

ISIL OLMAYAN YENİ GIDA MUHAFAZA TEKNİKLERİNİN SANAYİ UYGULAMALARI-2

Engin Güven^{1*}, Hasan Yıldız²

¹Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Gıda Teknolojileri Bölümü, Yalova

²Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa

Geliş tarihi / *Received*: 04.12.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 13.02.2016

Kabul tarihi / *Accepted*: 17.02.2016

Özet

Isıl işlemin gıdalarda neden olduğu çeşitli olumsuzluklar ve tüketicilerin sağlıklı, güvenilir ve yüksek kaliteli gıdalara olan talebi yeni gıda muhafaza tekniklerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Isıl olmayan yeni tekniklerden birisi olan vurgulu elektrik alan, gıdaların ve mikroorganizmaların hücre zarlarını parçalayabilmektedir. Vurgulu elektrik alanın bu özelliğinden yararlanılarak gıda sanayinde ekstraksiyon ve kurutma gibi işlemler kolaylaştırmakta ve mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanmaktadır. Vurgulu elektrik alan ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksekliği, her gıdaya uygulanamaması ve işlem parametrelerinin ortaya koyulmamış olması gibi nedenlerle dünya genelinde henüz yaygınlaşmamıştır. Bir diğer yeni teknik ultrasesin gıda sanayinde ekstraksiyon, emülsifikasyon, homojenizasyon, kristalizasyon, filtrasyon, ayırma, viskozite değiştirme, köpük önleme, sıvı gıdalarda gaz alma, kesme ve temizlik gibi çok sayıda uygulaması vardır. Ozmotik kurutma ise genellikle asıl kurutma öncesi bir ön işleme tekniği olarak kullanılmaktadır. Bu derlemede ısıl olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden vurgulu elektrik alan, ultrases ve ozmotik kurutmanın gıda sanayindeki uygulamaları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gıda sanayi, yeni muhafaza teknikleri, tüketici istekleri, yüksek kalite

INDUSTRIAL APPLICATIONS OF NON-THERMAL NOVEL FOOD PRESERVATION TECHNIQUES-2

Abstract

Disadvantages in foods caused by thermal processing and demand for healthy, safe and high quality foods by consumers have paved the way for novel food preservation techniques. Pulsed electric field a non-thermal novel technique, can disintegrate the cell membrane of food and microorganisms. Using this feature of pulsed electric field facilitates operations such as extraction and drying and provides inactivation of microorganisms in the food industry. Pulsed electrical field has been limitedly used by the food industry because of high investment and operating costs and uncertainty on process parameters for specific foods. Ultrasound is another novel technique which has numerous applications in the food industry such as extraction, emulsification, homogenization, crystallization, filtration, separation, viscosity alteration, foam inhibition, degassing of liquid foods, cutting and cleaning. Osmotic dehydration is generally used as a pre-treatment technique before the main drying process. Current applications of non-thermal novel food preservation techniques such as pulsed electric field, ultrasound and osmotic dehydration in the food industry will be covered in this review.

Keywords: Food industry, new preservation techniques, consumer requests, high quality

* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ enginguven16@hotmail.com,

☎ (+90) 2226 814 2520,

☎ (+90) 226 814 1146

GİRİŞ

Geleneksel ısı işlem uygulamalarının yerine geçebilecek yeni gıda muhafaza tekniklerinin gıda sanayinde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Yeni muhafaza teknikleri ısı (mikrodalga ısıtma, radyo frekans ısıtma, kızılötesi ısıtma, ohmik ısıtma vb.) ya da ısı olmayan (yüksek basınç, ultraviyole ışık, vurgulu ışık, ışınlama, vurgulu elektrik alan, ultrases, ozmotik kurutma vb.) işlemlerden oluşmaktadır (1-4). Isıl olmayan yeni teknikler ile mikrobiyel inaktivasyon sağlanarak gıdalar güvenli hale getirilmekte, istenmeyen enzimler inaktive edilmekte, kalite kayıpları azaltılmakta, besin içeriğini koruyan doğal ve tazeye daha yakın gıdalar üretilebilmektedir (2, 5). Bunun yanısıra daha az enerjiye gereksinim duyulmaktadır (6). Yapılan araştırmalar sonucunda ısı olmayan yeni muhafaza tekniklerinin gıda sanayine uygulanabilirliği ve adaptasyonu her geçen gün artmaktadır (1, 2).

