

Su Ürünlerinde Yüksek Basınç Uygulamaları High Pressure Applications In Seafood

Meltem SERDAROĞLU, Çilem PURMA
Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Gıda Mühendisliği Bölümü
35100 Bornova, İZMİR

ÖZET

Yüksek basınç; çeşitli gıda maddelerinde geleneksel metotlarla yüksek ısı uygulamasının yol açtığı değişimleri engellemek için kullanılan 100-1000 MPa aralığındaki basınç uygulamasıdır. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında yüksek basınç uygulamaları, gıdaların lezzetinde, beslenme değerinde ve renginde önemli değişikliklere neden olmadan, mikroorganizma inaktivasyonu sağlamaktadır. Ayrıca yüksek basınç; gıdaların bozulmasına yol açan enzimlerin inaktivasyonu, yapının modifiye edilmesi, rengin stabilize edilmesi ve lipid oksidasyonunun önlenmesi gibi etkilere sahiptir. Su ürünlerinde yüksek basınç uygulaması; basıncın büyüklüğü ve uygulama süresi, ortamın sıcaklığı ve ürünün pH'ı gibi faktörlere bağlı olarak modifiye edilebilir. Bu derlemede yüksek basıncın su ürünleri üzerine etkileri literatüre dayanılarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: su ürünleri, yüksek basınç, kalite karakteristikleri

ABSTRACT

High pressure is an application used to avoid the changes that appear with traditional methods in which high temperatures are used. Applied pressure levels are changing and generally it is between 100-1000 MPa. Compared to the other methods, high pressure application provides inactivation of microorganisms by protein denaturation without considerable changes in taste, color and nutrient value. Also with high pressure applications; inactivation of enzymes which cause spoilage of food, modification of structure, stabilisation of color and prevention of lipid oxidation can be provided. High pressure application can be modified according to the factors like the amount of pressure, duration of the process, temperature of the environment

and pH of the product.

Key Words: seafood, high pressure, quality characteristics

GİRİŞ

Gıdalarda yüksek basınç uygulamaları, gıda saklama yöntemlerinin en son uygulamalarından biridir. Bu yöntem ilk olarak 1990'lı yıllarda Japonya'da kullanılmış olup, geliştirme çalışmaları halen devam etmektedir. Yapılan çalışmalar ile yüksek basınç kullanımının gıdalardaki mikroorganizma inaktivasyonu, enzimatik reaksiyonların kinetiği üzerine etkileri ve farklı ürünlere uygulanabilirliği araştırılmaktadır.

Günümüzde yüksek basınç uygulamaları; kanatlı eti ve kırmızı et ürünleri, tüketime hazır et yemekleri, soslar, meyve ve sebzeler, meyve suyu, meşrubatlar ve su ürünleri işlenmesinde Japonya, Fransa, Kanada, İtalya ve Amerika Birleşik Devletlerinde ticari olarak kullanılmaktadır. Yüksek basınç uygulamaları, su ürünlerinde farklı çeşitler üzerinde kullanım alanı bulmakta ve çalışmalar halen devam etmektedir. Bu çeşitler; uskumru, morina, sazan ve som gibi farklı balık çeşitleri, balık kıyması, surimi, istiridyeye, kalamar, deniz kestanesi, karides, istakoz, midye, yengeç, deniz tarağı, marinatlanmış ürünler ve tütsülenmiş ürünlerdir [3].

Yüksek basıncın diğer yöntemlere tercih edilmesinin nedeni; gıdaların duyu kalite özelliklerini ve beslenme değerini koruyarak mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu sağlamasıdır. Bu yöntemle işlenen gıdaların üretiminde koruyucu ve lezzet verici maddelerin kullanımı minimumdur. Ayrıca kullanılan yöntem nedeni ile çevreye zararlı atıklar meydana çıkmadığı için çevreyle dost bir üretim sağlanmaktadır [4].

