

# Gıda Endüstrisinde Alışılmamış Yöntemler



Gönül Kaletunç, ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 1978'de mühendis ve 1981'de yüksek mühendis olarak mezun olduktan sonra 1985'te University of Massachusetts'ta doktora çalışmasını gıda mühendisliği dalında tamamlamıştır. 1998'den bu yana Ohio State Üniversitesi'nde öğretim üyesidir. Araştırma konuları kalorimetrenin gıda ve biyolojik maddelere uygulanması üzerinedir. *Cereal Chemistry* dergisinin editörü olarak görev yaptı ve şu anda *Food Engineering Reviews* dergisinin yayın kurulu üyesidir.

Gıda ürünlerinin tüketicilerin ihtiyaç ve isteklerine uygun olması, güvenilir gıda üretilmesi, gıda ürünlerinin denetlenebilmesi için gerekli bilginin olması ve ürünün maliyeti, yeni teknolojilerin hem gıda endüstrisi hem de tüketiciler tarafından kabul edilmesinde rol oynayan önemli faktörler arasında sayılabilir. Yeni teknoloji ile üretilen bir ürünün mevcut teknoloji ile üretilen ürüne göre daha kaliteli olması veya mevcut teknoloji ile üretilmeyecek bir ürün olması, bu teknolojilerin kabul edilme şansını artıracaktır. Gıda sektörü açısından ürünün katma değerinin yüksek olması da büyük önem taşır, çünkü yeni teknolojilerin uygulamaya konulması, mevcut teknoloji ile yeni ürün üretilmesine kıyasla çok daha fazla yatırım gerektirir.



Science Photo Library

Tüketicilerin gıda ürünlerini seçerken önem verdiği noktalar günümüzde değişmeye başladı. Gıdanın güvenilirliği, kolay ve çabuk hazırlanabilmesi, lezzeti hâlâ önemli faktörler arasında. Bunlara ek olarak, özellikle batı ülkelerinde gıda ürünlerinin beslenme değerinin de tüketicilerin ürün tercihini etkileyen sebepler arasında ön plana çıktığı gözleniyor. Gıdaların korunması için kullanılan alışılmamış teknolojilerin başında ısıtma yöntemi gelir. Bu yöntemle mikrobiyolojik açıdan güvenilir ve uzun ömürlü gıda üretilmesi için gereken koşullar, gıda ürünündeki ısıya duyarlı bazı önemli besin öğelerinin, örneğin vitaminlerin kaybına neden olur, dolayısı ile de gıdanın besin değeri düşer. Günümüzde bilinçli tüketiciler artık görünüş bakımından taze ürüne en çok benzeyen ve çok az işlem görmüş ürünleri tercih ediyor. Bu nedenle geçtiğimiz 10 sene içerisinde hem gıda endüstrisinde hem de akademik alanda gıda işlenmesi ve korun-

ması için alternatif teknolojilerin araştırılması ve uygulanması konusundaki çalışmalarda büyük ilerleme kaydedildi. Isıl işleme alternatif olarak önerilen alışılmamış teknolojilerden yüksek hidrostatik basınç (YHB), vurgulu elektrik alanı (VEA), ultrasonik vibrasyon, ohmik ısıtma, vurgulu UV, radyasyon ve ozon teknolojileri gıda ürünlerini işlemeye uygun olanlar arasında sayılabilir. Bu teknolojilerin bazıları günümüzde gıda endüstrisinde kullanılıyor, bazıları ise hâlâ araştırma ve geliştirme aşamasında. Yeni teknolojilerin geliştirilmesi tüketiciye daha sağlıklı, lezzetli ve besin değeri yüksek, fonksiyonel gıdaların ulaştırılabilmesi açısından büyük önem taşıyor. Bu yazı da günümüzde gıda endüstrisinde kullanılan dört alışılmamış teknolojinin ilkeleri hakkında bilgi vermek, kullanım alanlarını ve hâlâ devam eden araştırmaları anlatmak amacı ile hazırlanmıştır.

