

**YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİNİN GIDA
ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI****THE USE OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE IN FOOD
INDUSTRY****Pınar OĞUZHAN****Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ardahan***Geliş Tarihi:** 14 Mayıs 2013 **Kabul Tarihi:** 12 Kasım 2013**ÖZET**

Günümüzde tüketiciler taze veya çok az işlem görmüş, mikrobiyolojik açıdan güvenilir ve kararlı olan gıdaları tercih etmektedir. Bu durum yeni işleme ve muhafaza tekniklerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Bu yeni tekniklerden biri de yüksek basınç uygulaması, diğer adıyla da yüksek hidrostatik basınç uygulamasıdır. Gıdalarda yaygın bir uygulama alanı bulan yüksek basınç (YB) uygulaması, gıda sanayiinde önemli muhafaza metotlarından biri haline gelmiştir. YB uygulaması, gıdayı güvenli kılan ve raf ömrünü arttıran bir gıda işleme metodudur. Gıda endüstrisinde YB uygulaması; sadece gıdaların raf ömrünün artırılması amacıyla değil, aynı zamanda, daha güvenli, daha uygun, besinsel ve duyuşsal açıdan daha kaliteli gıdaların üretilebilmesine olanak sağlayan bir tekniktir. Bu yönleri ile ısı işlem tekniklerini içeren geleneksel gıda işleme yöntemlerine alternatif olabilecek bir potansiyele sahiptir. YB uygulaması; sıvı veya katı gıdaların, ambalajlı veya ambalajsız olarak 100-1000 MPa basınca maruz bırakılmasıyla yapılan bir işlemdir. Bu derlemede, yüksek basınç uygulamasının avantajları, dezavantajları ve gıda endüstrisindeki kullanımından bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek hidrostatik basınç, gıda muhafaza, raf ömrü**ABSTRACT**

Today, consumers prefer fresh or little processed food which is safer and stable microbiologically. This situation has caused to the development of new processing and preservation techniques. One of these new techniques is the high pressure treatment, also known as a high hydrostatic pressure application. High pressure (HP) application has a common application area in food and it has become one of important preservation methods. HP application is a method of food processing that makes food safer and extends its shelf life. HP application in food industry is a technique not only for increasing the shelf life of the product but also for producing safer, suitable, better quality nutritional and sensory aspects of food. For these aspects, it has the potential of being alternative to traditional food processing methods consisting heat treatment techniques. HP application is

***Sorumlu Yazar:** pinaroguzhan@hotmail.com

a process exposed by liquid or solid food to 100-1000 MPa pressure with or without packaging. In this review, advantages, disadvantages and usage of high pressure applications in food industry will be mentioned.

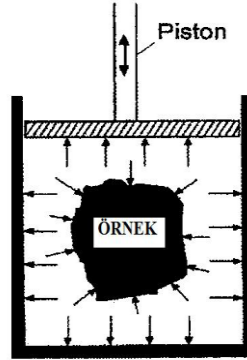
Keywords: High hydrostatic pressure, food preservation, shelf life

1. GİRİŞ

Gıda maddelerinin pek çoğu fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faktörlerin etkisiyle depolanmaları sırasında değişikliğe uğramakta, yapısal ve duyuşal özelliklerini kaybetmektedirler. Bu değişimlerin başlangıç noktasını çoğunlukla mikroorganizmalar oluşturmaktadır. Gıda kaynaklı hastalıklara neden olan mikroorganizmalar *Salmonella*, *Campylobacter*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *S. aureus*'dur (Vassal *et al.*, 1998; Bell and Kyriakides, 1999; Marsili *et al.*, 2002; Jones and Heaton, 2006; Yaman vd., 2011; Fernández and Thompson, 2012). Yıllardır patojen ve bozucu mikroorganizmaların inaktif hale getirilmesinde yaygın metotlar kullanılmıştır (McIlvaney *et al.*, 1998; Marsili *et al.*, 2002). Günümüzde bu uygulamaların yanı sıra özellikle gıdaların üretiminde uygulanan ısı işlemlere alternatif olarak mikrobiyolojik açıdan güvenli yeni teknikler geliştirilmeye başlanmıştır. Bu amaçla da, ısı işlem, gıda endüstrisinde mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonu için kullanılan en genel sterilizasyon ve pastörizasyon tekniğidir. Ancak, ısı işlem uygulamalarının gıdaların besinsel ve duyuşal özellikleri üzerinde oluşturduğu olumsuzluklar üreticileri bu tekniğe alternatif olan yeni tekniklerin geliştirilmesine ve uygulanmasına zorlamıştır. Bu teknikler arasında, kimyasal madde uygulaması (etilen oksit, hidrojen peroksit) (Moisan *et al.*, 2001; Moisan *et al.*, 2003; Scheneider *et al.*, 2005; Başaran vd., 2008; Sureshkumar *et al.*, 2010), yüksek basınç (HP) veya yüksek hidrostatik basınç (HHP), atımlı ışık (PL), ultraviyole ışınlama (UV), süper kritik karbon dioksit (SC-CO₂) ve vurgulu elektrik alan (PEF) yer almaktadır (McIlvaney *et al.*, 1998; Roth *et al.*, 2000; Marsili *et al.*, 2002; Trompeter *et al.*, 2002; Leadley, 2003; Raso *et al.*, 2003; Akitsu *et al.*, 2005; Yu *et al.*, 2005; Deng *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2006; Rysstad and Kolstad, 2006; Shi *et al.*, 2006; Fridman *et al.*, 2006; Fridman *et al.*, 2007; Kavas vd., 2007; Karadağ vd., 2008; Temiz vd., 2008; Kim *et al.*, 2011; Fernández and Thompson, 2012).

