

Gıda Sanayinde Yüksek Basınç Uygulamalarındaki Besin Kayıpları

Elif SEZER¹, A. Levent NANÇ^{1*}

¹KSÜ, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmara

Geli Tarihi (Received): 29.11.2013

Kabul Tarihi (Accepted): 03.02.2014

Özet: Yüksek basınç teknolojileri günümüzde hızlı bir şekilde gelişmeye geçen, ısı ile ilgili iyi bir alternatif olarak görülen bir gıda işleme tekniğidir. Yüksek basınç uygulamalarıyla ilgili araştırmalar özellikle son yüzyılda giderek önem kazanmıştır. Gıdalarda daha çok süt, et ve meyve-sebze ürünlerine uygulanmaktadır. Yüksek basınçın mikrobiyal gelişimi engellemesinin yanı sıra gıdada yapı, tekstür, aroma ve besin maddeleri bakımından en az değişikliğin neden olması beklenmektedir. Uygulanacak basınç, sıcaklık ve süre parametreleri üzerine yapılan araştırmalarda mikrobiyal inaktivasyon ve besin değerlerindeki kayıplar değerlendirilerek uygun değerlerin belirlenmesine çalışılmaktadır. Çalışmamızda yüksek basınç uygulamalarında gıdalarda görülen besin kayıpları ile ilgili yapılmış çalışmalar yer almaktadır. Yapılmış araştırmalar yüksek basınç uygulamalarının besin maddelerinin korunması açısından olumlu bir uygulama olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Basınç, Besin bileşenleri, Gıda

Nutritional Losses in High Pressure Processing of Foods

Abstract: High pressure technologies nowadays is through in a rapid rise and seen as a good alternative to heat treatments. Researches on high pressure applications have become increasingly important, especially in the last century. High pressure is mostly applied on dairy, meat and fruit-vegetable products. As well as preventing microbial growth, high pressure is expected to cause a change in at least of structure, texture, flavor and nutrients. In researches on application pressure, temperature and time parameters, for trying to determine the proper values, microbial inactivation and nutritional value losses has been evaluated. In our study, researches related to nutritional value losses as a result of high pressure applications are included. The researches on the application of high pressure applications reveal that there is a favorable practice in terms of the protection of nutrients.

Key Words: High pressure, Nutrients, Food

GİRİŞ

Günümüz tüketicileri güvenilir, besleyici, pratik, doğal, çevre dostu, sağlıklı, lezzetli, ekonomik ve kaliteli özellikte gıdaları talep etmektedirler. Bu durum oldukça rekabetçi bir ortamda yenilik ve farklılık ortaya koymayı gerektirmektedir ve gıda endüstrisinde gerçek bir rekabeti ortaya çıkarmaktadır.

Gıda endüstrisindeki tüketici taleplerinin de etkisiyle paralel olarak son yıllarda gıdaların işlenmesinde, özellikle ısı ile ilgili alternatif olarak yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Gıda endüstrisinde ısı ile ilgili alternatif olarak kullanılan bu işlemler, gıda ürünlerinde, mikrobiyolojik gelişimi önlemenin ve gıda sınıflarının kalitesini artırmanın yanı sıra fiziksel, besinsel ve organoleptik özelliklerin de korunması amacıyla uygulanmaktadır (Smithers, 2008).

Yüksek basınç tekniği ilk defa 1899'da Hite tarafından sütteki mikrobiyal gelişimin engellenmesi amacıyla kullanılmıştır. Araştırmacı çalışmada çiğ sütün oda sıcaklığında 600 MPa basınçta 1 saatlik yüksek basınç işlemi sonucunda raf ömrünün 4 gün kadar uzayabileceğini ortaya koymuştur (Hite, 1899).

Yüksek hidrostatik basınç işlemi, katı ve sıvı gıdaların ambalajlı veya ambalajsız olarak, 100 ve 1000 MPa arasında basınca maruz bırakıldığı bir uygulamadır. Yüksek hidrostatik basınç boyut, ekil ve gıda kompozisyonundan bağımsız olarak, bir gıda kitlesinin her

yerine daima aynı miktarda etkili olur (Farkas ve Hoover, 2000). Ayrıca uygulama süresinin kısa olması da ısı ile ilgili kıyasla kullanımının avantajlı olacağını göstermektedir (Zorba ve Kurt, 2005). Isı ile ilgili işlemlerde görülen "ısıtma" ve "soğutma" sürelerinin neden olduğu zaman ve kalite kayıpları yüksek basınç uygulamasında söz konusu olmamaktadır (Gökmen ve Acar, 1995).

Yüksek basınç sadece gıda endüstrisi için değil aynı zamanda ticari olarak seramik materyal, sentetik kuarz ve diğer birçok endüstriyel uygulaması olan bir teknolojidir. Yüksek basınç uygulaması ve özellikle gıda endüstrisindeki uygulamalarıyla ilgili olarak Japonya'da yoğun çalışmalar yapılmıştır (Gökmen ve Acar, 1995). Gıda endüstrisinde yüksek basınç uygulamaları sterilizasyon, materyal modifikasyonu, fiziksel ve kimyasal reaksiyonların hızlandırılması ve yavaşlatılması amaçlarıyla kullanılmaktadır (Hu ve ark., 2011).

Bir Japon firması 1990 yılında yüksek basınç uygulanmış reçel üretmiştir. Meyveli yoğurt, meyve jölesi, salata kaplama ve meyve sucukları gibi diğer yüksek basınçla muamele edilmiş çok çeşitli ürünler Avrupa pazarında yer almaktadır (Estrada-Girón ve ark., 2005). Bunun yanı sıra meyve suları, guacamole ve Meksika sosisi gibi yüksek basınç işlemi görmüş gıdalar bazı ülkelerde de ticari olarak üretilmektedir (Butz ve Tauscher, 2002).

