

Yüksek Basınç Uygulamalarının Et ve Et Ürünlerinin Duyusal, Fiziksel ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

Ümran Ensoy Burçin Coşar

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 60240, Tokat

Özet: Tüketicilerin, besin değerini koruyacak şekilde işlenmiş gıdalara olan taleplerine paralel olarak gıda işleme ve muhafaza amacıyla yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Yüksek Basınç (YB) uygulamaları, özellikle mikrobiyolojik inaktivasyon sağlarken gıdaların vitamin, mineral, tat, renk ve görünüşünde önemli bir değişikliğe neden olmamaktadır. Bu nedenle, ısı işleme uygulamaları için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. YB uygulamaları sıvı gıdalara başarıyla uygulanabildiği gibi et ve et ürünleri gibi gıdalara da uygulanabilmektedir. Etilerde, mikrobiyolojik ve enzimatik inaktivasyon sağlama yanı sıra gevrekleştirme ve dondurma-çözündürme amacıyla da kullanılmaktadır. Proteinler üzerinde değişimlere neden olarak, etlerin tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde önemli etkiye sahiptir. Ayrıca, yeni ürünlerin geliştirilmesi için de oldukça önemli bir teknolojidir.

Anahtar kelimeler: Yüksek basınç, et, protein, duysal özellik, jelleşme

The Effects of High Pressure Processing on the Sensorial, Physical and Biochemical Properties of Meat and Meat Products

Abstract: There has been a tremendous increase in new food manufacturing and preservation technologies of food which is containing whole nutrients, due to consumer demands. High pressure processing results in microbiological inhibition, while any important degradation of the vitamin, mineral salts, taste, color and appearance does not occur. Therefore, this technology becomes an important alternative to heat treatments. High pressure processing can be successfully utilized to liquid foods, also used for meat and meat product processing. This technology usually used for inhibition of microorganisms and enzymes, and also is utilized for tenderization and freezing-thawing processes of meat. High pressure processing has important effect on textural properties of meat due to changes of protein structure.

Key words: High Pressure, meat, protein, sensorial properties, gel forming

1. Giriş

Gıdaları mikrobiyolojik ve enzimatik değişimlerden korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla değişik teknikler uygulanmaktadır. Gıda muhafazasının asıl amacı; bozulmanın önlenmesi yanı sıra depolama sürecinde gıdanın besin değeri, renk, aroma ve fiziksel yapısına ait duysal niteliklerini de korumaktır (Şanal ve Çalimli, 2000, Karakaya ve ark., 2004). Tüketicilerin gıda konusunda bilinçlenmesi ile birlikte, gıdaların daha güvenilir bir şekilde üretilmesi, besin değerini kaybetmemesi ve mümkün olduğunca doğal olması amaçlanmaktadır (Zorba ve Kurt, 2005). Bu amaç doğrultusunda çeşitli teknolojik çalışmalar yapılmaktadır (Hugas et al., 2002, Mor-Mur and Yuste, 2003; Karakaya ve ark., 2004; Trespalacios and Pla, 2007). Bu yeni gıda işleme metotları arasında; yüksek hidrostatik basınç (YHB), ışılama, ultrases dalgaları, ultraviyole ışık, mikrodalga, titreşimli elektrik alanı, yüksek yoğunluklu titreşimli ışık, manyetik alan ve ozon

uygulaması yer almaktadır (Hugas et al., 2002; Karakaya ve ark., 2004).

Son yıllarda giderek yaygınlaşan yüksek basınç uygulaması (YBU); gıdaların kimyasal yapısını bozmadan, mikroorganizmaları, yapılarında bulunan proteinleri denatüre ederek inhibe etme mekanizmasına sahip bir teknolojidir (Earnshaw, 1996; Cheftel and Culioli, 1997; Tuboly et al., 2003; Mor-Mur and Yuste, 2003; Cemeroglu, 2004; Ramirez-Suarez and Morrissey, 2006; Sequeira-Munoz et al., 2006; Cruz-Romero et al., 2006; Rubio et al., 2006). Yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerine etkileri; hücre zarı bağlantılı etkiler, basıncın neden olduğu hücresel değişiklikler, biyokimyasal değişimler ve genetik mekanizmalar üzerindeki etkileri şeklinde sıralanabilir (Murchie et al., 2005). YHB' deki kritik işlem faktörleri ise basınç, basınç uygulama süresi, baskı azaltma süresi, işlem ısısı (adyabatik ısıyı da içeren), ilk ürün ısısı, basınçta kazan ısısı dağılımı, ürün pH'sı, ürün bileşimi, ürün su aktivitesi ve ambalajlama materyalinin sağlamlık derecesidir (Cheftel and Culioli, 1997; Hugas et al., 2002).