Alışılmamış teknolojileri iki grup altında toplayabiliriz: Geliştirilmiş ısıl işlemler uygulayan ve ısıl olmayan işlemler uygulayan teknolojiler. Mikrodalga ve ohmik ısıtma geliştirilmiş ısıl işlemler arasında sayılabilir. Isıl olmayan işlemlerin sayısı her geçen gün artıyor. Yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alanı, ultrasonik vibrasyon, vurgulu UV, radyasyon, plazma sterilizasyon ve ozon teknolojileri bu yeni teknolojiler arasındadır. Şimdi hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alanı (VEA), ohmik ısıtma ve ozonlama yöntemlerini biraz daha detaylı olarak ele alalım.

## Isıl Olmayan İşlemler

Isı uygulaması gıda ürünlerinde özellikle de vitamin, lezzet ve aroma kaybına neden olabileceği için kalitenin düşmesine sebep olabilir. Gıda ürünleri piyasaya sürülmeden önce ısıtmanın ardından soğutma işleminden geçirilir. Dolayısıyla mikrodalga ve ohmik ısıtma gibi hızlı ısıtma sağlayan yöntemlerde bile, soğutma işlemi yeteri kadar hızlı yapılamayacağı için, ürünler normalden fazla ısıya maruz kalabilir. Bu yüzden ısıl olmayan işlemler üzerinde yoğun araştırmalara devam edilmektedir.

## Geliştirilmiş Isıl İşlemler

Geleneksel ısıl işlemlerde katı gıda maddesine ısı transferi kondüksiyona (ısıiletim) bağlı olduğundan yavaş bir ısı transferi oluşur. Isı transferinin yanı sıra gıda maddesi içerisinde enerji üreten yöntemler kullanılarak gıda maddesi daha hızlı ısıtılabilir. Mikrodalga, radyo frekansı ile ısıtma ve ohmik ısıtma bu yöntemler arasında sayılabilir.

### Ohmik Isıtma:

Bu yöntemde gıda maddesi içerisinden elektrik akımı geçirilerek ısıtılır. Gıda maddesi direnç vazifesi görür. Elektrik enerjisinin ısıya dönüşmesi sonucu hızlı ve homojen bir ısıtma sağlanır. Ohmik ısıtma hacimsel bir ısıtma yöntemi olduğu için bütün gıda maddesi eşit bir şekilde ısıtılabilir ve dolayısıyla ısıl işlemlerle üretilen konserve ürünlere göre ürün kalitesi daha yüksektir. Yalnız bu işlemde önemli bir nokta maddelerin elektrik iletkenliğidir. Elektrik iletkenliği de sıcaklığa, iyonik bileşenlere ve uygulanan elektrik alanının gücüne bağlıdır. Eşit oranda ısıtma, ürün içindeki katı ve sıvı fazların benzer elektrik iletkenliğine sahip olmasıyla sağlanabilir. Parçacık içeren ürünlerin işlenmesi bu teknoloji ile mümkündür. Parçacıkların büyüklüğü iki santimetreye kadar olabilir. Katı parçacıkların ve sıvı fazın elektriksel

iletkenliği aynı olduğu zaman, geleneksel ısıtma yöntemi ile elde edilemeyen hem hızlı hem de eşit sıcaklık dağılımı elde etmek mümkündür. Bu işlem mikrodalga ısıtmaya göre de enerji açısından daha verimlidir, çünkü bütün elektrik enerjisi ısı enerjisine aktarılır ve ürünün ısıtılmasında kullanılır.

Ohmik ısıtma sıvı ürünler, parçacık içeren sıvı ürünler (çorbalar, yahniler, şuruplar, şuruplardaki meyve dilimleri) ve ısıya duyarlı gıda maddeleri için kullanılabilir. Özellikle protein içeren gıda ürünlerinde protein denatüre edilmeden (yapısı bozulmadan) ve pıhtılaştırılmadan pastörizasyon yapılabilir. Ohmik ısıtma ile sıvı yumurta pıhtılaştırılmadan bir saniyeden az bir sürede pastörize edilebilir. Gıda ürünlerinin korunmasının yanı sıra donmuş ürünlerin açılması, meyve ve sebzelerin kabuklarının soyulması, kurutma ve ekstraksiyon işlemlerinin hızlandırılması da ohmik ısıtma yönteminin potansiyel kullanım alanlarıdır.

Endüstriyel ohmik ısıtma ekipmanları İtalya'da ve İngiltere'de üretilmektedir. İtalya, Yunanistan, Fransa, Meksika ve Japonya'da ohmik ısıtma ile üretilmiş, şurup içinde meyve şeklinde gıda ürünleri piyasada satılmaktadır.