*Sorumlu yazar: nanç, A.L., linanc@ksu.edu.tr

Yüksek basınç uygulamasının ısı ileme göre bir üstünlüğü, ısı ileme oldu u gibi en geç ısınan ve so uyan noktanın söz konusu olmamasıdır. Paskal prensibine göre gıdaya etki eden yüksek basınç, ürünün büyüklük ve ekline ba lı olmaksızın her yerine e it bir ekilde etki gösterir (Gökmen ve Acar, 1995).

Yüksek basınç ve ılımlı sıcaklık uygulamasının e zamanlı olarak yapılmasıyla mikrobiyal inaktivasyon artırılabilir ve bu iki i lemin birlikte uygulanması, ayrı ayrı uygulanmalarına göre daha ölümcül bir etki elde edilmesine de neden olur (Patterson ve Kilpatrick, 1998).

Yüksek Basıncın Gıda Bile enleri Üzerine Etkisi

Kovalent ba ların kovalent olmayan ba lar kadar etkilendi i ısı ilemin tersine, oda sıcaklı ında ve ılımlı derecelerde yüksek basınç uygulaması sadece zayıf kimyasal ba ları (hidrojen ba ları, hidrofobik ba lar, iyonik ba lar) parçalamaktadır (Trujillo ve ark., 2002). Bu, gıdaların tat, aroma, renk, vitamin ve besin ö eleri gibi, önemli kalite karakteristiklerini tam olarak korurken, mikroorganizmaları inaktive etmek, enzimatik aktivitede geri dönü ümlü ve dönü ümsüz de i imlere yol açmayı da mümkün kılmaktadır (García-Risco ve ark., 2000).Yüksek basınç uygulamasının bir yararı da son ürünün çi ürüne daha yakın özelliklere sahip olmasıdır (Préstamo ve ark., 2000). Yüksek basınç sterilizasyonu klasik ısı sterilizasyona göre ürüne oldukça az zarar vermektedir. Klasik otoklava göre yüksek basınçla sterilize edilmi ürünlerde tekstür, tat

ve besin ö elerinin korunması genel olarak daha üstündür (Matser ve ark., 2004).

Yüksek basıncın proteinler üzerindeki etkisi, protein molekülleri arasında bulunan a ırlıklı olarak kovalent olmayan ba ları kırması ve sonrasında protein molekülleri içinde ya da arasında bulunan molekül içi ve moleküller arası ba ların yeniden düzenlenmesi ile ili kilidir (Messens ve ark., 1997). Yapılarında kovalent, disülfit ve hidrojen ba ları ve di er interaksiyonları bulunduran proteinler, bu ba ların birço unun kırılması sonucu modifiye olmakta ve özelliklerinde önemli de i imler meydana gelmektedir (Hendrickx ve ark., 1998; Ko ve ark., 2006). Yüksek basınç uygulaması kovalent ba lara etki etmedi i için birincil yapı üzerinde etkisi bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra çok yüksek basınç uygulaması, proteinlerin heliksel yapısının olu umunu sa layan hidrojen ba larının kırılmasına neden oldu undan ikincil yapıda de i imlere ve bunun sonucunda geri dönü ümsüz denatürasyona yol açmaktadır. Yüksek basınç uygulamasının protein denatürasyonuna yol açması tersiyer yapıdaki iyonik ba lar, hidrojen ba ları ve hidrofobik interaksiyonlar gibi kovalent olmayan ba ların yeniden düzenlenmesi ve/veya kırılması ile olmaktadır (Ko ve ark., 2006). Örne in laktoalbumin 400 MPa basınç ve 40°C'ye kadar olan sıcaklıklara dayanmakta fakat 60°C sıcaklıkta denatürasyonu çok yüksek seviyelere ula maktadır (García-Risco ve ark., 2000).Yüksek basınç uygulamalarının gıda bile enleri üzerine etkilerinin ara tırıldı ı çalı malar Çizelge 1'de özetlenmi tir.