Bu derlemede ısı olmayan yeni gıda muhafaza tekniklerinden vurgulu elektrik alan, ultrases ve ozmotik kurutma teknolojilerinin gıda sanayindeki uygulamaları üzerinde durulmuştur.

VURGULU ELEKTRİK ALAN

Vurgulu elektrik alan gıda sanayinde uygulanan ısı olmayan yeni gıda işleme tekniklerinden birisidir. Gıdalara yüksek voltajda elektrik vurguları uygulanarak hücrelerin parçalanması ve mikroorganizmaların inaktive edilmesi sağlanır. Bu teknolojiye özellikle sıvı ve yarı sıvı gıdalar düşük sıcaklıkta ve kısa sürede işlenerek raf ömürleri uzatılabilmekte, meyve-sebzelerde ekstraksiyon verimi ve kurutmada kütle transfer hızı artırılabilir (7, 8).

Vurgulu elektrik alan sistemleri temel olarak yüksek voltaj jeneratörü, uygulama hücresi, anahtar ve elektrotlardan oluşmaktadır (9). Vurgu pik voltajı ve akımı, vurgu genişliği ve frekansı ile ortalama güç seviyesi vurgulu elektrik alan üreten yüksek voltaj jeneratörü tasarımında önemli parametrelerdir (10). Bu yeni teknolojiye bir seri elektrot arasına yerleştirilen ürüne bir saniyeden daha az sürelerde ve genellikle 20-50 kV/cm gibi yüksek elektriksel alan şiddetlerinde elektrik vurguları uygulanarak, gıdaların ve mikroorganizmaların hücre zarları mekaniksel olarak parçalanmaktadır (11). Bu teknoloji ile besin içeriği ve duyu kalitesi yüksek, raf ömrü uzun ve ısının olumsuz etkilerinden korunmuş

ürünler elde edilebilmektedir. Uygulamanın amacına bağlı olarak sıvı, yarı sıvı ve katı gıdalara uygulanabilmektedir (7). Geleneksel ısı yöntemlerinden farklı olarak, oda sıcaklığında ve mikrosaniye (µs) ya da milisaniye (ms) düzeyindeki kısa sürelerde işlem tamamlanabilmektedir (8). Bu teknolojiye kimyasal koruyucu kullanılmamaktadır (12).

Vurgulu elektrik alan tekniğinin tarihsel gelişimine bakıldığında; 1958 yılında elektriksel olarak uyarılan hücre zarlarının elektriksel yıkıma uğratılabildiği, 1968 yılında yüksek voltajda vurgulu elektrik alanına maruz kalan mikroorganizmaların inaktive edilebildiği ve 1972 yılında elektrik uygulaması sonucunda hücre zarındaki gözeneklerin kısa süreli açıldığı belirlenmiştir. 1990 yılından itibaren ise gıdalar üzerindeki etkisi ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (11).

2000 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) yer alan "Diversified Technologies" firması tarafından tasarlanan ilk ticari ölçekli vurgulu elektrik alan ekipmanı "Ohio State Üniversitesi Gıda Teknolojisi Bölümü"nde kurulmuştur. Kurulan bu sistem, dört vurgulu elektrik alan uygulama hücresinden oluşmakta olup, iki kutuplu 60 kV yüksek voltaj uygulayabilmekte ve 75 kW'lık güce sahip olmaktadır. Bu sisteme "Tetra Pak" firması tarafından aseptik ambalajlama ünitesi entegre edilmiştir. Bu programın amacı meyve suyu gibi sıvı gıdalarda yüksek voltajlı vurgulu gücün patojenleri de içeren mikroorganizmaların öldürülmesindeki etkinliğini araştırmak ve işlem parametrelerini belirlemektir. Bu sistemin yüksek hacimli ticari uygulamalarda kullanımının başarılı olabilmesi için iki yıl üzerinde çalışılmıştır (13, 14).

