

ET TEKNOLOJİSİNDE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ KULLANIMI*

THE USE OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE IN MEAT TECHNOLOGY

Mustafa KARAKAYA¹, Cengiz CANER² ve Cemalettin SARIÇOBAN¹

¹Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

ÖZET: Gıdaların muhafazasında ve modifikasyonunda yüksek hidrostatik basınç (YHB) uygulamasının (100-800 MPa) potansiyel faydaları son yıllarda çok sayıda yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur. YHB uygulanmış gıdalar, gelişmiş ülkelerde ticari olarak üretilmeye başlanmıştır. YHB işlemi ile taze gıdaların minimum ısı ile besinsel ve duyu özelliklerinin doğala yakın muhafaza edilerek, gıdanın patojen mikroorganizmaları inaktive edilmesiyle hem ürün muhafaza edilmekte hem de raf ömrü artırılabilmektedir. YHB diğer önemli faydaları: işlem süresinin kısalığı, minimum ısı zararı, kovalent bağların etkilenmemesinden dolayı üründe tazeliğin, lezzetin, yapının ve rengin korunması da diğer avantajları arasında sayılabilir.

YHB, sıvı ve et gibi esneyebilen birçok gıda maddesine başarıyla uygulanmaktadır. Bu çalışmada, YHB'nin avantajları, dezavantajları ve temel uygulama prensipleri vurgulanmaya çalışılmıştır. YHB'nin kas dokusu enzimleri, et proteolizi, et ve et ürünlerinin duyu özelliklerine (gevreklik, renk, lezzet, yağ oksidasyonu) değinilmiştir.

ABSTRACT: Extensive researches in the last few years have revealed that the potential benefits of high pressure processing (HPP) for the preservation and modification of the foods. Pressurized foods have produced commercially in developed countries. HPP, offers both preservation and extension of the shelf life of the foods by inactivation of pathogen microorganism at low temperatures, keeps the retention of food nutrients and sensory properties. The unique advantages of the HPP: short processing time, minimum heat damages, retentions of the freshness, natural taste, texture and colors of foods due to unaffected of covalent bonds.

HPP can be successfully applied on the flexible foods such as liquid and meat. In this paper, advantages, disadvantages and basic application principles of HPP were reviewed. Effect of high pressure on muscle enzymes, meat proteolysis, and sensory properties of the meat and meat products (tenderness, color, taste, lipid oxidations) were discussed.

GİRİŞ

Isı uygulaması ile muhafaza yöntemi en fazla kullanılan teknik olsa da, kullanılan ısı, gıdada yan ürünlerin oluşmasına veya istenmeyen değişikliklere yol açabilmektedir. Doğal benzeri "taze" gıdalara artan talepler, daha kaliteli, minimum işlem görmüş, gıdanın doğal tadını, aromasını değiştirmeyen muhafaza metotlarına ilgiyi artırmaktadır. Bu yeni gıda işleme metotları arasında; yüksek hidrostatik basınç, ışınlama, ultrases dalgaları, ultraviyole ışık, mikrodalga, titreşimli-elektrik alanı, yüksek yoğunlukta titreşimli ışık, manyetik alan ve ozon uygulaması sayılabilir (Palou, Lopez, Barbaros-Canovas ve Swanson 1999, Pre 1992).

Bu yeni teknolojik uygulamalar arasında en fazla dikkat çekenlerden biri de ışınlamadan sonra yüksek hidrostatik basınç (YHB) işlemidir (Gould 2000). YHB işlemi 100-800 MPa basınç kullanılarak mikroorganizmaları yok etmek ve enzim inaktivasyonu için kullanılmaktadır (Barbosa-Canovas, Pothakamury, Palou ve Swanson 1998, Hayashi 1989). Son yıllarda, YHB Japonyada reçel ve meyve-suyu işleme gibi değişik gıdalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak Avrupa ve ABD'de yüksek basınç uygulanarak üretilen portakal suyu, reçel, avokado püresi (guacamole) ve domuz eti pazara sunulmuş olsa da, üretim henüz istenilen düzeye ulaşmamıştır (Palou, Lopez, Barbaros-Canovas ve Swanson 1999, Knorr 1995, Farkas ve Hoover 2000).

* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

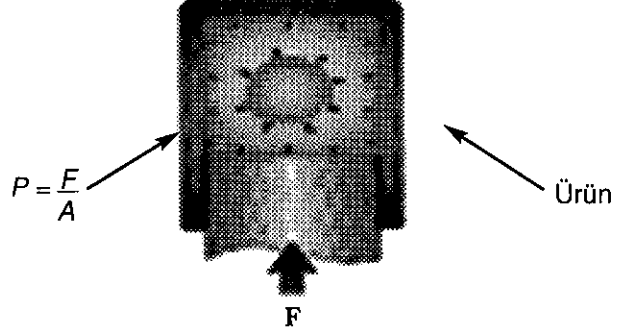
¹ E-posta: karakayam@hotmail.com

YHB işlemi, özellikle sıvı gıdalara başarıyla uygulanabildiği gibi et ve et ürünleri gibi tam akışkan olmayan esneyebilen gıdalara da başarıyla uygulanabilmektedir (Hayashi 1989, Barbosa-Canovas, Pothakamury, Palou ve Swanson 1998).

Gıdalara Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamanın Temel Prensipleri

Yüksek hidrostatik basınç (YHB) işlemi gıdayı çevreleyen suyun sıkıştırılmasıyla, ürüne düzgün bir şekilde basınç uygulanmasını ifade eder (Şekil 1) (Caner, Hernandez ve Pascall 2000).

Birim alana uygulanan kuvvet; P basınç (Pa, kg/cm², psi, bar, atm. vs.), F kuvvet (N, kgf, lbf, etc.), A alan (m², cm², in²). Hacimdeki artışa eşlik eden olay ($\Delta V < 0$, $\Delta V = \text{ürün hacmi}$) basıncın artırılması ile karşılıklı olarak artar (La Chatelier prensibi). Dengedeki bir sistem, basınç uygulandığında, uygulanan basıncın etkisini minimize etmek için hacimde azalma meydana gelir (Cheftel 1992, Leadley ve Williams 1997).



Şekil 1. Yüksek hidrostatik basınç

Sulu çözelti sıkıştırıldığı zaman; sıkıştırma enerjisi E (Joule), basınç P (Pa), çözeltinin sıkıştırılabilirliği C ve başlangıç hacmi V_0 (m³) olduğunda, yaklaşık olarak $E = 2/5 \times P \times C \times V_0$ 'dir. Basınç, biyolojik örnek veya çözelti boyunca üniform (izostatik) ve aniden iletilir.

Basınç uygulaması:

a) Uygun yapıdaki çelik silindir içerisine basınç sıvısı ve ürün yerleştirilir. Yaygın basınç sıvısı (kayganlaştırmak için %1-5 yağ) sudur. Basıncı ileten bu ortam içerisine esnek ambalaj içerisinde basınç sıvısıyla doğrudan temastan korunan örnek konulur.

b) Basınç, bir pompa yardımıyla üretilerek doğrudan ürün üzerine iletilir.

YHB uygulamaları, ısı uygulamalarının aksine şu avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

Avantajları: Gıdalarda termal parçalanmalar önlenir, ısıya hassas komponentlere rahatlıkla uygulanabilir, ürünün vitamin içeriği etkilenmez, amino asitler etkilenmez, ürünün doğal aroması, tadı ve rengi etkilenmez, büyük moleküllerin üründen ayrılması sağlanır, koruyucu madde kullanılması gerekmez, alternatif bir gıda hazırlama yöntemidir, mikroorganizmaları ve enzimleri inaktive eder (O'Reilly, Kelly, Murphy ve Beresord 2001), protein ve nişasta yapısal olarak bozunurken, vitaminler etkilenmez, ürün şekline bağlı değildir, homojen olarak korunmasını sağlar, basıncın uygulanma süresi, kütleye bağlı değildir, YHB, normal sıcaklıklarda etkili olduğundan harcanacak enerji miktarı azdır, pigment, tat ve koku bileşenlerinin, ekstraksiyon verimini artırır.