Yüksek hidrostatik basınç uygulaması, gıdaları oda sıcaklığında işleme ve koruma metotlarının en önemlilerinden biridir (Trujillo *et al.*, 2002; Tülek ve Filizay, 2006). Yüksek basınç işlemi veya ultra yüksek basınç olarak da tanımlanan yüksek hidrostatik basınç, katı ve sıvı gıdaların ambalajlı veya ambalajsız olarak, 100 ve 1000 MPa (1000 ile 10000 bar) arasında basınca maruz bırakılmasını içine alan bir işlemdir (Arıcı, 2006; Akdemir Evrendilek vd., 2010).

Yüksek basınç sistemlerinde basınç doğrudan veya dolaylı olarak gerçekleştirilir. Basıncın doğrudan gerçekleştiği sistemlerde piston bulunur, gıda piston üzerinde oluşturulan basınçla sıkıştırılarak doğrudan basınç işlemine tabi tutulur. Bu yöntem çok hızlı bir basınç artışı sağlamasına rağmen pratikte sadece küçük ölçekli çalışmalara uygundur. Dolaylı basınç işleminde ise gıda basınç pompası ile bir kaba basılarak istenilen basınca dolaylı olarak ulaşılır. Endüstriyel soğuk, sıcak ve çok sıcak izostatik basınç uygulamalarında bu yöntem kullanılmaktadır (Mertens and Deplace, 1993; Gökmen ve Acar, 1995; Akdemir Evrendilek vd., 2010; Ensoy ve Çoşar, 2013).



Şekil 1. Yüksek Hidrostatik Basınç (HHP) Sisteminin Şematik Görünümü (Hinrichs *et al.*, 1995; Özcan ve Kurtuldu, 2011).

2. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINCIN AVANTAJLARI

- 1) Gıdalarda bozulmaya neden olan saprofit mikroorganizmaları yok ederek gıdaların raf ömürlerini arttırmaktadır.
- 2) Yüksek basınç yöntemi oda sıcaklığında gıdaların renk, lezzet ve besin öğeleri gibi kalite özelliklerini değiştirmemekte veya çok az değiştirmektedir.

- 3) Gıdanın kalitesini etkileyen enzimleri inaktif hale getirmektedir.
- 4) Yüksek basınç işlemi oda sıcaklıklarında yürütüldüğü için istenen basınca çıktıktan sonra harcanan enerji miktarını azaltmaktadır.
- 5) Vitamin, aminoasit, basit şekerler ve tat bileşenleri gibi küçük moleküller yüksek basınçtan etkilenmemektedir
- 6) Basınç gıdaya homojen olarak dağıldığından, gıdanın homojen olarak korunmasını sağlamaktadır (Hendrickx *et al.*, 1998; Brul *et al.*, 2000; Şanal ve Çalimli, 2000; Trujillo *et al.*, 2000; O'Reilly *et al.*, 2001; Wilkinson *et al.*, 2001; Hugas *et al.*, 2002; İbanoğlu, 2002; Trujillo *et al.*, 2002; Reddy *et al.*, 2003; Karakaya vd., 2004; Linton *et al.*, 2004; Yemencioğlu ve Özkan, 2004; Moerman, 2005; Özcan ve Obuz, 2006; Tülek ve Filizay, 2006).

3. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINCIN DEZAVANTAJLARI

- 1) Yüksek basınç tekniği kesikli bir proses şeklinde yürütülmekte, yüksek yatırım ve uygulama maliyeti gerektirmektedir.
- 2) Bu yöntem tüm parça veya dilim halinde sterilize edilecek meyve ve sebzelerde bir takım arzulanmayan tekstürel değişmelere yol açabilmektedir.
- 3) Gıda kalitesini etkileyen bazı enzimler yüksek basınç uygulamasına karşı büyük direnç göstermektedir.
- 4) Yüksek basınç uygulaması sadece asidik gıdaların muhafazasında etkili olmaktadır (Hendrickx *et al.*, 1998; Ohlsson and Bengtsson, 2002; Yemencioğlu ve Özkan, 2004; Özcan ve Obuz, 2006).

4. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ TEKNOLOJİSİNİN GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI

Gıdalarda bozulmayı önlemek ve patojen mikroorganizmaları inhibe etmek için pek çok gıda muhafaza yöntemi geliştirilmiştir (Gómez-Estaca *et al.*, 2010). Geliştirilen bu tekniklerden bir tanesi de yüksek hidrostatik basınç uygulamasıdır.

