

YÜKSEK BASINÇ TEKNOLOJİSİNİN GIDA ENDÜSTRİSİNDE UYGULAMALARI

APPLICATIONS OF HIGH-PRESSURE TECHNOLOGY IN THE FOOD INDUSTRY

Vural GÖKMEN, Jale ACAR

Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara

ÖZET: Gıdalardaki mikroorganizmaların öldürülmesi ve raf ömürlerinin uzatılması amacıyla uygulanan gıda muhafaza yöntemlerinin bir çoğunda ısı etkiden yararlanılmaktadır. Ancak son zamanlarda yüksek hidrostatik basınç uygulaması gibi termik olmayan yöntemlere de gıda endüstrisinde oldukça sık rastlanmaktadır. Yüksek hidrostatik basıncın gıdaların ve ingrediyenlerin muhafazasında veya modifikasyonunda diğer temel işlemlere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Basınç anında gıdaya ulaştığından "ısıtma" ve "soğutma" sürelerinin neden olduğu zaman ve kalite kayıpları söz konusu değildir. Diğer taraftan, yüksek basınç uygulamaları ürünün büyüklüğü ve geometrisine bağımlı olmadığı gibi oda sıcaklığında uygulama gerçekleştirilebilmektedir.

SUMMARY: Food preservation techniques have relied heavily on heat in varying forms and intensities to kill microorganisms and extend shelf life. However, new non-thermic methods such as high hydrostatic pressure has considerable advantages over other unit operations used for preservation or modification of foods and ingredients. Pressure is transferred instantly, thus no time and quality losses due to "heating time" or "cooking time" occur. High pressure application is independent of size and geometry of product, it can be applied at ambient temperatures.

GİRİŞ

Yüksek basınç, ticari olarak uzun yıllardan beri seramik materyal, sentetik kuarz ve diğer birçok endüstriyel uygulaması olan bir teknolojidir. Ancak gıda endüstrisindeki uygulamalar çok yeni olup henüz araştırma safhasındadır. Özellikle Japonya'da bu konuda yoğun çalışmalar yapılmakta ve bu teknik gıda endüstrisi için geliştirilmektedir. Bugün yüksek basınç teknolojisi Japonya'da iki firma tarafından meyve suyu ve reçel üretiminde kullanılmaktadır (BYRNE, 1993).

Yüksek hidrostatik basıncın gıdaların muhafazasında ilk kullanımı 1899 yılında HITE tarafından gerçekleştirildiği halde o zaman bu konuya gereken ilgi gösterilmemiştir. Daha sonra yüksek hidrostatik basınç konusundaki çalışmalar genellikle mikroorganizmalara etki üzerinde olmuştur (HOOVER ve ark., 1989).

Yüksek basınç mikroorganizmaların morfolojisi, biyokimyasal reaksiyonları, genetik mekanizmaları, hücre zarı ve duvarında ve spor kılıflarında birçok değişikliğe neden olmaktadır (HOOVER ve ark., 1989; LECHOWICH, 1993). Basıncın mikroorganizmalar üzerine etkisini belirleyen faktörler şunlardır:

1. Mikroorganizmanın özellikleri, spor veya vejetatif formu
2. Uygulanan basıncın büyüklüğü ve etki süresi
3. Ortam bileşimi
4. pH
5. Sıcaklık

Yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerine etkileri aşağıdaki şekillerde açıklanmaktadır:

1. Hücre Morfolojisinde Meydana Gelen Değişimler: Basınç mikroorganizmaların morfolojik yapılarını etkilemektedir. WALSBY (1972) yaptığı çalışmada hücre içi gaz vakuollerinin 0,6 MPa basınç uygulaması sonucu içe çöktüğünü kaydetmiştir. *Esherichia coli* ile yapılan bir çalışmada ise 40 MPa basınç altında hücre uzunluğunun normal uzunluk olan 1-2 μ 'dan 10-100 μ 'a yükseldiği saptanmıştır. Hareketli mikroorganizmaların hareket yeteneklerini kaybetmeleri ise basınç etkisi ile meydana gelen yapısal değişikliklerle doğrudan ilgilidir. Basınç aynı zamanda hücre bölünmesini yavaşlatmaktadır. Basıncın etkileri türe bağlı ve tersinirdir. Birçok mikroorganizma, basıncın kalkmasından sonra normal şekillerine dönmektedir (HOOVER ve ark., 1989).

