptıkları çalışmada 7 °C'deki sütle karşılaştırıldığında 20 °C'deki süte CO<sub>2</sub>'in fazla bir etkisinin olmadığını saptamıştır. Ancak yine de mikrobiyal açıdan önemli değişiklikler olmaması açısından düşük bakteri sayıları yani CO<sub>2</sub>'in eklenmesi oldukça önemlidir.

### **Karbondioksitin Uzaklaştırılması**

CO<sub>2</sub> vakum uygulaması ile pastörizasyon işleminden önce makul bir şekilde uzaklaştırılmaktadır. Ticari açıdan uygun çeşitli ekipmanlar bulunmaktadır; örneğin Feldmeier Aro-Vac (Syracuse, N.Y), uçucu bileşenlerin uzaklaştırılması ve sütün havasının alınması işlemlerinde kullanılmaktadır. Moore ve ark., (37) da yaptıkları çalışmada HTST pastörizasyon işleminden önce CO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılması amacıyla ticari olarak kullanılan buharsız uçucu bileşen uzaklaştırıcı kullanmıştır. Ruas – Madiedo ve ark., (7) yaptıkları çalışmada HTST pastörizasyon işleminden önce CO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılması amacıyla vakumlu bir gaz alıcı sistem ve pilot pastörizatör kurmuşlardır. Çiğ süt pH'sınının 5.9 - 6.3 arasına indirgenmesi amacıyla CO<sub>2</sub> ile modifiye edilmektedir. CO<sub>2</sub> ile muamele edilmiş süt öncelikle plakalı pastörizatörde 55-60 °C ye ısıtılmaktadır daha sonra 300 mmHg vakumun uygulandığı ikinci bir tanka pompalanır ve 72°C /15 sn HTST işleminin uygulandığı diğer bir plakalı pastörizatöre pompalanır ve son olarak 38°C'ye soğutulur. Gevaudan ve ark., (1996) yaptıkları çalışmada oda sıcaklığında asidifiye olmuş süte CO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılması amacıyla 5.8 mmHg vakum uygulamışlardır. Bada-Gancedo ve ark.,(7) tarafından yapılan çalışma pastörizasyondan önce ve sonra biyokimyasal ve duyuşsal özelliklerdeki değişiklikleri içermektedir. Benzer olarak Amigo ve ark., (18) yapmış oldukları çalışmada da degazifikasyon ve pastörizasyondan sonra işlem görmüş süt ile görmemiş sütte herhangi bir farklılığın olmadığını göstermektedir. Son yapılan laboratuvar çalışmaları da çiğ süttten CO<sub>2</sub>'in etkili bir şekilde uzaklaştırılması amacıyla yüksek vakumlu gereçlerle kombine edilmiştir ( 29, 38, 21) .

Diğer metotlarda pastörizasyondan önce CO<sub>2</sub>'in etkili bir biçimde uzaklaştırılması amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Çok önceleri yapılan çalışmalar (39), düşük seviyedeki CO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılmasında vakum uygulaması, gaz temizleme veya diğer kombine uygulamaların etkili olabileceğini ifade etmektedir. Günümüzde ise Thongoupakarn (35) yaptığı çalışmada HTST pastörizasyondan önce 14-19 mM'lik CO<sub>2</sub> seviyesini 1-2 mM' ye indirmek amacıyla akıcı nitrojen gazı buharı kullanılmaktadır. Rajagopal ve ark., (21) yaptıkları çalışmada CO<sub>2</sub>'in iyi bir şekilde uzaklaştırılması amacıyla ılık sıcaklık (30-35°C), düşük basınç kombine tekniğini kullanılmaktadır.