Yüksek basınç uygulamasının gıdalarda kullanımıyla ilgili yapılan ilk başarılı çalışmalar Hite adındaki bir bilim adamı tarafından gerçekleştirilmiştir (Hoover *et al.*, 1989; Gökmen ve Acar, 1995; Knorr, 1999; Deliza *et al.*, 2005; Özcan ve Obuz, 2006). Hite, çiğ sütün oda sıcaklığında bir saat boyunca 600MPa basınca maruz bırakılması sonucunda raf ömrünün 4 gün kadar uzayabileceğini ispatlamıştır (Deliza *et al.*, 2005; Arıcı, 2006; Özcan ve Obuz, 2006).

Günümüzde gıda sektöründe YB uygulamalarının en fazla kullanıldığı ve bu konuda yoğun araştırma faaliyetleri sürdüren başlıca ülkeler; Japonya (meyve suyu, reçel, jambon, balık, sake (pirinç likörü), pirinç ürünleri), ABD (meyve suyu ve istiridyeye), Meksika (meyve suyu), Fransa (özellikle elma suyu) ve İspanya'dır (jambon ve diğer bazı et ürünleri) (Gökmen ve Acar, 1995; Angsupanich and Ledward. 1998; Hugas *et al.*, 2002; Zorba ve Kurt, 2005; Öz ve Kaya, 2006; Özlü ve Atasever, 2007).

Yüksek basınç uygulaması bugün gıda teknolojisinde ısı uygulamasını gerektirmeyen bir yöntem olup (Penna *et al.*, 2007), mikroorganizmaların inaktivasyonu, protein denatürasyonu, enzim aktivasyonu veya inaktivasyonu, jel oluşumu gibi biyopolimerlerin modifikasyonu ile ekstraksiyonu ve degradasyonu sağlama, tat-koku ve renk gibi duyu kalite öğelerinin korunması, yoğunluk, donma ve erime noktalarının veya tekstürel özelliklerinin değişimini sağlamak amacıyla gıda endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Hoover *et al.*, 1989; Popper and Knorr, 1990; Watanabe *et al.*, 1991; Mertens and Knorr, 1992; Franke *et al.*, 1993; Honma *et al.*, 1993; Hoover, 1993; Knorr, 1993; Lechowich, 1993; Mertens and Deplace, 1993; Zimmerman and Bergman, 1993; Gökmen ve Acar, 1995; Earnshaw, 1996; Cheftel and Culioli, 1997; Mor-Mur and Yuste, 2003; Cemeroglu, 2004; Cruz-Romero *et al.*, 2006; Özlü ve Atasever, 2007; Ramirez-Suarez and Morrissey, 2006; Rubio *et al.*, 2006; Sequeira-Munoz *et al.*, 2006; Penna *et al.*, 2007; Akdemir Evrendilek vd., 2010; Ensoy ve Çoşar, 2013).

YB uygulaması; mikroorganizma sayısını azaltabilen ve meyve-sebze, hazır etler ve su ürünleri gibi birçok gıdada mikrobiyal güvenilirliği geliştirerek raf ömrünü uzatabilen ısı olmayan işlem teknolojisi olarak uygulanmaktadır (Uçak ve Gökoğlu, 2012).

YB uygulamaları marmelatlar, meyve jöleleri, turunçgiller familyasına ait meyve suları, meyveli yoğurtlar, domuz eti ve ürünleri, istiridyeler gibi asidik gıdaların pastörizasyonunda, bunun yanında etlerin gevrekliğinin artırılması, gıdaların dondurulması ve çözündürülmesinde, çikolatanın sertleştirilmesinde, nişastaların ve proteinlerin jelatinizasyonunda, sebzelerin kabuklarının soyulmasında, balıkların ve kıymaların koagülizasyonu ve tekstürizasyonunda kullanılmaktadır (Ohlsson and Bengtsson, 2002; Yemencioğlu ve Özkan, 2004; Zhu *et al.*, 2005; Özcan ve Obuz, 2006).

Etlerde YB uygulaması ilk olarak Macfarlane (1973) tarafından gerçekleştirilmiştir ve bu çalışmayı takiben yüksek basınç uygulamasının et ve et ürünlerinin çeşitli özellikleri üzerine etkisiyle ilgili olarak pek çok araştırma yapılmıştır (Jung *et al.*, 2003; Ensoy ve Çoşar, 2013). Et ve et ürünlerinde gevrekleştirme amacıyla kullanımının yanı sıra, etlerde lipid oksidasyonu, renk ve faz değişimi üzerinde oldukça önemli etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, emülsiyon tipi et ürünlerinde tuz seviyesini düşürmek için kullanılabilmesi de bildirilmektedir (Cheftel and Culioli, 1997; Crehan *et al.*, 2000; Zorba ve Kurt, 2005).

5. YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ UYGULAMASI İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Alpas ve Bozoğlu (2000), yüksek hidrostatik basınç (138-345 MPa), sıcaklık (25-50°C) ve zaman (5-30 dakika) kombinasyonlarının %0.1'lik pepton solüsyonu içerisindeki *Listeria innocua* suşunun canlılığına etkilerini araştırmışlardır. Normal koşullarda 50°C sıcaklığa hassas olmayan *L. innocua* hücrelerinin 345 MPa basınç ve 50°C sıcaklık kombinasyonuna karşı hassasiyet geliştirdikleri ve *L. innocua* hücrelerinin normal koşullardaki gelişme sıcaklıklarında ($\leq 40^\circ\text{C}$) bile hidrostatik basınç kullanılarak öldürebileceklerini vurgulamışlardır. Çalışılan değerler içinde 50°C'de 345 MPa basınç uygulamasının, hücre canlılığını 9.1 dakikada 7 log azalttığı ve bu koşullarda z-değerinin ise 173.1 MPa olduğunu tespit etmişlerdir.

Li *et al.*, (2010) tarafından yapılan bir araştırmada ekşi Çin lahanasına yüksek hidrostatik basınç (200-600MPa, 10-30 dak) uygulanmış, 4, 27 ve 30°C sıcaklıklarda 90 gün süre ile depolanmış ve depolama boyunca mikrobiyolojik değişiklikler (toplam aerobik bakteri, laktik asit bakteri ve maya sayısı) analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, 200 MPa basınç seviyesinin bu mikroorganizmalar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, maya sayısının 400 ve 600 MPa basınç uygulamasında 4.2 log₁₀ kob/g'dan 1.5-2.0 log₁₀ kob/g'a azaldığı, toplam aerobik bakterisinin 600 MPa gelişmediği ve LAB sayısının da 600 MPa basınç uygulamasında tamamen inaktive olduğu belirlenmiştir.

Mert (2010) tarafından yapılan çalışmada yüksek hidrostatik basınç (150-200-250 MPa), sıcaklık (20-30-40°C) ve zaman (5-10-15 dakika) kombinasyonlarının beyaz (Sultaniye) ve kırmızı (*Alicante*

Bouschet) üzüm suları üzerine, mikrobiyal yük ve kalite parametrelerinin (pH, renk, 5-hidroksimetilfurfural-HMF) etkileri incelenmiştir. Artan sıcaklık ve basıncın beyaz ve kırmızı üzüm suyunun mikrobiyal yükünün azalmasına önemli katkı sağladığı ($p < 0.05$), uygulanan basınç ve sürenin üzüm sularının pH değerlerine ise önemli bir değişime sebep olmadığı ($p > 0.05$) saptanmıştır. YHB işleminin toplam renk indeksi (ΔE) üzerine etkisinin, beyaz üzüm suyu için $\Delta E < 1$ ve kırmızı üzüm suyu için $\Delta E < 7$ olduğu bulunmuştur. YHB uygulaması ile işlem görmüş beyaz (200 MPa-40°C-10 dakika) ve kırmızı (250 MPa-40°C-10 dakika) üzüm sularında 25°C'de 90 günlük depolama sonunda mikrobiyal üreme gözlemlenmemiştir. Çalışma sonucunda, YHB'nin beyaz ve kırmızı üzüm suyu için çalışılan kalite parametrelerinde bağlı olarak ısıtma işlemi alternatif olabileceği ve pastörizasyon sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda yüksek kaliteli ürün elde edilebileceği rapor edilmiştir.

Sequeira-Munoz *et al.*, (2006) yaptıkları çalışmada, 100, 140, 180 ve 200 MPa (4°C ve 15-20 dak.) basınç uygulamasının vakum ambalajlanmış sazan balığı filetolarında TBA, L, a ve b değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Garriga *et al.*, (2004) dilimlenmiş ve vakum ambalajlanmış sığır filetosuna 600 MPa 6 dak. yüksek basınç uygulaması ile aerobik, psikrotrofik ve laktik asit bakteri sayısında 4 logaritmik, *Enterobacteriaceae* sayısında ise yaklaşık 3 logaritmik birimlik azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Çelik vd., (2012), yüksek hidrostatik basınç uygulamalarına bağlı olarak hücre morfolojisinde meydana gelen değişimleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile incelemişlerdir. *Staphylococcus aureus* 485 ve *Escherichia coli* O157:H7 933 peptonlu suda, sabit sıcaklıkta (40°C), farklı basınç düzeylerine (200-400 MPa) ve süresine (1 dak ve 5 dak) maruz bırakılmışlar, membran filtreler üzerine hücreler tespit edilmiş ve basınç uygulamaları öncesi ve sonrası olmak üzere mikroorganizmaların SEM görüntüleri elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, basınç uygulanmamış hücrelerin düzgün bir yüzey görünümüne sahip olduğu gözlemlenmiştir. 200 MPa-1 dak basınç uygulanan *E. coli* O157:H7 933 hücrelerinin, basınç uygulanmamış hücrelerden büyük ve daha düzgün bir yüzey görünümüne, 200 MPa ve 250 MPa, 5 dak basınç uygulanan *S. aureus* 485 hücrelerinin

düzensiz yüzey görünümüne, daha yüksek basınç düzeylerine (300 MPa, 350 MPa ve 400 MPa, 5 dak) maruz kalan hücrelerin yüzeylerinin ise çatlak ve pürüzlü bir görünüme sahip olduğu tespit edilmiştir. 250 MPa-1 dak basınç uygulanan *E. coli* O157:H7 933 hücrelerinin yüzeyinin ise buruşuk ve çukurlar ile bozulduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, *S. aureus* 485 hücrelerinin daha yüksek basınç-zaman kombinasyonlarından daha az etkilendiği saptanmıştır. Araştırma sonucunda; SEM görüntülerinin, basınç uygulaması ile hücrelerin tek tek morfolojik özelliklerini koruduklarını da rapor etmişlerdir.