Dezavantajları: Kesikli bir işlem olması nedeniyle kapasite kullanımı azdır, proses kontrolünün zorluğu, ekipman güvenliği, bu sistemde kullanılacak ambalajların özel olarak dizaynı, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, su bazında azalan, protein bazında artan hacim sistemlerinde kararsızlığa yol açmaktadır. Mikroorganizma sporlarının öldürülmesi zordur. YHB, uygulaması sırasında iyonik ayrışmaların artması nedeniyle, pH düşmekte buna karşın sıcaklık artmaktadır. Basınç nedeniyle bitki hücrelerinde meydana gelen biyopolimer bozunmasının hangi düzeyde olduğu ve nasıl geliştiği anlaşılamamaktadır. YHB, uygulaması sırasında yoğunluk artışı (5-30 mg/ml) gözlenmektedir.

Et Ürünlerinde Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları

Et ürünlerinde kaliteyi etkileyen en önemli faktörler; et proteinlerinin çözünürlüğü, jelleşme oranı, su tutma kapasitesi, emülsiyon kapasitesi, su bağlanma oranı gibi fonksiyonel özellikleridir. Bu nedenle yüksek basınç uygulamasının, et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi önemlidir.

Basınç uygulaması, myofibriler proteinlerin çözünürlüğünü arttırmaktadır. Koyun *L. dorsi* kasına 150 MPa basınç uygulandığında çözünebilir myofibriler protein konsantrasyonunu arttırmaktadır. Dana ve domuz etlerinde ise (20°C, 30 dak, 600 MPa) myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin tuzda çözünürlüğü azalmaktadır (Macfarlane 1974).

Protein çözünürlüğü üzerine YHB etkisinin, pH ile ilişkili olduğu ve basınca bağlı olarak çözünürlüğün pH 6.0'da artığı bildirmiştir (Suzuki ve Macfarlane 1984).

Sığır *L. dorsalis* kasının emülsiyon kapasitesi (37 °C 2 dak. 103,5 MPa) rigor mortis sertliği öncesi kontrol örneklerinde emülsiyon kapasitesi daha yüksek bulunurken, 24. ve 168. saatte ise emülsiyon kapasitesinde fark görülmemiştir. Öte yandan 100 MPa'lık basınç uygulaması ise et proteinlerinin emülsiyon kapasitesini etkilemektedir (Elgasim ve Kennick 1982).

YHB uygulaması, lizozomlardan katapsinlerin salgılanmasına bağlı olarak etin proteolitik aktivitesini artırmaktadır (Macfarlane, 1985).

Ohmori ve ark. (1991), YHB (25°C 10 dak. 100-500 MPa) sığır karaciğer hücrelerinin katapsin B ve L2'nin toplam aktivitesini arttırdığını saptamışlardır. Asit proteazlar basınç uygulamasına dayanıklıdır. Ancak nötral ve alkali proteazlar daha hassastırlar. Nötral ve alkali proteazlar 400 MPa'da, ekzopeptidaz ise, 200 MPa üzerinde inaktive olmaya başlamaktadır. 60°C'de YHB katapsin B'nin aktivitesinde önemli oranda artışlar gözlenmektedir (Bouton, Lord, Haris, Macfarlane ve O'shea 1977). Katapsin D ise 100 MPa'da inaktive olmaya başlasada 500 MPa'da aktivitesinin %30'unu korumaktadır. Dufour, Dalgalarondo, Herve, Goutefongea ve Aertle (1996), substrat olarak kollagen kullanıldığında, YHB kollagenaz ve katapsin B aktivitesini azalmıştır.