İlk ticari tesis "Genesis" (ABD) firması tarafından meyve sularında mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla 2005 yılında kurulmuş ve ABD "Gıda ve İlaç Dairesi"nin (Food and Drug Administration, FDA) gereksinimlerini yerine getirerek üretime geçmiştir. Kullandıkları ekipmanın kapasitesi 200 L/saat'tir. Bu teknoloji ile üretilen ürünlerin fiyatı piyasadaki diğer ürünlere göre yüksektir. Bu yöntemle üretilen meyve sularının raf ömrü 4 haftadır (15, 16). Ancak daha sonra "Genesis" firması meyve sularında mikroorganizmaların inaktivasyonunda vurgulu elektrik alanı terk ederek yerine yüksek basınç teknolojisini kullanmaya başlamıştır (17). Avrupa'da vurgulu elektrik alan

teknolojisini kullanan ilk ticari tesis, meyve sularının muhafazası amacı ile 2009 yılında kurulmuştur. Günümüzde dünya çapında tahminen 30 ticari tesis bulunmaktadır (18). Vurgulu elektrik alan teknolojisinin ticari olarak uygulamasında bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunlardan en önemlisi, büyük miktardaki sıvı gıdalar için gerekli olan yüksek voltajda ve yeterli güçte piklerin ekonomik bir şekilde sağlanamamasıdır (13). Bu sistemlerin performansında yüksek voltaj üretimi kritik bir noktadır. Kısa zamanda çok hızlı vurgu uygulanabilmesi ve vurguların tekdüze olması gerekmektedir (12). Üretim maliyetleri geleneksel ısı işleme göre daha yüksektir. 30 °C'de sıvı gıdalara vurgulu elektrik alan uygulamalarında 100 kJ/kg ya da üzerinde bir enerji gereksinimi vardır (19). 2013 yılı verilerine göre 3000 L/saat kapasiteli vurgulu elektrik alan ünitesinin yatırım maliyeti 2.1 milyon \$ olarak tahmin edilmiştir (17). "Diversified Technologies" (ABD) firması sanayi amaçlı vurgulu elektrik alan ekipmanları üreten firmalardan bir diğeridir. Bu firmanın ürettiği endüstriyel ölçekli ekipmanlara; ortalama 125 kW güce sahip, 1-11 µs süre aralığında 40 kV'a kadar elektrik voltajı uygulayabilen ekipman örnek olarak verilebilir. Bu ekipman 5-27°C sıcaklık dereceleri arasında çalışmaktadır. "Diversified Technologies" tarafından üretilen ekipmanlar gıda sanayinde meyve ve sebze suyu ile algerden biyoyakıt ekstraksiyonunda kullanılabilir. Sistem elektriksel ve fiziksel olarak geniş spesifikasyon aralıklarında özel gereksinimlere göre optimize edilebilmektedir. Bu sistemlerin uzun ömürlü olması, yüksek verimliliği ve düşük işlem maliyetleri en önemli avantajları olarak gösterilmektedir. Bu sistemler yüksek voltaj güç kaynağı, güç modülasyon ekipmanı, kontrol sistemi ve elektriksel birimler ile birlikte üretilmektedir (12). "Almanya Gıda Teknolojileri Enstitüsü" (Deutsche Institut für Lebensmitteltechnik, DIL) tarafından geliştirilen vurgulu elektrik alan ekipmanı "Elcrack" (Almanya) firması tarafından uygulamaya aktarılmıştır (8). "Elcrack"a ait ilk endüstriyel sistem 2006 yılında elma suyunda verimi arttırmak için uygulanmıştır. Bu sistemle aynı zamanda mikrobiyel inaktivasyon da sağlanmıştır (20). Ekipman 5-30 kW arasında güçte olup, mikrobiyel inaktivasyon için 2 bin L/saat ve hücre parçalama için 15 ton/h uygulama kapasitesine sahiptir. Ekipman işlem hattına kolaylıkla entegre edilerek sürekli sistemde çalıştırılabilmekte ve işlem parametreleri otomasyon

