U. Ü. ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ, 2013, Cilt 27, Sayı 1, 97-108
(Journal of Agricultural Faculty of Uludag University)

Süt ve Süt Ürünlerinde Bazı Isıl Olmayan Mikrobiyal İnaktivasyon Yöntemleri

Filiz YANGILAR[1*], Emre KABİL[2]

[1]Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ardahan, Türkiye*
[2]Ardahan Üniversitesi, Göle Meslek Yüksek Okulu, Süt ve Ürünleri Teknolojisi, Ardahan, Türkiye
**e-posta: filizyangilar@ardahan.edu.tr; Tel: 0478 2115000; Fax: 0478 2113275*

Geliş tarihi: 08.02.2013, Kabul tarihi: 21.05.2013

Özet: Süt ve süt ürünlerinin üretimleri sırasında mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısıl işlemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak ısıl işlem sonucu oluşan besin ve aroma kayıpları, enzimatik olmayan esmerleşme ve özellikle süt ürünlerindeki organoleptik değişiklikler nedeniyle mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak için, alternatif metotlara ihtiyaç duyulmuştur. Başlıca problemler yüksek sıcaklıklardan kaynaklandığı için ısıl olmayan prosesler üzerine dikkat çekilmiştir. Bu maksatla gıdalarda; yüksek basınç (HP), atımlı ışık (PL), ultraviyole ışınlama (UV), süper kritik karbon dioksit (SC-CO_2) ve vurgulu elektrik alan (PEF) gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle ürünler ortam sıcaklığında işlem görmekte ve böylece hem bahsedilen kayıplar minimum düzeye inmekte hem de taze ve doğallıkları korunabilmektedir. Bu derlemede, süt ve ürünlerinde ısıl olmayan mikrobiyal inaktivasyon yöntemleri hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimler: Patojen mikroorganizma, inaktivasyon, ısıl olmayan işlemler.

Some Non-Thermal Microbial Inactivation Methods in Dairy Products

Abstract: During the production of dairy products, some thermal processes such as pasteurization and sterilization are used commonly to inactive microorganisms. But as a result of thermal processes, loss of nutrient and aroma, non-enzymatic browning and organoleptic differentiation especially in dairy products are seen. Because of this, alternative methods are needed to provide microbial inactivation and as major problems are caused by high temperatures, non-thermal processes are focused on. For this purpose, some methods such as high pressure (HP), pulsed light (PL), ultraviolet radiation (UV), supercritical carbon dioxide (SC-CO_2) or pulsed electric field (PEF) are used in food. These methods products are processed in ambient temperature and so not only mentioned losses are minimized but also freshness and naturality of products can be preserved. In this work, we will try to be given information about methods of non-thermal microbial inactivation of dairy products.

Key Words: Pathogenic microorganism, inactivation, non-thermal processing.

Giriş

Globalleşen dünyamızda gıda endüstrisinde meydana gelen gelişmeler ışığında tüketici beklentileri de artmaktadır. Mikrobiyal açıdan ise daha güvenli, raf ömrü uzun, albenisi yüksek, daha kaliteli ve organik olan, katkı maddeleri içermeyen gıdalar tercih edilmektedir. Günümüzde süt endüstrisinde ürün kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak amacı ile ısıl işlemler kullanılmaktadır. Süt ürünlerinin muhafazasında kullanılan geleneksel koruma yöntemlerine (ısıl işlemler, tuz ile koruma, asidifikasyon, kurutma ve kimyasal koruma) ilaveten, ürünün kalitesini artırmak amacı ile yeni yöntemler geliştirilmektedir. Süt ve ürünlerinin raf ömrünün uzatılmasında patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaların inaktivasyonu önemlidir. Bu amaçla kullanılacak bu yeni yöntemlerin, etkinliğine ilaveten süt ve ürünlerinin besin değeri ve duyusal özelliklerini koruması ayrıca kolay uygulanabilir olması da gerekmektedir. Bu modern teknikler içinde en etkili olanları ise (HP, PL, UV, SC-CO_2, PEF vb.), ürünlere ısı uygulamasının yapılmadığı tekniklerdir (Trujillo ve ark. 2002; Ross ve ark. 2003; Devlieghere ve ark. 2004, Tülek ve Filizay 2006).

Yüksek Basınç Yöntemi (High Pressure-HP)

HP yöntemi, genellikle 100 MPa ile 1000 MPa arasında, özellikle de 100 MPa ile 600 MPa arasında basınç uygulamasını kapsayan bir uygulama olup (Yetim ve ark. 2003, Hajós ve ark. 2004, Özlü ve Atasever 2007), yöntemin esası materyali çevreleyen suyun sıkıştırılması prensibine dayanmaktadır (Mañas ve Pagán 2005, Zorba ve Kurt 2005). HP uygulamasında işlem süresi kısadır ve aynı zamanda enerjiden de tasarruf edilmektedir. Çünkü istenen basınca ulaşıldığında pompa durdurulmakta ve valfler kapatılmaktadır. Sistemde oluşan basınç başka bir enerji girişine ihtiyaç duyulmaksızın muhafaza edilmektedir (Crehan ve ark. 2000, Öz ve Kaya 2006). Bu basıncın uygulanması ile sütün bileşiminde bulunan kazein misellerinin yapısı bozulmakta (Needs ve ark. 2000, Özcan ve Kurtuldu 2011), α-laktoalbumin ve β-laktoglobulinin denatürasyonu oluşmakta, sütün mineral madde dengesi değişmekte (Özcan ve Kurtuldu 2011) ve süt yağının kristalizasyonu sağlanmaktadır (Buchheim ve ark. 1996, Özcan ve Kurtuldu 2011). Peynir veriminin artması, yoğurdun raf ömrünün uzatılması ve serum ayrılmasının azaltılması ve ayrıca yağın kristalizasyonuyla dondurma miksinin ve tereyağının olgunlaştırılmasının sağlamasında da etkisi bulunmaktadır (Trujillo ve ark. 2002, Huppertz ve ark. 2002, Öndül ve Coşkun 2003, Penna ve ark. 2007, Özcan ve Kurtuldu 2011).