Yüksek basınç işlemi, özellikle sıvı gıdalara başarıyla uygulanabildiği gibi et ve et ürünleri gibi tam akışkan olmayan gıdalara da başarıyla uygulanmaktadır (Karakaya ve ark., 2004; Zorba ve Kurt, 2005). Etlerde YBU'sı 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).

2. YB Uygulamalarının Genel Prensipleri

Paskal kanununa göre; kapalı bir ortamdaki sıvıya uygulanan basınç, sıvının her yanına uniform olarak iletilir. Bu prensibe bağlı olarak, gıdayı çevreleyen ortamın sıkıştırılması ile gıdalara yüksek basınç uygulaması gerçekleştirilir (Crehan et al., 2000). Basınç işlemi, esnek bir ambalaj içinde bulunan gıdaya sıvı ortamda doğrudan ve temas olmaksızın uygulanır (Yetim ve ark., 2003). Basıncı gıdaya iletmek üzere sıvı ortam olarak özel hidrolik yağlar, hidrokarbonlar veya su kullanılır. Bunlar arasında ucuzluğu, bolluğu ve zararsız olması gibi nedenlerle en çok tercih edileni sudur (Yetim ve ark., 2003; Zorba ve Kurt, 2005). Tipik bir yüksek basınç sistemi bir basınç kabini ve kapak kısmı, basınç oluşturma ünitesi, sıcaklık kontrol elemanı ve gıdanın sisteme konulup çıkarılmasını gerçekleştiren işleme ünitesinden meydana gelir. Basınç hücresinin çeşidine bağlı olarak, işlem görecekt gıdaya ve yüksek basınç uygulamasına göre farklı kapama sistemlerinin kullanılması gerekir. Basınç hücresinin kapak kısmının hızlı açılıp kapanması yükleme ve boşaltma işlemleri için minimum zaman kaybına neden olur. Doldurup kapatıldıktan sonra basınç hücresi içerisine basıncı ileten bir sıvı doldurulur. Gıdalara izostatik basınç uygulamalarının pek çoğunda çok az miktarda çözünmüş yağ ilave edilmiş su kullanılmıştır (Yetim ve ark., 2003).

Yüksek basınç elde etmek amacıyla üç farklı yöntem kullanılmaktadır.

Doğrudan Sıkıştırma Yöntemi: Bu yöntemde, piston ile sıkıştırma uygulanır. Kap içindeki basınç iletici ortamın basıncı doğrudan bir piston tarafından oluşturulur.

Bu yöntem çok hızlı bir basınç artışı sağlamasına karşın, pratikte sadece küçük ölçekli çalışmalara uygundur.

Dolaylı Sıkıştırma Yöntemi: Bu yöntemde, içinde yüksek basınç oluşturulan tüpten kuvvetlendirici kullanarak, basınç kabında istenen basınç elde edilir. Bu yöntemde gerekli bağlantılar statiktir. Endüstriyel soğuk, sıcak ve çok sıcak izostatik basınç uygulamalarında bu yöntem kullanılır.

Isıtmalı Yöntem: Bu yöntemde, basınç iletici ortamın sıcaklığının artırılması sonucu gerçekleşen genleşme ile yüksek basınç sağlanır. Bu yöntem basınç ve yüksek sıcaklık yöntemlerinin kombine kullanılacağı bazı kimyasal reaksiyonların gerçekleştirilmesinde uygulanır (Şanal ve Çalimli, 2000).

3. YB Uygulamasının Et Bileşenleri Üzerine Etkisi

Yüksek basınç uygulamalarının, et bileşenlerinden özellikle su, protein (enzimler de dahil olmak üzere) ve lipidler üzerine etki ettiği birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Lamballerie-Anton et al., 2002).

3.1. Su

Suyun adiyabatik kompresyonu sıcaklığın her 100 MPa'da 2–3 °C kadar artışına neden olur (Cheftel and Culioli, 1997; Lamballerie-Anton et al., 2002).