ile kontrol edilebilmektedir. Uygulama zamanının 1 saniyeden daha az ve sürekli sistem olması, ayrıca enerji verimliliğinin yüksek olması "Elcrack" sisteminin avantajları arasında belirtilmektedir. Geleneksel yöntemlere göre meyve suyu verimi daha yüksektir. Zaman alıcı ve pahalı enzimatik maserasyon yöntemi ile karşılaştırıldığında bu sistem daha kısa sürede ürün işleyebilmektedir. Sistem sürekli olarak çalışabilmekte ve toplam uygulama maliyeti 1 ton hammadde başına 1-2 € arasında değişmektedir. Meyve suyu üretiminde verim artışı yanı sıra renk pigmentleri, antioksidanlar ve vitaminler gibi değerli gıda bileşenleri bu teknikte daha iyi korunmaktadır (8). "DIL" tarafından geliştirilen endüstriyel ölçekteki bir diğer ekipmanla mikrobiyel inaktivasyonda 10 bin L/saat ve hücre parçalamada 25 bin kg/saat kapasite ile gıda işlenebilmektedir. Enerji tüketimi düşük olup, uygulama şekline bağlı olarak ürün başına 10-100 kJ/L arasında değişmektedir. Ticari ölçekteki üretimlerde bitki hücrelerinin parçalanması için maliyetin 1€/ton ve mikrobiyel inaktivasyon için ise 10€/ton olduğu tahmin edilmektedir (7). "Cool Wave Processing" (Hollanda) firması "PurePulse" isimli meyve suyu ve meyve karışımları gibi pompalanabilir gıdaların ticari ölçekli işlenmesine yönelik ekipman tasarlayarak üretmiştir. Bu ekipman meyve suyu vb. gıdalarda mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bu firmanın ürettiği ekipmanlarda sıvı gıdalar 50°C'yi aşmayacak bir ısı işlem uygulandıktan sonra pompa vasıtasıyla mikroorganizmaların inaktivasyonu amacıyla vurgulu elektrik alanının uygulandığı birime gönderilmektedir. Söz konusu ekipmanlar sürekli sistemde çalışmakta ve işlenen gıdalarda mikroorganizma sayısında 4-6 log azalma elde edilebilmektedir. 20-40 kV/cm elektriksel alan şiddetinde 1-4 µs sürelerde vurgulu elektrik alan uygulanarak, 16, 30 ve 50 kW gücündeki ekipmanlarla saatte 600, 1200 ve 1800 litre ürün işlenebilmektedir (21).

Vurgulu elektrik alanının avantajları ile ilgili literatürde çok miktarda çalışma bulunmasına rağmen, henüz çok az sanayi uygulaması vardır (22-24). Bu teknolojinin sanayide kullanımının yaygınlaşmamasının temel sebebi yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bir diğer sebebi ise uygun işlem şartlarının pilot seviyedeki çalışmalarda pek çok gıda ya da mikroorganizma için henüz belirlenmemiş olmasıdır. Literatürde

vurgulu elektrik alan ile ilgili ticari ölçekte yapılmış az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır (17, 25-27). Sampedro ve ark. (2013) portakal suyunda mikroorganizmaların inaktivasyonunda vurgulu elektrik alan ve ısı işlem arasındaki maliyet farkını hesaplamıştır. Bir yılda 16.5 milyon L portakal suyuna 30 kV/cm şiddetinde elektriksel alan 60°C'de, ısı işlem ise 85°C'de 5 saniye süre ile uygulanmıştır. Vurgulu elektrik alan uygulamasında mikroorganizmaların inaktivasyonu için maliyet 0.037 \$/L olarak hesaplanmış olup, bu değer ısı işlemin birim maliyetinden 0.015 \$/L daha fazla olduğu görülmüştür. Isıl işleme göre üretim maliyetinin yüksek olması, yatırım maliyetlerinin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır (17). Min ve ark. (2003) ticari ölçekte yaptıkları çalışmada vurgulu elektrik alan teknolojisi ile işlenen portakal suyunun ısı işlemine göre doku, aroma ve toplam kabul edilebilirlik bakımından üstün olduğunu bildirmişlerdir (25). Min ve Zhang (2003) ticari ölçekte yaptıkları çalışmada vurgulu elektrik alan teknolojisi ile işlenen domates suyunda ısı işlemine göre aroma bileşenlerinin daha zengin, enzimatik kararmanın daha az ve kırmızı rengin daha iyi nitelikte olduğunu belirtmişlerdir (26). Min ve ark. (2003) ticari ölçekte yaptıkları çalışmada vurgulu elektrik alan teknolojisi ile işlenen domates suyunun ısı işlemine göre duyu kalite bakımından daha iyi olduğunu fakat likopen konsantrasyonu, briks, pH ve viskozite bakımından aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir (27).