HP yöntemi ürünlerin tadını olumsuz etkilememekte ve mikroorganizmaların aktivitelerini durdurucu etki göstermektedir (Voigt ve ark. 2012). HP yöntemi, gıdanın fiziksel görünüşünde ve tekstüründe değişimlere yol açarken (Ross ve ark. 2003), gıdaların raf ömrünün uzatılması ve gıdalarda basınç uygulaması sonrasında bozucu mikroorganizmaların inaktivasyonuna da fırsat vermektedir (Linton ve ark. 2004, Tülek ve Filizay 2006). HP uygulaması ile patojen olan ve gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmaların hücre/hücre zarını etkileyerek hücrenin ölümüne yol açtığı bildirilmiştir (Pereda ve ark. 2007). HP uygulaması sırasında basınç, süre ve sıcaklık gibi faktörler, mikroorganizmaların zarar görmesini sağlamaktadır (Patterson ve Kilpatrick 1998, Mussa ve ark. 1999, Moerman ve ark. 2001, Ramaswamy ve ark. 2003, Ramaswamy ve ark. 2009).

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Atımlı Işık (Pulsed Light-PL)

PL uygulaması termal olmayan, radyasyonlu ışık ile yapılan, kullanılan ürünün içeriğine ve yüzeyine zarar vermeden antimikrobiyal etki sağlayan ve gıdalarda FDA (Food and Drug Administration)'nın da kullanımına izin verdiği bir sterilizasyon yöntemidir (Brown 2007). PL yönteminde; infrared bölgeye yakın olan, UV bölgedeki geniş spektrumlu dalga boyları (200–1000 nm) kullanılmaktadır (Wekhof 2000, Gómez-López ve ark. 2005, Elmnasser ve ark. 2010, Oms-Oliu ve ark. 2010). Sterilize edilecek bir yüzey yaklaşık olarak 0,01–50 J/cm^2 enerji yoğunluğuna sahip en az 1 atımlı ışığa maruz bırakılır, bu durumda 170–2600 nm arasında değişen dalga boyu dağılımının kullanılması gerekmektedir. Atımların süresi 1 µs ile 0,1 s arasında değişerek saniyede 1–20 flaş uygulanır (Barbosa-Canovas ve ark. 1998). PL yöntemi gıdalarda bozucu mikroorganizmalar üzerinde çok geniş bir antimikrobiyal etki göstermektedir (Rowan ve ark. 1999, Gómez-López ve ark. 2005, Lasagabaster ve ark. 2011, Fernández ve ark. 2012, Artíguez ve ark. 2012). Mikroorganizmaların PL uygulamasına gösterdikleri hassasiyet de değişmektedir. Örneğin, küf sporlarının direncinin bakterilere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Anderson ve ark. 2000, Takeshıta ve ark. 2003, Koutchma 2009). Dunn ve ark., (1991) geleneksel kurutulmuş lor peynirine *Pseudomanas aeruginosa* plasmids inokule ederek, bu peyniri 16 J/cm^2 enerji yoğunluğunda PL uygulamasına maruz bırakmışlardır. Bakterinin gelişiminde 1,5 log cfu/g azalma gözlenirken, duyusal kalitede bir fark olmadığını tespit etmişlerdir.

Protein ve yağ içeriği yüksek olan süt gibi sıvı gıdalarda PL yöntemi dekontaminasyon için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Krishnamurthy ve ark. 2007, Artíguez ve ark. 2012).

PL yöntemi paketleme malzemeleri ile gıda ve diğer yüzeylerin sterilizasyonunda veya dekontaminasyonunda kullanılarak, kimyasal koruyucu ve dezenfektan kullanımı azaltılabilir (Anonim 2000).

Ultraviyole Işınlama (Ultraviolet Radiation-UV)

UV, elektromanyetik spektrumun 100–400 nm aralığında bulunan küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. İnsan vücudunun bronzlaştıran UV A (320–400 nm), cilt yanığı ve cilt kanserine neden olan UV B (280–320 nm), germisidal etki yapan UV C (200–280 nm), vakum altında yayılabilen vakum UV (100–200 nm) olarak alt sınıflara ayrılmaktadır (Keyser ve ark. 2008, Koutchma 2009, Pala ve Tokluca 2010). UV-C; bakteri, virüs, protozoa, maya, küf ve alg gibi mikroorganizmalara karşı öldürücü etkiye sahiptir (Tran ve Farid 2004, Keyser ve ark. 2008, Pala ve Tokluca 2010). Mikrobiyal inaktivasyonun sağlanabilmesi için, gıdanın en az 0,04 J/cm^2 enerjiye maruz kalması gerekmektedir. UV ışık, aynı DNA dizisindeki timin ve sitosinler arasında çapraz bağlanmaya yol açarak mutasyona sebep olmakta ve böylelikle hücre ölümlerini gerçekleştirmektedir. Ürünün geçirgenliği, reaktörün geometrik şekli, UV kaynağın dalga boyu, gücü ve uygulama şekli kritik işlem faktörleridir (Anonim 2000, Ünlütürk ve ark. 2008).