3.2. Protein ve Enzimler

Proteinler üzerine yüksek basıncın etkisi, molekül yapısı büyüklüğüne ve ortam bileşimine bağlıdır (pH, iyonik güç ve ısı). Genellikle, sekonder yapı sadece çok yüksek basınç işlemlerinden etkilenirken, ana yapı basınçtan etkilenmemektedir. Tersiyer ve kuarterner yapılar 100 MPa basınç altında değişim göstermektedir. Yapıdaki bu değişimler, endojen et enzimlerinin faaliyetlerini de değiştirebilir (Lamballerie-Anton et al., 2002). Yüksek basınç işlemi, buffer ve basınç koşullarına bağlı olarak enzimlerin inaktivasyonu ve aktivasyonuna neden olabilir (Lamballerie-Anton et al., 2002; Serra et al., 2007a,b).

3.2.1. Myofibriler Proteinlerin Jelatinizasyonu

Yüksek basınç, aktin ve myosini depolimerize ederek myofibriler proteinlerin çözünürlüğünü artırır. Yüksek basınç ve sıcaklık

etkisiyle oluşan myosin ve aktomyosinin jelatinizasyonu düşük iyonik güce sahip ortamlarda (0,1-0,4 M NaCl) artış gösterir. Ancak basınç uygulamasının, yüksek iyonik şiddete sahip ortamda aktomyosin jelatinizasyonunu artırmasına karşın myosin jelatinizasyonunu etkilememektedir. Oda sıcaklığında pH 6,0 ve 0,1 M KCl'de myosin solüsyonlarına 200 MPa'nın üzerinde bir basınç uygulandığında jelleşme meydana geldiği halde iyonik güç artırıldığında myosin jelleşmemektedir. Ayrıca sıcaklık etkisiyle oluşan jelin jel kuvvetinin önemli derecede protein konsantrasyonu ile orantılı olduğu rapor edilmiştir (Cheftel and Culioli, 1997; Yetim ve ark., 2003).

Jung et al. (2000), sertlik sonrasında sığır eti ile yaptığı çalışmada; düşük ısıda sertlik sonrası ete yüksek basınç işlemi uygulamanın myofibril düzensizliğine neden olduğunu belirtmiştir. Balıklarla yapılan bir çalışmada ise; Tilapia (*Oreochromis* spp.) filetolarının işleme kalitesi üzerine yüksek basınç uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Tilapia filetolarına 25°C'de 50–300 MPa aralığında basınç işlemi uygulanmış ve bir saatte 50 MPa'da işlenen örneklerin jel gücünün taze etin jel gücünden 1.2 kat fazla olduğu saptanmıştır. Fakat 1 saat süreyle 250 MPa basınç uygulanmış örneklerin jel gücünde %25 oranında bir düşüş rapor edilmiştir (Ko et al., 2005).

Proteinlerin jel oluşturma özelliği birçok gıdanın tekstürel özelliklerini belirleyen önemli bir faktördür. Jel oluşumu ısı ile işlemle gerçekleşmesine rağmen, ısı işlem genellikle gıdaların bazı besinsel özelliklerini olumsuz etkileyebilmektedir (Zorba ve Kurt, 2005). YB uygulamalarının proteinler üzerindeki etkilerinin incelenmesi, gıdanın özelliklerine önemli zararlar vermeden jel oluşumu sağlanması nedeniyle oldukça önemlidir.

3.2.2. Et Enzimleri

Kesim sonrası sıcak ete basınç uygulanması; uygulama süresi, et sıcaklığı ve kas tipine bağlı olarak pH'da hızlı bir düşüşe ve yoğun bir kasılmaya neden olmaktadır (De schamps et al., 1992). Angsupanich and Ledward (1998) tarafından yürütülen çalışmaya göre; çeşitli proteaz enzimlerini de içeren suda çözünbilir proteinlerin bir kısmının 800 MPa basınca dayanıklı olduğu

belirlenirken, 200 MPa basınç üzerindeki uygulamalarda ve yaklaşık olarak pH 6.6'da nötr proteazların aktivitelerinde önemli bir azalma olduğu da tespit edilmiştir.