2. Biyokimyasal Reaksiyonlarda Oluşan Değişimler: Basınç, hacim artıran reaksiyonları yavaşlatırken, hacim düşüren reaksiyonları hızlandırmaktadır. Biyokimyasal reaksiyonlar da hacim değişimine neden olduklarından basınçtan etkilenmektedir.

Enerji açığa çıkaran reaksiyonlar basınç ile engellenerek hücrenin yaşaması zorlaştırılır. Basınç, reaksiyon sistemlerini iki şekilde etkilemektedir. Bunlar;

1. Reaksiyon için gerekli olan uygun moleküler boşluğun azalması
2. Zincirler arası reaksiyonların artması

Yüksek basıncın mikroorganizmalar üzerine öldürücü etkisi, denatürasyon sonrası bazı önemli enzimlerin inaktivasyonunun sonucu gerçekleştiği de düşünülebilir. Nitekim 100-300 MPa basınç altında tersinir olan denatürasyon, >500 MPa'da tersinmez hale dönüşmektedir (HOOVER ve ark., 1989).

Basınç uygulaması hacim azalmasına neden olduğundan, ortamın pH değerini düşürmektedir. Örneğin MARQUIS (1976) saf suyun pH değeri 25°C'de 0,1 MPa basınç altında 7,00 iken 100 MPa basınç altında aynı sıcaklıkta 6,27 olduğunu bildirmektedir (HOOVER ve ark., 1989).

3. Genetik Mekanizmada Meydana Gelen Değişmeler: Nükleik asitler yüksek basınca, proteinlere oranla daha dayanıklıdır. Yapılan araştırmalarda 1000 MPa basınçta uzun süreli uygulamalarda bile bazı hücrelerde DNA'nın doğal yapısını koruduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca 270 MPa dolaylarında DNA'nın ısı denatürasyonuna karşı stabilitesinin arttığı ileri sürülmektedir. DNA'nın heliks yapısı hidrojen bağlarından kaynaklanmaktadır. Basınca dayanıklılığın, basınç etkisi ile hidrojen bağı oluşumunun artmasından kaynaklandığı sanılmaktadır. DNA'nın basınca proteinlerden daha dirençli olması da bu şekilde açıklanmaktadır (HOOVER ve ark., 1989).

4. Hücre Zarı ve Duvarında Meydana Gelen Değişmeler: Hücre zarı, hücre içi bileşenlerini dış ortamdaki ayıran ve dolayısı ile madde alışverişinde ve respirasyonda önemli rol oynayan bir yapıdır. Hücre zarının yapısı fosfolipid ve proteinlerden oluşmaktadır. Hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelebilecek değişiklikler hücrenin ölümüne neden olabilmektedir. Mikroorganizmaların basınç etkisiyle ölmelerinde birincil sebebin hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler olduğu sanılmaktadır. Basınç altında hücre zarını oluşturan katmanların hacminde bir azalma olmaktadır. Sıkıştırılmış zar genellikle normalden farklı geçirgenlik göstermektedir. Hücre duvarı mikrobiyal hücrelerin şeklini ve sağlamlığını verir. 20-40 MPa basınç etkisi ile büyük hücreler mekanik çatlamalardan dolayı ölmektedir. Genel olarak ökaryotik mikroorganizmalar basınca prokaryotiklerden daha duyarlıdır (HOOVER ve ark., 1989; LECHOWICH, 1993).