Mikroorganizmaların radyasyondan etkilenmelerinde tür, suş, kültür ve büyüme gibi çeşitli faktörler etkilidir (Bachmann 1975, Morgan 1989, Falguera ve ark. 2011). Ayrıca, gıdanın çeşidi ve yapısı da etkili olmaktadır. UV yöntemi, sıvı sterilizasyon, hava ile dezenfeksiyon ve yüzeyde mikroorganizma inhibisyonu olarak 3 şekilde

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

mikroorganizmalar üzerinde öldürücü etkiye sahiptir (Bintsis ve ark. 2000, Falguera ve ark. 2011).

Özellikle sıvı gıdaların işlenmesinde ısıl işleme (pastörizasyon, sterilizasyon) alternatif olarak UV uygulamaları ticari bir potansiyele sahiptirler (Bintsis ve ark. 2000, Akdemir-Evrendilek 2004, Koutchma ve ark. 2009, Engin ve ark. 2009).

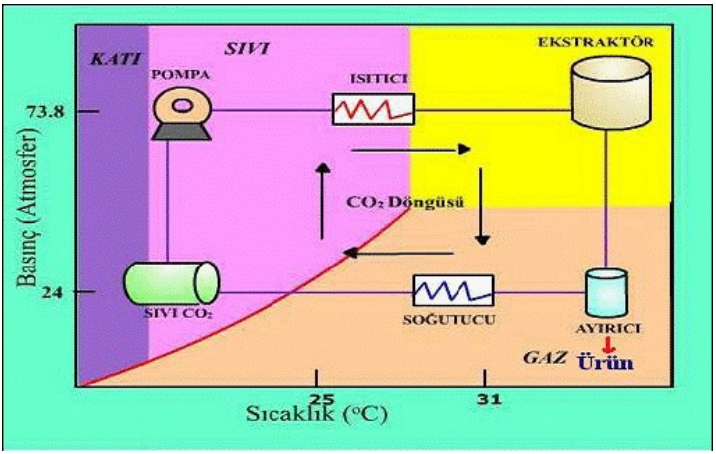
Altic ve ark. (2007), yağlı ve yarım yağlı inek sütleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, sütlere 1000 mJ/mL dozunda UV uygulamasının, tüberküloz etmeni olarak kabul edilen *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* sayısında 0,5–0,1 log düzeyinde azalma meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Ancak bu azalmanın pastörizasyon işleminde sağlanan 4 log düzeyindeki azalmadan daha düşük olduğunu ve UV kullanımının söz konusu mikroorganizma üzerine etkisinin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir.

Reinemann ve ark. (2006) ise, taze inek sütüne 1,5 kJ/L UV uygulamasının toplam canlı organizma sayısında 3 log'luk bir azalma meydana getirdiğini saptamışlardır. Araştırıcılar, laboratuar düzeyinde ve pilot düzeyde UV uygulamaları arasında toplam aerobik mezofilik, koliform ve psikrofil bakteri sayılarında görülen azalmalar bakımından önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Ancak, yüksek doz UV uygulamasının süt ve ürünlerinde duyusal açıdan problem yaratabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Süper Kritik Karbon Dioksit (Supercritical Carbon Dioxide-SC-CO_2)

Gazlar kritik sıcaklıklarının üzerinde ısıtılır ve basınç uygulanırsa süper kritik faz adı verilen dördüncü bir faza geçiş yaparlar. Bir maddenin kritik sıcaklığı (Tc), o sıcaklığın üzerinde ne kadar basınç uygulanırsa uygulansın sıvılaştırılamayacağı maksimum sıcaklıktır. Bu sıcaklıktaki basınç da kritik basınçtır (Pc). Sıvı ve gaz evrelerin aynı özellikleri aldığı noktaya "kritik nokta", bu nokta üzerindeki bölgeye de "süper kritik bölge" adı verilir.

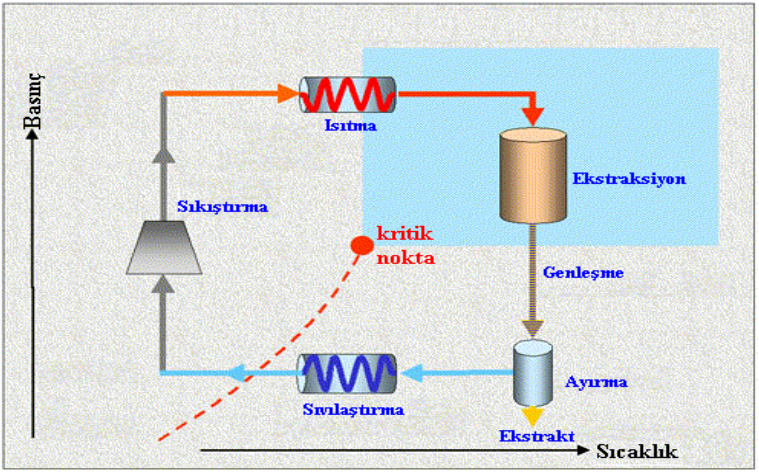
Şekil 1'de süperkritik karbondioksit ile ekstraksiyon karbondioksit döngüsü, Şekil 2'de de ekstraksiyon sırasında karbondioksitin faz değişimi verilmiştir (Anonim 2012).