Basmacı (2010) yüksek hidrostatik basınç (220-330 MPa, sıcaklık (50-60°C) ve zaman) uygulamalarının değişik bal türlerindeki (ayçiçek, pamuk ve kanola) kalite parametrelerinin (HMF, diastaz sayısı, renk ve viskozite) araştırıldığı çalışmada, ısı işlem gören (50°C ve 60°C, zaman) ve işlenmemiş örnekleri karşılaştırmışlardır. Kimyasal ve fiziksel analizlerden elde edilen sonuçlara göre, 220 MPa basınç - 50°C sıcaklık - 106 dakika uygulamasının en iyi YHB kombinasyonu olduğunu belirlemişlerdir. Balın kristallerini çözme işleminde YHB uygulamasının, geleneksel ısı işleme alternatif bir metot olabileceğini, YHB uygulamasının daha kısa uygulama süresi ve düşük HMF değerleri elde edilmesinden dolayı avantajlı olduğunu bildirilmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak; gıdalarda yaygın bir uygulama alanı bulan YB uygulaması, gıda sanayinde önemli muhafaza metotlarından biri haline gelmiştir. YB uygulaması gıda endüstrisinde; gıdaların raf ömrünü artırma, mikrobiyolojik açıdan daha güvenli, daha kaliteli ürün elde edilmesine olanak sağlayan bir teknolojidir. Bu yönleri ile ısı işlem tekniklerini içeren geleneksel gıda işleme yöntemlerine alternatif bir teknik olarak önemi her geçen gün artmakta ve tüketicilerin son yıllardaki tercihlerine cevap verebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akdemir Evrendilek, G. Çağrı Mehmetoğlu, A. Çoşansu, S. Erkmen, O. (2010). Yeni yöntemlerle gıdaların korunması. pp. 307-344. (O. Erkmen ed. Gıda Mikrobiyolojisi). 2. Baskı. Efil Yayınevi, Ankara.
- Akitsu, T. Ohkawa H.,Tsuji, M. Kimurab, H. Kogoma, M. (2005). Plasma sterilization using glow discharge at atmospheric pressure, *Surface and Coatings Technology*, 193 (1-3), 29-34.
- Alpas, H. Bozoğlu, F. (2000). Yüksek hidrostatik basınç (YHB) değişken parametrelerinin *Listeria innocua* hücrelerinin D ve Z değerlerinin etkisi, *Gıda*, 25 (3), 213-216.
- Angsupanich, K. Ledward, D. A. (1998). High Pressure Treatment Effects on Cod (*Gadus morhua*) Muscle, *Food Chemistry*, 63, 39-50.
- Arıcı, M. (2006). Gıda muhafazasında yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerine etkisi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 41-49.
- Basmacı, İ. (2010). Effect of ultrasound and high hydrostatic pressure (HHP) on liquefaction and quality parameters of selected honey varieties. The Degree of Master of Science, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Food Engineering, Ankara.
- Başaran, P. Başaran-Akgül, N. Öksüz, L. (2008). Elimination of *Aspergillus parasiticus* from nut surface with low pressure cold plasma (LPCP) treatment, *Food Microbiology*, 25, 626-632.
- Bell, C. Kyriakides, A. (1999). *E. coli*: a Practical Approach to the Organism and Its Control in Foods. Blackwell Publishing, Oxford.
- Brul, S. Rommens, A. J. M. Verrips, C. T. (2000). Mechanistic Studies on The Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by High-Pressure, *Innovative Food Science&Emerging Technologies*, 1, 99-108.
- Cemeroğlu, B. (2004). Meyve ve sebze işleme teknolojisi. (1. Cilt), 226-227.
- Cheftel, J. C. Culioli, J. (1997). Effects of High Pressure on Meat: A Review, *Meat Science*, 46(3), 211-236.
- Crehan, C. M., Troy, D. J. Buckley, D. J. (2000). Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt, *Meat Science*, 55, 123-130.
- Cruz-Romero, M. Kelly, A. L. Kerry, J. P. (2006). Effects of High-Pressure Heat Treatments on Physical and Biochemical Characteristics of Oysters (*Crassostrea gigas*), *Innov. Food Sci. Em. Tech.*