3.3. Karbonhidrat

Yüksek basınç uygulaması sadece polisakkaritler üzerine etki etmektedir. Ancak ette etki ettiği tek polisakkaritin glikojen olması ve ölüm sonrasında gerçekleşen glikoliz ile etin glikojen miktarının önemli oranda azalması nedeniyle taze ete basınç uygulamasının karbonhidratlar üzerine etkisi önemsizdir (Lamballerie-Anton et al., 2002).

3.4. Kas Yapısı

Yüksek basınç uygulamasına bağlı olarak etlerde gözlenen yapısal değişikliklerde, ölüm sonrası geçen süre, sıcaklık, basınç, kas çeşidi ve tipi etkilidir (Lamballerie-Anton et al., 2002).

Kas yapısı üzerine yüksek basınç işleminin etkilerini incelemek amacıyla yapılan çalışmalarda sığır, koyun, kümes hayvanları eti ve balık kullanılmıştır. Etin yüksek basınç işlemiyle ilişkili olarak, kasın ultra yapısını, sarkomerlerin birbirine ve endomizyumlarda olan bağlarını açıklayan araştırmalar yapılmıştır. Kas lifi çeşitleri arasında Z hattının enini ve mitokondrial içeriğini de kapsayan ultra yapısal farklar olduğu rapor edilmiştir. Genel yapısal değişimler; kümes hayvanları, domuz, sığır ve koyun etlerinde birbirine benzer şekilde gerçekleşirken I bandı kırılmaları balıklarda gözlenmemiştir (Lamballerie-Anton et al., 2002).

3.5. Donma ve Çözünme Noktaları

Yüksek basınç altında (210 MPa) suyun erime ve donma noktaları minimum -21°C'ye düşmektedir. Bu durum oluşan buz kristallerine bağlı olarak meydana gelen hacim artışının basınç tarafından engellenmesi nedeniyle gerçekleşir. Basınç yardımıyla dondurma işlemi, klasik metotlar uygulandığında meydana gelen sıcaklık değişimi, büyük buz kristalleri ve donarak konsantre olan bölgeler nedeniyle ortaya çıkan problemleri minimuma indirebilir (Cheftel and Culioli, 1997; Yetim ve ark., 2003). Dolayısıyla donma noktasını değiştiren basınç uygulamasıyla, donmaya hassas gıdaların daha iyi korunacağı ileri sürülmüştür. Özellikle büyük et parçalarının dondurulmasında tekniğin yararlı olabileceği bildirilmiştir. Yükseltmiş basınçlarda buzun erime noktası düştüğü için çözünmenin daha

yüksek sıcaklıkta ($\leq -10^{\circ}\text{C}$) olduğu ve çözünme kayıplarının da önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca basınç ileten ortam ile donmuş et arasında ısı akış oranı arttığından, çözünme oranı ve hızının da arttığı tespit edilmiştir (Yetim ve ark., 2003).

3.6. Bağ Doku

Sığır kas içi (intramuscular) kollagenin fizikokimyasal özellikleri üzerine yüksek basıncın (100-300 MPa, 2°C , 5 dak.) etkisinin çok sınırlı olduğu ve kollagenin mikroskobik yapısında önemli değişikliklerin meydana gelmediği belirtilmiştir. Ancak ete uygulanan uzun süreli basınç-sıcaklık kombinasyonu sonucu bağ dokularında meydana gelen kopmalar, kollagenin yüksek basınçtan etkilenebileceğini göstermiştir. Yüksek basınç (100-400 MPa) uygulanan sığır iskelet kasının kas içi bağ dokularının morfolojik yapısındaki değişimlerin incelendiği bir çalışmada ise, basınç uygulanan kaslarda endomisyumun bal peteği benzeri yapısındaki deformasyonun basıncın artmasıyla birlikte hızlandığı ve 400 MPa'da endomisyumun tamamen parçalandığı belirtilmektedir (Yetim ve ark., 2003).