Vurgulu elektrik alan uygulaması, gıdanın toplam kalitesinin ısı işlemine göre daha iyi korunması, ekstraksiyonda verim artışı sağlanması ve mikrobiyel inaktivasyonun gerçekleştirilebilmesi nedeniyle önemli bir alternatif teknolojidir. Ancak ticari ölçekte uygulama parametrelerinin her ürün için özel olarak belirlenmesi gerekmektedir. Her ne kadar yatırım maliyetleri yüksek olsa da geçmiş yıllara göre üretim maliyetlerinin her geçen yıl azalması, ileride gıda sanayinde bu teknolojinin pazar payının artabileceğini göstermektedir.

ULTRASES

Ultrases gıda sanayinde değişik amaçlarla uygulanmakta olan ve önümüzdeki yıllarda daha da gelişmesi beklenen yeni teknolojilerden birisidir (28). Ultrases, ses dalgalarının saniyede 20 bin veya daha fazla sayıda titreşimleri sonucunda üretilen bir enerjidir (29). Ultrases etkisi, basınç

dalgalarının elastik özelliklere sahip fiziksel bir ortamdan yayılması sonucu oluşur. Mekanik titreşimler mekanik basınç dalgalarına dönüşerek enerjiyi ortama ve ortam da enerjiyi dalgayla temas eden maddeye aktarmaktadır (30).

Gıda teknolojisinde ultrases tekniği ilk olarak 1927 yılında su-yağ emülsiyonu sağlanmasında kullanılmıştır (31). Uzun yıllar yapılan araştırmalar sonucu son 5-10 yıldır ultrases teknolojisi ticari olarak gıdaların işlenmesinde etkili bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır (32, 33). Ultrases teknolojisi gıda sanayinde ekstraksiyon (34-36), emülsifikasyon, homojenizasyon (34, 35), kristalizasyon (34, 37), filtrasyon, ayırma (34), viskozite değiştirme (34, 36), köpük önleme (34-36), sıvı gıdalarda gaz alma (35), kesme (37, 38), temizlik (36, 38) ve gıdalar paketlenen sonra ambalajlarının yapılandırılması (38) gibi birçok işlemde etkili bir şekilde uygulanmaktadır (37).

Gıda sanayinde ultrases yardımı ile ekstraksiyon işlemi uygulamasına turuncu kabuklarından yağ ekstraksiyonu örnek olarak verilebilir (34). Ultrases ile ekstraksiyonda palm yağı verimi % 0.23 ve zeytinyağı verimi % 0.5 artmakta, üzüm suyu ekstraksiyonunda ise kırmızı renk yoğunluğu ve antosiyanin konsantrasyonu daha fazla olmaktadır (36). Ultrases yardımı ile emülsifikasyon işlemi meyve suyu, mayonez ve ketçap üretiminde ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle mayonez üretiminde pahalı bir hammadde olan emülgatör ihtiyacı % 50 azalmakta ve mayonezin raf ömrü birkaç ay uzatılabilmektedir (32, 34). Gıda sanayinde ultrases ile homojenizasyon; salata kremaları, dondurma karışımları, kremalı çorbalar, yağ emülsiyonları, çikolatalar, bebek gıdaları, içecek emülsiyonları, çikolata şurupları, çikolata içecekleri, yoğunlaştırılmış süt ve dondurma gibi birçok gıdada uygulanmaktadır (39). Ultrases uygulaması sayesinde kristalizasyon ve dondurulmuş gıdalarda buz kristallerinin gelişme oranı ve boyutları kontrol edilebilmektedir (34). Bu yöntemle dondurma üretiminde işlem daha kısa sürede gerçekleşmekte, hücre yapısı daha az zarar görmekte ve daha küçük kristaller oluşmaktadır (37). Ultrases yardımı ile filtrasyonda titreşimlerden yararlanılarak sıvılar daha kısa sürede filtre edilmekte ve filtrelerin ömrü uzamaktadır (34). Ultrases bu amaçla elma pulpundan elma suyu elde edilmesinde kullanılmaktadır (39). Ultrases yardımı ile köpük önleme ticari olarak