### **Pastörize Süt**

Pastörize sütün raf ömrünü uzatmak amacıyla direkt olarak CO<sub>2</sub>'in eklenmesi muhtemelen katılan CO<sub>2</sub>'in sütün duyuşsal özelliklerine zarar vereceği varsayıldığından pek gündeme gelmemiştir (14). Bununla birlikte duyuşsal özellikleri zarar görme eşiğindeki CO<sub>2</sub>'in seviyesi istenen mikrobiyel gelişim inhibisyonunun sağlanması için yeterlidir (40, 41, 42). 6°C de depolanan, kartonlarla paketlenmiş tam yağlı pastörize sütteki 1.81'den 3.18 mM' ye kadar olan CO<sub>2</sub> seviyesi kalitenin korunmasını 14 gün uzatmıştır. Bununla birlikte kalite 14. günün sonunda en yüksek CO<sub>2</sub> içeren sütle işlem görmemiş süt arasında önemli ölçüde farklıdır. Benzer olarak işlem görmüş sütlerdeki psikrotrof ve toplam bakteri sayıları daha düşüktür. Bu çalışmada CO<sub>2</sub> için duyuşsal eşik değeri 740 mg/L'dir. Bu test edilen en yüksek CO<sub>2</sub> seviyesidir. Son denemelerde pastörize süte eklenen CO<sub>2</sub>'in kalitenin korunmasını önemli ölçüde geliştirdiğini ifade etmektedir ( 42).

Pastörize sütte CO<sub>2</sub>'in kullanımı daha detaylı bir şekilde ele alınan bir konudur. Değişik koruma özelliklerine sahip torbalarda paketlenen inoküle süte eklenen düşük CO<sub>2</sub> seviyesinin psikrotrof mikroorganizmaların gelişimini inhibe ettiği ve raf ömründe ortalama bir uzama sağladığı gösterilmiştir (43, 44). CO<sub>2</sub> içeriğinin 0'dan 21.5 mM'ye doğru artmasıyla maksimum bakteriyel sayılarda düşüş, gelişme oranında azalma ve lag fazda bir uzama kaydedilmiştir. CO<sub>2</sub>'in inhibe edici özelliği 4°C'de 7°C'den daha fazladır.

Sonuç olarak karbondioksit süt endüstrisinin çeşitli dallarında çoğu kez kullanılan antimikrobiyal etkili benzersiz bir bileşendir. Karbondioksit benzersizdir çünkü sağlık açısından herhangi bir zararı olmaksızın süt ve ürünlerine eklenebilmekte ve süt ve ürünlerinden uzaklaştırılabilmektedir. Karbondioksit gıda endüstrisindeki kullanımını güvenlidir. Bu nedenle etiket üzerinde ayrıca belirtilme zorunluluğu yoktur. Karbondioksitin, su ve yağ fazında kolaylıkla çözünmesi, mikroorganizma gelişimi açısından pH'yı indirgeme 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 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 karıştırma veya basit bir vakum işlemi yeterli olmaktadır.

Karbondioksitin Cottage peyniri endüstrisindeki yararları çok daha belirgindir. Aynı zamanda çiğ süütün mikrobiyal kalitesini geliştirme açısından da karbondioksit 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. Karbondioksit kullanımı ile bu peynirlerde bulunabilecek patojenlerden kaynaklanan risk karbondioksit tarafından indirgenebilmekte ve aynı zamanda bu peynirlerin istenen karakteristik aroması aynen muhafaza edilebilmektedir.

Koruyucu özellikleri yüksek materyallerle paketlenen Cottage peyniri ve diğer akıcı ürünlere CO<sub>2</sub>'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 yığın çiğ süte CO<sub>2</sub> eklenmesinin; ürünün raf ömründe uzama, ürün güvenliğinin artması ve bazı durumlarda da kalitenin yükselmesi gibi etkileri olduğunu belirtmektedir. Ek olarak süütün raf ömrünün artması günümüzde uygulanılabilenden ziyade uzun mesafelere süütün ulaşmasını sağlar. Böylece yeni pazarların oluşması sağlanır. Tüketim amacıyla işlenen sütte, örneğin pastörize sütte CO<sub>2</sub>, işlenmemiş çiğ sütte uzaklaştırılması gereken kadar indirgenmelidir; vakum uygulaması bu redüksiyonu sağlamak amacıyla kullanılabilecek tekniklerden biridir.