Genellikle basıncın ve sürenin yükseltilmesi mikroorganizmaların direncini zayıflatarak ölüme neden olmaktadır. Bakteri sporlarının vejetatif hücrelere göre basınca daha dayanıklı olduğu ileri sürülmektedir (LECHOWICH, 1993). Ancak SALE ve ark. (1970) tarafından yapılan çalışmada, *Bacillus* sporları üzerine 100-300 MPa düzeyindeki basıncın 11800 MPa'dan daha öldürücü etkili olduğu görülmüştür (HOOVER ve ark., 1989). Letal etkinin 100-300 MPa gibi düşük basınçlarda sporların vejetatif forma geçmelerini teşvik edeceğinden, çevresel koşullara daha duyarlı hale gelmeleri sonucu ortaya çıktığı sanılmaktadır. Bu çalışmada ayrıca letal etkinin sıcaklık ve kompresyon süresine bağlı olduğu, buna karşılıklı spor konsantrasyonuna bağlı olmadığı belirtilmektedir (HOOVER ve ark., 1989).

ZoBell (1970) yaptığı çalışmada bakterilerin logaritmik gelişme evresinin başlangıcında, yatışkın (stasyonier faz), dorman ve ölüm evrelerine göre basınca daha duyarlı olduklarını saptamıştır (HOOVER ve ark., 1989).

Mikroorganizmaların içinde buldukları ortamın bileşimi de basınca duyarlılığı etkilemektedir. Ortam bileşiminin amino asitler ve vitaminlerce zenginleştirilmesi koruyucu etki yaparken, tuz ilavesi basınç toleransını düşürmekte ve dolayısıyla ölüm kolaylaşmaktadır (HOOVER ve ark., 1989).

Yüksek basıncın enzimlere etkileri ise aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Yüksek basıncın bir gıda muhafaza yöntemi olarak yerleştirilmesi konusunda yapılan çalışmaların hemen tamamı mikroorganizmalar üzerine etkilerini incelemektedir. Bugün gıdaların yapısında bulunan enzimlerin basınçtan nasıl etkilendikleri de araştırma konusudur. Yüksek basınç uygulaması bazı enzimlerin aktivitesini yükseltici etki yapabilmektedir. Bunun yanı sıra bazı enzimler basınç etkisi ile inaktive olmaktadır. Örneğin yüksek basınç etkisi ile tripsin aktivitesi düşerken selülaz ve termolisinin katalizlediği reaksiyonların hızı artmaktadır. 300 MPa ve üzerindeki basınç uygulamalarında portakal sularında pektinesteraz aktivitesinin düştüğü saptanmıştır.

GIDA ENDÜSTRİSİNDE YÜKSEK BASINCIN KULLANILMASI

Bugün gıdaların sterilizasyonunda kullanılan en yaygın yöntemler ısı işlemlerdir. Ancak ısı işlemlerde uygulanan yüksek sıcaklıklar mikroorganizmaları ve enzimleri inaktive ederken, gıdanın beslenme değerini ve duyu kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Paskal prensibine göre yüksek basınç ürünün büyüklüğü ve şekline bağımlı olmadan gecikmesiz olarak etki gösterir. Yani ısı işlemlerde olduğu gibi en geç ısınan veya soğuyan nokta sözkonusu değildir. Yüksek basınç, basınç iletici bir ortama (genellikle su) uygulanır. Yüksek basınç uygulaması oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden konvansiyonel yöntemlerdeki gibi termal enerjiye ihtiyaç duyulmaz ve ürün yapısında ısının neden olduğu olumsuzluklar söz konusu olmaz (KNORR, 1993).

Yüksek basıncın gıda endüstrisinde kullanılması nedenleri şöyle sıralanabilir:

1. Mikroorganizmaların inaktivasyonu (HOOVER ve ark., 1989; POPPER ve KNORR, 1990; MERTENS ve KNORR, 1992; FRANKE ve ark., 1993; KNORR, 1993; HOOVER, 1993; LECHOWICH, 1993)
2. Protein denatürasyonu, enzim aktivasyonu veya inaktivasyonu, jel oluşumu gibi biyopolimerlerin modifikasyonu ile ekstraksiyon ve degradasyonu sağlama (KNORR, 1993)
3. Tat-koku ve renk gibi duyu kalite öğelerinin korunması (POPPER ve KNORR, 1990; KNORR, 1993; MERTENS ve DEPLACE, 1993; ZIMMERMAN ve BERGMAN, 1993)
4. Yoğunluk, donma ve erime noktalarının veya tekstürel özelliklerin değişimini sağlamak (HOOVER ve ark., 1989; WATANABE ve ark., 1991; HONMA ve ark., 1993; KNORR, 1993)

YÜKSEK BASINCIN KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

Yüksek basıncın en önemli etkisi kovalent bağları parçalamadan sadece kovalent olmayan bağları etkilemesidir. Bu etki sayesinde gıdaların birçok önemli kalite öğeleri korunmaktadır. Yüksek basınç uygulayarak hazırlanan çilek reçellerinde başlangıç askorbik asit miktarının %95 oranında korunduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan duyu analizlerde ısı ile uygulayarak hazırlanan çilek reçeli örneklerine göre daha iyi sonuçlar alınmıştır.