Çizelge 1. Yüksek basıncın gıda bile enlerine etkisi üzerine yapılmı çalı malar

Gıda Bile enleri	Basınç uygulama ko ulları	Bulgular
-laktoglobulin, immunoglobulin ve laktalbumin	500 MPa, 4 dk, 25 ve 50 °C	500 MPa basınç ve 25 °C sıcaklıkta en kolay denatüre olan serum proteini -laktoglobulindir. mmunoglobulin ve -laktalbuminin denatürasyonu ise daha yüksek basınç altında ve özellikle 50 °C'de gerçekleşmektedir (Felipe ve ark., 1997).
Ovalbumin, lizozim, ve laktoglobulin	300, 400 ve 600 MPa, 10 ve 30 dk, 32 ve 40 °C	Yüksek basıncın proteinlerin stabilitesi üzerine etkisinde ortamın pH'sının da etkili oldu unu göstermektedir. Ovalbümin pH 5,6'da pH 5,7'ye göre daha stabil kalırken lizozim pH 7'de pH 3,7'ye göre daha az stabil kalmaktadır. Proteinlerin (ovalbümin, lizozim ve -laktoglobülin) sekonder ve tersiyer yapılarındaki de i im üzerinde en yüksek etki 600 MPa basınç altında gerçekleşmektedir (Tedford ve ark., 1999).
Ya asitleri, oleik asit, linoleik asit	0,1, 100, 350 ve 600 MPa, 1,2,3,5 ve 20 saat, 40 °C	Termal uygulamayla kıyaslandı ında oleik asit etkilenmemektedir fakat linoleik asit otooksidasyonu etkinin küçük olması ve yeni oksidasyon ürünlerinin olu mamasıyla beraber 350 MPa basınç artı ı göstermektedir (Butz ve ark., 1999).
Meyve esterleri	400 ve 800 MPa 15 dk, 18-22 °C	400-800 MPa basınç pH 4, 6, ve 8'de ayrı ayrı uygulandı ında çalı ılan ko ullarda yüksek basınç uygulamasının ester formasyonu ya da hidrolizi üzerinde hiçbir etkisinin olmadı ı görülmektedir. Bütün durumlarda karboksilik asit ve esterler seviyesinde ilerleyen reaksiyonlar için kanıt olmayacak ekilde küçük bir dü ü vardır. Ayrı madan kaynaklanan dü ü basınç ve pH ko ullarıyla ba lantılıdır. Esterlerin ayrı ması temel ko ullarda (pH 8) 400 MPa basınç uygulamasında en dü ük seviyededir. Karboksilik asit ayrı ması bu temel ko ullarda minimum düzeydedir ve uygulanan basınçtan ba ımsızdır (Lambadarios ve Zabetakis, 2002).

Gıda Ürünlerinde Yüksek Basınç Uygulamaları ve Besin Kayıpları

Süt ve Süt Ürünleri

Uygulanan yüksek basınç i lemi (108 -309MPa,60-180dk., 66-71 °C) ve devamında depolama süresi (2 haftalık) sonunda bazı süt örneklerinde pi mi tat görülebilmektedir (Hite, 1899). Süt kremasına 450 MPa'lık basınç uygulamasında (25 °C'de 15-30 dk. ve 10°C'de 30 dk.) ya zerreciklerinin viskozitesinin önemli derecede bir de i ime u ramadı ı, depolama esnasında ise8 güne kadar asitlik artı mın olmadı ı bildirilmi tir (Dumay ve ark., 1996). Bir ba ka çalı mada ise yüksek basınç i leminin (400 MPa, 25-60 °C 15 dk.) sütün misel yapısı, proteolitik aktivitesi ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi ara tırıldı ve 25 °C'de yapılan basınç uygulamasının misel boyutunu

oldukça azalttı ı buna kar ın daha yüksek sıcaklıklardaki basınç uygulamasının misel boyutlarını dereceli olarak arttırdı ı gözlemlenmi tir. Yine aynı çalı mada, 25 °C'deki basınç uygulaması ile 40'dan 60 °C aralı ndaki sıcaklık derecelerinde uygulanan basınç etkisi ile kar ıla tırıldı nda yüksek sıcaklık derecelerindeki basınç uygulamasının proteolitik aktiviteyi azalttı ı ve sütün organoleptik özelliklerini arttırdı ı rapor edilmi tir. Uzun raf ömrü ve iyi duyuşal özelliklerde içme sütü üretebilmek için bu kombine yöntemin kullanılması önerilebilir (García-Risco ve ark., 2000).Sierra ve ark., (2000) süte 25 °C, 30 dk.'da ve 2,5 MPa/s hızında 400 MPa yüksek basınç uygulaması ile B₁ ve B₆vitaminlerinde önemli düzeyde kayıplar oldu unu bildirmi lerdir.Süt ve süt ürünleri üzerinde yapılmı bazıçalı malar ve bunların bulguları Çizelge 2'de özetlenmi tir.

Çizelge 2. Süt ve süt ürünleri üzerinde yapılmı bazı çalı malar

Gıda	Gıda bile enleri	Basınç uygulama ko ulları	Bulgular
Koyun Süt	Serbest ya asidi de eri	100-500 MPa, 10 dk, 4, 25 ve 50 °C	Uygulanan basınçlarda serbest ya içeri inde artı görülmemi tir. Hatta 50 °C'deki bazı uygulamalarda taze çi süte göre daha dü ük serbest ya içeri i bulundu u tespit edilmi tir. Bu bulgu sütte lipolitik ransiditeden kaynaklanan istenmeyen aromanın giderilmesi konusunda yo un ilgi görmektedir (Gervilla ve ark., 2001).
Peynir	Lipoliz	500 MPa, 15 dk, 20 °C	Çi süttten ve yüksek basınç uygulanmı süttten elde edilen peynirlerdeki lipoliz benzer seviyedeyken, pastörize süttten elde edilen peynirdeki lipoliz seviyesi daha dü üktür (Buffa ve ark., 2001).
Peynir	Lipoliz	400 MPa, 5 dk, 14 °C	Yüksek hidrostatik basınç i lemi üretim sonrasındaki lipolizi yava lamı tir. Kontrol grubuyla kar ıla tırıldı nda yüksek hidrostatik basınç uygulanmı peynirde serbest ya asitleri (C _{4:0} ,C _{6:0} , C _{8:0}) daha dü ük miktarlarda olmaktadır (Saldo ve ark., 2003).
Süt	Olgun insan sütünde C vitamini, tokoferol ve ya asitleri	400, 500 ve 600 MPa, 5 dk, 12 °C	Uygulanan yüksek basınç uygulaması sütün ya asit profilinde, C vitamini ve tokoferol içeri inde de i ikli e neden olmamaktadır. Geleneksel pastörizasyonla kıyaslandı nda yüksek basınç uygulanması sütte C vitamininin daha iyi korunmasını ve aynı seviyede ya asitleri oranı ve tokoferolün de korunmasını sa lamaktadır (Moltó-Puigmarti ve ark., 2011).

