



Sütün Raf Ömrünün Uzatılmasında Alternatif Yöntemler

Tülay Özcan^{1*}, Okan Kurtuldu¹

¹Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa
*e-posta: tulayozcan@uludag.edu.tr; Tel: 0 224 2941498; Faks: 0 224 2941402

Geliş Tarihi: 25.02.2010, Kabul Tarihi: 05.04.2010

Özet: Süt bileşenleri üzerinde bazı olumsuz etkilerine rağmen ısı işlem uygulaması, yıllardır sütlerin raf ömrünün uzatılmasında ve patojen bakterilerin inaktivasyonunun sağlanmasında etkin olarak kullanılmaktadır. Mikrofiltrasyon (MF), yüksek hidrostatik basınç teknolojisi (HHP) ve vurgulu elektrik alan (PEF) gibi yeni uygulamalar son yıllarda, sütün duyu ve besinsel özelliklerinde meydana gelen değişimleri azaltarak, raf ömrünün uzatılmasında alternatif üretim yöntemleri olarak kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Süt, mikrofiltrasyon, yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan.

Alternative Methods on Production of Extended Shelf Life Milk

Abstract: Heat treatment has been effectively used for years as a method to extend the shelf life of milk and to inactivate pathogenic bacteria, even though having deteriorative effects on some milk constituents. In recent years, novel technologies such as microfiltration (MF), high hydrostatic pressure (HHP) and pulsed electric field (PEF) have been used as alternative production methods for extended shelf life (ESL) milk with a low alteration in sensorial and nutritional attributes.

Key Words: Milk, microfiltration, high hydrostatic pressure, pulsed electric fields.

Giriş

Gıda maddelerinin pek çoğu fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faktörlerin etkisiyle depolanmaları sırasında değişikliğe uğramakta, yapısal ve duyu özelliklerini kaybetmektedirler. Bu değişmelerin başlangıç noktasını çoğunlukla mikroorganizmalar oluşturmaktadır. Mikroorganizmaların gelişiminde sıcaklık, pH, su aktivitesi, redoks potansiyeli ve gıdaların bileşiminde bulunan koruyucu maddeler önemli olup, bu faktörlerin değişimi ile gıdaların raf ömürleri etkilenmektedir. Depolama süresinin arttırılmasında kurutma, tuzlama, fermentasyon, kimyasal koruyucular, dumanlama ve ısı işlem uygulaması gibi yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde bu uygulamaların yanısıra

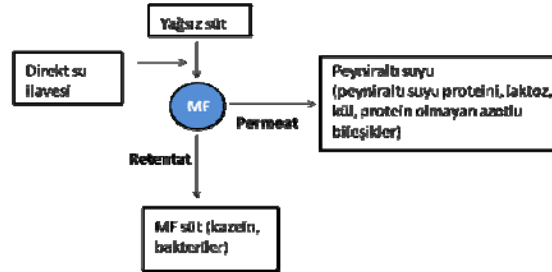
özellikle gıdaların üretiminde uygulanan ısı işlemlere alternatif olarak mikrobiyolojik açıdan güvenli yeni teknikler geliştirilmeye başlanmıştır. Bunlar; mikrofiltrasyon (MF), yüksek hidrostatik basınç teknolojisi (HHP), vurgulu elektrik alan (PEF) uygulamaları, antimikrobiyal maddelerin ve bakteriyosin oluşturan mikroorganizmaların ilavesi, karbondioksit ve polikationik polimerler gibi kimyasal ve likit enzimlerin kullanımı, ozon uygulamaları, ışınlama, mikrodalga uygulamaları, ultrasonikasyon teknolojisi ve Ultraviyole (UV) uygulamaları şeklinde sıralanmaktadır (Leadley, 2003; Rysstad ve Kolstad, 2006; Kavas ve ark., 2007; Temiz ve ark., 2008).

Sütün raf ömrünün uzatılmasında patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaların inaktivasyonu önemlidir. Bu amaçla kullanılacak yöntemin gıdanın besin değeri ve duyuşal özelliklerini korumasının yanısıra ucuz ve kolay uygulanabilir olması da gerekmektedir. Mikroorganizmaların inaktivasyonunda başlıca uygulanan yöntem ısı işlemidir. Isıl işlem gıdanın duyuşal özelliklerini ve besin içeriğini olumsuz etkileyebileceğinden son yıllarda yeni teknolojik yaklaşımlar pek çok çalışmanın odağı haline gelmiştir (Linton ve ark., 2001; Rysstad ve Kolstad, 2006; Budak ve ark., 2007; Budak ve Güzel-Seydim, 2008). Geliştirilmekte olan yeni yöntemlerle, sütte ısı işlem uygulamaları sonucunda meydana gelen değişimlerin azaltılması ve sütün raf ömrünün uzatılması amaçlanmaktadır. Bu uygulamaların en önemlileri aşağıda belirtilmiştir (Rosenberg, 1995; Guerra ve ark., 1997; Goff ve Griffiths, 2006).