SHIMADA ve ark. (1990) 11 farklı gıdada oda sıcaklığında 15 dakika süreyle 500 MPa basınç uygulamasının etkilerini incelemişlerdir. Buna göre pirinç ve soya fasulyesi gibi ürünlerde görünüş, tat, koku ve yapıda bir değişim saptanmadığı halde patates ve tatlı patateste yapının yumuşayıp transparent bir hal aldığı bildirilmiştir. Ayrıca şeftalilerin de yumuşadığı ve şeftali ve elmalarda tatlılığın artıp transparent bir yapı oluşturduğunu açıklamışlardır (KNORR, 1993).

Maillard reaksiyonlarının sonucu esmerleşme reaksiyonlarının hızlarının 50°C'de 50-200 MPa basınç uygulaması ile düştüğü saptandığı halde patateslerde enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının basınç etkisi ile arttığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda basınç uygulamasından sonra enzimatik esmerleşme reaksiyonlarındaki artışın basınç etkisi ile dokuların parçalanmasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Polifenoloksidaz (PPO) enziminin inaktivasyonunda 50°C'de 15 dakika 400 MPa basınç uygulamasının, basınç iletici ortam olarak deiyonize su, su ve Ca⁺⁺ veya su ve CO₂ kullanıldığında yeterince etkili olmadığı saptanmıştır, buna karşılık basınç iletici ortam olarak % 0,5'lik sitrik asit çözeltisi kullanımının PPO inaktivasyonunda etkili olduğu görülmüştür. Patates küplerinin % 0,5'lik sitrik asit solusyonuna batırıldıktan sonra vakum paketlenip yüksek hidrostatik basınç uygulamasının enzim inaktivasyonunda etkili olduğu saptanmıştır (KNORR, 1993).

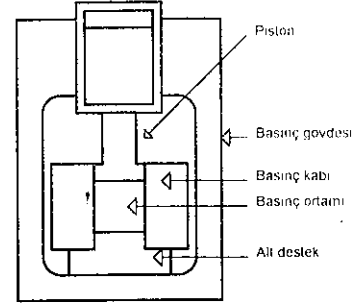
YÜKSEK BASINÇ SİSTEMLERİ

Bir yüksek basınç sistemi, yüksek basınç kabı, yüksek basınç jeneratörü, basınç kontrolörü ve materyal yerleştirme bölmesini içermektedir. Sistemin kalbi basınç kabıdır ve yüksek gerilime dayanıklı, düşük alaşım çelikten yapılmış silindirik bir kaptır. Kap duvarının kalınlığı maksimum çalışma basıncına, kazan çapına, kazandaki devir sayısına bağlı olarak belirlenir (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

Yüklenip kapatılan kap (örneğin ambalajlanmış gıda) daha sonra basınç iletici sıvı ile doldurulur. Birçok soğuk ve izostatik basınç uygulamalarında basınç iletici ortam genellikle kaymayı sağlamak ve korozyonu önlemek için çok az miktarda çözünür yağ içeren sudur. Sistem içindeki bütün hava uzaklaştırıldıktan sonra yüksek basınç doğrudan, dolaylı veya ortamın ısıtılması yöntemlerinden biri ile sağlanır (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

Doğrudan sıkıştırma yönteminde (Şekil 1) piston tipi sıkıştırma uygulanır. Kap içindeki basınç iletici ortamın basıncı doğrudan bir piston tarafından sağlanır. Bu yöntem çok hızlı bir basınç artışı sağlamasına rağmen pratikte sadece küçük ölçekli çalışmalara uygundur (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