4. YB Uygulamasının Etin Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

4.1. Gevreklik

Yüksek basıncın ette gevreklik artışına neden olduğu ilk kez Macfarlane (1973) tarafından ileri sürülmüştür. Ölüm sertliği gelişiminden önce karkastan alınan örneğe basınç (100 MPa 1 dak.) uygulandığında, kasılma gerçekleşen kas pişirildiğinde kesme direncinde azalma gözlenirken, bu gevrekleşme duyusal panellerle desteklenmiştir (Kennick et al., 1980). Ölüm sertliği öncesinde yüksek basınç uygulanan ette gelişen gevrekliğin, kısılma derecesine bağlı olduğu görülmüştür (Karakaya ve ark., 2004). Kennick et al. (1980) bu gevreklik artışının, rigor öncesi kas dokusuna uygulanan yüksek basınç ile oluşan fiziksel tahribattan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Yüksek basınç uygulanmış kasta sarkolema ve endomisiyal yapılar kısılmış, myofibriller yapı parçalanmıştır. Oluşan fibril içi ve fibriller arası boşluklar kas yapısının zayıflamasına neden olarak gevrekliğin

artmasını sağlamaktadır (Karakaya ve ark., 2004).

Ölüm sertliği öncesinde kaslara YB uygulamak için, kasların, kesim işlemini takiben yüksek pH değerine sahip sıcak et fazındayken kısa bir süre içerisinde kemiklerden ayrılması gerekir. Bu nedenle, yapılan araştırmalar ölüm sertliği sonrası YB uygulamasının etkileri üzerine odaklanmıştır (Cheftel and Culioli, 1997). Ölüm sertliği sonrası kaslara yüksek basınç uygulamasının gevreklik üzerine etkisi, uygulama anındaki kas sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Kasa 30°C 'nin altındaki sıcaklıklarda yüksek basınç uygulamasının etin gevrekliği üzerine önemli etkisi olmamaktadır. Sertlik sonrası kaslara $45-55^{\circ}\text{C}$ 'de yüksek basınç uygulamasının ise etin gevrekliğinde artışa neden olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra basınç uygulaması (50 MPa, 1 saat), pişirmeyle kombine edildiğinde (80°C 90 dak.) soğuk kısılması gelişen sığır kaslarının gevrekliği de artmaktadır (Karakaya ve ark., 2004).

4.2. Renk

YB uygulamasının proteinler üzerine etkisi olması nedeniyle, protein yapısında olan myoglobini etkileyerek renk üzerinde önemli değişimlere neden olabilmektedir (Zorba ve Kurt, 2005). Bu renk değişimi özellikle dana eti ve ton balığında $5-10^{\circ}\text{C}$ gibi düşük sıcaklıklarda daha fazla gözlenmektedir (Karakaya ve ark., 2004).

Dana kıyması oksijenli ortamda ve/veya vakum altında ambalajlandıktan sonra 10°C 'de $250-350$ MPa'da 10 dak. süre ile basınç uygulandığında Hunter "L" değerinin arttığı ve kıymanın pempe bir renk aldığı rapor edilmiştir. Hunter "a" değerinin $400-500$ MPa'da azalarak et renginin, grimsi-kahverengimsi pişmiş et rengine dönüştüğü saptanmıştır. $250-500$ MPa basınç aralığında ekstrakte edilen toplam myoglobin miktarı azalırken, $400-500$ MPa basınç aralığında ise metmyoglobin oranında artış olduğu tespit edilmiştir (Carlez et al., 1995).

4.3. Lezzet

Et lezzeti üzerine yüksek basıncın önemli bir etkisi olmamakla birlikte basınç etkisiyle lizozomlardan salınan proteolitik enzimlerin olgunlaşma sırasında et lezzetinin gelişimini hızlandırdığı da öne sürülmüştür (Karakaya ve ark., 2004).

4.4. Yağ Oksidasyonu

Yağ oksidasyonunun, YB uygulanmasında kısıtlayıcı rolü olduğu saptanmıştır. Morina kaslarına basınç (202, 404 ve 608 MPa 15–30 dak.) uygulanarak ekstrakte edilen yağların peroksit değerinin, basınç ve sürenin artışına bağlı olarak arttığı rapor edilmiştir (Oshima et al., 1993). 300 MPa basınç sonucunda oluşan oksidatif değişikliklerin, 80 °C’de 15 dak. ısı uygulamasıyla oluşan değişikliklerden farklı olmadığı belirtilmiştir (Cheah and Ledward, 1996). Oshima et al. (1993), ekstrakte edilen su ürünleri yağlarının 608 MPa basınca kadar oksidasyona dayanıklı olduklarını, fakat yağın kasla birlikte olması durumunda oksidasyonunun basınç uygulamasından daha fazla etkilendiğini belirtmişlerdir. Angsupanich ve Ledward (1998), 400 MPa üzerindeki basınç işleminden sonra morina balığındaki lipidlerin oksidasyonunun arttığını rapor etmişlerdir. Balıklardaki lipidin diğer türlerin lipidlerine kıyasla, oksidasyona karşı daha hassas olduğu saptanmıştır.