## KAYNAKLAR

1. Muir DD. 1996. 'The shelf life of dairy products.1. Factors influencing raw milk and fresh products , J. Soc. Dairy Technol. 49: 24-32.
2. Champagne CP, Laing LL, Mafu RD, Akier A ve Griffiths W. 1994. Psychrotrophs in dairy products: their effects and their control, Crit. Rev. Food Science Nutr. 34 (1), 1-30.
3. Lewis M. 1999. Microbiological issues associated with heat treated milks, Int. J. Dairy Technol., 52 (4) 121-125
4. Henyon DK. 1999. 'Extended shelf life milks in North America: a perspective' , Int. J. Dairy Technol. 52 (3) : 95-101.
5. Dixon NM ve Kell DB. 1989. A review –the inhibition by CO<sub>2</sub> of the growth and metabolism of microorganisms. J. Appl. Bacteriol., 67 (10), 109-136.
6. Roberts RF, Torrey GS. 1988. Inhibition of psychrotrophic bacterial growth in refrigerated milk by addition of carbon dioxide. J. Dairy Sci. 71 : 52–60.
7. Ruas-Madiedo P, Bada-Gancedo JC, Fernandez-Garcia E, Gonzalez de Llano D ve Reyes –Gavilan CG. 1996. Preservation of the microbiological and biochemical quality of raw milk by carbon dioxide addition : a pilot-scale study , J. Food Prot. 59 (5), 502-508.

8. Hoffman W. 1906. Ueber den Einfluss hohen hohlensauredrucks auf Bakterien im Wasser und in der milch. Arch. Fur Hygiene 57 : 379–83.
9. Van Slyke LL ve Bosworth AW. 1907. Effect of treating milk with carbon dioxide gas under gas pressure. N.Y. Agric Exp. Sta. Bull 292 : 371–84.
10. Prucha MJ, Brannon JM. ve Ambrose AS. 1922. Does carbon dioxide in carbonated milk and milk products destroy bacteria. Univ. Ill Agric. Coll. Exp. Sta. Circr. 256:1–8.
11. Donald JR, Jones CL ve Maclean ARM. 1924. The effect of carbonation on bacteria in beverages. J. Am. Pub. Health, 14:122–4.
12. Valley G, Rettger LF. 1927. The influence of carbon dioxide on bacteria. J. Bacteriol. 14: 101–8.
13. Skudra LA. 1983. Effect of carbon dioxide on the microflora of milk. Dairy Sci. Abstr. 45 : 268.
14. King JS ve Mabbitt LA. 1982. Preservation of raw milk by the addition of carbon dioxide. J. Dairy Res. 49 : 439–47.
15. Mabbitt LA. 1982. Preservation of refrigerated milk. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 34 : 28–31.
16. Law BA ve Mabbitt LA. 1983. New methods for controlling the spoilage of milk and milk products. In: Roberts TA, Skinner FA editors. Food Microbiology: advances and prospects. London: Academic Press. 50–131 s.
17. Roberts RF, Torrey GS. 1988. Inhibition of psychrotrophic bacterial growth in refrigerated milk by addition of carbon dioxide. J. Dairy Sci. 71 : 52–60.
18. Amigo L, Olano A ve Calvo MM. 1995. Preservation of raw milk with carbon dioxide. Z LebensmUnters. Forsch., 200 : 293–6.
19. Espie WE ve Madden RH. 1997. The carbonation of chilled bulk milk. Milchwissenschaft 52 : 249–53.
20. Martin JD, Werner BG ve Hotchkiss JH. 2003. Effects of carbon dioxide on bacterial growth parameters in milk as measured by conductivity. J. Dairy Sci. 86 : 1932–40.
21. Rajagopal M, Werner BG ve Hotchkiss JH. 2005. Low pressure CO<sub>2</sub> storage of raw milk: microbiological effects. J. Dairy Sci. 88 : 3130–8.
22. U.S. Department of Health and Human Services. 1999. Grade “A” Pasteurized Milk Ordinance. Vol. Publication No. 229. 1999 Revision. Washington, DC. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration. 292 s.
23. Hotchkiss JH, Werner BG ve Lee EYC. 2006. Addition of carbon dioxide to dairy products to improve quality : A Comprehensive Review. Institute of Food Technologist, Vol. 5, 158-168s.
24. Rowe MT. 1988, Effect of carbon dioxide on growth and extracellular enzyme production by *Pseudomonas fluorescens*, Int. J. Food Microbiol., 6, 51–56.s
25. Habulin M ve Knez Z. 2001, Activity and stability of lipases from different sources in supercritical carbon dioxide and near-critical propane, J. Chem. Technol. Biotechnol., 76, 1260–1266.
26. Calvo M.M ve Derafael D. 1995. Deposition formation in a heat exchanger during pasteurization of CO<sub>2</sub> acidified milk. J. Dairy Res., 62 : 641–4.
27. Beaulieu M, Pouliot Y ve Pouliot M. 1999. Thermal aggregation of whey proteins in model solutions as affected by casein/whey protein ratios. J. Food Sci., 64: 776–80.
28. Ma Y ve Barbano DM. 2003c. Milk pH as a function of CO<sub>2</sub> concentration, temperature, and pressure in a heat exchanger. J. Dairy Sci. 86 : 3822–3830.
29. Ma Y, Barbano DM, Hotchkiss JH, Murphy S ve Lynch JM. 2001. Impact of CO<sub>2</sub> addition to milk on selected analytical testing methods. J. Dairy Sci. 84 : 1959–68.
30. Loss CR. 2001. Effect of dissolved carbon dioxide on the thermal resistance of microorganisms in milk. [MS thesis]. It-haca, N.Y.: Cornell Univ. p 92.
31. Loss CR ve Hotchkiss JH. 2003. The use of dissolved carbon dioxide to extend the shelf–life of dairy products. In: Smit G, Ed. Dairy processing: improving quality. Boca Raton, Fla.: CRC Press. 391–416 s.
32. Ruas-Madiedo P, de los Reyes-Gavilan CG, Olano A, Villamiel M. 2000. Influence of refrigeration and carbon dioxide addition to raw milk on microbial levels, free monosaccharides and myo-inositol content of raw and pasteurized milk. Eur. Food Res. Technol. 212: 44–7.
33. Ruas-Madiedo P, Bascaran V, Brana AF, Bada-Gancedo JC, ve de los Reyes-Gavilan CG. 1998a. Influence of carbon dioxide addition to raw milk on microbial levels and some fat-soluble vitamin contents of raw and pasteurized milk. J. Agric. Food Chem. 46 : 1552–5.
34. Ruas-Madiedo P, Bascaran V, Brana AF, Bada-Gancedo JC ve de los Reyes-Gavilan CG. 1998b. Influence of carbon dioxide addition to raw milk on microbial levels and some fatsoluble vitamin contents of raw and pasteurized milk. J. Agric Food Chem. 46: 2894–4.