Şekil 1. Süperkritik karbondioksit ile ekstraksiyon karbondioksit döngüsü

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

SC-CO_2 yöntemi, yeşil metot olarak bilinen (31,1 ^oC'lik kritik bir ısı ve 7,38 MPa'lık bir kritik basınç kullanılarak) yöntemdir (Liu ve Shen 2007, Muljana ve ark. 2009, Xu ve ark. 2011). SC-CO_2 yöntemi; geleneksel ısıl uygulama metotlarından gıdanın kalitesinin korunmasını en az kayıpla sağlayan, eşsiz bir metottur (Alavi ve ark. 1999, Manoi ve Rizvi 2008, Xu ve ark., 2011). Yayınlarda, SC-CO_2 yönteminin uygulanmasıyla mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerinde farklı hipotezler sunulmuştur (Nakamura ve ark. 1994, Enomoto ve ark. 1997, Dillow ve ark. 1999, Fabroni ve ark. 2010). Ancak yine de inaktivasyon mekanizmasının nasıl olduğu tam olarak bilinmemektedir. Son yıllarda, Garcia-Gonzalez ve ark. (2007) tarafından bakterilerin ölüm evresinde SC-CO_2 yönteminin nasıl etkili olduğuna dair bir model önerilmiştir. Bu model aşağıdaki aşamaları içermektedir (Fabroni ve ark. 2010):



Şekil 2. Ekstraksiyon sırasında karbondioksitin faz değişim

a. Sıvı fazda basınçlı CO_2 çözeltisinin uygulanması
b. Hücre membranında değişimler
c. Hücre içi pH'da azalma
d. Hücre içi pH'daki azalmadan dolayı hücre metabolizmasının enzim inhibisyonunda anahtar rolü oynamak
e. Metabolizma üzerine CO_2 ve HCO_3^- moleküllerinin inhibitör etkisi
f. Hücre içi elektrolit dengesinin bozulması
g. Hücre ve hücre membranından hayati önemi olan bileşiklerin uzaklaştırılması.

Mayalar üzerinde basınçlı CO_2'nin etkisiyle ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır (Isenschmid ve ark. 1995, Debs-Louka ve ark. 1999, Erkmen 2003, Güneş 2005, Spilimbergo ve ark. 2009, Spilimbergo ve ark. 2010, Ćolnik ve ark. 2012). *Saccaromyces cerevisiae* mayasının 40 ^oC'de; 130, 70 ve 60 dakikalardan sonra 5–7.5 ile 10 MPa'lık basınçlı CO_2 uygulaması ile inaktivasyonunun gerçekleştiği Erkmen (2002) tarafından tespit edilmiştir.

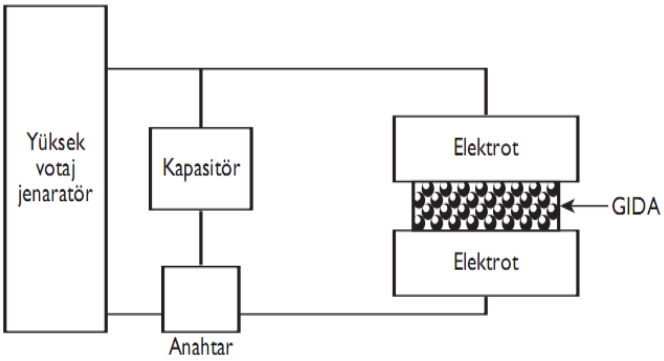
Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Xu ve ark. (2011) yaptıkları bir çalışmada peynir altı suyu proteinlerinin izolasyonu üzerine SC-CO_2 yönteminin etkisini araştırmışlardır. 30-60 ^oC'de 1 saat SC-CO_2 uygulamasının bu proteinlerin yoğunluğu ve partikül büyüklüğünü artırdığını bulmuşlardır. Araştırmacılar, SC-CO_2 uygulamasının oluşturduğu ikinci yapısal değişiklik olarak ta PAS protein izolatlarının β-tabaka miktarlarında artış ile hidrojen bağlarının α-heliks yapılarındaki azalma olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek kaliteli ürün üretiminde protein işlevselliği değişimi, gıda endüstrisi için oldukça önemli bir noktadır. SC-CO_2 yöntemi ile yüksek kaliteli ürün özellikleri içerisinde yer alan emülsifiye ve duyusal özellikler açısından memnuniyet verici sonuçlar sağlandığını araştırmacılar rapor etmişlerdir.

Manoi ve Rizvi (2008) yaptıkları bir çalışmada, %94 (ağırlıkça) peynir altı suyu protein konsantratını, %6 önceden jel haline getirilmiş mısır nişastasını, %0.6 $CaCl_2$ ve %0.6 NaCl'dan hazırladıkları karışımı SC-CO_2 yöntemini kullanarak toz halinde üretip karşılaştırma yapmışlardır. 90 ^oC'de, 2.89–8.16 pH aralığında, %60 nispi nemli ortamda %1 (db) SC-CO_2 yöntemi ile bir karışım elde etmişlerdir. Tekstürize edilmiş örneklerin kurutulup, öğütülüp, su içeriği uzaklaştırılarak ve duyusal özelliklerindeki değişimi esas alınarak çalışmalarını yapmışlardır. Sonuç olarak ta tekstürize gıda üretiminde farklı sıcaklık derecesi uygulanarak SC-CO_2 yönteminin etkili kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Vurgulu Elektrik Alan (Pulsed Electric Field-PEF)

PEF yöntemi; gıdaların fiziksel, kimyasal ve besinsel özellikleri üzerinde etkili olan mikroorganizmaların inaktif hale getirilmesinde kullanılan geleneksel pastörizasyon işlemine alternatif bir uygulama olarak ortaya çıkmıştır (Castro ve ark. 1993, Barbosa-Cánovas ve ark. 1999, Jaeger ve ark. 2009, Noci ve ark. 2009). Bu yöntemde 12–35 kV/cm aralığındaki elektrik alan, sıvı gıdalara kısa vurgularla (1–100 µs) uygulanırken mikroorganizmalar üzerinde ölümcül etki oluşturmaktadır (Kavas ve ark. 2007). Ayrıca, bu metotta sıvı gıda maddesi özel PEF odalarında iki elektrot arasında ön ısıtmaya tabi tutulurken (40 ^oC) yüksek voltaj elektrik alanına (20–80 kV/cm) maruz bırakılmaktadır (Evrendilek ve ark. 2004, Kavas ve ark. 2007, Özcan ve Kurtuldu 2011). Vurgulu elekrik alanı uygulaması Şekil 3'te verilmiştir (Singh, 2001).