Membran Teknolojileri ve Mikrofiltrasyon

Süt ve süt ürünlerinin raf ömrünün arttırılmasında uygulanan yöntemlerden biri membran teknolojisidir. Membranlar, farklı iki fazı birbirinden ayıran polimer esaslı yapılardır. Gözenek çapı büyüklüklerine göre; mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters ozmoz (RO) olarak sınıflandırılmaktadırlar (Mulder, 1996; Avalli ve ark., 2004; Brans ve ark., 2004).

Bu teknolojiye membrandan geçemeyen maddelerin zenginleşmiş hali “konsantrat” ya da “retentat” olarak isimlendirilmektedir. Uygulama sırasında sirküle edilen sıvının bir kısmı membranı sürekli aşmakta ve sistemi terk etmektedir. Bu kristal berraklıktaki sıvıya “filtrat” ya da “permeat” denilmektedir. Membran proseslerinde akışkanların ayrılmasını sağlamak için membranın iki tarafı arasında basınç, konsantrasyon, sıcaklık ya da elektrik potansiyel farkı gibi bir sürücü kuvvet oluşturmak gerekmektedir (Şekil 1) (Mulder, 1996; Avalli ve ark., 2004; Pouliot, 2008). Mikrofiltrasyon ve ultrafiltrasyon teknolojilerinde, retentat ve permeat ayırımının verimliliği, membran filtrasyon işlemindeki transmembran basıncı tarafından belirlenmektedir (Razavi ve ark., 2003; Brans ve ark., 2004).



Şekil 1: Mikrofiltrasyon (MF) İşlemi (Zeman ve Zydney, 1996)

Membran teknolojisinin uygulanmasında amaç, saflaştırılmış akışkan elde edilmesi olup, süt gibi sıvı gıdalardan istenmeyen maddelerin ayrılması ve gıdaların kısmi konsantrasyonu gibi avantajlar da sağlamaktadır (Zeman ve Zydney, 1996).

Sütün yapısını oluşturan bileşenlerin farklı partikül çaplarına sahip olması, sütün fraksiyonlarına ayrılmasında ve peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde membranların kullanımına olanak vermiştir (Keogh ve ark., 2003; Brans ve ark., 2004). Membran uygulamaları üzerine yapılan birçok çalışma; süttten krema üretimi amacıyla yağ globüllerinin fraksiyonu, yağsız süttten bakteri ve sporların uzaklaştırılması, peynir üretiminde kazein misellerinin konsantrasyonu ya da peyniraltı suyu proteinlerinin saflaştırılması üzerine odaklanmıştır (Brans ve ark., 2004; Rysstad ve Kolstad, 2006; Valentina ve ark., 2008).

Mikrofiltrasyon (MF); molekül ağırlıkları 200kDa'dan büyük olan partikülleri seçici olarak ayırabilme yeteneğinde, çalışma basıncı 0,1-0,5 bar arasında değişen bir tekniktir (Zeman ve Zydney, 1996). Kullanılan membranın gözenek çapları 0.1 - 10 µm aralığında değişmektedir (Rosenberg, 1995).

MF, süttten ya da peyniraltı suyundan mikroorganizma ve sporları, yağ globülleri, somatik hücreler, fosfolipidler gibi büyük molekülü partiküllerin ayrılmasında kullanılmaktadır (Daufin ve ark., 2001). MF işleminde gözenek büyüklüğü ayarlanarak kazein misellerinin ayrılması ve konsantre edilmesi, yapı ve aroma gelişimi için önemli olan kazein oranının ayarlanması gerçekleştirilmektedir (Vivekanand ve ark., 2004; Lawrence ve ark. 2008).

Somatik hücrelerin ve sporların büyüklükleri, sütün yağ globüllerine yakın değerde olduğu için MF işlemi, santrifüj ile yağı ayrılmış olan süttte uygulanmaktadır. Bu yöntemde sütün kimyasal bileşiminin en az oranda etkilenmesi için gözenek çapları 0.8–1.4 µm olan seramik membranlar tercih edilmektedir (Daufin ve ark., 2001; Lawrence ve ark., 2008).

Sütün duyuusal özellikleri korunarak, bakteri ve sporlarının MF ile ayrılması, süt endüstrisi açısından uzun yıllardan beri ilgi çekici bir uygulamadır. MF yöntemine tabi tutulan sütün depolama süresi, pastörize edilerek üretilen süttte göre daha uzundur (Brans ve ark., 2004; Avalli ve ark., 2004).