1) YÜKSEK BASINCIN SU ÜRÜNLERİNİN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Lezzet ve tekstür su ürünlerinin tüketici tarafından kabulünü sağlayan en önemli kalite parametreleridir. Depolama sırasında birçok faktör ürünün tazeliğini azaltan ve bozulmasına yol açan etkilere sahiptir. Bu faktörler; protein denatürasyonu, bozuk tat ve sert doku oluşumuna sebep olan enzim aktivitesi ve lipid oksidasyonudur. Bu faktörlerin etkileri sonucunda balık kasının kurumasına yol açan damlama kaybı, acılaşıma ve bozuk lezzet ortaya çıkmaktadır [15].

1.1) Mikroyapı, balık proteinleri ve enzimler üzerine etkileri

Yüksek basınç uygulaması sonucu proteinlerin yapısında ortaya çıkan sıkışma ve hidrofobik interaksiyon ile iyonik bağlar kırılmaktadır. Buna karşın hidrojen bağları kuvvetlenirken, kovalent bağlar basınca karşı çok düşük duyarlılık göstermektedirler. Kullanılan basınç ve sıcaklık, proteinlerin yapısında geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz etkilere neden olmaktadır. Bu etkiler 200MPa'ın altındaki değerlerde geri dönüşümlü iken, 200MPa'ın üzerindeki basınçlarda geri dönüşümsüz olarak gerçekleşmektedir [8].

Balık kasını oluşturan proteinler; miyofibriler proteinler, bağ doku proteinleri ve sarkoplazmik proteinlerdir. Bu proteinlerden miyofibriler proteinler, toplam proteinin yaklaşık %65-80'ini oluşturmaktadır. Miyofibriler proteinler kasılmadan sorumlu olan aktin ve miyosin, düzenleyici proteinler, elastik proteinler ve diğer ikincil proteinlerden oluşmaktadır. Miyosin 100-200MPa basınçta denatüre olurken, aktin 300MPa basınçta denatüre olmaktadır. Sadece birkaç suda çözünebilir protein 800MPa basınçta bile denatüre olmadan kalabilmektedir [8].

Sazan kası miyofibrillerine 30 dk boyunca uygulanan 150 MPa basınç sonunda miyofibril düzeni ve çizgili yapı kaybolmaktadır [20]. Buna karşın 38 °C sıcaklığa 2 saat boyunca maruz bırakılan miyofibriller bazı küçük yapısal değişiklikler dışında çizgili görünümünü korumaktadır [24].

2) ENZİMATİK AKTİVİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

Balık kasında ölüm sonrası ATP seviyesinin düşmesi ile ölüm sertliği başlamaktadır. Balık kasında bulunan defosforilazlar tarafından ATP yıkımı gerçekleşerek çeşitli bileşiklere dönüşmektedir. Bu bileşiklerin azalması ve yükselmesine bağlı olarak balığın tazelik indeksi hesaplanmaktadır. İnosin ve hipoksantin miktarlarının, toplam ATP miktarına oranı K değerini vermektedir [22,23].

$$K = \frac{[Ino] + [Hx]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [Ino] + [Hx]}$$

K% =

$$K\% = \frac{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [Ino] + [Hx]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [Ino] + [Hx]} \times 100$$

Sazan kasına uygulanan 200, 350 ve 500 MPa basınç sonrasında 5°C'de depolama ile inosin 5 monofosfat seviyesinin 350 ve 500 MPa basınçlarda düştüğü gözlenmiştir [24]. Bu sonuçlara göre yüksek basınç uygulaması ile ATP yıkımında görev alan enzimler protein denatürasyonuna uğramakta ve inaktif hale gelmektedir.