Şekil 3. Vurgulu elekrik alanı (PEF) uygulaması

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Geleneksel ısıl işlemlere göre gerek fizikokimyasal ve duyusal özellikler daha iyi korunmakta gerekse daha az enerji harcanmaktadır. PEF yönteminin uygulandığı gıdalar genellikle sıvı özellikte olup, viskoz gıdalar üzerinde henüz bir çalışma yapılmamıştır (Qin ve ark. 1995, Jeyamkondan ve ark. 1999, Karadağ ve ark. 2008). Süt ve süt ürünlerinin üretiminde PEF yönteminin kullanılması kazeinin koagülasyonu, kazein misellerinin büyüklüğü ve yapısı üzerinde etkili olmaktadır. Bu yöntemin peynir üretiminde kullanılan sütün işlenmesinde uygun bir metot olduğu düşünülmektedir (Kelly ve Zeece 2009a, 2009b, Cruz ve ark. 2010). Süt endüstrisindeki öneminden dolayı PEF yöntemiyle mikroorganizmaların inaktif hale getirilmesiyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Zhang ve ark. 1995, Grahl ve ark. 1996, Martin ve ark. 1997, Calderon-Miranda ve ark. 1999, Dutreux ve ark. 2000, Fernández-Molina 2001, Evrendilek ve Zhang 2005, Craven ve ark. 2008, Yu ve ark. 2009, Bermúdez-Aguirre ve ark. 2010). Bu çalışmalarda; PEF yönteminin *Escherichia coli*, *Listeria*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Saccharomyces* ve *Candida* gibi bazı mikroorganizmaları ortadan kaldırdığı rapor edilmiştir (Fernandez-Molina ve ark. 2006, Kavas ve ark. 2007, Özcan ve Kurtuldu 2011).

Sonuç

Tüketiciler, raf ömrü uzun olan ve son tüketim tarihine kadar besinsel ve duyusal yönden tazeliğini koruyan ürünleri tercih etmektedirler. Bu nedenle hem üretici hem de tüketici tarafından "güvenli gıda" ifadesi son derece önemlidir. Süt ve ürünlerinde ısıl işlem uygulamaları sonucunda meydana gelen değişimlerin azaltılması ve bu ürünlerin raf ömrünün uzatılması amacıyla geliştirilen bu yeni tekniklerin uygulanabilirliğinin sağlanması ile daha güvenilir ürün elde edilmesi sağlanılabilecektir. Ayrıca, Ülkemiz süt endüstrisindeki teknolojilerin hızla gelişmesine bağlı olarak, geleneksel gıda işleme metotlarına (ısıl işlem metotları) alternatif olarak bu makalede bahsedilen yeni tekniklerin başarı ile uygulanması için çalışmalar yapılarak, endüstride yaygın kullanımına olanak tanınmalıdır.

Kaynaklar

Artíguez M.L., J.C. Arboleya, I. Martínez de Marañón. 2012. Influence of β-lactoglobulin and β-casein on Listeria innocua inactivation by pulsed light. International Journal of Food Microbiology, 153: 223-228.

Akdemir-Evrendilek, G. 2004. Microbiological aspects of nonthermal emerging technologies for safety of dairy products. Recent Developments in Dairy Science and Technology. International Dairy Symposium, 24-28 May, Isparta, Turkey, pp. 291-294.

Alavi S.H., B.K. Gogoi, M. Khan, B.J. Bowman, S.S.H. Rizvi. 1999. Structural properties of protein-stabilized starch-based supercritical fluid extrudates. Food Research International, 32: 107-118.

Altic L.C., T.M. Rowe, R. Grani. 2007. UV Light inactivation of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in milk as assessed by FAST Plaque TB phage assay and culture. Appl Environ Microbiol, 73: 3728-3733.

Anderson J.G., N.J. Rowan, S.J. MacGregor, R.A. Fouracre, O. Farish. 2000. Inactivation of food-borne enteropathogenic bacteria and spoilage fungi using pulsed-light. IEEE Trans. Plasma Sci., 28: 83-88.

Anonim 2000. http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift-pref.html#sab

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Anonim2012.http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu809/eski_sunumlar/karbondioksit.pdf.

Barbosa-Canovas G.V., U.R. Pothakamury, E. Palou, B.G. Swanson. 1998. Nonthermal preservation of food, CRC press, Newyork, 0-8247-9979-8.

Bachmann, R. 1975. Sterilization by intense ultraviolet radiation. The Brown Boveri Review, 62: 206-209.

Barbosa-Cánovas G.V., M.M. Gongora-Nieto, U.R. Pothakamury, B.G. Swanson. 1999. Preservation of foods with pulsed electric fields. San Diego: Academic Press.

Bermúdez-Aguirre D., J.A. Yáñez, C. Patrick Dunne, N.M. Davies, G.V. Barbosa-Cánovas. 2010. Study of strawberry flavored milk under pulsed electric field processing. Food Research International, 43: 2201-2207.

Bintsis T., E. Litopoulou-Tzanetaki, R. Robinson. 2000. Existing and potencial applications of ultraviolet light in the food industry-a critical review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80: 637-645.

Brown, A. 2007. Understanding Food: principles & preparation, Wadswort publishing company, United States, 049510745X.

Buchheim W., M. Schütt, E. Frede. 1996. High pressure effects on emulsified fats. Progress in Biotechnology, 13: 331-336.