Diğer bir proteolitik enzim olan kalpainlerin aktivitesine yüksek basınç etkisi ölüm sertliği öncesinde, μ -kalpain (kalpain I) miktarının olgunlaşma sırasında azaldığı belirtilmektedir (Homma, Ikeuchi ve Suzuki 1994). Bouton, Lord, Haris, Macfarlane ve O'shea (1977), sertlik öncesi basınç uygulamasıyla (37°C 2 dak 100 MPa), kalpain aktivitesinin belirgin olarak azaldığı, fakat olgunlaşma sırasında azalmanın devam etmediğini bildirmişlerdir. Suzuki, Watanabe, Ikeuchi, Saito ve Takahashi (1993) ise, basınç etkisiyle sarkoplazmik retikulumdan salınan Ca^{+2} 'nin kalpainleri aktive ettiğini saptamıştır. Basınç uygulamasında açığa çıkan serbest kalsiyum, et gevrekliğinde önemli etkisi olan kalpainleri aktive etmekte ve sertlik sonrası basınç uygulanan ette meydana gelen fiziksel tahribatta yine gevreklikte artışa sebep olmaktadır (Macfarlane, 1985). Deschamps, Cottin, Largeteau ve Ducastaing (1992) ise, μ ve m-kalpainin Kalpain I ve kalpain II), basınç uygulamasından (5-10 dak 75, 100 ve 200 MPa) etkilenmediğini gözlemişlerdir. Homma, Ikeuchi ve Suzuki (1994), tavşan etlerine 100 MPa basınç uygulamasının μ - ve m-kalpain oranında değişikliğe neden olmadığını belirtmişlerdir. 200 MPa'ın üzerindeki uygulamalarda ise artan basınçla birlikte kalpain miktarında azalma saptanmıştır. Kalpain inhibitörü olan kalpastatin ise, basınca karşı kalpainlerden daha çok duyarlıdır. Basınç uygulanan etteki kalpastatin aktivitesinde azalma sadece basınca bağlı olmayıp, aynı zamanda artan Ca^{+2} konsantrasyonuna bağlı olarak aktive olan kalpainler de, kalpastatin yıkımına dayanmaktadır. Sonuç olarak sarkoplazmik retikulum ve mitokondrilerde basınç uygulaması etkisiyle artan kalsiyum konsantrasyonu ve kalpastatin konsantrasyonuna bağlı olarak kalpain aktivitesi artsa da diğer yandan kalpainlerin basınç nedeniyle denatürasyonu ve otolize olma aktivitelerinde azalmaya neden olmaktadır (Cheftel ve Culioli, 1996).

Dufour, Dalgalarondo, Herve, Goutefongea ve Aertle (1996), sığır etlerinin kollagen yapısını incelediklerinde, başlangıçta belirgin bir yapısal değişim gözlemezken YHB'ı takiben birkaç günlük depolama periyodu sonrasında kollagende bazı değişiklikler olduğunu saptamışlardır. Basınç etkisiyle membranal yapının bozulmasıyla birlikte lizozomlardan salgılanan katapsin B ve L kollagenotetik enzimler, kollegende oluşan değişimin nedenidir (Ohmori, Shigehisa, Taji ve Hayashi 1991).

Etin Duyusal Özelliklerine Yüksek Hidrostatik Basıncın Etkisi

a) Gevreklik

YHB'ın ette gevreklik artışına neden olduğunu ilk kez Macfarlane (1973) ileri sürmüştür. Karkasta ölüm sertliği gelişimi, uygulama sırasındaki et sıcaklığı, basınç süresi gibi faktörlere bağlı olarak YHB'nin gevreklik üzerine etkileri değişebilmektedir (Macfarlane, 1985). Ölüm sertliği gelişiminden önce karkastan alınan örneğe basınç (100 MPa 1 dak.) uygulandığında, ette gözle görülür (boyunda %30-50) kasılma ortaya çıkmaktadır. Bu et pişirildiğinde kesme direncinde azalma gözlenirken, bu gevrekleşme duyusal panellerle ortaya konmaktadır (Kennick, Elgasim, Holmes ve Meyer 1980). Ölüm sertliği öncesinde yüksek basınç uygulanan ette gelişen gevreklik, kısılma derecesine bağlı olmaktadır (Macfarlane, 1985).