Tablo 1. *Semicossyphus pulcher* ve *Pomatomus saltator* balık çeşitlerinin seçilen enzimleri üzerine yüksek basıncın etkisi [14]

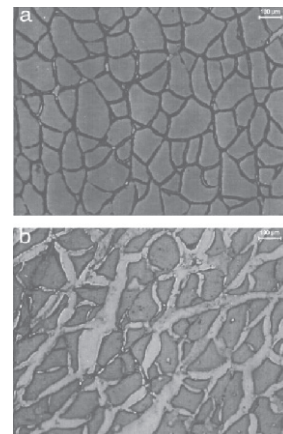
Balık Çeşidi	Enzim	Aktivite Kaybı (%)
<i>Semicossyphus pulcher</i>	Katepsin C	80
<i>Pomatomus saltator</i>		91
<i>Semicossyphus pulcher</i>	Tripsin	64
<i>Pomatomus saltator</i>		74
<i>Semicossyphus pulcher</i>	Kimotripsin	75
<i>Pomatomus saltator</i>		65

Proteinlerin sindirilmesini sağlayan enzimler olan katepsin, kollogenaz, Ca²⁺a bağlı proteazlar, alkali proteazlar, tripsin ve kimotripsin ölüm sonrası balık kasının yumuşamasına neden olmaktadır [14]. Bu enzimler üzerine yapılan çalışmalar sonucunda tüm enzimlerin 100400 MPa basınca dayanıklı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca tripsinin kimotripsinden daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır [5]. *Semicossyphus pulcher* ve *Pomatomus saltator* üzerine yüksek basıncın etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, 303MPa basınç 30 dk boyunca uygulanmış ve sonuçlar Tablo 1. de gösterilmektedir [14].

Düşük sıcaklıklarda depolama sırasında lipaz enzimi aktivitesini korumakta ve zamanla balıkta biriken glkolipidlerden serbest yağ asidi salınımına sebep olmaktadır [12]. Serbest yağ asitlerinin salınımını azaltmak ve fosfolipid miktarını düşürmek için depolamadan önce 450 MPa'ın üzerinde basınç uygulaması gerekmektedir [20].

3) DOKU VE MİKROYAPI ÜZERİNE ETKİLERİ

Yüksek basınç uygulamasının hem kırmızı et hem de balık kasının miyofibriler proteinlerinin organizasyonu ve jelleşmesi üzerine önemli etkileri vardır [16]. Şekil 1. 400MPa basınca 30dk boyunca maruz bırakılan som kası örneklerini göstermektedir. Mikroyapı üzerinde basıncın etkisi ile bazı değişiklikler meydana gelmiş ve kas parçalanmış ve basınç uygulanmayan örneğe göre hücre boyutu küçülmüş durumdadır [15].



Şekil 1. Basınç uygulanan ve uygulanmayan som balığı kaslarının karşılaştırılması: (a) basınç uygulanmayan kas örneği, (b) 30 dk boyunca 400 MPa basınç uygulanmış kas örneği [15].

400 MPa basınç uygulanan taze morina balığı ile 50°C'de ısısal işleme tabii tutulan morina balığının doku profili analizi ile karşılaştırılması sonucunda; basınç uygulanan kasın, ısı uygulanmış olana göre dokusunun daha sert olduğu gözlenmiştir. Aynı çalışma sırasında düşük sıcaklıklarda basınç sonrası uygulanan ısısal işlemin balık kasının yumuşamasına neden olduğu görülmüş, 400 MPa'ın altındaki basınç değerlerinde en önemli değişim yapışkanlık, çignenebilirlik ve zamklılık değerlerinde görülmüştür [6].

Yüksek basınç uygulaması ile meydana gelen jel oluşumu birçok faktörden etkilenmektedir. Bunlar; balık çeşidi, pH, protein konsantrasyonu, basıncın büyüklüğü, işlem süresi ve uygulama sıcaklığıdır.

Surimi; kıyılmış balık etinden sarkoplazmik proteinlerin uzaklaştırılarak, konsantre hale gelen miyofibriller proteinlerin jelleştirilmesi ile elde edilen bir üründür [26]. Surimiye uygulanan yüksek basınç, düşük sıcaklıklarda bile jel oluşumunu teşvik etmektedir. Sazan kasından jel oluşturmak için 200 MPa basınçta ve 25°C sıcaklıkta 30 dk işlem süresi yeterli olmaktadır. Basınçla oluşturulan jel, orijinal rengini ve lezzetini korumakta ve ısı ile oluşturulan jele göre daha parlak ve yumuşak bir yapı göstermektedir [20].