Castro A.J., G.V. Barbosa-Canovas, B.G. Swanson. 1993. Microbial inactivation of foods by pulsed electric fields. J. Food Process. Preserv., 17: 47-73.

Craven H.M., P. Swiergon, S.Ng.J. Midgely, C. Versteeg, M.J. Coventry, J. Wan. 2008. Evaluation of pulsed electric field and minimal heat treatments for inactivation of pseudomonas and enhancement of milk shelf-life. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9(2): 211-216.

Crehan C.M., D.J. Troy, D.J. Buckley. 2000. Effects of Salt Level and High Hidrostatic Pressure Processing on Frankfurters Formulated with 1.5 and 2.5 % Salt. Meat Science, 55: 125-130.

Cruz A.G., J.A.F. Faria, S.M.I. Saad, H.M.A. Bolini, A.S.S. Ana, M. Cristianini. 2010. High pressure processing and pulsed electric fields: potential use in probiotic dairy foods processing. Trends in Food Science and Technology, 21: 483-493.

Ćolnik M., M. Primózìc, Z. Knez, M. Habulin. 2012. Use of supercritical carbon dioxide for proteins and alcohol dehydrogenase release from yeast *Saccharomyces cerevisiae*. J. of Supercritical Fluids, 65: 11-17.

Debs-Louka E., N. Louka, G. Abraham, V. Chabot, K. Allaf. 1999. Effect of compressed carbon dioxide on microbial cell viability. Applied and Environmental Microbiology, 65: 626-631.

Devlieghere F., L. Vermeiren, J. Debevere. 2004. New Preservation Technologies: Possibilities and Limitations. International Dairy Journal. 14: 273-285.

Dillow A.K., F. Denghani, J.S. Hrkack, N.R. Foster, R. Langer. 1999. Bacterial inactivation by using near- and supercritical carbon dioxide. PNAS, 96, 10344.

Dunn J.E., R.W. Clark, J.F. Asmus, J.S. Pearlman, K. Boyer, F. Paırchaud, G. Hofman. 1991. Methods and apparatus for preservation of food stuffs. Pat., U.S., 5-034-235.

Elmnasser N., M. Federighi, A. Bakhrouf, N. Orange. 2010. Effectiveness of pulsed ultraviolet light treatment for bacterial inactivation on agar surface and liquid medium. Foodborne Pathogens and Disease, 7(11): 1401-1406.

Engin B., G. Onur, Y.K. Yonca. 2009. Ultraviyole ışınlarının sütün mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi. Gıda, 34 (5): 303-308.

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Enomoto A., K. Nakamura, K. Nagai, T. Hashimoto, M. Hakoda. 1997. Inactivation of food microorganisms by high-pressure carbon dioxide treatment with or without explosive decompression. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 61: 1133-1137.

Erkmen, O. 2002. Effects of carbon dioxide pressure on *Saccharomyces cerevisiae*. Food Science and Technology International, 8: 361-364.

Erkmen, O. 2003. Mathematical modeling of Saccharomyces cerevisiae inactivation under high-pressure carbon dioxide. Nahrung/Food, 47: 176-180.

Evrendilek G.A., Q.H. Zhang, E.R. Richter. 2004. Application of pulsed electric fields to skim milk inoculated with *Staphylococcus aureus*. Biosystem Engineering, 87(2): 137-144.

Evrendilek G.A., Q.H. Zhang. 2005. Effects of pulse polarity and pulse delaying time on pulsed electric fields-induced pasteurization of *E.coli* O157:H7. Journal of Food Engineering, 68(2): 271-276.

Fabroni S., M. Amenta, N. Timpanaro, P. Rapisarda. 2010. Supercritical carbon dioxide-treated blood orange juice as a new product in the fresh fruit juice market. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 477-484.

Falguera V., J. Pagán, S. Garza, A. Garvín, A. Ibarz. 2011. Ultraviolet processing of liquid food: A review Part 2: Effects on microorganisms and on food components and properties. Food Research International, 44: 1580-1588.

Fernández E., M.L. Artiguez, I. Martínez de Marañón, M. Villate, F.J. Blanc, J.C. Arboleya. 2012. Effect of pulsed-light processing on the surface and foaming properties of β-lactoglobulin. Food Hydrocolloids, 27: 154-160.

Fernandez-Molina J.J., D. Bermudez-Aguirre, B. Altunakar, B.G. Swanson, G.V. Barbosa-Canovas. 2006. Inactivation of Listeria innocua and Pseudomonas fluorescens by pulsed electric fields in skim milk: Energy reguirements. Journal of Food Process Engineering, 29(6): 561-573.

Garcia-Gonzalez L., A.H. Geeraerd, S. Spilimbergo, K. Elst, L. Van Ginneken, J. Debevere. 2007. High pressure carbondioxide inactivation of microorganisms in foods: The past, the present and the future. International Journal of Food Microbiology, 117: 1-28.

Gómez-López V.M., F. Devlieghere, V. Bonduelle, J. Debevere. 2005. Factors affecting the inactivation of microorganisms by intense light pulses. Journal of Applied Microbiology, 99(3): 460-470.

Grahl T., H. Märkl. 1996. Killing of microorganisms by pulsed electric fields. Applied Microbiology and Biotechnology, 45: 148-157.

Güneş G., L.K. Blum, J.H. Hotchkiss. 2005. Inactivation of yeasts in grape juice using a continuous dense phase carbon dioxide processing system. J. Science of Food and Agriculture, 85: 2362-2368.

Hajós Gy., M. Polgár, J. Farkas. 2004. High-pressure effects on IgE immunoreactivity of proteins in a sausage batter. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5(4): 443-449.