4.5. Et Emülsiyonları Üzerine Etkisi

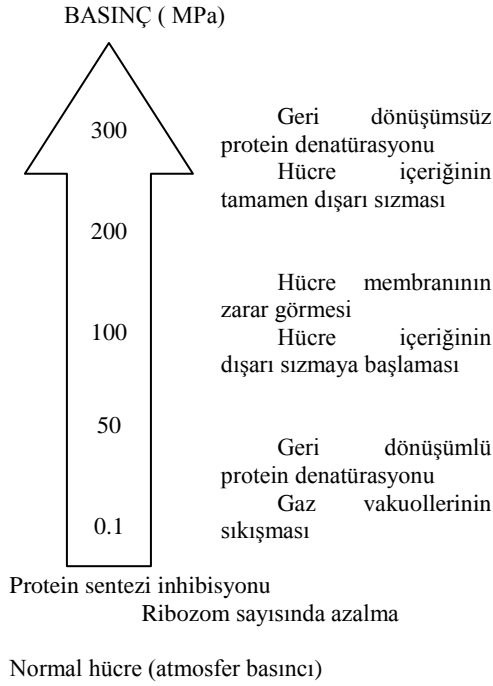
Emülsifiye et ve kanatlı eti ürünlerinde, YB uygulamaları partiküller arası bağlanmayı ve protein çözünürlüğünü artırıcı etkiye sahiptir (Mor-Mur and Yuste, 2003).

Sosis ve sucuk formülasyonlarında yer alan tuz ve/veya fosfat oranını yüksek basınç uygulamaları ile azaltmak amacıyla pek çok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda, yüksek basınç hidrolik pompa kullanımıyla sağlanmış ve basınç transfer ortamından geçirilerek ürünlere uygulanmıştır. Termik olmayan proseslerin oluşumuyla, ürün lezzeti ve besin değeri stabil kalmıştır. Yüksek basınç (150 MPa) uygulanmış frankfurterlerin, basınç uygulanmamış ürünlere kıyasla daha düşük pişirme kaybına sahip oldukları gözlenmiştir. Basınç uygulanmış ürünlerin emülsiyon stabilitesi ve tekstür değerleri basınç uygulanmamış frankfurterlere yakın sınırlar içinde kalmıştır (Troy and Crehan, 2002).

5. YB Uygulamasının Etin Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Etkisi

Yüksek basınç işlemi ile mikroorganizmaların inaktivasyon miktarı ve kinetiği; mikroorganizmanın türü, basınç düzeyi, işlem süresi, sıcaklık ve gıdanın pH’sı, su aktivitesi ve kompozisyonu gibi pek çok parametreye bağlıdır (Cheftel and Culioli, 1997). YBU’na karşı mikroorganizmaların gösterdikleri dirençlerin farklılıkgösterdiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Gram (-) bakterilerin Gram (+) bakterilerden, psikrofilik bakterilerin ise mezofilik bakterilerden basınç uygulamalarına karşı daha hassas oldukları rapor edilmiştir. Bununla birlikte aynı cinsin farklı türleri arasında da basınca direnç bakımından farklılıklar gözlenebilir. Yükselen basınç ile birlikte mikroorganizmalarda farklı morfolojik değişimler ve metabolik faaliyet bozuklukları meydana gelmektedir (şekil 6.1.) (Yetim ve ark., 2003).