Meyve-Sebze Ürünleri

Yüksek basınç uygulamaları üzerine yapılan çalı maların birço u elma, portakal, ye il fasulye ve brokoli gibi meyve-sebze ürünlerine yapılmı tir. Ara tırma bulgularına bakıldı nda önemli besin kayıplarının olmadı ı bulunmu tur (Çizelge 3). öyle ki Farr (1990) yapımı oldu u çalı mada yüksek basınç uygulaması sonrasında pastörize edilmemi limon suyundaC vitamini kaybı olmadı ını ve i lem sonrasında da limon suyunun taze meyve tadına sahip oldu unu bildirmi tir.

Préstamo ve ark., (2000) kivi ve elma suyuna 400 MPa, 30 dk,-7°C5°C , 20°C'de yüksek basınç uygulamasının polifenol oksidaz aktivitesi üzerine pozitif etkiye sahip oldu unu tespit etmi tir. Greylfurt reçeli üzerine yapılan bir ara tırmada ise, uygulanan basınç ve sıcaklık oranlarında antioksidan kapasitesinde önemli bir de i iklik olmadı ını ve i lem görmü örnekler ile çi örneklerin antioksidan kapasiteleri arasında da önemli bir fark olamadı ını bildirmi tir (Iguar ve ark., 2013).

Çizelge 3. Yüksek basıncın meyve-sebze ürünleri üzerine etkileri

Gıda	Gıda Bileşenleri	Basıncı uygulama koşulları	Bulgular
Çilek	B ₁ , B ₆ , C vit.	200, 400, 600 MPa, 30 dk, 25°C	B ₁ ve B ₆ vitaminlerinde de iklilik görülmemi tir. Yüksek basıncın C Vitamininin degradasyonu üzerindeki minör bir etkisi olmu tur (Sancho ve ark., 1999).
Portakal suyu ve meyve karıımı	Antioksidan, C vitamini, karoten	500 ve 800MPa, 5 dk, 4°C	21 günlük depolama süresi sonrasında antioksidan kapasitesi, C vitamini ve karoten içeri inde önemli bir de iklilik görülmemi tir (Fernandez-García ve ark., 2001).
Fesle en	Esansiyel ya lar	950,700 MPa, 0,5 dk, 75°C	Yüksek basınç uygulanmı fesle enin, di er yöntemlerin uygulandı ı fesle enlere göre esansiyel ya larının daha iyi geri kazanıma u radı ı tespit edilmi tir (Krebbers, Matser ve ark., 2002).
eftali, havuç, domates, çilek ve ahududu	Karbonhidratlar, C vit., karotenoidler	600 ve 800 MPa, 4-6 dk, 25,44 ve 95°C	Kontrol örnekleri ve basınç i lemi uygulanmı örnekler arasında önemli bir farklılık görülmemi tir (Butz ve ark., 2003).
Portakal suyu	Askorbik asit	500 MPa, 5 dk, 35°C	Yüksek basınç uygulanmı portakal suyunun klasik olarak pastörize edilmi olana göre ba ta raf ömründeki artı la beraber, askorbik asit degradasyon oranı daha dü ük çıkmaktadır (Polydera ve ark., 2003).
Ahududu	Antosiyanin	200, 400, 600, 800 MPa, 15dk, 18-22°C	En yüksek antosiyanin stabilitesi 200 MPa'nın altındaki ve 800 MPa' daki basınç uygulamasında ve 4 °C'de depolamada görülmü tür (Suthanthangjai ve ark., 2005).
Portakal suyu	Askorbik asit	600 MPa, 4 dk, 40°C	yüksek basınç uygulanmı portakal suyunda % 30 askorbik asit kaybı görülürken, termal pastörizasyon uygulanmı olanda %54 olarak bulunmu ve Yüksek basınç i lemi, geleneksel pastörizasyona göre antioksidan aktivitesinde daha iyi geri kazanım sa lamı tir (Polydera ve ark., 2005a,b).
Elma-brokoli suyu	C vit.	350-500 MPa5-20 dk, 25°C	C vitamini bozulması yüksek basınca de il uygulama zamanına ba lı oldu u belirlenmi tir (Houška ve ark., 2006).
Ye il fasulye, brokoli ve havuç	Toplam karotenoid,	400 ve 600 MPa, 2 dk, 25 °C	Havuç ve ye il fasulyedeki karotenoidler ve brokolideki lutein ve B-karotenin yüksek basınç i leminden etkilenmemi lerdir (McInerney ve ark., 2007).
Domates	Likopen	800 MPa,30 dk., 55 °C	Verilen de erlerde uygulanan basınç i lemi sonrasında likopen karotenoidinin kaybı görülmemi tir (Van der Plancken ve ark., 2012).
Elma suyu	C vit.	100, 200 ve 300 MPa, 4dk., 4 ve 20 °C	Askorbik asit ve dehidroaskorbik asit içeri ini uygulama sonrası bozunmamı tir (Suárez-Jacobo ve ark., 2011).
Elma	Mineral, ni asta	500 MPa, 2,4,8,10 dk., 20 °C	Yüksek basınç uygulanmı elma uygulanmamı olanla kar ıla tırıldı nda önemli derecede daha yüksek antioksidan kapasitesi, mineral ve ni asta içeri ine sahiptir (Briones-Labarca ve ark., 2011).
Patates	Toplam fenol, antosiyanin,	400 MPa (10dk), 500 MPa (5 dk) ve 600 MPa (2,5 dk.), 25 °C	lenmi ve i lenmemi örnekler arasında toplam fenol, antioksidan ve antosiyanin kapasitesi bakımından önemli bir farklılık görülmemi tir (Wang ve ark., 2012).