Isı ve basınçla jel oluşumunun karşılaştırıldığı bir çalışmada kullanılan mavi mezzit kası 10°C'de 10 dk boyunca 200MPa basınca maruz bırakılmış ve ısı ile oluşturulan jele göre daha büyük bir kırılma kuvveti ve daha yapışkan bir yapı sergilemiştir [9]. Pişirilmiş surimi jeline 25°C veya 40°C'de inkübasyondan hemen önce 4°C'de basınç uygulanması ile transglutamilaz içeren surimi jeli 2 ila 3 kat daha fazla jel kuvveti göstermiştir. 4°C'de 300MPa basınca kadar transglutamilaz enziminin etkilenmeden kaldığı görülmüştür [7].

4) LİPİD OKSİDASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

Su ürünleri lipidleri yüksek seviyedeki çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ile karakterize edilmektedir [1]. PUFA genel olarak otooksidasyona ve gıdalardaki lipidlerin oksidatif yıkımına duyarlıdır ve sonraki depolama işlemi ürünün lezzet, renk, doku ve besleyici değer gibi kalite özelliklerini doğrudan etkilemektedir [13].

Balık yağı üzerine basıncın etkisinin araştırıldığı çalışmalardan bir tanesinde ekstrakte edilmiş sardalya yağına 60 dk boyunca uygulanan 506 MPa'lık basıncın oksidasyon göstergesi olan peroksit değeri ve tiyobarbitürik asit sayısını değiştirmediği gözlenmiştir [25]. Buna karşın 15 ve 30 dk boyunca 202, 404 ve 608 MPa basınca maruz bırakılan morina kaslarından ekstrakte edilen yağların peroksit değerinin ise artan basınç miktarı ve işlem süresi ile yükseldiği gözlenmiştir [19]. Bu sonuçlara göre saflaştırılmış yağlar basınç uygulamasından sonra kararlı kalırken, kasta bulunan lipidler katalizör gibi davranan metal iyonları salınımı ile aynı sonucu vermemektedir [10].

Tablo 2. Basınç şiddeti ve süresinin kalkan balığının FFA ve TBA sayılarına olan etkileri [14]

İşlem (MPa)	15 dakika		30 dakika	
	FFA değeri sayısı	TBA	FFA değeri sayısı	TBA
1	3,20	0,42	3,20	0,42
100	3,23	0,60	3,22	0,62
140	3,43	0,58	3,08	0,70
180	3,60	0,76	3,93	0,78
200	4,39	0,78	3,88	1,22

Tablo 2. kalkan balığına uygulanan farklı basınç miktarlarının, serbest yağ asidi ve tiyobarbitürik asit değerlerine olan etkilerini göstermektedir. Bu sonuçlara göre basınç miktarı arttıkça oksidasyon artmakta ve oksidasyonun göstergeleri olan FFA ve TBA değerleri yükselmektedir [14].

5) GÖRÜNÜM VE RENK ÜZERİNE ETKİSİ

Su ürünlerine yüksek basınç uygulanması sonucu, gözle görülebilen değişim morina ve uskumru balık çeşitlerinde görülmüştür.

100-200 MPa basınç uygulaması ile protein denatürasyonu sonucu balık kası geçirgenliğini kaybetmiş ve pişirilmiş ürünlere benzeyen opak bir görünüm sergilemiştir [2].

Kırmızı ve beyaz balık kaslarına uygulanan basıncın artırılması ile rengin açıldığı görülmüştür. Kırmızı kasın kırmızılık değeri artan basınçla birlikte düşerken, sarılık değeri etkilenmemiştir. Alaska mezzitinden elde edilen surimiye 500 MPa basınç uygulanmış ve hemen hemen aynı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca 101 MPa basınç uygulamasının sonunda dokuda sertleşme görülmüştür. Doku sertleşmesi artışının üst limiti 203MPa'da 10dk'lık işlem süresidir. Bu değer üzerindeki basınç aralığında doku yumuşamaya başlamaktadır [14].