gazlı içecekler, fermente gıdalar ve diğer gıda proseslerinde kullanılmakta ve işlem daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir (34, 37). Bira gibi gazlı içeceklerde şişelemeden önce gaz alma işlemi için kullanılabilir. Ultrases yardımı ile ürünler daha kısa sürede, istenilen özellikte, seri bir şekilde, ürün kaybı ve yapışma önlenerek kesilebilmektedir. Bu amaçla kullanıldığı ürünlere örnek olarak hassas gıdalar (kek, fırıncılık ürünleri), yağlı gıdalar (peynir) ve yapışkan özellikteki gıdalar verilebilir (37). Ultrases temizleme amacıyla da ticari ölçekte kullanılmaktadır. Örneğin "Cavitus" (Avustralya) firmasının ürettiği 4 KW gücündeki ekipmanla meşeden yapılmış şarap varillerinin temizliği ultrases ile etkili bir şekilde yapılabilmektedir (34).

Yapılan çalışmalar, ultrases teknolojisinin gıda sanayinde enzimlerin aktivasyonunda ve inaktivasyonunda, mikrobiyel inaktivasyonun sağlanmasında (34, 35), fermantasyon, ısı transferi (34), dondurma, kurutma ve tavlama işlemlerinin kolaylaştırılmasında ve dondurulmuş gıdaların çözündürülmesinde de kullanılabilirliğini göstermektedir (37). Ayrıca ultrases ile birlikte ısı ve basınç kombinasyonlarının da kullanılması, ultrasesin mikroorganizma ve enzimler üzerindeki etkinliğini arttırdığı saptanmıştır (29). Önümüzdeki yıllarda laboratuvar ya da pilot ölçekli çalışmaları yapılmış potansiyel bu uygulamaların da gıda sanayine aktarılacağı tahmin edilmektedir.

Ultrases düşük şiddetli ve yüksek şiddetli olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Düşük şiddetli ultrases; düşük güç ($<0.1 \text{ W/cm}^2$) ve yüksek frekansta (0.1-100 MHz) gıdaların kompozisyonlarının, fizikokimyasal ve yapısal özelliklerinin belirlenmesinde ve üretim sırasında gıdalara karışabilecek yabancı maddelerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Yüksek şiddetli ultrases ise yüksek güç ($>1 \text{ W/cm}^2$) ve düşük frekansta ($<0.1 \text{ MHz}$) ekstraksiyon, emülsifikasyon, kristalizasyon, ısı ve kütle transferi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (29, 40).

Gıda sanayinde kullanılan ultrases ekipmanları genel olarak kesikli ve sürekli çalışan sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (28). Gıda proseslerinde ultrases kullanımı daha etkili karıştırma, hızlı enerji ve kütle transferi ile düşük sıcaklıkta işleme gibi avantajlar sağlamaktadır. Ekipman boyutlarının küçük olması kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Ayrıca bu yöntemle üretim artışı sağlanmakta ve işlem basamakları azaltılmaktadır (37).

"Hielscher" (Almanya) firması gıda sanayi için ticari ölçekli ultrases ekipmanları üretmektedir. Bu ekipmanlar ekstraksiyon için hücrelerin parçalanması, homojenizasyon, sıvı gıdalarda gaz alma ve köpük önleme için kullanılmaktadır. Bu firmanın ürettiği ticari ölçekli ekipmanların güçleri 0.5-16 kW arasında değişmektedir (35). "Ultrasonic Technique" (Rusya) firmasının gıda sanayi için ürettiği ekipmanlardan biri olan ultrases yardımcı bıçaklar saniyede yaptığı 20 bin titreşimle (20 kHz frekansla) gıdaları kesmektedir. Bu bıçaklarla ihtiyaç duyulan kesme kuvveti önemli derecede azaltılmakta ve gıdanın bıçağa yapışması önlenmektedir. Bu firmanın ürettiği bir diğer ultrases ekipmanı ile temizleme yapılabilmektedir. Gıda endüstrisi için yeni olan bu uygulamada paslanmaz çelikten yapılmış bir yıkama banyosuna su ya da temizleme amaçlı bir çözelti ilave edilmektedir. Yıkama banyosunun içindeki sepetlere yerleştirilen kavanoz ve şişe gibi materyaller ultrases ekipmanının verdiği titreşimler yardımı ile kolaylıkla temizlenmektedir. Bir diğer ekipman ile gıda ürünlerinin koyulduğu termoplastik ambalaj materyalleri ultrases yardımcı kaynak üniteleri ile yapıştırılabilmektedir (38). Avustralya'da bulunan "Cavitus" firmasının ürettiği ultrases ekipmanları gıda sanayinde ekstraksiyon, geçici ya da kalıcı olarak viskoziteyi azaltma, yoğunluğu artırma, köpük önleme, temizlik ve sanitasyonda kullanılmaktadır (36). Ayrıca "Dukane" (ABD), "Sonics" (ABD) ve "Omegasonics" (ABD) firmalarının ürettiği ultrases ekipmanları da gıda sanayinde kullanılmaktadır (41-43). Ultrases ekipmanlarının kullanımı ile üretimde verimlilik artmakta, katkı maddelerinin kullanımı azaltılmakta ya da hiç kullanılmamakta, enerji tüketimi azaltılmakta, ürün kalitesi geliştirilmekte ve çevreye daha az zarar verilmektedir. Bu nedenlerle ultrases teknolojisinin gelecekte gıda sanayinde daha fazla rağbet göreceği düşünülmektedir.