Gıda ürünlerine yüksek hidrostatik basınç işlemiyle, 3000-7000 atmosfer arasında basınç uygulanıyor. Böylece gıda ürünleri mikroplardan ve virüslerden arındırılıyor.



## Yüksek Hidrostatik Basınç

Yüksek hidrostatik basınç işlemi, 3000-7000 atmosfer arasında basınç uygulanarak gıda ürününün mikropardan ve virüslerden arındırılmasını içerir. Basınç uygulaması oda sıcaklığında yapıldığı ve küçük molekülleri etkilemediği için gıda maddesinin doğal aroması ve vitamin miktarı değişmez, dolayısıyla doğal görünümü ve lezzeti korunur. Sadece basınç uygulaması ile vejetatif bakteriler inaktive edildiği için bu işlemle pastörize edilmiş ürünler de hazırlanabilir. Dolayısıyla yüksek basınç işlemi uygulanmış ürün buzdolabı koşullarında saklanmalıdır. Yüksek basınç ile hazırlanmış gıda maddelerinin raf ömrü 2-3 hafta uzatılabildiği gibi ısıl işlemle pastörize edilmiş ürünlere göre besin değerleri ve kaliteleri de daha yüksek olabilir.

Yüksek hidrostatik basınç işlemi ambalaj yapılmadan önce veya sonra uygulanabilir. Ambalaj yapılmadan önce uygulanırsa, işlemden sonra gıda ürünü aseptik olarak ambalajlanır. Genellikle gıda ürünü basınca karşı esnek olan bir ambalajda (torba veya plastik şişe) paketlenildikten sonra, içi basıncı iletebilen bir sıvı (hidrolik sıvı) ile doldurulmuş yüksek hidrostatik basınç ünitesine yüklenir. Ünitadaki hidrolik sıvı (genellikle su kullanılır) bir pompa ile yüksek basınca getirilir. Hidrolik sıvıdaki basınç esnek ambalajdan gıda ürününe hemen hemen anında iletilir. Gıda ürünü her yönden eşit bir şekilde basınca tabi tutulduğu için ürünü şeklini koruyarak pastörize etmek mümkündür. Basıncın yükselmesi sırasında sıcaklık artacağından, eğer yüksek sıcaklık istenmiyorsa basınç kabı dışarıdan soğutulabilir ya da beklenen sıcaklık artışı hesaplanarak gıda maddesi ve hidrolik sıvı düşük sıcaklıkta basınç kabına konur. Sıkıştırma nedeniyle sıcaklık artışı maddenin yapısına bağlıdır, örneğin su için yaklaşık 3°C/100 Mpa (milyon Paskal), yağlar için ise 6-8 °C/100 MPa'dır. Yüksek hidrostatik basınç işlemindeki değişkenler basınç seviyesi, sıcaklık ve basınç uygulama süresidir.

Yüksek hidrostatik basınç sıvı ve katı gıda maddeler için kullanılabilir. Gıda endüstrisinde yüksek basınç kullanan ti-

cari fabrikaların sayısında 2000 yılından itibaren hızlı bir artış görülmüştür. Ticari olarak üretilen gıda ürünleri ABD'de, Avrupada, Japonyada ve Yeni Zelandada piyasada bulunmaktadır. Bu ürünler arasında meyve suları, avokado ürünleri, domates salsa, elma püresi, şarküteri et ürünleri, portakal suyu sayılabilir. Bu ürünlerin hepsi yüksek basınç işleminden sonra buzdolabı koşullarında saklanmalıdır. Yüksek basınç istiridye ve midye gibi kabuklu su ürünlerinin saklanması ve kolay açılması için de kullanılarak ürünlerin kalitesi artırılmakta, raf ömürleri uzatılmakta ve maliyetleri düşürülmektedir. Ama burada önemli bir sınırlama vardır: Bu teknolojinin kullanılacağı gıda ürününün su içermesi ve gıda maddesinin içerisinde hava bulunmaması gerekir. İçinde hava olan gıda maddeleri, örneğin çilek basınç uygulanması sırasında ezilip parçalanabilir.