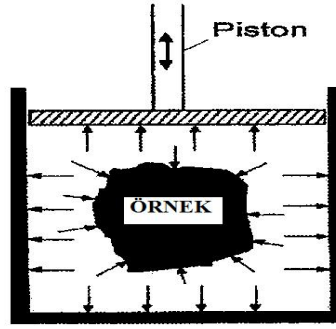
MF ile yağsız süttteki bakterilerin alıkonulması üzerine yapılan çalışmalarda süttteki toplam bakterinin %99.10 ile %99.90 oranında; *Bacillus cereus* sporların %99.95'den fazlasının ve laktatı fermente eden bakteri sporlarının %98.40'den fazlasının tutulduğu belirlenmiştir (Pedersen, 1991). Baktöfugasyon, yüksek devirli seperatörlerin yardımıyla mekanik olarak "Baktöfuge" denilen istenilmeyen mikroorganizmaların uzaklaştırılması için uygulanan bir ayırma yöntemidir ve mikroorganizma redüksiyonunda ısı uygulamasını desteklemek için geliştirilmiştir (Walstra ve ark., 1999). Yüksek santrifüj hızı ile bakterilerin uzaklaştırılmasını amaçlayan baktöfugasyon işlemi ile karşılaştırıldığında MF'nun genellikle bakteri ve sporlarının ayırımında daha iyi sonuç verdiği ve daha yüksek desimal azalma sağladığı belirlenmiştir (Giffel ve Horst, 2004; Brans ve ark., 2004).

MF teknolojisinin kullanımını sınırlayan en önemli faktör, membranda oluşan birikimdir (Eykamp, 1995). Membran yüzeyinde zamanla oluşan birikim, membrandan geçiş yapan ürünün akış hızını düşürmekte ve yüzeyin kaplanması sonucunda membran, seçiciliğini kaybetmektedir (Guerra ve ark., 1997; Cheryan, 1998). Birikimin önlenmesi için, sisteme kapsamlı bir temizleme uygulanmalı, hatta gerektiğinde periyodik olarak membranın değişimi sağlanmalıdır (Gésan ve ark., 1996).

Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları

Yüksek hidrostatik basınç (HHP) uygulamaları bugün gıda teknolojisinde ısı uygulamasını gerektirmeyen bir yöntemdir. Böylece gıda bileşenlerinin, renk ve aroma maddelerinin önemli bir kısmının gıdada tutulması sağlanmaktadır (Penna ve ark., 2007; Narisawa ve ark., 2008).

Gıdalarda uygulanan yüksek basınç 100 - 1000 MPa arasında değiştiğinden ultra yüksek basınç olarak adlandırılmaktadır. HHP sistemlerinin prensibi, gıdanın etrafında bulunan suyun sıkıştırılmasına dayanmaktadır (Şekil 2). Bu işlem atmosferik basınç altında imkansız olsa da, yüksek basınç altında gerçekleştirilebilmektedir (Trujillo ve ark., 2002; Penna ve ark., 2007; Budak ve Güzel-Seydim, 2008; Temiz ve ark., 2008).



Şekil 2: Yüksek Hidrostatik Basınç (HHP) Sisteminin Şematik Görünümü
(Hinrichs ve ark., 1995)

Süt ve süt ürünlerinde HHP uygulamaları, pastörizasyona alternatif olarak geliştirilmiş bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır (Penna ve ark., 2007; Narisawa ve ark., 2008). HHP uygulamaları, ısının azaltılması ya da kaldırılması ile gıda bileşenlerinin ısı etkisiyle bozulmalarının önlenmesi, uygulanan basıncın homojen ve hızlı dağılımının sağlanması (Datta ve Deeth, 1999), gıdanın duyuşal özelliklerinin korunması (Oey ve ark., 2008), mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunun sağlanması (Linton ve ark., 2001), koruyucu maddelerin kullanımının azalması (Datta ve Deeth, 1999; Spilimbergo ve ark., 2002), tekstürel ve teknolojik özellikleri farklı yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi (Datta ve Deeth, 1999) gibi avantajlar sağlamaktadır.

Gıda kaynaklı patojenleri inaktif etmek için 300 ve 600 MPa arasında uygulanan basınçların yeterli olduğu bildirilmektedir (Trujillo ve ark., 2000; Daryaei ve ark., 2008). Bu basıncın uygulanması, sütün bileşiminde bulunan kazein misellerinin yapısının bozulması (Needs ve ark., 2000), α -laktalbumin ve β -laktoglobulinin denatürasyonu, sütün mineral dengesinin değişmesi (Desorby-Banon ve ark., 1994) ve süt yağının kristalizasyonunda (Buchheim ve ark., 1996) etkili olmaktadır. Ayrıca sütün viskozitesi ve pH'sında artış, enzimle pıhtılaşma süresinin kısalması gibi değişimler de yaratmaktadır. Peynir veriminin artması, yoğurdun raf ömrünün uzatılması ve serum ayrılmasının azaltılması ve ayrıca yağın kristalizasyonu ile dondurma miksinin ve tereyağının olgunlaştırılmasının sağlanmasında da etkisi bulunmaktadır (Trujillo ve ark., 2002; Huppertz ve ark., 2002; Öndül ve Coşkun, 2003; Penna ve ark., 2007).