- Çelik, M. P. Yousef, A. Alpas, H., 'Escherichia coli O157:H7 ve Staphylococcus aureus yüksek hidrostatik basınca (YHB) bağlı morfolojik değişimleri'. *Gıda Güvenliği Kongresi*, 3-4 Mayıs 2012, İstanbul.
- Deliza, R. Rosenthal, A. Abadio, F. B. D. Silva, C. H. O. Castillo, C. (2005). Application of high pressure technology in the fruit juice processing: benefits perceived by consumers, *J. Food Engineering*, 67, 241-246.
- Deng, X. T. Shi, J. J. Kong, M. G. (2006). Physical mechanisms of inactivation of *Bacillus subtilis* spores using cold atmospheric plasmas, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 34 (4), 1310-1316.
- Ensoy, Ü. Çoşar, B. (2013). Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünlerinin duyuşal, fiziksel ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri. <http://forum.sogutma.net/gidalarin-sogutulmasi/10079-yuksek-basincin-et-urunlerinin-duyuşal-fiziksel-ve-biyokimyasal-ozelliklere-etkisi.html>. (Erişim tarihi 02.05.2013).
- Earnshaw, R. (1996). High Pressure Food Processing. *Nutrition & Food Science*, Number 2-March/April, 8-11.
- Fernández, A. Thompson, A. (2012). The inactivation of *Salmonella* by cold atmospheric plasma treatment, *Food Research International*, 45, 678-684.
- Franke, V. Weber, H. Dehne, L. I. Bögl, K.W. (1993). Entkeimung und Entwesung von Lebensmitteln mittels Druck. Eine Literaturstudie, *SozEp Hefte* 7.
- Fridman, G. Peddinghaus, M. Ayan, H. Fridman, A. Balasubramanian, M. Gutsol, A. (2006). Blood coagulation and living tissue sterilization by floating-electrode dielectric barrier discharge in air, *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 26 (4), 425-442.
- Fridman, G. Brooks, A. Balasubramanian, M. Fridman, A. Gutsol, A. Vasilets, V. (2007). Comparison of direct and indirect effects of non-thermal atmospheric pressure plasma on bacteria, *Plasma Processes and Polymers*, 26(4), 370-375.
- Garriga, M. Grèbol, N. Aymerich, M. T. Monfort, J. M. Hugas, M. (2004). Microbial Inactivation after High-Pressure Processing at 600 MPa in Commercial Meat Products over its Shelf Life, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 451-457
- Gómez-Estaca, J. López de Lacey, A. López-Caballero, M. E. Gómez-Guillén, M.C. Montero, P. (2010). Biodegradable gelatine-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation, *Food Microbiology*, 27, 889-896.
- Gökmen, V. Acar, J. (1995). Yüksek basınç teknolojisinin gıda endüstrisinde uygulamaları, *Gıda*, 20 (3), 167-172.

- Hendrickx, M. Ludikhuyze, L. Van den Broeck, I. Weemaes, C. (1998). Effect of high pressure on enzymes related to food quality, *Food Science & Technology*, 9, 197-203.
- Hinrichs J. Rademacher, B. Kessler, H. G., '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.
- Honma, K. T. Makino, T. Kumeno, K. Watanabe, M. (1993). *Biosci. Biotech. Biochem.* 57 (7), 1091-1094.
- Hoover, D. G. Metrick, C. Papineau, A. M. Furkas, D. F. Knorr, D. (1989). *Food Technology*, March 99-107.
- Hoover, D. G. (1993). Pressure effects on biological systems. *Food Technology*, June 150-155.
- Hugas, M. Garriga, M. Monfort, J. M. (2002). New Mild Technologies in Meat Processing: High Pressure as a Model Technology, *Meat Science*, 62, 359-371.
- İbanoğlu, E. (2002). Gıdalarda yüksek hidrostatik basınç uygulaması, *Gıda*, 27(6), 505-510.
- Jones, K. Heaton, J. (2006). Microbial contamination of fruit and vegetables: evidence and issues, *Microbiology*, 7, 28-31.
- Jung, S. Ghoul, M. de Lamballerie-Anton, M. (2003). Influence of High Pressure on The Color and Microbial Quality of Beet Meat, *Lebens. Wiss. Technol.*, In Press.
- Karadağ, A. Ömeroğlu, P. Y. Saner, S. (2008). Gıda muhafazasında yeni teknolojilerin kullanımı. <http://www.ggd.org.tr/icerik.php?id=168> (Erişim tarihi 21.11.2012).
- Karakaya, M. Caner, C. Sarıçoban, C., 'Et teknolojisinde yüksek hidrostatik basınç kullanımı'. *Türkiye 8. Gıda Kongresi*. 25 Mayıs 2004, Bursa.
- Kavas, G. Kavas, N. Gönc, S. Kınık, Ö., 'Süt teknolojisinde pulse elektrik alan uygulamaları'. *Gıda Mühendisliği 5. Kongresi*. s: 477-480. 8-10 Kasım 2007, Ankara.
- Kim, B. Yun, H. Jung, S. Jung, Y. Jung, H. Choe, W. Jo, C. (2011). Effect of atmospheric pressure plasma on inactivation of pathogens inoculated onto bacon using two different gas compositions, *Food Microbiology*, 28, 9-13.
- Knorr, D. (1993). Effects of high-hydrostatic pressure process on food safety and quality, *Food Technology*, June 156-161.
- Knorr, D. (1999). Novel approaches in food-processing technology: new Technologies for preserving foods and modifying function, *Current Opinion in Biotechnology*, 10, 485-491.