Kennick ve Elgasim (1981), gevreklik artışının, sertlik öncesi kas dokusuna uygulanan YHB sonrası oluşan fiziksel tahribattan kaynaklandığını bildirmişlerdir. YHB uygulanmış ette sarkolema ve endomisyal yapılar açılmakta, myofibriler yapı parçalanmaktadır. Oluşan fibril içi ve fibriller arası boşluklar, et tekstürünün zayıflamasına neden olarak gevrekliğin artmasını sağlamaktadır. Basınç sonucunda etlerde oluşan kısılma, soğuk kısılmasına benzese de soğuk kısılması sonrasında pişirilen ette ortaya çıkan sertlik basınç uygulaması sonrası pişirilen ette gözlenmemektedir. Myofibriler proteinlerin parçalanması ve aktindeki F-G dönüşümünden dolayı kas filamentlerinde oluşan uzama, pişirme sonrası etin gevrekleşmesine neden olmaktadır. Et gevrekliği ve kalitesinin artırılması amacıyla, sertlik öncesi etin basınçla muamelesi, 90-150 MPa basınç aralığında, 25-40 °C'de yapılmaktadır (O'Shea, Horgan ve Macfarlane 1979).

Kaslara ölüm sertliği öncesi basınç uygulanması için, kasların ölüm sertliği öncesi kemiklerden ayrılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, kesimhanelerde ölüm sertliği öncesi kasların kemiklerinden ayrılmasının mümkün olmadığı durumlarda, etlere ölüm sertliği sonrasında da basınç uygulanabilmektedir (Cheftel ve Culioli, 1996).

Ölüm sertliği sonrasında etlere YHB uygulanmasının gevreklik üzerine etkisi, uygulama anındaki et sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir (Macfarlane, 1985). Ete 30°C'nin altındaki sıcaklıklarda YHB uygulanmasının et gevrekliği üzerine önemli etkisi olmamaktadır (Bouton, Lord, Haris, Macfarlane ve O'shea 1977). 25 °C'de 150 MPa basınç 1 saat süreyle ölüm sertliği sonrası ete uygulandığında, gevreklikte artma olmadığı saptanmıştır (Macfarlane, Mckenzie ve Turner 1981).

Basınç uygulama süresi 24 saate kadar uzatıldığında, YHB'nin pişmiş etin gevrekliğine katkısı olmaktadır. 30 °C üzerinde uygulanan YHB 4 saat veya daha uzun tutulduğunda gevreklikte artış gözlenmekteyse de bu uygulama pratik değildir (Macfarlane, Mckenzie ve Turner 1981, Beilken, Macfarlane ve Jones 1990). Ölüm sertliği sonrası basınç etlerin 45-55 °C'ye kadar ısıtılması, basıncın gevreklik üzerine olan etkisini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra basınç uygulaması (50 MPa, 1 saat), pişirmeyle kombine edildiğinde (80 °C, 90 dak.) soğuk kısılması gelişen sığır etlerinin gevrekliğini artırılabilir. Pratikte bu uygulamaya basınç-ısı uygulaması denilmektedir.

b) Renk

5-10 °C gibi düşük sıcaklıklarda YHB, dana eti ve ton balığı etinde belirgin renk değişikliğine neden olmaktadır (Shigesu, Ohmori, Taji ve Hayashi 1991). Carlez, Veciana-Nogues ve Cheftel (1995), dana kıymasının oksijenli ortamda ve vakum altında paketlenip basınç uygulandığında da (10 °C 250-350 MPa 10 dak.) Hunter "L" değerinin arttığını ve pembe bir renk aldığını saptamışlardır. Hunter "a" değeri 400-500 MPa'da azalarak et, grimsi-kahverengimsi pişmiş et rengine dönüşmektedir.