Huppertz, T., A. L. Kelly, P. F. Fox. 2002. Effects of high pressure on constituents and properties of milk. International Dairy Journal. 12 (7): 561-572.

Isenschmid A., I.W. Marison, U. von Stockar. 1995. The influence of pressure and temperature of compressed CO_2 on the survival of yeast cells. J. Biotechnology, 39: 229-237.

Jaeger H., N. Meneses, D. Knorr. 2009. Impact of PEF treatment inhomogeneity such as electric field distribution, flow characteristics and temperature effects on the inactivation of *E. coli* and milk alkaline phosphatase. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 10: 470-480.

Jeyamkondan S., D.S. Jayas, R.A. Holley. 1999. Pulsed electric field processing of foods: A review. J. Food Prot., 62: 1088-1096.

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Qin B., Q. Zhang, G.V. Barbosa-Cánovas, B. Swanson, P. Pedrow. 1995. Pulsed electric field treatment chamber design for liquid food pasteurization using a finite element method. Transactions of the ASAE, 38(2): 557-565.

Karadağ A., P.Y. Omeroğlu, S. Saner. 2008. Gıda muhafazasında yeni teknolojilerin kullanımı-Hakemli Makale http://www.ggd.org.tr/icerik.php?id=168 (Erişim tarihi 21.11.2012).

Kavas G., N. Kavas, S. Gönc, Ö. Kınık. 2007. Süt teknolojisinde pulse elektrik alan uygulamaları. Gıda Mühendisliği 5. Kongresi, 8-10 Kasım, Ankara, 477-480.

Kelly A.L., M. Zeece. 2009a. Applications of novel technologies in processing of functional foods. Austrilian Journal of Dairy Technogy, 64(1): 12-16.

Kelly A.L., M. Zeece. 2009b. Applications of novel technologies in processing of functional foods. Austrilian Journal of Dairy Technogy, 64(1): 12-15.

Keyser M., I.A. Műller, F.P. Cilliers, W. Nel, P.A. Gouws. 2008. Ultraviolet radiation as a nonthermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. Innovat. Food Sci. Emerg. Technol., 9: 348-354.

Koutchma, T. 2009. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. Food Bioprocess Technol., 2: 138-155.

Koutchma, N.T., J.L. Forney, I.C. Moraru. 2009. Ultraviolet Light in Food Technology Principles and Applications. CRC Press, USA, 296 p.

Krishnamurthy K., A. Demirci, J. Irudayaraj. 2007. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system. Journal of food Science 72 (7), M233–M239.

Lasagabaster A., J.C. Arboleya, I. Martínez de Marañón. 2011. Pulsed light technology for surface decontamination of eggs: impact on Salmonella inactivation and egg quality. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 12: 124-128.

Liu Y.B., X.Y. Shen. 2007. Chemical modification of cotton cellulose in supercritical carbon dioxide: synthesis and characterization of cellulose carbamate. Carbohydrate Polymers, 67: 147-154.

Linton M., J.M.J. Mc Clements, M.F. Patterson. 2004. Changes in the microbiological quality of vacuum-packaged, minced chicken treated with high hydrostatic pressure. Innovative Food Sci and Emerging Techno, 5: 151-159.

Manoi K., S.S.H. Rizvi. 2008. Rheological characterization of texturized whey protein concentrate-based powders produced by reactive supercritical fluid extrusion. Food Research International, 41: 786-796.

Mañas P., R. Pagán. 2005. Microbial inactivation by new technologies of food preservation, a rewiev. Journal of Applied Microbiology, 98: 1387-1399.

Martin O., B.L. Qin, F.J. Chang, G.V. Barbosa-Cánovas, B.G. Swanson. 1997. Inactivation of *Escheria coli* in skim milk by high intensity pulsed electric fields. Journal of Food Process Engineering, 20: 317-336.

Moerman F., B. Mertens, L. Demey, A. Huyghebaert. 2001. Reduction of Bacillus subtilis, *Bacillus stearothermophilus* and *Streptococcus faecalis* in meat batters by temperature–high hydrostatic pressure pasteurization. Meat Science, 59(2): 115-125.

Morgan, R. 1989. UV green light desinfection. Dairy Industries International, 54: 33-35.

Muljana H., F. Picchioni, H.J. Heeres, L.P.B.M. Janssen. 2009. Supercritical carbon dioxide induced gelatinization of potato starch. Carbohydrate Polymers, 78: 511-519.

Mussa D.M., H.S. Ramaswamy, J.P. Smith. 1999. High pressure (HP) destruction kinetics of Listeria monocytogenes scott A in raw milk. Food Research International, 31(5): 343-350.

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Nakamura K., A. Enomoto, H. Fukushima, K. Nagai, M. Hakoda. 1994. Disruption of microbial cells by flash discharge of high-pressure carbon dioxide. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 58, 1297.

Needs E.C., R.A. Stenning, A.L. Gill, V. Ferragut, G.T. Rich. 2000. High pressure treatment of milk: Effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation. Journal Dairy Research, 67: 31-42.

Noci F., M. Walkling-Ribeiro, D.A. Cronin, D.J. Morgan, J.G. Lyng. 2009. Effect of thermosonication, pulsed electric field and their combination on inactivation if *Listeria innocua* in milk. International Dairy Journal, 19: 30-35.

Oms-Oliu G., O. Martín-Belloso, R. Soliva-Fortuny. 2010. Pulsed light treatments for food preservation. A review. Food and Bioprocess Technology, 3(1): 13-23.

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.

Öz F., M. Kaya. 2006. Yüksek Basınç uygulamasının et kalitesi üzerine etkisi. Atatürk Ünv. Zir. Fak. Derg., 37(2): 249-255.