-
- Leadley, C., 2003. Developments in non-thermal processing. *Food Science and Technology*, 17 (3): 40-42.
- Lechowich, R. V. (1993). Food safety implication of high hydrostatic pressure as a food processing method, *Food Technology*, June 170-172.
- Lee, K. Paek, K. Ju, W. T. Lee, Y. (2006). Sterilization of bacteria, yeast and bacterial endospores by atmospheric-pressure cold plasma using helium and oxygen, *The Journal of Microbiology*, 44(3), 269-275.
- Li, L. Feng, L. Yi, J. Hua, C. Chen, F. Liao, X. Wang, Z. Hu, X. (2010). High hydrostatic pressure inactivation of total aerobic bacteria, lactic acid bacteria, yeasts in sour Chinese cabbage, *International Journal of Food Microbiology*, 142, 180-184.
- Linton, M. Mc Clements, J. M. J. Patterson, M. F. (2004). Changes in the Microbiological Quality of Vacuum-Packaged, Minced Chicken Treated With High Hydrostatic Pressure, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 151-159.
- Macfarlane, J. J. (1973). Pre-Rigor Pressurization of Muscle: Effects on pH, shear value and Taste Panel Assessment, *J of Food Science*, 38, 294-298.
- Marsili, L. Espie, S. Anderson, J. G. MacGregor, S. J. (2002). Plasma inactivation of food related microorganisms in liquids, *Radiation Physics and Chemistry*, 65, 507-513.
- Mert, M. (2010). Effect of high hydrostatic pressure on microbial load and quality parameters of grape juice. The Degree of Master of Science, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Food Engineering, Ankara.
- Mertens, B. Knorr, D. (1992). Developments of non-thermal processes for food preservation, *Food Technology*, May 124-133.
- Mertens, B. Deplace, G. (1993). Engineering aspects of high-pressure technology in food industry, *Food Technology*, June, 164-169.
- McIlvaney, L. MacGregor, S. J. Anderson, J. G. Rowan, N. J. Fouracre, R. A. Farish, O. (1998). Electrotechnologies for food pasteurisation and sterilisation. *Proceedings of the IEE Symposium Pulsed Power*, pp. 47/1-47/8.
- Moerman, F. (2005). High Hydrostatic Pressure Inactivation of Vegetative Microorganisms, Aerobic and Anaerobic Spores in Pork Marengo, a Low Acidic Particulate Food Product, *Meat Science*, 69, 225-232.
- Moisan, M. Barbeau, J. Moreau, S. Pelletier, J. Tabrizian, M. Yahia, L./H. (2001). Low-temperature sterilization using gas plasmas. A review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms, *International Journal of Pharmaceutics*, 226, 1-21.

- Moisan, M. Saoudi, B. Crevier, M. C. (2003). in: A. Ohl (Ed.), Vth. International Workshop on Microwave Discharges: Fundamentals and Applications, Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik e.V., Greifswald, p. 210.
- Mor-Mur, M. Yuste, J. (2003). High Pressure Processing Applied to Cooked Sausage Manufacture: Physical Properties and Sensory Analysis, *Meat Science*, 65, 1187-1191.
- Ohlsson, T. Bengtsson, N. (2002). Minimal Processing Technologies In The Food Industry. Woodhead publishing limited. 41 s, England.
- O'Reilly, E. C. Kelly, A. L. Murphy, M. P. Beresford, P. T. (2001). High pressure treatment: applications in cheese manufacture and ripening, *Trend in Food Sci. Technology*, 12(2), 51-59.
- Öz, F. Kaya, M. (2006). Yüksek Basınç Uygulamasının Et Kalitesi Üzerine Etkisi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 249-255.
- Özcan, D. Obuz, E., 'Yüksek Basınç Uygulamasının Gıda Endüstrisinde Kullanımı'. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, s: 675-678. 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Özcan, T. Kurtuldu, O. (2011). Sütün raf ömrünün uzatılmasında alternatif yöntemler, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 119-129.
- Özlu, H. Atasever, M. (2007). Gıdalara Yüksek Basınç Uygulaması, *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2(1), 7-27.
- Penna, A. L. B. Subbarao-Gurram, A. L. B. Barbosa-Cánovas, G. V. (2007). High hydrostatic pressure processing on microstructure of probiotic low fat yogurt, *Food Research International*, 40, 510-519.
- Popper, L. Knorr, D. (1990). Applications of high pressure homogenization for food preservation, *Food Technology*, July, 84-89.
- Ramirez-Suarez, J. C. Morrissey, M. T. (2006). Effect of High Pressure Processing (HPP) on Shelf Life of Albacore Tuna (*Thunnus alalunga*) Minced Muscle. *Innov. Food Sci. Em. Technology*, 7, 19-27.
- Raso, J. Barbosa-Canovas, G. V. (2003). Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques, *Crit. Rev. Food Sci. Nutrition*, 43, 265-285.
- Reddy, N. R. Solomon, H. M. Tetzloff, R. C. Rhodehamel, E. J. (2003). Inactivation of *Clostridium botulinum* Type A Spores by High Pressure Processing at Elevated Temperatures, *Journal of Food Protection*, 66(8), 1402-1407.
- Roth, J. R. Sherman, D. M. Gadri, R. B. Karakaya, F. Chen, Z. Montie, T. C. (2000). Remote exposure reactor (RER) for plasma processing and sterilization by plasma active species at one atmosphere, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 28, 56-63.