250-500 MPa basınç aralığında ekstrakte edilen toplam myogloblin miktarı azalırken, 400-500 MPa basınç aralığında ise metmyogloblin oranında artış saptanmıştır. YHB iyon çiftlerini birbirinden ayırmakta ve böylece elektrostatik etkileşimlerin bozulmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla globlin kısmı kısmen denatüre olmaktadır ve/veya hem grubu yer değişmektedir (Carlez, Veciana-Nogues ve Cheftel 1995). Zipp, Ogunmala, Neumann ve Kauzmann (1972), Zipp ve Kauzman (1973), 20 °C'de 225 MPa basınç uygulaması sonucunda metmyoglobinde ısı, asit ve üreyle denatürasyona benzer olduğunu belirtmişlerdir. Jonas (1994), 20 °C'de 100-200 MPa basınç aralığında myoglobinde yapısal modifikasyon ve hem grubunda da yer değişimi olduğunu saptamışlardır. Çiğ domuz etinin koyu kırmızı rengi ve pişmiş domuz etinin pembe rengi ise yüksek basınç uygulamasına dayanıklıdır (Cheftel ve Culioli 1996).

Yüksek basınç uygulanan etlerde gözlenen renk değişimi tüketici tercihini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle yüksek basınç uygulanan etlerin ısı işlem gördükten sonra satışa sunulması gerekmektedir (Cheftel ve Culioli 1996).

c) Lezzet

YHB'nin et lezzeti üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır (Cheftel Culioli 1996). Suzuki, Watanabe, Ikeuchi, Saito ve Takahaski (1993), 200 MPa uygulanması sonrası olgunlaştırma sırasında; serin, glutamik asit,

glutamin, glisin ve alanin amino asidi miktarlarındaki artışın kontrolle benzer olduğu bildirilmiştir. Et lezzetinin önemli bileşiklerinden olan innosinik asit miktarı basınç uygulaması ile değişmemektedir. Et lezzeti üzerine YHB'nin önemli bir etkisi olmamakla birlikte basınç etkisiyle lizozomlardan salınan proteolitik enzimlerin olgunlaşma sırasında et lezzetinin gelişimini hızlandırdığı da öne sürülmektedir (Ohmori, Shigehisa, Taji ve Hayashi 1991).

d) Yüksek basıncın yağ oksidasyonu üzerine etkileri

Yağ oksidasyonu, YHB'nin et bazı ürünlerde kullanımını kısıtlayan önemli bir nedendir (Cheftel ve Culioli 1996). YHB'nin oksidasyona etkisi en çok balıklarda incelenmiştir. Morina kaslarına basınç (202, 404 ve 608 MPa 15-30 dak.) uygulanarak ekstrakte edilen yağların peroksit değerlerinde basıncın ve sürenin artışına bağlı olarak artma gözlenmiştir (Oshima, Ushio ve Kizumic 1993).

300 MPa basınç sonucunda oluşan oksidatif değişiklikler, 80 °C'de 15 dakika ısı uygulamasıyla oluşan değişikliklerden farklı değildir. Cheah ve Ledward (1996), 4°C'de depolanan kıyma halindeki domuz etinin (20 °C 800 MPa 20 dak.), kontrole oranla daha hızlı okside olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek basınç uygulaması sonucunda gelişen yağ oksidasyonu protein denatürasyonundan kaynaklanmaktadır.

300-400 MPa basınç uygulamasının myofibriller ve sarkoplazmik proteinlerde belirgin denatürasyonu gözlenmektedir. İndergenmiş myogloblin ve oksimiyogloblin basınç altında denatüre demir formuna dönüşerek lipid oksidasyonunu katalizlemektedir (Cheah ve Ledward 1996). Tanaka, Zhua, Nagashima ve Taguchi (1991), sardalya yağını, yağı alınmış sardalya etiyle karıştırdıktan sonra (108 MPa 30-60 dak), kontrol örneklerine göre daha hızlı okside olduğunu öne sürmüşlerdir. Oshima, Ushio ve Kizumic (1993), ekstrakte edilen su ürünleri yağlarının 608 MPa basınca kadar oksidasyona dayanıklı olduklarını, fakat yağın etle birlikte olması durumunda oksidasyonun basınç uygulamasından daha fazla etkilendiğini belirtmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

YHB, ticari olarak sıvı ve esneyebilen gıdalarda mikroorganizmaları inaktive ederek gıdanın doğallığını muhafaza etmede kullanılmaya başlanılan sayısız avantajlara sahip olan yeni bir metottur. Et proteinlerinin çözünürlüğüne etkiye sahiptir ,YHB uygulaması; endüstride et gevrekliğinin artırılması ve mikrobiyolojik inaktivasyon amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır. YHB, ölüm sertliği sonrasında ise; ancak ısıyla kombine edilen basınç uygulaması şeklinde tatbik edildiğinde gevrekliğin artmasına neden olmaktadır.