OZMOTİK KURUTMA

Ozmotik kurutma; ozmotik çözelti içerisinde bekletilen gıda maddesinin ozmotik basınç farkı nedeni ile su kaybetmesi ve çözümden gıdaya çözünen madde geçişi ile gerçekleşen bir kurutma işlemidir (44). Ayrıca ozmotik kurutma sırasında az da olsa ürüne ait çözünenlerden şekerler, organik asitler, mineraller, vitaminler, vb. bir kısım bileşenler çözüme geçebilmektedir (45). Ozmotik kurutma öncesinde uygulanan haşlama, yüksek basınç, vurgulu elektrik alan, ultrases ve

ohmik ısıtma gibi işlemler ile kütle transfer hızı arttırılabilmektedir (46). Ozmotik kurutmada gıdanın içeriğini değiştirmeden fonksiyonel ve duyuşal özellikleri geliştirilebilmektedir. Ozmotik kurutma çoğunlukla oda sıcaklığı ya da biraz üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştirilmektedir. Böylece doku, renk ve tat üzerindeki ısıl zarar en aza indirilmektedir (47, 48).

Bir ön işleme tekniğı olan ozmotik kurutma konsepti ilk kez 1966 yılında ortaya koyulmuş ve 1990'lı yıllarda artan bir şekilde ilgi görmeye başlamıştır. Ozmotik kurutma, kurutma teknolojisinin ihtiyaç duyduğu enerji girdisinin azaltılması ve istenen niteliklerde ürün elde edilmesi gibi avantajları sebebiyle son yıllarda artan bir popülerite kazanmıştır (49, 50).

Ozmotik kurutmanın gıda sanayinde özellikle meyve-sebze sektöründe çeşitli uygulamaları vardır (51, 52). Genelde meyveler sakkaroz çözeltilerinde ozmotik kurutulmuş şekerleme benzeri orta nemli gıdalar üretilmektedir. Ozmotik kurutma sırasında meydana gelen madde transferleri ile ağırlıkta % 30-50 oranında azalma olmaktadır. Elde edilen bu ürünler sıcak hava ya da vakumda kurutulmuş atıştırmalık aparatif ürünler elde edilmektedir (53). Günümüzde gıda sanayinde elma, muz, mango, ananas, kayısı ve çilek gibi birçok meyve ozmotik olarak kurutulmaktadır. Ozmotik kurutma ile kızılcık ve vişne gibi ekşi meyvelerin asit/şeker oranı düşürülerek ürünlerin tadı iyileştirilmektedir (53, 54). Ozmotik kurutma daha çok, dondurma, dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ya da vakumla kurutma gibi yöntemlerin öncesinde ön kurutma işlemi olarak uygulanmaktadır. Böylece kurutmada ürün kalitesi yanında enerji ve ürün maliyetleri de düşürülmektedir (51). Ayrıca ozmotik kurutmadan sonra meyve ve sebze ürünleri modifiye atmosferde ambalajlanarak soğukta muhafaza edilebilmektedirler. Bu ürünlerin raf ömürleri 30-40 güne kadar çıkmaktadır (55). Ozmotik kurutma uygulanmış portakal ve kividenden elde edilmiş reçeller geleneksel yöntemlere göre daha iyi kalitede ticari olarak üretilmektedir (56). Ozmotik kurutma yöntemi ile elde edilen yarı kurutulmuş meyve ya da meyve parçaları gıda sanayinde dondurma, tahıl ürünleri, süt ürünleri ve şekerleme üretiminde kullanılabilmektedir (57, 58).