Et ve Et Ürünleri

Yüksek basınç uygulamasının et ve et ürünlerinde lipid oksidasyonu, renk ve faz değişimi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Karakaya ve ark., 2004, Zorba ve Kurt, 2005). Yüksek basınç uygulaması ette asıl olarak üç temel değişim nedeni vardır. Bunlar; enzimatik, protein modifikasyonları (asıl olarak miyofibrillerde modifikasyon) ve yapısal modifikasyonlardır (Jung ve ark., 2000).

Et ürünlerinde kaliteyi etkileyen en önemli faktörler; et proteinlerinin çözünürlüğü, jelleme oranı, su tutma kapasitesi, emülsiyon kapasitesi ve su bağımlı oranı gibi fonksiyonel özellikleridir. Yüksek basınç uygulamasının et ürünlerinde kullanım koşullarını deşlendirmek için öncelikle yüksek basınç et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkileri incelenmelidir. Yüksek basınç uygulamasının et ürünlerinde yağ oksidasyonunu hızlandırması ve et renginde yaptığı değişimler, et ürünleri muhafazasında bu teknolojinin kullanımını kısıtlayan bazı etmenlerdendir (Karakaya ve ark., 2004).

Hajós ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada 20 dk 600 MPa yüksek basınç uygulamasının sosis hamurlarında Hunter L değerini artırdığını, a ve b değerlerini ise azalttığını belirlemiştir. Jung ve ark. (2003) ise çiğ sığır kasına 10 °C'de 5 dk. boyunca 50 MPa - 600 MPa aralığında basınç uygulamalarıdır. 350 MPa civarındaki basınçlarda Hunter a değerlerinde artış, 600 MPa civarındaki basınç değerlerinde ise düşüşü belirlenmiştir. Bu düşüşün miyoglobindeki demir iyonunun oksidasyonu ile ilgili olduğunu sonucuna varmışlardır. Yapılan başka bir çalışmada ise vakum ambalajlanmış sığır kıymasına 10 °C'de 10 dk. boyunca uygulanan yüksek basınç işlemi sonrasında 200-350 MPa basınç aralığında Hunter L değerlerinde önemli düzeyde artış ve rengin pembeye dönüşümü görülmüştür. 400-500 MPa aralığında ise Hunter a değerlerinin azaldığı ve rengin gri-kahverengiye dönüşümü belirlenmiştir. Elde edilen bu sonucun oksimiyoglobinin met-miyoglobine oksidasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Carlez ve ark., 1995).

Ohmori ve ark. (1991) çalışmalarında bifte 25 °C'de 10 dk. 1000-5000 atm'lik yüksek basınç uygulaması sonucunda aminopeptidaz ve karboksipeptidaz aktivitelerinin tamamen bittiğini, asit proteaz aktivitesinde önemli bir değişim olmadığını ve nötrproteazda aktivitesinin ise 4000 atm üzerinde çok az düşme eğilimi gösterdiğini belirtmiştir. Chevalier ve ark. (2000) Norveç istakozuna 200 MPa, 30 dk, -18 °C ve 5 °C'de basınç uygulamasının miyofibriller proteinlerde istenmeyen etkiye yol açtığını ve et tekstürünün olumsuz bir şekilde etkilendiğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise Chevalier ve ark. (2001) kalkan balığı filetosuna 4 °C'de 15 dk süreyle 100-200 MPa'lık basınç uygulaması neticesinde, özellikle 180 MPa basınçtan itibaren lipid oksidasyonunda artış gözlemlendiğini tespit etmiştir.

Yüksek basınç uygulamasının lipid oksidasyonunu artırıcı etkisine yönelik benzer bir sonuç Kruk ve ark. (2011) tarafından da rapor edilmiştir. Ara tırmacılar, 450 MPa'lık basınç uygulamasının tavuk göğüs filetosunda lipid oksidasyonunu tetiklediğini bildirmiştir. Buna karşın Ma ve ark. (2007) sığır etine 70 °C'de 800 MPa basınç uygulaması sonrasında lipid oksidasyonunun azaldığını tespit etmiştir. Yağız ve ark. (2009) Atlantik somon balığına yüksek basınç uygulamasının (150 MPa ve 300 MPa, 15 dk) 6 günlük depolama süresince lipid oksidasyonu ve yağ asitleri profili üzerine etkilerini incelemiştir. Ara tırmacılar, kontrol örnekleri ile yüksek basınç uygulanmış örnekler arasında toplam doymuş, monoeno, n-3 ve n-6 çoklu doymamı yağ asitleri profilleri açısından önemli bir fark gözlemlenmediğini ve yüksek basınç uygulamasının yağ asitlerine etkisi bakımından ılımlı bir uygulama olduğunu belirtmiştir.

McArdle ve ark. (2010), kombine yüksek basınç (200-400 MPa) ve sıcaklık (20 ve 40°C) uygulamasının biftek kalitesi ve TBARS (Tiyobarbitürik asitle reaksiyon veren maddeler) değeri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarıda 300 ve 400 MPa basınç uygulamalarının TBARS değeri üzerinde önemli düzeyde artışa ve bireysel olarak yağ asitlerinde bazı değişimlere neden olduğunu bildirmiştir. Buna karşın yüksek basınç uygulamalarının çoklu doymamı/doymuş yağ asitleri ya da omega3/omega6 (n3/n6) oranına hiçbir etkisi olmadığını tespit etmiştir. Ara tırmacılar, et kalite parametrelerine en az etkisi olan, bunun yanı sıra et hijyen kalitesini artıran en uygun basınç değerinin 200 MPa olduğunu da rapor etmiştir.