Vurgulu elektrik alan uygulama ünitesi

Yüksek basıncın vejetatif bakterilerden *Escherica coli*'ye, *Salmonella* ve *Listeria*'ya karşı etkili olduğu görülmüştür. Bu bakteriler kullanılarak benim laboratuvarımda yapılan çalışmalarda bakterilerin ısı duyarlılığı ile basınç duyarlılığının aynı olmadığı gösterilmiştir.

Yüksek basınç küçük molekülleri etkilememesine rağmen yüksek molekül ağırlıklı nişastalarda ve proteinlerde yapısal değişikliklere neden olur. Nişasta 700 MPa basınç uygulaması ile tamamen jelatineze olur. Gereken basınç miktarı nişastanın botanik kökenine ve içerdiği su miktarına göre değişebilir ve uygulanan basıncın seviyesine göre nişasta tamamen veya kısmen jelatinize edilebilir. Bu uygulama ile gıda maddelerinin yapısı ve kullanılan gıda öğelerinin işlevleri değiştirilebilir. Yüksek basınç proteinleri, örneğin nişastayı da

etkiler, proteinlerin yapısında değişiklik ve *aggregasyona* (kümeleşme) neden olur. Dolayısıyla gıda ürünlerinde farklı yapılar (tekstür) oluşturmak ya da proteinlerin işlevlerini kimyasal maddeler kullanmadan yüksek basınçla değiştirmek mümkündür.

Yüksek basınç uygulaması ısı işlemi ile birleştirilirse sterilizasyon koşullarını sağlamak mümkündür. Bu yöntemde gıda ürünü ön ısıtmaya tabi tutulur, buna ek olarak basınç uygulaması sırasında ısı artmasıyla sterilizasyon koşullarına ulaşılır. Basınç uygulamasının diğer bir üstünlüğü de basıncın düşürülmesi sırasında sıcaklığın da hızla düşmesidir. Bu durumda gıda maddesi hızla soğutulurak ısının olumsuz etkisi önlenmiş olur. Yüksek basınç uygulaması ile ilgili araştırmalar özellikle sporların inaktivasyonu (öldürülmesi) konusunda devam etmektedir.

Yüksek basınç uygulaması için ticari ölçekli (215 litre kapasiteli) ekipmanlar üretiliyor. Bu sistemler kesikli sistemler. 215 litre kapasiteli yüksek basınç kabı kullanılarak 1 yılda 5 milyon kg gıda ürünü üretmek mümkün. Ticari ölçekli yüksek basınç ekipmanının maliyeti kapasiteye ve otomasyon derecesine göre 750.000 ile 4.000.000 TL arasında.

## Vurgulu Elektrik Alanı

Vurgulu elektrik alan (VEA) çok kısa süreli, yüksek voltaj elektrik alanı uygulaması ile gıda maddelerinin korunması için uygulanan, ısı olmayan işlemidir. Bakterilerin inaktivasyonunda etkili olan bu yöntem, sıcaklık yükselmesine sebep olmadığı için gıda ürünlerinin besin değerinde ve lezzetinde ya minimum değişiklik olur ya da hiç değişiklik olmaz. Bu yöntem sıvı maddeler ve akışkanlığı yüksek sıvı maddeler için uygundur. Sıvı gıda ürünleri iki elektrot arasından geçirilir. Elektrotlar tipik olarak 20 ila 50 kV/cm kuvvetinde elektrik alanında, her biri iki mikro saniye uzunluğunda, 10 vurgu göndererek bakterileri inaktive eder. Bu yöntemin bakterileri inaktive etme mekanizmasının, yüksek voltaj vurgularının hücre duvarını ve hücre zarını delmesi olduğu öne sürülmektedir. VEA işleminin vejetatif bakteri hücre-

leri, küf ve maya üzerinde ölümcül etkisi olduğu gösterilmiştir. Gözenek oluşumu elektrik alanın kuvvetine, vurgu süresine ve vurgu sayısına göre tersinir veya tersinmez olabilir. Hücre zarında gözenek oluşması sonucunda küçük moleküller zardan geçebilir ya da hücrenin şişmesine ve sonuçta parçalanmasına neden olur.