- Rubio, B. Martinez, B. Garcia-Cachan, M. D. Rovira, J. Jaime, I. (2006). Effect of High Pressure Preservation on The Quality of Dry Cured Beef "Cecina de Leon", *Innov. Food Sci. Em. Techonology*, (Article in Pres).
- Rysstad, G. Kolstad, J. (2006). Extended shelf life milk-advances in technology, *International Journal of Dairy Technology*, 59(2), 85-96.
- Sequeira-Munoz, A. Chevalier, D. LeBail, A. Ramaswamy, H. S. Simpson, B. K. (2006). Physicochemical changes induced in carp (*Cyprinus carpio*) fillets by high pressure processing at low temperature, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7, 13-18.
- Shi, X. M. Yuan, Y. K. Sun, Y. Z. Yuan, W. Peng, F. L. Qiu, Y. C. (2006). Experimental research of inactivation effect of low-temperature plasma on bacteria, *Plasma Science and Technology*, 8(5), 569-572.
- Sureshkumar, A. Sankar, R. Mandal, M. Neogi, S. (2010). Effective bacterial inactivation using low temperature radio frequency plasma, *International Journal of Pharmaceutics*, 396, 17-22.
- Şanal, İ. S. Çalıklı, A. (2000). Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisi ve Gıda Endüstrisinde Uygulamaları, *Gıda*, 25(3), 193-201.
- Temiz, H. Tarakçı, Z. Aykut, U., 'Süt ve ürünlerinde mikroorganizmaları azaltmada alternatif yöntemler'. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*. s: 777-780. 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Trompeter, F. J. Neff, W. J. Franken, O. Heise, M. Neiger, M. Liu, S. H. (2002). Reduction of *Bacillus subtilis* and *Aspergillus niger* spores using nonthermal atmospheric gas discharges, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 30(4), 1416-1423.
- Trujillo, A. J. Capellas, M. Buffa, M. Royo, C. Gervilla, R. Felipe, X. Sendra, E. Saldo, J.
- Trujillo, A. J. Capellas, M. Saldo, J. Gervilla, R. Guamis, B. (2002). Applications of high hydrostatic pressure on milk and dairy products: A review. *Inovative Food Science and Emerging Technologies*, 3(4), 295-307.
- Tülek, Y. Filizay, G. (2006). Gıda endüstrisinde kullanılan yüksek hidrostatik basınç sistemleri, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 225-231.
- Uçak, İ. Gökoğlu, N., 'Su ürünleri muhafazasında yüksek hidrostatik basınç uygulamaları'. *Türkiye 11. Gıda Kongresi*, 10-12 Ekim 2012, Hatay.
- Vassal, S. Favenec, L. Ballet, J J. Brasseur, P. (1998). Hydrogen peroxide gas plasma sterilisation is effective against *Cryptosporidium parvum* oocysts, *Am. J. Infect. Control*, 26 (2), 136-138.

- Watanabe, M. Makino, T. Kumeno, K. Arai, S. (1991). High-pressure sterilization of ice nucleation-active bacterial cells, *Agr. Biol. Chemistry*, 55(1), 291-292.
- Wilkinson, N. Kurdziel, A. S. Langton, S. Needs, E. Cook, N. (2001). Resistance of poliovirus to inactivation by high hydrostatic pressures, *Innovative Food Science & E. Technology*, 2, 95-98.
- Yaman, D. B. Türköz, G. Bakırcı, F., 'Salmonella spp. ve gıda güvenliği'. 7. *Gıda Mühendisliği Kongresi*, 24-26 Kasım 2011, Ankara.
- Yemencioğlu, A. Özkan, M. (2004). Meyve ve Sebzelerle Bunlardan Elde Edilen Ürünlerin Dayandırılma Yöntemleri. Meyve ve Sebze İşleme Teknikleri 1. Cemeroglu B. Başkent Klise Matbaacılık, 226-227, Ankara.
- Yu, H. Xiu, Z. L, Ren, C. S. Zhang, J. L. Wang, D. Z. Wang, Y. N. (2005). Inactivation of yeast by dielectric barrier discharge (DBD) plasma in helium at atmospheric pressure, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 33(4), 1405-1409.
- Zimmerman, F. Bergman, C. (1993). Isostatic high-pressure equipment for food preservation, *Food Technology*, June 162-163.
- Zorba, Ö. Kurt, Ş. (2005). Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünleri kalitesi üzerine etkisi, *YYÜ Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(1), 71-76.
- Zhu, S. Bail, A. L. Ramaswamy, H. S. (2005). High pressure differential scanning calorimetry: Comparison of pressure-dependent phase transition in food materials, *J. Food Engineering*, Received 3 December (2004).