Diğer Gıda Ürünleri

Yüksek basınç uygulamasının çeşitli gıda ürünleri üzerine etkisinin araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bridgman (1914), yaptığı bir çalışmada 1 saatlik 590 MPa yüksek basınç işlemi altında yumurta albümininin koagüle olduğunu bildirmiştir. Banolu ve Banolu (2003), mısır niastası-su karışımına 4000 atm'de yüksek basınç uygulayarak ve bazı örnekleri uygulama öncesinde 50°C'de sıcak su banyosunda bekleterek niastanın jelleme derecesini incelemiştir. Hu ve ark. (2011) ısı ve yüksek hidrostatik basınçla jelatinize edilmiş pirinç niastasının retrogradasyon özelliklerini inceleyen bir çalışmayı yapmışlardır. Sancho ve ark. (1999), yumurta sarısı ve çilek püresi üzerinde yaptıkları bir çalışmada suda çözünen B₁, B₆ ve C vitaminlerine ultra yüksek hidrostatik basınçın etkisini pastörizasyon (76 °C'de 20 s) ve sterilizasyon (1,5 atm ve 120 °C'de 20 dk) işlemlerinde gözlemlenen etkilerle kıyaslamışlardır. Bu çalışmaları bulguları Çizelge 4'de özetlenmiştir.

Çizelge 4. Yüksek basıncın bazı gıda ürünleri üzerindeki etkileri

Gıda	Gıda Bileşenleri	Basıncın Uygulanma Koşulları	Bulgular
Pirinç tanesi	Protein	50-500 MPa 10 dk 20 °C	Yüksek basınç uygulamasına maruz bırakılmış proteinler denatüre olmakta, ni asti ise kristal yapısını kısmen kaybederek jelatinize olmaktadır. Kontrol örneği ile kıyaslandığında 50-300 MPa basıncın pime kalitesini önemli ölçüde artırmaktadır (Watanabe ve ark., 1991).
Yumurta sarısı	Suda çözünen vitaminler (B ₁ , B ₆ , C)	200, 400 ve 600 MPa 30 dk Ortam sıcaklığında	Yüksek basınç uygulaması sonunda B ₁ ve B ₆ vitaminlerinde önemli derecede bir kayıp görülmektedir. C vitaminindeki kayıp önemli olmasına karşın, ultra yüksek hidrostatik basınç ile leminin iddetine bağlıdır. 200, 400 ve 600 MPa basınçlarda 30 dakika süreyle basınç ilemi uygulandığında C Vitamininin degradasyonu üzerinde ise önemli bir etkisi görülmektedir (Sancho ve ark., 1999).
Mısır ni astisi-karışımı	Jelleme derecesi	4000 atm 10 ve 30 dk Oda sıcaklığı	Ni asti içeren gıdalara uygulanan yüksek basınç jelatinizasyon sıcaklığının altında ni astinin jellemesine imkân tanımakta, ayrıca yüksek basınç uygulanan ni astilerde, dirençli ni asti molekülleri daha kolay hazım edilebilir özellikte sahip olabilmektedir (Bano lu ve Bano lu, 2003).
Pirinç ni astisi	Retrogradasyon özellikleri	100-600 MPa 30 dk 30 °C	Isıyla jelatinize edilmiş ni asti ile yüksek hidrostatik basınçla jelatinize edilmiş ni asti örneği karıştırıldığında yüksek basınçla jelatinize edilmiş ni astinin retrogradasyon oranı ısıyla jelatinize edilmiş olana göre daha düşük olmaktadır. Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının düşük retrogradasyon oranına sahip ni asti ürünleri hazırlamak için yeni bir teknik olarak uygulanabilir (Hu ve ark., 2011).

SONUÇ

Yüksek basınç, ısı ileme iyi bir alternatif uygulama olarak görülmektedir. Son yıllarda özellikle besin özellikleri üzerindeki etkisi sıklıkla araştırmalara konu olmuştur. Çiğ sütünün pastörizasyonunda kullanılabilmesine karşın, sütte tam bir sterilizasyon sağlanamaması olumsuz bir özelliktir. Et ürünlerinde ise kullanımını kısıtlayan en önemli etken ya oksidasyonuna neden olmasıdır. Bunun yanı sıra birçok meyve-sebze ürünüde ısı ileme göre besin kaybı minimumda tutulabilecek şekilde uygulama alanı bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Bridgman, P.W. 1914. The coagulation of albumen by pressure. *Journal of Biological Chemistry* 19(1):511-512.
- Briones-Labarca, V., Venegas-Cubillos, G., Ortiz-Portilla, S., Chacana-Ojeda, M., Maureira, H. 2011. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on bioaccessibility, as well as antioxidant activity, mineral and starch contents in Granny Smith apple. *Food Chemistry* 128: 520-529.
- Buffa, M., Guamis, B., Pavia, M., Trujillo, A. J. 2001. Lipolysis in cheese made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *International Dairy Journal* 11(3):175-179.