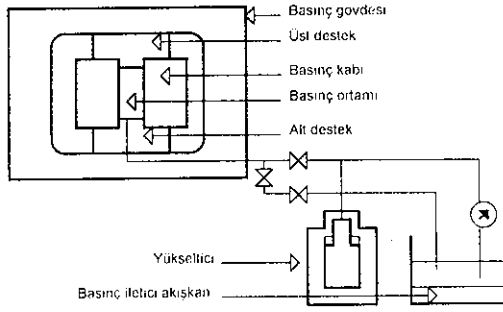
Dolaylı sıkıştırma yönteminde basınç iletici ortam, rezervuardan kapalı basınç kabına pompalamak için kullanılan ortamı istenen basınca yükselten bir yükseltici (Şekil 2) kullanılır. Bu yöntemde gerekli bağlantılar statiktir. Endüstriyel soğuk, sıcak ve çok sıcak izostatik basınç uygulamalarında dolaylı sıkıştırma yöntemi kullanılmaktadır (MERTENS ve DEPLACE, 1993).



Şekil 1. Doğrudan sıkıştırma sistemi

ortamın sıcaklığının artırılması ile meydana gelen genişmeden sağlanır. Bu yöntem basınç ve yüksek sıcaklık yöntemlerinin kombine kullanılacağı bazı kimyasal reaksiyonların gerçekleştirilmesinde uygulanır (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

Genel olarak bugün kimya endüstrisinde kullanılan yüksek basınç prosesleri, soğuk izostatik sıkıştırma, sıcak izostatik sıkıştırma ve çok sıcak izostatik sıkıştırma olmak üzere üç tiptir. Bunlardan soğuk ve sıcak sıkıştırma daha çok şekil verme amacıyla kullanılır. İşlem süresi oldukça kısadır (20-60 saniye). Sıcak sıkıştırmada basınç ile birlikte, amaca göre ortam sıcaklığından 200°C'ye kadar



Şekil 2. Dolaylı sıkıştırma sistemi

değişen sıcaklıklar uygulanır. Çok sıcak sıkıştırmada ise sıcaklık 2200°C'ye kadar yükseltilmektedir. Bu nedenle basınç iletici ortam olarak kolay sıkıştırılabilen argon, azot, helyum veya hava kullanılmaktadır (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

YÜKSEK BASINCIN GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMINDA ÖNEMLİ PARAMETRELER

Yukarıda belirtilen şekilde değişik uygulamaları olan yüksek basıncın gıda endüstrisinde ticari olarak kullanımında bazı önemli gereksinimler bulunmaktadır. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır:

Kapasite

Yüksek basınç prosesleri kesikli proseslerdir. Kapasite, birim zamanda işlenen ürün olarak tanımlanmaktadır. İşlem süresi materyalin ön işlemler, yükleme-boşaltma, sistemi açma-kapama, istenen basınçta kalma, sıkıştırma, geri sıkıştırma sürelerinin toplamı olarak kabul edilir. İşlem süresinin kısalması kapasiteyi de artırmaktadır (MERTENS ve DEPLACE, 1993). İşlem süresinin kısaltılması şu şekillerde mümkün olabilir:

1. Basıncın izostatik karakteri materyalin basınç bölmesinde kalış süresinin kısaltılmasına izin vermektedir. Kalış süresi, basıncı artırmak veya uygun sıcaklık ve basınç kombinasyonları ile kısaltılabilir.

2. Ürüne uygulanan işlemlerin azaltılması ile işlem süresi kısaltılabilir. Özellikle pompalanabilir yapı gösteren ürünlerde sistemin açılıp kapanmasına gerek kalmadan ürün sistem içine ve dışarı pompalanabilir (dry-bag process).

3.Pompalanamayan gıdalar için tek alternatif önceden ürünün ambalajlanmasıdır (**wet-bag process**).

4. Sıkıştırma-geri sıkıştırma hızları yükseltilebilir. Ancak bunun biyolojik sistemler ve gıda kalitesi üzerine etkisinin önceden araştırılması gerekmektedir.