HHP uygulamalarına etki eden başlıca faktörler; mikroorganizma türü, gıdanın bileşimi, pH, su aktivitesi, sıcaklık ile uygulanan basınç değeri ve uygulama süresidir (Patterson ve ark., 1995; Wuytack ve ark., 2002). HHP, mikroorganizmaların hücre membranı, genetik mekanizması, biyokimyasal reaksiyonları ve morfolojisinde değişmelere neden olarak mikroorganizmaları inaktive edebilmektedir (Patterson ve ark., 1995; Simpson ve Gilmour, 1997; Chen ve Hoover, 2003).

Çiğ süte 20°C'de, 400 MPa basınç altında 15 dakika ya da 600 MPa basınç altında 3 dakika HHP uygulanması sonucunda ürün raf ömrü 10°C de 10 gün olarak belirlenmiştir (Rademacher ve ark., 1998).

Isı işlemin aksine HHP uygulamaları ile, gıda bileşiminde bulunan aminoasit, vitamin, aroma maddeleri gibi küçük moleküller herhangi bir değişime uğramazken; proteinler, polisakkaritler, enzimler ve nükleik asitler gibi büyük moleküllerin yapısı değişebilmektedir. Protein ve polisakkaritlerin yapısındaki kovalent bağlar, 0-40 °C gibi sıcaklıklarda yüksek basınçtan etkilenmezken, protein yapısını stabilize eden kovalent olmayan bağlar ve enzim aktivitesi değişime uğramaktadır (O'Reilly ve ark., 2001; Penna ve ark., 2007).

Yüksek basınç uygulamaları inek sütünün rennet ile koagülasyon süresini (RKS) etkilemektedir. RKS'nin 150 MPa'dan düşük basınçlardan etkilenmediği, 200-670 MPa basınçlarda azaldığı belirtilmiştir. Pıhtılaşma süresinin kısalması, kazein misellerinin küçülmesine ve böylece yüzey alanının artmasına neden olmaktadır. Ancak HHP uygulama süresinin daha uzun olması pıhtılaşma süresini önemli ölçüde arttırmaktadır (Desobry-Banon ve ark., 1994; Öndül ve Coşkun, 2003; Zobrist ve ark., 2005).

Gıdalarda mikroorganizmaların basınca gösterdikleri direnç; HHP uygulama şartlarına (basınç, sıcaklık, süre), gıda bileşenlerine ve mikroorganizmanın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Patterson, 1995; Linton ve ark., 2001). Yüksek basınç ve sıcaklığın spor inaktivasyonu üzerine etkisi incelendiğinde, 60°C ve daha yüksek sıcaklıklarla basıncın kombinasyonunun, raf ömrünün uzatılmasında daha etkin bir yöntem olduğunu bildirilmiştir (Black ve ark., 2005).

Yüksek basınç uygulanan sütte patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Carlez ve ark., 1994; O'Reilly ve ark., 2000). Trujillo ve ark. (2002), HHP etkisini incelemek üzere koyun sütüne aşılana *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus* ve *Lactobacillus helveticus*'un inaktivasyonun *P. fluorescens* > *E. coli* > *L. innocua* > *L. helveticus* > *S. aureus* şeklinde olduğunu belirtmişlerdir.

Gram (+) bakteriler, Gram (-) bakterilere göre basınca daha dayanıklıdır. Bununla birlikte aynı türün suşları arasında da farklılıklar bulunmaktadır. 25°C'de ve 10 dakikada; Gram (-) bakteriler, 300-400 MPa, Gram (+) ler ise 500-600 MPa basınçlarda inaktif edilebilmektedir (Kolakowski ve ark., 1997).

Maya ve küflerin basınca en duyarlı mikroorganizmalar olduğu ve 200-300 MPa arasında basınçlarla inaktif edilebileceği belirtilmiştir. Gram (-) bakterilerden *Vibrio* türlerinin basınca duyarlı olduğu, *E. coli* O157:H7'nin ise basınca dirençli birçok suşunun bulunduğu bildirilmektedir (Patterson ve ark., 1995; Jin ve Harper, 2003). HHP uygulaması ile, *Listeria monocytogenes* 340 MPa'da tamamen inaktif edilebilmektedir. Ancak bu

bakterinin UHT ve çiğ sütte, yüksek basınca karşı daha dirençli olduğu bildirilmiştir (Patterson ve ark., 1995; Simpson ve Gilmour, 1997).