- Butz, P., Zielinski, B., Ludwig, H., Tauscher, B. 1999. The influence of high pressure on the autoxidation of major unsaturated fatty acid constituents of milk. (In H. Ludwig, *Advances in High Pressure Bioscience and Biotechnology*, Heidelberg, Germany: Springer) pp. 453-456.
- Butz, P., Fernández García, A., Lindauer R., Dieterich, S., Bognár, A., Tauscher, B. 2003. Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering* 56:233-236.
- Butz, P., Tauscher, B. 2002. Emerging technologies: Chemical aspects. *Food Research International* 35:279-284.
- Carlez, A., Veciana-Nogues, T., Cheftel, J.-C., 1995. Changes in Colour and Myoglobin of Minced Beef Meat due to High Pressure Processing. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 28: 528-538.
- Chevalier, D., Le Bail, A., Ghoul, M., 2001. Effects of High Pressure Treatment (100-200 MPa) at Low Temperature on Turbot (*Scophthalmus maximus*) Muscle. *Food Research International* 34: 425-429.
- Chevalier, D., Sentissi, M., Havet, M., Le Bail A. 2000. Comparison of Air-blast and Pressure Shift Freezing on Norway Lobster Quality. *Journal of Food Science* 65(2): 329-333.

- Dumay, E. M., Lambert, C., Funtenberger, S., Cheftel, J. C. 1996. Effects of high pressure on the physicochemical characteristics of dairy cream and model oil/water emulsion. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 2: 606-625.
- Estrada-Girón Y., Swanson B.G., Barbosa-Cánovas, G.V. 2005. Advances in the use of high hydrostatic pressure for processing cereal grains and legumes. *Trends in Food Science & Technology* 16:194-203.
- Farkas, D. F., Hoover, D. G. 2000. High Pressure Processing. In: *Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*. Journal of Food Science Special Supplement pp. 47-64.
- Farr, D. 1990. High pressure technology in the food industry. *Trends in Food Science and Technology* 1: 14-16.
- Felipe, X., Capellas, M., Law, A. R. 1997. Comparison of the effects of high-pressure treatments and heat pasteurization on the whey proteins in goat's milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(3): 627-631.
- Fernández-García, A., Butz, P., Bogner, A., Tauscher, B. 2001. Antioxidative capacity, nutrient content and sensory quality of orange juice and an orange-lemon-carrot juice product after high pressure treatment and storage in different packaging. *European Food Research and Technology* 213(4-5): 290-296.
- García-Risco, M. R., Olano, A., Ramos, M., López-Fandiño, R. 2000. Micellar Changes Induced by High Pressure. Influence in the Proteolytic Activity and Organoleptic Properties of Milk. *Journal of Dairy Science* Vol. 83, No.10: 2184-2189.
- Gervilla, R., Ferragut, V., Guamis, B. 2001. High hydrostatic pressure effects on colour and milk-fat globule of ewe's milk. *Journal of Food Science* 66(6):880-885.
- Gökmen, V., Acar, J. 1995. Yüksek Basınç Teknolojisinin Gıda Endüstrisinde Uygulamaları *Gıda*, 20 (3): 167-172.
- Hajós, Gy., Polgár, M., Farksa, J., 2004. High-Pressure Effects on IgE Immunoreactivity of Proteins in a Sausage Batter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5:443-449.
- Hendrickx, M., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., Weemaes, C. 1998. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends in Food Science & Technology* Vol. 9. 197-203.
- Hite, B. H. 1899. The Effect of Pressure in the Preservation of Milk, A Preliminary Report. West Virginia Agricultural Experiment Station, Morgantown, W. VA. Bulletin 58.
- Houška, M., Strohalm, J., Kocurová, K., Totušek, J., Lefnerová, D., Tříška, J., Vrchotová, N., Fiedlerová, V., Holasova, M., Gabrovská, D., Paulíková, I. 2006. High pressure and foods-fruit/vegetable juices. *Journal of Food Engineering* 77: 386-398.
- Hu, X., Xu, X., Jin, Z., Tian, Y., Bai, Y., Xie, Z. 2011. Retrogradation properties of rice gelatinized by heat and high hydrostatic pressure (HHP). *Journal of Food Engineering* 106: 262-266.
- Igual, M., Sampedro, F., Martínez-Navarrete, N., Fan, X. 2013. Combined osmodehydration and high pressure processing on the enzyme stability and antioxidant capacity of a grapefruit jam. *Journal of Food Engineering* 114: 514-521.
- bano lu E., bano lu . 2003. Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamasının Mısır Ni astasının Jelatinizasyonu Üzerine Etkileri. *Gıda* 28(3):273-276.
- Jung, S., de Lamballerie-Anton, M., Ghoul, M., 2000. Modification of Ultrastructure and Myofibrillar Proteins of Post-rigor Beef Treated by High Pressure. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 33:313-319.
- Jung S, Ghoul M, de Lamballerie-Anton M. 2003. Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *LWT-Food Sci Technol* 36(6):625-31
- Karakaya M., Caner, C., Sarıçoban, C. 2004. Et teknolojisinde yüksek hidrostatik basınç kullanımı. *Gıda* 29(6): 465-470.
- Ko, W.-C., Jao, C.-L., Hwang, J.-S., Hsu, K.-C. 2006. Effect of High-Pressure Treatment on Processing Quality of Tilapia Meat Fillets. *Journal of Food Engineering* 77:1007-1011.
- Krebbers, B., Matser, A.M., Koets, M., Bartels, P.V., Van den Berg, R.W. 2002. High pressure-temperature processing as an alternative for preserving basil. *High Pressure Research* 22:711-714.
- Kruk, Z. A., Yun, H., Rutley, D. L., Lee, E. J., Jo, C. 2011. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast file. *Food Control* 22(1): 6-12.
- Lambadarios, E., Zabetakis, I. 2002. Does High Hydrostatic Pressure Affect Fruit Esters ? *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 35:362-366.
- Ma, H. J., Ledward, D. A., Zamri, A. I., Frazier, R. A., Zhou, G. H. 2007. Effects of high pressure/thermal treatment on lipid oxidation in beef and chicken muscle. *Food Chemistry* 104: 1575-1579.
- Matser, A.M. Krebbers, B., Van den Berg R.W., Bartels, P.V. 2004. Advantages of high pressure sterilization on quality of food products. *Trends in Food Science&Technology* 15:79-85.
- McArdle R., Marcos, B., Kerry, J. P., Mullen, A. 2010. Monitoring the effects of high pressure processing and temperature on selected beef quality attributes. *Meat Science* 86: 629-634.
- McInerney, J. K., Seccafien, C. A., Stewart, C. M., Bird, A. R. 2007. Effects of high pressure on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 8:543-548.