Et gibi katı gıdalarda 300–600 MPa basınç uygulaması (25 °C’de 10–30 dk.) vejetatif mikroorganizma sayısında, 3–6 logaritmik birim azalmaya neden olmaktadır. Bakteri sporları yüksek basınca daha dayanıklı olmakla birlikte uygun şartların seçimi ile inaktive edilebilmektedir (Cheftel and Culioli, 1997). Carlez et al. (1994) *Pseudomonas* türleri ile inokule ettikleri kıyma ile yaptıkları çalışmada, hücrelerin belli bir kısmının (%0,01) basınç işlemi tarafından inaktive edilemediğini sadece baskılandığını ve 3 °C’de 3–9 günlük bir iyileşme fazından sonra bakterilerin tekrar gelişmeye devam ettiğini tespit etmişlerdir. Ancak yüksek basınç ve orta dereceli sıcaklık işlemlerinin kombine edilmesiyle ürünün mükemmel bir mikrobiyal stabiliteye ulaşabileceği ileri sürülmüştür. Taze ya da işlenmiş ette doğal olarak bulunan veya sonradan kontamine olan çeşitli mikroorganizmaların yüksek basınca olan duyarlılığı esas alınarak yapılan çalışmalar sonucunda, etlerin muhafazasında yüksek basınçın en iyi uygulama şartlarının 50-70°C’de 400–600 MPa’da 1-10 dk arasında olabileceği tespit edilmiştir (Yetim ve ark., 2003).



Şekil 6.1. Farklı Basınçlarda Mikroorganizmalarda Meydana Gelen Yapısal ve Fonksiyonel Değişiklikler (Yetim ve ark., 2003)

6. Sonuç

YB uygulaması, ticari olarak gıdalarda mikroorganizmaları inaktive ederek gıdanın korunmasını sağlayan ve birçok avantaja sahip olan yeni bir teknolojidir. Sonuçta yüksek basıncın; endüstride et gevrekliğinin artırılması, mikrobiyolojik inaktivasyon, pastörizasyon, aşırı ve fazla pişirmenin önlenmesi, buzdolabında saklama süresinin uzatılması, sosis ve salamlik etlerin basınç yardımıyla bağlama ve jelatinasyon yeteneklerinin artırılması, etlerin düşük sıcaklıklarda daha az çözünme kaybı yanında daha hızlı çözündürülmesi gibi pek çok faydalı etkilerde bulunduğu belirlenmiştir.

Vakum paketleme, orta derecede ısıtma ve buzdolabında depolama gibi proseslerle kombine edildiğinde, yüksek basıncın kür edilmiş etler, hazır yemekler ve mekanik olarak kemikleri ayrılmış etleri de içine alan pek çok et ürünüde başarı ile kullanılabileceği bildirilmektedir. Bu yeni teknoloji çevre kirliliğine yol açmamaktadır. Son yıllarda, tüketicilerin minimum seviyede işlenmiş gıdalara giderek artan talebini karşılayacak daha sağlıklı gıdaların üretimine de imkan sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Angsupanich, K., Ledward, D.A. 1998. High Pressure Treatment Effects on Cod (*Gadus Morhua*) Muscle. Food Chemistry, vol. 63(1), 39-50.
- Carlez, A. Rosec., J.P., Richard, N., Cheftel, J.C. 1994. Bacterial Growth During Chilled Storage of Pressure Treated Minced Meat. Lebens. Wiss. Technol., 27, 48-54.
- Carlez, A., Veciana-Nouges, T., Cheftel, J.C. 1995. Changes in color and Myoglobin of Minced Beef Meat Due to High Pressure Processing. Lebens. Wiss. Technol. 28, 528-538.
- Cheah, P.B., Ledward, D.A. 1996. High Pressure Effects on Lipid Oxidation in Minced Pork. Meat Sci., 43(3), 123-134.
- Cheftel, J.C., Culioli, J. 1997. Effects of High Pressure on Meat: A Review. Meat Sci., 46(3), 211-236
- Cemeroğlu, B. 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. (1. cilt), 226-227.
- 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 Sci., 55, 125-130.
- 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. (Article in Pres).
- Des Champs. O., Cottin, P., Largeteau, A., Demazeav, G., Ducastaing, A. 1992. In High Pressure and Biotechnology Eds. C. Balny, R., Hayashi, K. Heremans and P. Masson. coll. INSERM, 175-224, Paris.
- Earnshaw, R. 1996. High Pressure Food Processing. Nutrition & Food Science Number 2 – March/April., 8-11.
- Hugas, M., Garriga, M., Monfort, J.M. 2002. New Mild Technologies in Meat Processing: High Pressure as a Model Technology. Meat Sci., 62, 358-371.
- Jung, S., de Lamballerie-Anton, M., Ghoul, M. 2000. Modifications of Ultrastructure and Myofibrillar Proteins of Post-rigor Beef Treated by High Pressure. Lebens. Wiss. Technol., 33, 319-319.
- 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 Pres.
- Karakaya, M., Caner, C. Sarıçoban, C. 2004. Et Teknolojisinde Yüksek Hidrostatik Basınç Kullanımı. Gıda, 29 (6) 465-470.
- Kennick, W.H., Elgasim, E.A., Holmes, Z.A., Meyer, P.F. 1980. The Effects of Pressurization of Pre-Rigor Muscle on Post-Rigor Meat Characteristics Meat Sci. 4, 33-40.
- Ko, W.C., Jao, C.L., Hwang, J.S., Hsu, K. C. 2005. Effect of High Pressure Treatment on Processing Quality of Tilapia Meat Fillets. Journal of Food Eng., 85, 295-350.