Yağ oksidasyonunu hızlandırması ve et renginde neden olduğu değişiklikler ise YHB teknolojisinin et endüstrisinde kullanımını kısıtlayan önemli gerekçelerdir. YHB'nin vakum ambalajlama, ısıl işlem ve kürlleme gibi diğer tekniklerle kombine edilerek kullanımının araştırılması, gelecekte kullanılabilirliğini arttıracaktır.

Mevcut koşullarda mikrobiyal inaktivasyona göre YHB'nin proses parametreleri mevcut olmadığı için, YHB'nin proses parametrelerinin geliştirilmesine ve standardize edilmesine ihtiyaç vardır. Bu teknoloji tamamen ticarileştirilmeden önce bu esasların yerine getirilmesi gerekmektedir. YHB üzerine daha yoğun bilimsel çalışmalarla ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Barbosa-Canovas G U, Pothakamury R, Palou E and Swanson G B. 1998. Nonthermal Preservation of Food. Marcel Deker.
- Beilken S L Macfarlane J J and Jones P N. 1990. Effects of high pressure during heat treatment on the Warner-Bratzler shear for values of selected beef muscle. J. of Food Sci, 55(1) 15-18, 42.
- Bouton P E Ford A L Haris P V Macfarlane J J and M.O'shea J. 1977. Pressure-heat treatment of post-rigor muscle: Effects on tenderness. J. of Food Sci, 42..132-135.
- Caner C Hernandez R J and Pascall M A. 2000. Effect of high-pressure processing on the permanence of selected high-barrier laminated films. Packaging Technol. and Sci, (13): 183-195.
- Carlez A Veciana-Nogues T and Cheftel J C. 1995. Changes in color and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing. Lebensm. Wiss. Technol, 28 528-538.
- Cheah, P B and Ledward D A. 1996. High pressure effects on lipid oxidation in minced pork. Meat Sci, 43(3) 123-134.