Özcan T., O. Kurtuldu. 2011. Sütün raf ömrünün uzatılmasında alternatif yöntemler. U.Ü.Ziraat Fakültesi Dergisi, 25 (1): 119-129.

Özlü H., M. Atasever. 2007. Gıdalara yüksek basınç uygulaması. Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg., 2(1): 7-27.

Pala C.U., A.K. Tokluca. 2010. Ultraviyole ışın (UV) teknolojisinin meyve sularına uygulanması. Akademik Gıda, 8(1): 17-22.

Patterson M.F., D.J. Kilpatrick. 1998. The combined effect of high hydrostatic pressure and milk heat on inactivation of pathogens in milk and poultry. Journal of Food Protection, 61: 432-436.

Penna A.L., B. Subbarao-Gurram, G.V. Barbosa-Ca´novas. 2007. Effect of the milk treatment on acidification, physicochemical characteristics and probiotic cell counts in low fat yogurt. Milchwissenschaft, 62(1): 48-51.

Pereda J., V. Ferragut, J.M. Quevedo, B. Guamis, A.J. Trujillo. 2007. Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk. Journal of Dairy Science, 90: 1081-1093.

Ramaswamy H.S., E. Riahi, E. Idziak. 2003. High pressure destruction kinetics of *E. coli* (29055) in apple juice. Journal of Food Science, 68(5): 1750-1756.

Ramaswamy H.S., H. Jin, S. Zhu. 2009. Effects of fat, casein and lactose on high-pressure destruction of *Escheria coli* K12 (ATCC-29055) in milk. Food and Bioproducts Processing, 87: 1-6.

Reinemann D.J., P. Gouws, T. Cilliers, K. Houck, J.R. Bishop. 2006. New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality. ASABE Annual International Meeting. 9-12 July 2006, Oregon, Portland, Paper number 066088.

Ross A.I.V., M.W. Griffiths, G.S. Mittal, H.C. Deeth. 2003. Combining Nonthermal Technologies to Control Foodborne Microorganisms. International Journal of Food Microbiology, 89: 125-138.

Rowan N.J., S.J. MacGregor, J.G. Anderson, R.A. Fouracre, L. McIlvaney, O. Farish. 1999. Pulsed-light inactivation of food-related microorganisms. Applied and Environmental Microbiology, 65: 1312-1315.

Singh, R.P. 2001. Technical elements of new and emerging non-thermal food technologies. http://www.fao.org/ag/ags/agsi/nonthermal/nonthermal_1.htm.

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions

Spilimbergo S., D. Manton, A. Quaranta, G. Della Mea. 2009. Real-time monitoring of cell membrane modification during supercritical CO_2 pasterurization. J. Supercritical Fluids, 48: 93-97.

Spilimbergo S., P. Foladori, D. Mantoan, G. Ziglio, G. Della Mea. 2010. High-pressure CO_2 inactivation and induced damage on Saccharomyces cerevisiae evaluated by flow cytometry. Process Biochemistry, 45: 647-654.

Takeshıta K., J. Shıbato, T. Sameshıma, S.I. Fukunaga, K. Arıhara, M. Itoh. 2003. Damage of yeast cells induced by pulsed light irradiation. International Journal of Food Microbiology, 85: 151-158.

Tran M.T.T., M. Farid. 2004. Ultraviolet treatment of orange juices. Innovat. Food Sci. Emerg. Technol. 5: 495-502.

Trujillo A.J., M. Capellas, R. Gervilla, J. Saldo, B. Guamis. 2002. Application of High Hydrostatic Pressure on Milk and Diary Products: a Review. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 3: 295-307.

Tülek Y., G. Filizay. 2006. Gıda endüstrisinde kullanılan yüksek hidrostatik basınç sistemleri. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(2): 225-231.

Ünlütürk S., M.R.B. Atılgan, A.H. Baysala, C. Tarı. 2008. Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). Journal of Food Engienering, 561-568.

Wekhof, A. 2000. Disinfection with flash lamps. Journal of Pharmaceutical Science and Technology, 54: 264-276.

Xu D., F. Yuan, J. Jiang, X. Wang, Z. Hou, Y. Gao. 2011. Structural and conformational modification of whey proteins induced by supercritical carbon dioxide. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 12: 32-37.

Voigt D.D., F. Chevalier, J.A. Donaghy, M.F. Patterson, M.C. Qian, A.L. Kelly. 2012. Effect of high-pressure treatment of milk for cheese manufacture on proteolysis, lipolysis, texture and functionality of Cheddar cheese during ripening. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 13: 23-30.

Yetim H., Z. Kesmen, A. Kayacıer. 2003. Et endüstrisinde yüksek basınç uygulamaları. Türkiye 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, 2-4 Ekim 2003, Ankara, Türkiye.

Yu L.J., M. Ngadi, G.S.V. Raghavan. 2009. Effect of temperature and pulsed electric field treatment on rennet coagulation properties of milk. Journal of Food Engineering, 95(1): 115-118.

Zhang Q., B. Qin, G.V. Barbosa-Cánovas, B.G. Swanson. 1995. Inactivation of *E.coli* for food pasteurization by high-strenght pulsed electric fields. Journal of Food Processing and Preservation, 19: 103-118.

Zorba Ö., S. Kurt. 2005. Yüksek basınç uygulamasının Et ve Et ürünleri kalitesi üzerine etkisi. YYÜ Vet. Fak. Derg., 16(1): 71-76.

Downloaded from https://cabidigitallibrary.org by 178.247.188.188, on 11/16/24.
Subject to the CABI Digital Library Terms & Conditions, available at https://cabidigitallibrary.org/terms-and-conditions