35. Thongoupakarn K. 2001. Effect of CO<sub>2</sub> addition and to raw milk on pasteurized milk quality. [MSc thesis]. Ithaca, N.Y.: Cornell Univ. 55 s.
36. Rashed MA, Mehanna NM ve Mehanna AS. 1986. Effect of carbon dioxide on improving the keeping quality of raw milk. J. Soc. Dairy Technol. 39 : 62-4.
37. Moore JM, Smith AC ve Gosslee DG. 1961. Effect of carbon dioxide upon freezing point of vacuum treated milk. J. Milk Food Technol. 24 : 176-80.
38. Santos MV, Ma Y, Caplan Z ve Barbano DM. 2003. Sensory threshold of off-flavors caused by proteolysis and lipolysis in milk. J. Dairy Sci. 86 : 1601-7.
39. Noll CI ve Supplee GC. 1941. Factors affecting the gas content of milk. J. Dairy Sci. 24 : 993-8.
40. Shipe WF, Senyk GF, Adler EJ ve Ledford RA. 1982. Effect of infusion of carbon dioxide on the bacterial growth in fluid milk (abstr). J. Dairy Sci. 65 (Suppl 1) : 77.
41. Duthie CM. 1985. Effect of low-level carbonation on the keeping quality of processed milk. [MSc thesis]. Ithaca, N.Y.: Cornell Univ. 60 s.
42. Duthie CM, Shipe WF ve Hotchkiss JH. 1985. Effect of low level carbonation on the keeping quality of processed milk (abstr). J. Dairy Sci., 68 (Suppl 1):69.
43. Chen JH, Hotchkiss JH ve 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.
44. Hotchkiss JH, Chen JH ve Lawless HT. 1998. Effect of direct addition of carbon dioxide on microbial and sensory changes in pasteurized milk. J. Dairy Sci. 82:690-5.