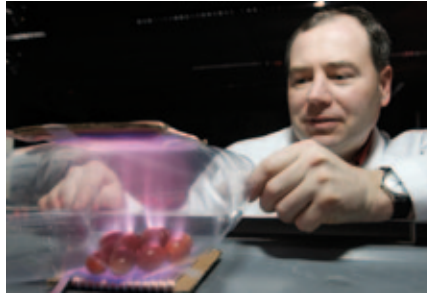
VEA işlemi meyve suları, yoğurt, çorbalar ve sıvı yumurtaların pastörizasyonu için kullanılmıştır. İçerisinde hava kabarcıkları bulunmayan ve elektriksel iletkenliği düşük olan gıda maddeleri için daha uygundur. Sıvı ürünlerdeki parçacık büyüklüğü iki elektrot arasındaki açıklıktan küçük olmalıdır. Bu yöntem sürekli olarak uygulanabilir. VEA gıda ürününün korunmasının yanı sıra bitki hücrelerinin zarında gözeneklere sebep olduğu için ekstraksiyonu kolaylaştırmak için de kullanılır: Örneğin şeker pancarından şeker ekstraksiyonu, *nutrasötik* veya fonksiyonel bileşenlerin bitkilerden ekstraksiyonu. Benzer şekilde, kurutma işleminden önce VEA işlemi uygulanarak kurutma hızı azaltılıp enerji maliyeti düşürülebilir.

VEA uygulaması ile pastörizasyon da yapıldığından, bu yöntemle işlenen gıdalar buzdolabı koşullarında saklanmalıdır. Asitlik derecesi yüksek gıda ürünlerinde mikrobiyel açıdan buzdolabı şartları gerekli olmayabilir, ama lezzet ve aromanın korunması için buzdolabında saklanan ürünlerin raf ömrü uzar.

VEA uygulaması için ticari ölçekte ekipman ABD'de *Diversified Technologies* tarafından üretilmektedir. Bu üniteler, meyve suyu pastörizasyonu, ekstraksiyon ve atık su temizlenmesi için kullanılmak üzere 10.000 litre/saat kapasitede imal edilir.

## Ozonlama

ABD'de son yıllardaki gıda zehirlenmesi olayları çoğunlukla taze olarak tüketilen sebze ve meyvelerden kaynaklanmaktadır. Bu tür salgınlara çoğunlukla bakterinin kolayca saklanabileceği gedikler içeren, ıspanak ve marul gibi yapraklı sebzeler yol açar. Dolayısıyla bu bakterilerin etkisiz hale getirilmesi için ısı işlemi dışında etkili bir yöntem gerektiği ortadadır.



Tom Campbell

Ozon çok etkili bir antimikrobiyaldir. Gıda ürünlerinin korunması için ozon kullanılması 2001 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (FDA) tarafından onaylanmıştır. Ozon su içerisinde çözündürülmüş olarak ya da gaz fazında kullanılabilir. Kullanılma alanları arasında gıda maddesi ile temasta olan yüzeylerin dezenfekte edilmesi, ekipman sanitasyonu, atık suların dezenfektasyonu ve taze sebze ve meyvelerdeki bakterilerin etkisiz hale getirilmesi ve böcek zehrinden arındırılması sayılabilir. Ozonun gaz olarak kullanılması hem havadaki hem de ürün yüzeyindeki küf ve bakterilerin etkisiz hale getirilmesi açısından önemlidir. Ozon klor gazına göre daha etkili olduğu gibi kullanımdan sonra ürünün üzerinde zararlı artıklar bırakmadığı için de avantajlıdır. Ozon yumurtaların kabukları üzerindeki bakterilerin arındırılmasında ve çiğ etlerin ve tavukların dezenfekte edilmesinde de kullanılabilir. Ozon çok reaktif bir maddedir ve bir çok organik bileşenle tepkimeye girebilir. Ozon konsantrasyonu 5 dakika süre için 3ppm üzerine çıkarsa, bakterilerin etkisiz hale getirilmesinin yanı sıra yağların da oksidasyonuna sebep olarak renk kaybına neden olabilir.

Ozon başlı başına bir yöntem olarak kullanılabileceği gibi diğer işlemlerle beraber engel teknolojisi yaklaşımı şeklinde de uygulanabilir. Diğer işlemler arasında ısı işlemler, pH azaltılması, tuz ilavesi, radyasyon, yüksek hidrostatik basınç sayılabilir. Gıda ürünleri önce ozonla işlendikleri zaman bakterilerin diğer işlemlere olan hassasiyetinin arttığı gözlenmiştir.