6) MİKROBİYOLOJİK GELİŞİM ÜZERİNE ETKİSİ

Tablo 3. Su ürünlerinin mikrobiyolojik kalitesi üzerine yapılan çalışmalar ve sonuçları.

Ürün	İşlem Parametreleri	Etkiler
Ton Balığı ve Kalamar	450 MPa 25 °C 15 dk	Mikroorganizma yükünün 1 ila 2 logaritmik çevrim kadar azaldığı gözlenmiştir [23].
Deniz Kestanesi Yumurtaları	500 MPa 10 dk	Orijinal lezzet korunmuş, Vibrio cholerae ve Vibrio mimicus tamamiyle yok edilmiştir [26].
İstiridye	400 MPa 5 dk	Toplam mikroorganizma sayısı 5 log çevrimi kadar azalmıştır [17].
Dondurulmuş ve Vakum Paketlenmiş Karides	400 MPa	Raf ömrü yüksek basınç uygulanmayan kontrol örneğine göre 2 hafta artmıştır [18].

Yapılan çalışmalar mikroorganizmaların inaktivasyonunun; uygulanan basıncın büyüklüğüne, işlem süresine, mikroorganizmanın çeşidine, mikroorganizmaların hangi fazda olduğuna, işlem sıcaklığına, ve ortam kompozisyonuna bağlı olduğunu göstermektedir.

Mikroorganizmaların inaktivasyonunda gıdanın içinde bulunduğu ortamın pH'ı düşük miktarda basınca karşı koruyucu etki gösterirken, tuz ve şeker konsantrasyonu güçlü bir koruyucu etki göstermiştir [11].

Genellikle mikroorganizmaların inaktivasyonu için 200 MPa basınç yeterli olurken, *Yersinia enterocolitica* inaktivasyonu için 275 MPa ve 20 °C'de 15-30 dk, *Salmonella enteritis*, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* için 700 MPa basınç gerekmektedir [21].

7) SONUÇ

Yüksek basınç, su ürünlerinin işlenmesinde kullanılan yeni bir teknolojidir. Sağladığı olumlu etkiler ve çeşitli su ürünlerine uygulanabilirliği nedeni ile araştırmalar giderek hızlanmaktadır. Ancak tam olarak mikroorganizma inaktivasyonu sağlayabilmek için, ısı ve basınç uygulamalarının kombine edilerek kullanımının araştırılması gelecekte bu teknolojinin kullanımını arttıracaktır.

8) KAYNAKÇA

- 1) Ackman, R.G., 1990. Seafood lipids and fatty acids. *Food Review International*, 6(4) 617-646.
- 2) Angsupanich, K., Edde, M. and Ledward, D.A., 1999. The effects of high pressure on myofibrillar proteins of cod and turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(1) 92-99.
- 3) Anonim, 2002. Institute for Food Technologists, Industrial achievement award, 15-29.
- 4) Anonim, 2005. The Ohio State University, High pressure processing, 1-2.
- 5) Ashie, I. N. A. and Simpson, B. K., 1995. High pressure effects on some seafood enzymes. *IFT Annual Meeting*, Session 71 D-9.
- 6) Ashie, I. N. A., Simpson, B. K. and Ramaswamy, H. S., 1997. Changes in