Vurgulu Elektrik Alan Uygulamaları

Vurgulu elektrik alan (Pulsed Electric Field-PEF), “atılımlı”, “darbeli” elektrik alan, “yüksek voltaj elektrik alan” uygulamaları olarak da belirtilmektedir. Isıl işlemlerin yerini alabilecek uygulamalardan biri olan vurgulu elektrik alan (PEF) yöntemi, gıdaların duyuşal özelliklerinde değişme ve besin değerinde azalma gibi herhangi bir olumsuzluk ortaya çıkarmadan mikroorganizmaların vejetatif formlarının inaktivasyonunda önemli etkiler gösteren, süt ürünlerinin de içerisinde olduğu çok sayıda gıdanın pastörizasyonunda tercih edilen etkin bir yöntemdir (Bendicho ve ark. 2002; Leadley, 2003; Evrendilek ve ark., 2004).

PEF uygulamalarında, özel PEF odasında iki elektrot arasından ön ısıtmaya tabi tutulmuş (~ 40°C) akıcı gıda maddesi geçirilmekte ve yüksek voltaj elektrik alanına (20-80 kV/cm) maruz bırakılmaktadır (Evrendilek ve ark., 2004; Kavas ve ark., 2007).

PEF işleminde 12-35 kV cm⁻¹ aralığındaki elektrik alan sıvı gıdalara kısa vurgularla (1-100 µs) uygulanmakta olup, mikroorganizmalar üzerinde inaktive edici bir etki sağlamaktadır (Temiz ve ark., 2008). PEF uygulaması sonucunda mikroorganizmadaki hücre organelleri çatlamakta, hücre içeriği azalmakta, bunun sonucunda da hücrenin temel fonksiyonları yavaşlayarak, inaktivasyonu sağlanmaktadır (Kavas ve ark. , 2007).

Gıdalarda PEF uygulamalarıyla mikroorganizma inaktivasyonunun başarılı olmasında; uygulanan yöntem, seçilen gıdanın çeşidi ve mikrobiyal faktörler önemli olmaktadır. PEF'e bağlı faktörlerden elektrik alan yoğunluğu, vurgu/darbe (pulse) genişliği, uygulama süresi, sıcaklık artışı sıralanırken, gıdaya bağlı etkenler arasında; gıdanın iletkenliği ve sıcaklığı ile pH'sı etkili olmaktadır. Mikroorganizma türü, konsantrasyonu ve mikroorganizmanın gelişme aşamasında olup olmaması da PEF'i etkileyen faktörler arasında sayılabilmektedir. (Toepfl ve ark., 2007).

Mayalar genellikle PEF uygulamasına karşı bakterilerden daha hassas iken, Gram (+) bakteriler Gram (-) bakterilerden daha fazla direnç göstermektedirler (Qin ve ark., 1995).

Birçok çalışmada PEF tekniği, sütte farklı mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanılmış ve sütteki patojen mikroorganizmaların (*E. coli*, *Listeria*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Sacharomyces* ve *Candida* türlerine ait bazı patojen suşlar) yüksek oranda ortadan kaldırıldığı belirlenmiştir (Fernández-Molina ve ark., 2006; Kavas ve ark., 2007). Sepulveda ve ark. (2003) ise sütün işlenmesinde, PEF ile ısıl işlem tekniğinin ortak kullanımı sonucunda daha etkin bir koruma yönteminin olduğunu, sütün duyuşal özelliklerinde önemli bir değişiklik gözlenmeden raf ömrünün 4 haftaya kadar uzatılabildiğini tespit etmişlerdir.

PEF uygulaması, oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda uygulanmaktadır ve düşük enerji kullanımı gibi avantajı bulunmaktadır. PEF uygulaması ile mikroorganizmaların vejetatif formlarının ve enzimlerin inaktivasyonu sağlanmakla birlikte, sporlara olan etkisi henüz kesinlik kazanmamıştır (Cserhalmi ve ark., 2002). Ayrıca iletken maddelerle çalışma zorluğu, üretim ortamında elektriksel sızdırmazlığın sağlanması gibi güvenlik önlemlerinin bulunması zorunluluğu bu teknolojinin kullanımını sınırlandırmaktadır (Devlieghere ve ark., 2004).