Ozon, kullanılacağı yerde ve kullanım sırasında üretilmelidir. Ozon saklanmaz ve taşınmaz. Karakteristik kokusu 0,01-0,05 ppm üzerinde, insanlar tarafından algılanır. Havadaki ozon oranı gözlenme-

li ve sekiz saatlik bir çalışma günü içinde 0,1 ppm'nin üzerine çıkmamalıdır. Piyasada ozon üreten cihazlar vardır. Ozon kullanımını için her uygulamaya özel sistemler tasarlanmalıdır. Eğer sıvı faz kullanılacaksa ozonun suda çözünürlüğü, sistem sıcaklığı, pH ve gıda ürünündeki organik madde miktarı göz önünde tutulmalıdır.

## Sonuç

Gıda endüstrisinde ısı işlemi alternatif yeni teknolojiler geliştiriliyor ve uygulanıyor. Bu yöntemlerin yaygın olarak uygulanması, gıda güvenliğinde ısı işlemler uygulandığında olduğuna yakın bir raf ömrü ve daha yüksek kalite sağlanmasına bağlıdır. Burada anlattığımız teknolojiler arasında ticari açıdan en başarılı olmuş teknoloji yüksek hidrostatik basınç yöntemidir. Genellikle büyük şirketler yeni teknolojileri benimsemek konusunda tutucu davranır, gıda ürünlerinin işlenmesinde yeni teknolojileri çoğunlukla küçük şirketler kullanır. Yeni teknolojilerle taze görünümlü, besin değeri ve kalitesi yüksek ürünler imal etmek mümkün olmasına rağmen, ürünlerin buzdolabı koşullarında saklanması gerekir, bu ürünlerin raf ömürleri ısı işlemle üretilen gıdaların raf ömürlerine göre daha kısadır. Bu teknolojilerin ilkelerini açıklığa kavuşturmak, vejetatif hücrelerin yanı sıra sporları da etkisiz hale getirmek ve üretim koşullarını optimize edebilmek için araştırmaların devam etmesi önemlidir.

### Kaynaklar

- Fryer, P. J. ve Versteeg, C., "Processing technology Innovation in the Food Industry", *Innovation: Management, Policy and Practice*, Cilt 10, Sayı 1, s. 74-90, 2008.
- King, A. ve Kaletunç, G., "Retraction Characteristics of High Hydrostatic Pressure Processed Corn and Wheat Starch", *J. Thermal Analysis and Calorimetry*, DOI: 10.1007/s10973-009-0279-x, 2009.
- Ramaswamy, R., Balasubramaniam, V. M. ve Kaletunç, G., "High Pressure Processing", FSE-1-04 Fact Sheet, OSU Extension, (<http://ohioline.osu.edu/fse-fact/0001.html>), 2004.
- Ramaswamy, R., Rodriguez-Romo, L., Vurma, M., Balasubramaniam, V. M. ve Yousef, A. E., "Ozone Technology", FSE-5-07 Fact Sheet, OSU Extension, (<http://ohioline.osu.edu/fse-fact/0005.html>), 2007.
- Alpas H., Lee J., Bozoglu F. ve Kaletunç G., "Evaluation of High Hydrostatic Pressure-Sensitivity of Staphylococcus aureus and Escherichia coli O157:H7 by Differential Scanning Calorimetry", *Int J of Food Microbiol*, Sayı 87, s. 229-237, 2003.
- Ramaswamy, R., Jin, T., Balasubramaniam, V. M. ve Zhang, H., "Pulsed Electric Field Processing", FSE-2-05 Fact Sheet, OSU Extension, (<http://ohioline.osu.edu/fse-fact/0002.html>), 2005.
- Ramaswamy, R., Balasubramaniam, V. M. ve Sastry, S. K., "Ohmic Heating of Foods", FSE-4-05 Fact Sheet, OSU Extension (<http://ohioline.osu.edu/fse-fact/0004.html>), 2005.
- Novak, J. S. ve Yuan, T. C., "The Ozonation Concept: Advantages of Ozone Treatment and Commercial Developments", *Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation*, Tewari, G. ve Juneja, V. K. (editörler), Blackwell Publishing, s. 85-193, 2007.