- Messens, W., Van Camp, J., Huyghebaert, A. 1997. The use of high pressure to modify the functionality of food proteins. *Trends in Food Science & Technology* Vol. 8, 107-112.
- Moltó-Puigmartí, C., Permanyer, M., Castellote, A. I., López-Sabater, M. C. 2011. Effects of pasteurization and high-pressure processing on vitamin C, tocopherols and fatty acids in mature human milk. *Food Chemistry* 124: 697-702.
- Ohmori, T., Shigehisa, T., Taji, S., Hayashi, R., 1991. Effect of high pressure on the protease activities in meat. *Biol. Chem.* 55(2): 357-61.
- Patterson, M. F., Kilpatrick, D.J. 1998. The combined effect of high hydrostatic pressure and mild heat on inactivation of pathogens in milk and poultry. *J. Food Prot.* 61:432-436.
- Polydera A.C., Stoforos, N.G., Taoukis, P.S. 2003. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurized and high pressure processed reconstituted orange juice. *Journal of Food Engineering* 60: 21-29.
- Polydera, A. C., Stoforos, N. G., Taoukis, P. S. 2005a. Quality degradation kinetics of pasteurized and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6:1-9.
- Polydera, A. C., Stoforos, N. G., Taoukis, P. S. 2005b. Effect of high hydrostatic pressure treatment on post processing antioxidant activity of fresh Navel orange juice. *Food Chemistry* 91: 495-503.
- Préstamo, G., Sanz, P. D., Arroyo, G. 2000. Fruit preservation under high hydrostatic pressure. *High Pressure Research: An International Journal* 19:1-6, 145-152.
- Saldo, J., Fernandez, A., Sendra, E., Butz, P., Tauscher, B., Guamis, B., 2003. High pressure treatment decelerates the lipolysis in a caprine cheese. *Food Res. Intl* 36: 1061-68.
- Sancho, F., Lambert, Y., Demazeau, G., Largeteau, A., Bouvier, J. M., Narbonne, J.F. 1999. Effect of ultra-high hydrostatic pressure on hydrosoluble vitamins. *Journal of Food Engineering* 39: 247-253.
- Sierra, I., Vidal Valverde, C., López-Fandiño, R. 2000. Effect of high pressure on the vitamin B₁ and B₆ content in milk. *Milchwissenschaft* 55(7): 365-367.
- Smithers, G. W. 2008. Dairy Product Quality and Non-Thermal Processing Technologies. <http://www.dairyinfo.gc.ca/pdf/Session4english.pdf>. (Eri im Tarihi: 06.09.2013)
- Suárez-Jacobo, Á., Rüfer, C. E., Gervilla, R., Guamis, B., Roig-Sagués, A. X., Saldo, J. 2011. Influence of ultra-high pressure homogenization on antioxidant capacity, polyphenol and vitamin content of clear apple juice. *Food Chemistry* 127: 447-454.
- Suthanthangjai, W., Kajda, P., Zabetakis, I. 2005. The effect of high pressure on the anthocyanins of raspberry (*Rubus idaeus*). *Food Chemistry* 90:193-197.
- Tedford, L. A., Smith, D., Schaschke, C. J. 1999. High pressure processing effects on the molecular structure of ovalbumin, lysozyme and -lactoglobulin. *Food Research International* 32: 101-106.
- Trujillo, A.J., Capellas, M., Saldo, J., Gervilla, R., Guamis, B. 2002. Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 3:295-307.
- Van der Plancken, I., Verbeyst, L., De Vleeschouwer, K., Grauwet, T., Heniö, R.-L., Husband, F. A., Lille, M., Mackie, A. R., Van Loey, A., Viljanen, K., Hendrickx, M. 2012. (Bio)chemical reactions during high pressure/high temperature processing affect safety and quality of plant-based foods. *Trends in Food Science & Technology* 23: 28-38.
- Wang, Y., Liu, F., Cao, X., Chen, F., Hu, X., Liao, X. 2012. Comparison of high hydrostatic pressure and high temperature short time processing on quality of purple sweet potato nectar. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 16: 326-334.
- Watanabe, M., Arai, E., Honma, K., Fuke, S. 1991. Improving the cooking properties of aged rice grains by pressurizing and enzymatic treatment. *Agric. Biol. Chem.* 55: 2725-2731.
- Yagiz, Y., Kristinsson, H. G., Balaban, M. O., Welt, B. A., Ralat, M., Marshall, M. R. 2009. Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon. *Food Chemistry* 116: 828-835.
- Zorba, Ö., Kurt, . 2005. Yüksek Basınç Uygulamasının Et ve Et Ürünleri Kalitesi Üzerine Etkisi. *YYÜ Veterinerlik Fakültesi Dergisi* 16(1):71-76.