Sonuç

Sütün raf ömrünün uzatılmasında mikroorganizmaların inaktivasyonu önemlidir. Bu amaçla kullanılacak yöntemin sütün besin değeri ve duyuşal özelliklerini korumasının yanı sıra kolay uygulanabilir ve düşük maliyette olması gerekmektedir. Süte uygulanan pastörizasyon işlemleri, çiğ sütte bulunan patojen ve diğer mikroorganizmaların yok edilmesini amaçlayan en yaygın ve eski yöntem olup, sütün duyuşal ve besleyici özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır. Sütün raf ömrünün uzatılmasını amaçlayarak geliştirilen; mikrofiltrasyon (MF), yüksek hidrostatik basınç (HHP) teknolojisi ve vurgulu elektrik alan (PEF) uygulamaları günümüzde mikrobiyolojik açıdan güvenli, gıda maddelerinin üretiminde ısı işlemlerinin yerini alabilecek yeni teknikler olarak giderek önem kazanmakta olup, pek çok araştırmacı bu konular üzerine odaklanmaktadır. Bu yöntemlerle, sütte ısı işlemleri uygulamaları sonucunda meydana gelen değişimlerin azaltılması ve sütün raf ömrünün uzatılması amaçlanmaktadır. Ülkemiz süt endüstrisinde, sütün raf ömrünün uzatılması üzerine geliştirilen yeni tekniklerin uygulanabilirliği ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir. Yapılan araştırmaların genişletilmesi ile ülkemizdeki süt üreticilerine ışık tutularak, gıda sektörümüzün gelişmiş ülke sektörleriyle rekabet edebilmesini sağlamak faydalı olacaktır.

Kaynaklar

- Avalli, A., M. Povoło, D. Carminati and G. Contarini. 2004. Significance of 2-heptanone in evaluating the effect of microfiltration/pasteurisation applied to goats' milk. *International Dairy Journal*. 14 (10): 915-921.
- Bendicho, S., C. Estela, J. Giner, G. V. Barbosa-Cánovas and O. Martín. 2002. Effects of high intensity pulsed electric field and thermal treatments on a lipase from *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Dairy Science*. 85 (1): 19-27.
- Black, E. P., A. L. Kelly and G. F. Fitzgerald. 2005. The combined effect of high pressure and nisin on inactivation of microorganisms in milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 6 (3): 286-292.
- Brans, G., C. G. P. H. Schroën, R. G. M. Van der Sman and R. M. Boom. 2004. Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *Journal of Membrane Science*. 243 (1-2): 263-272.
- Buchheim, W., M. Sch. Utt and E. Frede. 1996. High Pressure Effects on Emulsified Fats. p: 331-336 (Ed. R. Hayashi, ve C. Balny). *High Pressure Bioscience and Biotechnology*. Elsevier, Amsterdam.
- Budak, N., E. A. Kocaoğlu ve A. C. Seydim. 2007. Süt ambalajlamasındaki son gelişmeler. *Gıda Mühendisliği 5. Kongresi*. s: 153-158. 8-10 Kasım 2007, Ankara.
- Budak, H. N. ve Z. Güzel-Seydim. 2008. Süt ve süt ürünlerinde yüksek hidrostatik basınç uygulamaları. *Süt Dünyası*, 12: 57-59.
- Carlez, A., J. P. Rosec, N. Richard and J. C. Cheftel. 1994. Bacterial growth during chilled storage of pressure treated minced meat. *Lebensmittel - Wissenschaft Technologie*. 27 (1): 48-54.

- Chen, H. and D. G. Hoover. 2003. Pressure inactivation kinetics of *Yersinia enterocolitica* ATCC 35669. *International Journal of Food Microbiology*. 87 (1-2): 161-171.
- Cheryan, M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. Technomic Publishing Company, 527 pp.
- Cserhalmi, Z., I. Vidács, J. Becznerve and B. Czukor. 2002. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus cereus* by pulsed electric fields. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 3 (1): 41-45.
- Daryaei, H., M. J. Coventry, C. Versteeg and F. Sherkat. 2008. Effect of high pressure treatment on starter bacteria and spoilage yeasts in fresh lactic curd cheese of bovine milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9 (2): 201-205.
- Datta, N. and H. C. Deeth. 1999. High pressure processing of milk and dairy products. *Australian Journal of Dairy Technology*. 54 (1): 41-48.
- Daufin, G., J. P. Escudier, H. Carrère, S. Bérot, L. Fillaudeau ve M. Decloux. 2001. Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry. *Food and Bioproduct Processing*. 79 (2): 89-102.
- Desobry-Banon, S., F. Richard and J. Hardy. 1994. Study of acid and rennet coagulation of high pressurized milk. *Journal of Dairy Science*. 77 (11): 3267-3274.
- Devlieghere F., L. Vermeiren and J. Debevere. 2004. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal*. 14 (4): 273-285.
- Evrendilek, G. A., Q. H. Zhang and E. R. Richter. 2004. Application of pulsed electric fields to skim milk inoculated with *Staphylococcus aureus*. *Biosystems Engineering*. 87 (2): 137-144.
- Eykamp, W. 1995. Microfiltration and Ultrafiltration. p: 29-30 (Ed. R. D. Noble ve S. A. Stern). *Membrane Separations Technology: Principles and Applications*. Elsevier, Amsterdam.
- Fernández-Molina, J. J., D. Bermúdez-Aguirre, B. Altunakar, B. G. Swanson and G. V. Barbosa-Cánovas. 2006. Inactivation of *Listeria innocua* and *Pseudomonas fluorescens* by pulsed electric fields in skim milk: Energy requirements. *Journal of Food Process Engineering*. 29 (6): 561-573.
- Gésan, G., G. Daufin, C. Bousser and R. Krack. 1996. Cleaning of inorganic membranes after whey and milk cross-flow microfiltration. *Milchwissenschaft*. 51 (12): 687-691.
- Giffel, M. C. and H. C. Van Der Horst, 2004. Comparison Between Bactofugation and Microfiltration Regarding Efficiency of Somatic Cell and Bacteria Removal. *Bulletin-International Dairy Federation*, No: 389. 133 pp.
- Goff H. D. and M. W. Griffiths. 2006. Major advances in fresh milk and milk products: Fluid milk products and frozen desserts. *Journal of Dairy Science*. 89: 1163-1173.
- Guerra, A., G. Jonsson, A. Rasmussen, E. W. Nielsen and D. Edelsten. 1997. Low cross-flow velocity microfiltration of skim milk for removal of bacterial spores. *International Dairy Journal*. 7 (12): 849-861.
- Hinrichs J., B. Rademacher and H. G. Kessler. 1996. Food processing of milk products with ultrahigh pressure. Heat treatments and alternative methods: *International Dairy Federation (IDF) Symposium*. p: 185-201. 6-8 September 1995, Vienna.