- Cheftel C J. 1992. Effects of high hydrostatic pressure on food constituents: an overview. p. 195-209. in: Proceedings of the First European Seminar on High Pressure and Biotechnology. John Eurotext, Montrouge, France.
- Cheftel C J and Culioli J. 1996. Effects of high pressure on meat: A Review. *Meat Sci*, 58(3) 129-131.
- Deschamps O Cottin P Largeteau A Demazeau G and Ducastaing A. 1992. In High Pressure and Biotechnology. Coll. INSERM, Paris, 224, 175.
- Dufour E Dalgalarondo M Herve G Goutefongea R and Aertle T. 1996. Proteolysis of type III collagen, colleganes, and cathepsin B under high hydrostatic pressure. *Meat Sci*, 42(3) 261-269.
- Elgasim E A and Kennick W H. 1982. Effect of hydrostatic pressure on meat microstructure. *Food Microstructure*, 1, 75.
- Farkas D and Hoover G D. 2000. High pressure processing. *J. of Food Sci*, 65(4) 47-64.
- Gould G W. 2000. Emerging Technologies in Food Preservation and Processing in The Last 40 years. p. 1-11. in G. Barbosa-Canovas and G. W. Gould (Ed.), *Innovations in Foods* Nottingham University Press, Nottingham.
- Hayashi R. 1989. Application of High Pressure to Food Processing and Preservation: Philosophy and Development; p. 815-826. In E. L. Spiess and H. Schubert (Ed.), *Engineering and Food*. Vol. (2), Elsevier London.
- Homma N Ikeuchi Y and Suzuki A. 1994. Effects of high pressure treatment on the proteolytic enzymes in meat. *Meat Sci*, 38(2) 219-228.
- Jonas J and Jonas A 1994. High Pressure NMR Spectroscopy of Proteins and Membranes. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, 23, 237-238.
- Kennick W H Elgasim E A Holmes Z A and Meyer P F 1980. The effects of pressurization of pre-rigor muscle on post-rigor meat characteristics. *Meat Sci*, 4 33-40
- Kennick W H and Elgasim E A. 1981. Tenderization of meat by pre-rigor pressurization. *Proc. 34. Annual Reciprocal Meat Conf. M. Meat Sci. Assoc.* 68-71.
- Knorr D. 1995. Hydrostatic Pressure Treatment of Food: Equipment and Processing, p. 134-159. In Gould, W. (Ed.), Ch 7. In *New Methods of Food Preservation*, Blackie Academic and Professional. New York, NY.
- Leadley C E and Williams A. 1997. High pressure processing of food and drink an overview of recent developments and future potential. In: *New Technologies*, Bull. No. 14, Mar., CCFRA, Chipping Campden, Glos, UK.
- Macfarlane J J. 1973. Pre-rigor pressurization of muscle: Effect on pH, shear value and taste panel assessment. *J. of Food Sci*, 38 294-298.
- Macfarlane J. 1974. Pressure induced solubilization of meat proteins in saline solution. *J. of Food Sci*, 39:542.
- Macfarlane J J McKenzie I J and Turner R H. 1981. Pressure treatment of meat: Effects of thermal transitions and shear values. *Meat Sci*, 5 307-317.
- Macfarlane J J. 1985. High Technology and Meat Quality. In *Development in Meat Science 3*. Lawrie, R. Ed. Elsevier Science Publish. London 1985. p. 155-184.
- Ohmori T Shigehisa T Taji S and Hayashi R. 1991. Effects of high pressure on the protease activities in meat. *Agric. Biol. Chem. (Tokyo)* 55(2), 357-361.
- O'Reilly E C Kelly A L Murphy M P Beresford P T. 2001. High pressure treatment: applications in cheese manufacture and ripening. *Trends in Food Sci. Technol*, 12(2):51-59.
- O'shea J M Horgan D J and Macfarlane J J. 1979. Some effects of pressure treatment on actomyosin systems. *Agust. J. Biol. Sci, Technol.* 4: 370.
- Oshima T Ushio H and Kizumic J. 1993. High pressure processing of fish and fish products. *Trends Food Sci. Technol*, 4: 370.
- Palou E. Lopez M A, Barbosa-Canovas G and Swanson G B. 1999. High pressure treatment in food preservation. pp. 532-576. In Rahman, S. (Ed.). *Hand Book of Food Preservation*. Marcel Dekker, Inc, New York, NY.
- Pre G. 1992. Trends in food processing and packaging technologies. *Packaging Technol. and Sci*, (5): 265-269.
- Shigehisa T Ohmori T Taji Sand Hayashi R. 1991. Effect of high hydrostatic pressure on characteristics of pork slurries and inactivation of microorganisms associated with meat and meat products. *Int. J. Food Microbiol*, 12 207-216.
- Suzuki T and Macfarlane J J. 1984. Modification of the heat-setting characteristics of myosin by pressure treatment. *Meat Sci*, 11(4): 263-264.
- Suzuki A Watanabe M Ikeuchi Y Saito M and Takahashi K. 1993. Effects of pressure treatment on the ultrastructure and thermal behavior of beef intramuscular collagen. *Meat Sci*, 35 17-23.
- Tanaka M Zhua X Y Nagashima Y and Taguchi T 1991. Effect of high pressure on the lipid oxidation in Sardine meat. *Bulleting of the Japanese Society of Sci. Fisheries*, 57(5) 957-963.
- Zipp A Ogunmala G Neumann R and Kautzmann W. 1972. Effects of pressure on the visible absorption spectrum of metmyoglobin fluoride. *J. of the American Chem. Soc*, 94 2541-2542.
- Zipp A and Kautzmann W. 1973. Pressure denaturation of metmyoglobin. *Biochem*, 12: 4217-4227.