- Lamballerie-Anton, M., Enitiaa, N., Taylor, R.G., Culioli, J., Theix, I. 2002. High Pressure Processing of Meat. "Meat Processing: Improving Quality" Ed. Kerry, J., Kerry, J. and Ledward, D. S, 313-331.
- Macfarlane, J.J. 1973. Pre-Rigor Pressurization of Muscle = Effects on pH, shear value and Taste Panel Assessment. *J. Food Sci.*, 38, 294-298.
- Mor-Mur , M., Yuste, J. 2003. High Pressure Processing Applied to Cooked Sausage Manufacture:Physical Properties and Sensory Analysis. *Meat Sci.*, 65, 1187-1191.
- Murchie, L.W., Cruz-Romero, M., Kerry, J.P., Linton, M., Patterson, M.F., Smiddy, M., Kelly, A.L. 2005. High Pressure Processing of Shellfish: A Review of Microbiological and Other Quality Aspects. *Innov. Food Sci. Em. Tech.* 6, 257-270.
- Oshima, T., Ushio,H., Kizumic, J. 1993. High Pressure Processing of Fish and Fish Products. *Trends Food Sci. Technol.*, 4, 370.
- 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. Tech.* 7, 19-27.
- 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. Tech.*, (Article in Pres).
- 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. *Innov. Food Sci. Em. Tech.*, 7,13-18
- Serra, X., Sarraga, C., Grebol, N., Guardia, M.D., Guerrero, L., Gou, P., Masoliver, P., Gassiot, M., Monfort, J.M., Arnau, J. 2007a. High Pressure Applied to frozen Ham at Different Process Stages. 1. Effect on The Final Physicochemical Parameters and on The Antioxidant and Proteolytic Enzyme Activities of Dry-Cured Ham. *Meat Sci.*, 75, 12-20.
- Serra, X., Grebol, N., Guardia, M.D., Guerrero, L., Gou, P., Masoliver, P., Gassiot, M., Sarraga, C., Monfort, J.M., Arnau, J. 2007b. High Pressure Applied to Frozen Ham at Different Process Stages. 2. Effect on The Sensory Attributes and on The Colour Characteristics of Dry-Cured Ham. *Meat Sci.*, 75, 21-28
- Şanal, İ. S., Çalımlı, A. 2000. Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisi ve Gıda Endüstrisinde Uygulamaları. *Gıda*, 25 (3): 193 – 201.
- Trespalacios, P., Pla, R. 2007. Simultaneous Application of Transglutaminase and High Pressure to Improve Functional Properties of Chicken Meat Gels. *Food Chem.*, 100, 264-272.
- Troy, D., Crehan, C. 2002. Enhancing the Texture and Sensory Quality of Meat Products - Use of High Pressure Treatment. The National Food Centre.
- Tuboly, E., Lebovics, V.K., Gaal, Ö., Meszaros, L., Farkas, J. 2003. Microbiological and Lipid Oxidation Studies on Mechanically Deboned Turkey Meat Treated by High Hydrostatic Pressure. *J. Food Eng.*, 56, 241-244
- Yetim, H., Kesmen, Z., Kayacier, 2003. Et Endüstrisinde Yüksek Basınç Uygulamaları. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi. ANKARA.
- Zorba, Ö., Kurt, Ş. 2005. Yüksek Basınç Uygulamalarının Et ve Et Ürünleri Kalitesi Üzerine Etkisi. *YYÜ. Vet. Fak. Derg.*, 16(1), 71-76.