- Huppertz, T., A. L. Kelly and P. F. Fox. 2002. Effects of high pressure on constituents and properties of milk. *International Dairy Journal*. 12 (7): 561-572.
- Jin, Z. T. and W. J. Harper. 2003. Effect of high pressure (HP) treatment on microflora and ripening development in Swiss cheese slurries. *Milchwissenschaft*. 58: 134-137.
- Kavas, G., N. Kavas, S. Gönç ve Ö. Kınık. 2007. Süt teknolojisinde pulse elektrik alan uygulamaları. *Gıda Mühendisliği 5. Kongresi*. s: 477-480. 8-10 Kasım 2007, Ankara.
- Keogh, K. M., C. A. Murray and B. T. O' Kennedy. 2003. Effects of ultrafiltration of whole milk on some properties of spray-dried milk powders. *International Dairy Journal*. 13 (12): 995-1002.
- Kolakowski, P., A. Reys, F. Dajnowiec, J. Szczepek and S. Porowski. 1997. Effect of high pressures on the microflora of raw cow's milk. *Process Optimisation and Minimal Processing of Foods*. 4: 46-50.
- Lawrence, N. D., S. E. Kentish, A. J. O'Connor, A. R. Barber and G. W. Stevens. 2008. Microfiltration of skim milk using polymeric membranes for casein concentrate manufacture. *Separation and Purification Technology*. 60 (3): 237-244.
- Leadley, C. 2003. Developments in non-thermal processing. *Food Science and Technology*. 17 (3): 40-42.
- Linton, M., J. M. J. McClements and M. F. Patterson. 2001. Inactivation of pathogenic *Escherichia coli* in skimmed milk using high hydrostatic pressure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2 (2): 99-104.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publishers. 564 pp.
- Narisawa, N., S. Furukawa, T. Kawarai, K. Ohishi, S. Kanda, K. Kimijima, S. Negishi, H. Ogihara and M. Yamasaki. 2008. Effect of skimmed milk and its fractions on the inactivation of *Escherichia coli* K12 by high hydrostatic pressure treatment. *International Journal of Food Microbiology*. 124 (1): 103-107.
- Needs, E. C., R. A. Stenning, A. L. Gill, V. Ferragut and G. T. Rich. 2000. High-pressure treatment of milk: Effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation. *Journal of Dairy Research*. 67 (1): 31-42.
- O'Reilly, C. E., P. M. O'Connor, A. L. Kelly, T. P. Beresford and P. M. Murphy. 2000. Use of hydrostatic pressure for inactivation of microbial contaminants in cheese. *Applied and Environmental Microbiology*. 66 (11): 4890-4896.
- O'Reilly, E. C., A. L. Kelly, M. P. Murphy and P. T. Beresford. 2001. High Pressure Treatment: Applications in Cheese Manufacture and Ripening. *Trends in Food Science and Technology*. 12 (2): 51-59.
- Oey, I., I. Van der Plancken, A. Van Loey and M. Hendrickx. 2008. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems? *Trends in Food Science and Technology*. 19 (6): 300-308.
- Öndül, E. ve H. Coşkun 2003. Yüksek hidrostatik basıncın süt ve süt ürünlerinin özellikleri üzerine etkisi. 3. *Gıda Mühendisliği Kongresi*. s: 187-202. 2-4 Ekim 2003, Ankara.