Proses Kontrol

Yüksek basınç proseslerinde basınç ve sıcaklığın düzgün bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Paskal prensibine göre basınç bütün noktalara gecikmesiz olarak etki etmektedir. Bu nedenle bölme içinde herhangi bir yerde ölçülen basınç değeri, bölme içindeki her noktadaki basınç konusunda bilgi edinilmesi açısından yeterlidir. Sıcaklık kontrolleri de hassas olarak yapılabilmektedir (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

Güvenlik

Basınç bölmesinde depolanan toplam enerji, basınç kabının duvarlarında gerilmeden ve basınç iletici ortamın sıkışmasından kaynaklanan enerjilerin toplamıdır. Pratikte gerilme enerjisi ihmal edilebilecek düzeydedir. Sıkıştırma enerjisi ise

$$\text{Enerji} = 0.4 c P V_0$$

formülü ile belirlenmektedir. Burada c basınç ileticinin sıkıştırılabilirliği, P basınç, V_0 ise başlangıç hacmidir.

Gıda endüstrisinde gerekli enerjinin sağlanması için 121°C'deki doymuş buhardan yararlanılması daha yaygındır. Çünkü 121°C'de 1 kg doymuş buharın enerjisi, oda sıcaklığında 100 l su ile doldurulmuş kazanda 400 MPa basınç altında elde olunan enerjiden daha yüksektir. Ancak yüksek basınç sistemlerinin yaygın olarak kullanılması bu sistemlerin güvenliği konusunda çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Bu nedenle enerjinin düşük olmasına rağmen tercih edilebilirler.

Yüksek basınç sistemleri endüstrinin birçok alanında değişik amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle güvenlik kontrolleri konusu önemli olup çok iyi gerçekleştirilebilmektedir.

Temizlik ve Dezenfeksiyon

Basınç bölmesine yerleştirilen ürün ile temas eden herşeyin temiz olması gerekmektedir. Aslında paketlendikten sonra yüksek basınç uygulanacak ürünlerin basınç bölmesi ve basınç iletici akışkan ile teması yoktur. Yüksek basınç sistemleri gerektiğinde periyodik temizleme ve buhar sterilizasyonu uygulanabilecek şekilde dizayn edilebilmektedir. Paketlenmeden işlenecek ürünlerde ise yüksek basınç ünitesinin tüm bölmeleri yerinde temizlenebilir ve sterilize edilebilir olmak zorundadır. Bunun dışında meyve suyu gibi asit gıdaların korozif özellikleri dikkate alınmalı ve bu durumda paslanmaz çelik materyalden yapılmış sistemler tercih edilmelidir (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

Ambalaj Dizaynı

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan çok katlı plastik lamine folyo ambalaj materyalleri yüksek basınç sistemlerinde de kullanılabilir. Bu kombinasyonların esneklikleri, mekanik özellikleri ve termal özellikleri basınç etkisi ile bozulmamaktadır. Cam ve metal gibi sert ambalaj materyallerinin esnekliği ise esnek plastik kapakların kullanımı ile artırılabilir. Ambalaj, tepe boşluğu minimum olacak şekilde dizayn edilmelidir. Basınç bölmesinin hacminden en etkili biçimde faydalanabilmek için ambalajın şekli basınç bölmesinin şekline uygun olmalıdır. Bu nedenle daha çok silindirik ambalajlar tercih edilmektedir (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

Yatırım Maliyeti

Yüksek basınç sistemlerinin gıda endüstrisinde ticari kullanımı sadece teknik özelliklerine bağlı değildir. Sistemin yatırım maliyeti ekonomik açıdan dikkate alınmak zorundadır. Bunun yanı sıra aşırı basınç

ve sıcaklık uygulamaları sonucu meydana gelebilecek deformasyonlar sistemin ömrünü düşürmektedir. Yüksek basınç sistemleri kullanım ömürleri içerisinde yüksek kapasiteye ile kullanıldığı zaman karlı yatırımlara dönebilecektir (MERTENS ve DEPLACE, 1993).