- texture and microstructure of pressure-treated fish muscle tissue during chilled storage. *Journal of Muscle Foods*, 8, 13-32.
- 7) Ashie, I. N. A. and Lanier, T. C., 1999. High pressure effects on gelation of surimi and turkey breast muscle enhanced by microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, 64(4) 704-708.
 - 8) Balny, C. and Masson, P., 1993. Effects of high pressure on proteins. *Foods Review International*, 9(4) 611-628.
 - 9) Borderias, A. J., Pérez-Mateos, M., Solas, M. and Montero, P., 1997. Frozen storage of high-pressure and heat induced gels of blue whiting (*Micromesistius poutassou*) muscle: rheological, chemical and ultrastructure studies. *Z. Lebensm Unters Forch A.*, 205, 335-342.
 - 10) Cheah P. B. and Ledward, D. A., 1995. High pressure effects on lipid oxidations. *Journal of American Oil Chemist Society*, 72, 1053-1063.
 - 11) Cheftel, J. C., 1995. Review: high pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Science and Technology International*, 1, 75-90.
 - 12) De Koning, A. J. and Mol, T. H., 1990. Rates of free fatty acid formation from phospholipids and neutral lipids in frozen cape hake (*Merluccius spp.*) mince at various temperatures. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 50, 391-398.
 - 13) Eriksson, C. E., 1982. Lipid oxidation catalysis and inhibitors in raw materials and processed foods. *Food Chemistry*, 9, 3-19.
 - 14) Flick, G., 2003. Global Aquaculture Advocate, 6 (3)
 - 15) Gudmundsson, M. and Hafsteinsson, H., 2002, Allan Bremner, H.(ed). *Safety and Quality Issues in Fish Processing*, New York, CRC Press. 308-318.
 - 16) Ledward, D. A., 1998. High pressure processing of meat and fish, Autio, K. (ed). *Fresh Novel Foods by High Pressure, Espoo, VVT Symposium* 186. 165-176.
 - 17) López-Caballero, M. E., Pérez-Mateos, M., Solas, M. and Montero, P. and Borderias, A. J., 2000a. Oyster preservation by high-pressure treatment. *Journal of Food Protection*, 63(2) 196-201.
 - 18) López-Caballero, M. E., Pérez-Mateos, M., Solas, M. and Montero, P. and Borderias, A. J., 2000b. Extension of shelf life of prawns (*Penaeus japonicus*) by vacuum packaging and high pressure treatment. *Journal of Food Protection*, 63(10) 1381-1388.
 - 19) Ohshima, T., Nakagawa, T. and Koizumi, C., 1992. Blight, E. G. (ed). Effects of high hydrostatic pressure on the enzymatic degradation of phospholipid in fish muscle during storage. *Seafood Science and Technology*, Oxford, Fishing News Books. 64-75.
 - 20) Ohshima, T., Ushio, H. and Koizumi, C., 1993. High pressure processing of fish and fish products. *Trends in Food Science and Technology*, 4, 370-375.
 - 21) Patterson, M. F., Quinn, M., Simpson, R. and Gilmour, M., 1995. The sensitivity of vegetative pathogens to hydrostatic pressure treatment in phosphate-buffer saline and foods. *J. Food Project*, 58, 524-529.
 - 22) Sakaguchi, M. and Koike, A., 1992. Freshness assessment of fish fillets using the torrymeter and k-value. Huss, H. H., Jakobsen, M. and Liston, J. (eds). *Quality Assurance in the Fish Industry*, Amsterdam, Elsevier. 333-338.
 - 23) Shoji, T., Saeki, H., 1989. Processing and preservation of fish meat by pressurization. Hayashi, R.(ed). *Use of High Pressure in Food*, Kyoto, San-Ei Publications. 75-87.
 - 24) Tanaka, M., Xueyi, Z., Nagashima, Y. and Taguchi, T., 1991. Effect of high pressure on lipid oxidation in sardine meat. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(5) 957-963.
 - 25) Visessanguan, W., Ogawa, M., Nakai, S. and An, H., 2000. Physicochemical changes and mechanism of heat-induced gelation of arrowtooth flounder myosin. *Journal of Agric Food Chem*. 48, 1016-1023.
 - 26) Yukizaki, C., Kano, M. and Tsumagari, H., 1993. The sterilization of sea urchin eggs by hydrostatic pressure. Hayashi, R.(ed). *High Pressure Bioscience and Food Science*, Kyoto, San-Ei Suppan. 225-228.