- Patterson, M. F., M. Quinn, R. Simpson and A. Gilmour. 1995. Sensitivity of vegetative pathogens to high hydrostatic pressure treatment in phosphatebuffered saline and foods. *Journal of Food Protection*. 58 (5): 524-529.
- Pedersen, P. J. 1991. Microfiltration for Reduction of Bacteria in Milk and Brine. p: 33-50. *New Applications of Membran Processes, International Dairy Federation Special Issue No. 9201*.
- Penna, A. L. B., Subbarao-Gurram and G. V. Barbosa-Cánovas. 2007. High hydrostatic pressure processing on microstructure of probiotic low-fat yogurt. *Food Research International*. 40 (4): 510-519.
- Pouliot, Y. 2008. Membran processes in dairy technology – from a simple idea to worldwide panacea. *International Dairy Journal*. 18 (7): 735-740.
- Qin, B. L., U. R. Pothakamury, H. Vega-Mercado, O. Martin, G. V. Barbosa-Cánovas and B. G. Swanson. 1995. Food pasteurisation using high intensity pulsed electric fields. *Food Technology*. 49 (12): 55-60.
- Rademacher, B., B. Pfeiffer and H. G. Kessler 1998. Inactivation of Microorganisms and Enzymes in Pressure-treated Raw Milk. p: 145-151 (Ed. N. S. Isaacs). *High Pressure Food Science, Bioscience and Chemistry*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Razavi, S. M. A., S. M. Mousavi and S. A. Mortazavi. 2003. Dynamic prediction of milk ultrafiltration performance: A neural network approach. *Chemical Engineering Science*. 58 (18): 4185-4195.
- Rosenberg, M. 1995. Current and future applications for membrane processes in the dairy industry. *Trends in Food and Technology*. 6 (1): 12-19.
- Rysstad, G. and J. Kolstad. 2006. Extended shelf life milk – advances in technology. *International Journal of Dairy Technology*, Vol.59 (2): 85-96.
- Sepulveda, D. R., M. M. Gongora-Nieto, J. A. Guerrero- Beltrán and G. V. Barbosa-Cánovas. 2003. Extension of milk shelf-life by a hurdle combination of pulsed electric fields and a mild thermal treatment. *Institute of Food Technologists, Annual Meeting, Book of Abstracts*.
- Simpson, R. K. and A. Gilmour. 1997. The effect of high hydrostatic pressure on *Listeria monocytogenes* in phosphate-buffered saline and model food systems. *Journal of Applied Microbiology*. 83 (2): 181-188.
- Spilimbergo, S., N. Elvassore and A. Bertucco. 2002. Microbial inactivation by high-pressure. *The Journal of Supercritical Fluids*. 22 (1): 55-63.
- Temiz, H., Z. Tarakçı ve U. Aykut. 2008. Süt ve ürünlerinde mikroorganizmaları azaltmada alternatif yöntemler. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*. s: 777-780. 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Toepfl, S., V. Heinz and D. Knorr. 2007. High intensity pulsed electric fields applied for food preservation. *Chemical Engineering and Processing*. 46 (6): 537-546.
- Trujillo, A. J., M. Capellas, M. Buffa, C. Royo, R. Gervilla, X. Felipe, E. Sendra, J. Saldo, V. Ferragut and B. Guamis. 2000. Application of high pressure treatment for cheese production. *Food Research International*. 33 (3-4): 311-316.

- Trujillo, A. J., M. Capellas, J. Saldo, R. Gervilla and B. Guamis. 2002. Applications of high hydrostatic pressure on milk and dairy products: A review. *Inovative Food Science and Emerging Technologies*. 3 (4): 295-307.
- Valentina, G., D. Nadia, R. Sergio, P. Marianna, A. Angelina, C. Michele, S. Rossella, C. Cristiana and G. M. Damiano. 2008. Production of low-lactose milk by means of nonisothermal bioreactors. *Biotechnology Progress*. 20 (5): 1393-1401.
- Vivekanand, V., S. E. Kentish, A. J. O'Connor, A. R. Barber and G. W. Stevens. 2004. Microfiltration offers environmentally friendly fractionation of milk proteins. *Australian Journal of Dairy Technology*. 59 (2): 186.
- Walstra, P., T. J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema and M. A. J. S. Van Boekel. 1999. Bactofugation. p: 244 (Ed. M. Dekker). *Dairy technology: Principles of Milk Properties and Processes*. CRC Press, New York.
- Wuytack, E. Y., A. M. J. Diels and C. W. Michiels. 2002. Bacterial inactivation by high-pressure homogenisation and high hydrostatic pressure. *International Journal of Food Microbiology*. 77 (3): 205-212.
- Zeman, L. J. and A. L. Zydney. 1996. *Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications*. Markel Inc. 618 pp.
- Zobrist, M. R., T. Huppertz, T. Uniacke, P. F. Fox and A. L. Kelly. 2005. High-pressure-induced changes in the rennet coagulation properties of bovine milk. *International Dairy Journal*. 15 (6-9): 655-662.