YÜKSEK BASINÇIN GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMINA BAZI ÖRNEKLER

Haşlama dondurulacak, konserve edilecek veya kurutulacak meyve ve sebzelere uygulanan temel işlemlerden birisidir. Haşlama ile mikroorganizma yükünün düşürülmesi ve enzimlerin inaktivasyonu gibi yararlar yanında aynı zamanda hammaddenin etkin bir biçimde temizlenmesi, dokuların yumuşaması da sağlanmaktadır. Ancak konvansiyonel haşlamanın besin öğelerindeki kayıplar ve kalitenin düşmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Ayrıca haşlamada kullanılan suyun yol açtığı çevre kirliliği de sorun yaratmaktadır. Oysa yüksek basınç uygulamasının, konvansiyonel sıcak su ile haşlamaya göre şu avantajları vardır (KNORR, 1993):

1. Mikroorganizma sayısının düşürülmesinde daha etkilidir.
2. İşlem koşullarına bağlı olarak işlenen ürünün yoğunluğu artmaktadır.
3. Sıcak suda haşlanmış örnekler göre mineral madde ve vitamin kaybı daha azdır.
4. Dokularda meydana gelen yumuşama hemen hemen aynı düzeydedir.

Bilindiği gibi yoğurt, üretiminde kullanılan starter kültürleri canlı olarak içeren bir üründür. Uygun starter kültür kullanılarak depolama sırasında ürünün ekşimesi engellenebilirse de uzun süreli depolamada sorun çıkabilmektedir. Oysa düşük sıcaklıkta (10°C) ve 200-300 MPa basınçta 10 dakika basınç uygulanmış starter kullanımı depolama sırasında devam eden fermentasyona engel olmaktadır (HOOVER, 1993).

Mandarin suları gibi ısıya çok duyarlı aroma maddeleri içeren bazı meyve sularının muhafazasında 600 MPa düzeyindeki basınçın 30 dakika süreyle uygulanması ürünün muhafazasında başarı ile kullanılabilir. Yapılan araştırmalar üründe aroma maddelerinin bu uygulamadan olumsuz yönde minimum düzeyde etkilendiğini göstermiştir (IFUKU ve ark., 1993; TAKAHASHI ve ark., 1993)

KAYNAKLAR

- FRANKE, V., H. WEBER, L. I. DEHNE, and K. W. BöGL, 1993, Entkeimung und Entweseng von Lebensmitteln mittels Druck., Eine Literaturstudie, SozEp Hefte 7
- HONMA, K., T. MAKINO, K. KUMENO, and M. WATANABE, 1993, Biosci. Biotech. Biochem. 57 (7), 1091-1094
- HOOVER, D.G., 1993, Pressure effects on biological systems, Food Technology, June, 150-155
- HOOVER, D.G., C. METRICK, A. M. PAPINEAU, D. F. FURKAS, and D. KNORR, 1989, Food Technology, March, 99-107
- IFUKU, Y., Y. TAKAHASHI, and YAMASAKI, S., 1993, Ultra high pressure sterilization: A new development in the Japanese fruit juice industry, Int. Fruchtsaft-Union XXI, Budapest 4-7 May, 101-113
- KNORR, D., 1993, Effects of high-hydrostatic pressure processes on food safety and quality, Food Technology, June, 156-161
- LECHOWICH, R.V., 1993, Food safety implications of high hydrostatic pressure as a food processing method, Food Technology, June, 170-172
- MERTENS, B. and G. DEPLACE, 1993, Engineering aspects of high-pressure technology in the food industry, Food Technology, June, 164-169
- MERTENS, B. and D. KNORR, Developments of non-thermal processes for food preservation, Food Technology, May, 124-133
- POPPER, L. and D. KNORR, 1990, Applications of high pressure homogenization for food preservation, Food Technology, July, 84-89
- TAKAHASHI, Y., H. OHTA, H. YONEI, and Y. IFUKU, 1993, Int. Jour. of Food Sci. and Technol. 28, 95-102
- WATANABE, M., T. MAKINO, K. KUMENO and S. ARAI, 1991, High-pressure sterilization of ice nucleation-active bacterial cells, Agri. Biol. Chem., 55(1), 291-292
- ZIMMERMAN, F. and C. BERGMAN, 1993, Isostatic high-pressure equipment for food preservation, Food Technology, June, 162-163.