Dondurulmadan önce ozmotik kurutma ile gıdaların suyunun bir kısmının uzaklaştırılması,

ambalajlama ve enerji maliyetlerini azaltmaktadır. Ayrıca ozmotik yöntemle kurutulduktan sonra dondurulmuş gıdaların çözündürülmesi sırasında meyve ve sebzelerin dokusal özellikleri daha iyi korunmakta, enzimatik karama, dokunun bozulması ve damlama kayıpları azalmaktadır (56).

Gıda sanayinde uygulanan ozmotik kurutmada iki önemli parametre vardır. Bu parametrelerden ilki ürünün kalite özelliklerinin (doku, renk, lezzet ve besin değerinin) üretim ve depolama süresince korunabilmesi, ikincisi enerji verimliliğinin sağlanmasıdır (51, 56). Ozmotik kurutma sıcak hava ile kurutmaya göre enerji tasarrufu sağlamaktadır. Örneğın, "Science Technology Consulting" (İtalya) firması yarı kurutulmuş domates üretimi amacıyla geliştirdiğı yarı sürekli ozmotik kurutma sistemi ile geleneksel yöntemlere göre önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlandığını belirtmektedir (55).

Ozmotik kurutma gıda sanayini heyecanlandıran yöntemlerden olmasına rağmen henüz beklenen seviyede gelişmemiştir. Bunun en önemli sebebi çözelti konsantrasyonu, sıcaklık ve süre gibi uygulama şartlarının sanayiye uygun olarak her gıda için tam olarak belirlenmemiş olmasıdır (57). Bunun yanı sıra ozmotik kurutmada çözünen kaybı (gıda bileşenlerinin çözeltilere geçmesi) uygulanmayı zorlaştıran problemlerden bir diğeriştir. Ayrıca, bazı uygulamalarda ürünlerdeki tuz veya şeker miktarının kaliteyi olumsuz etkileyecek düzeyde artması ve asitliğin azalması karşılaşılan diğeriştir (56).

SONUÇ

Gıdaların muhafazası ve işlenmesi amacıyla geliştirilen ısıl olmayan yeni muhafaza teknikleri ile geleneksel ısıl işleme göre daha yüksek kalitede ve besin içeriğı daha iyi korunmuş gıda ürünleri elde edilebilmektedir. Uzun yıllardır yapılan çalışmalar neticesinde son yıllarda vurgulu elektrik alan, ultrases ve ozmotik kurutma gıda sanayinde uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Bu tekniklerden vurgulu elektrik alan; yatırım ve işlem maliyetlerinin yüksekliğı, hedef mikroorganizmalara uygun işlem parametrelerinin belirlenmemiş olması gibi nedenlerden dolayı dünyada henüz istenilen düzeyde yaygınlaşmamıştır. Ultrasesin gıda sanayinde uygulama alanları ise oldukça fazladır. Yapılan araştırmalar ultrasesin gıda sanayinde başka uygulamalarının da olacağını göstermektedir.

Ozmotik kurutma ile enerji tasarrufu sağlanmakla birlikte duyu özellikleri iyileştirilmiş kaliteli ürünler elde edilebilmektedir. Söz konusu yeni tekniklerle ilgili çalışmalar sonuçlandıkça maliyetlerinin düşeceği ve kullanım alanlarının artacağı beklenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale 'TÜBİTAK 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Doktora Burs Programı' tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yıldız H, Güven E. 2015. Gıda sanayinde dielektrik ısıtma yöntemlerinin kullanımı. *Gıda Tekn* 6: 78-80.
2. Pereira RN, Vicente AA. 2010. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food Res Int* 43: 1936-1943.
3. Erdogdu SB, Eliasson L, Erdogdu F, Isaksson S, Ahrne L. 2015. Experimental determination of penetration depths of various spice commodities (black pepper seeds, paprika powder and oregano leaves) under infrared radiation. *J Food Eng* 161: 75-81.
4. Yıldız H, Güven E. 2014. Industrial applications and potential use of ohmic heating for fluid foods. *Bulg Chem Comm* 46 (B): 98-102.
5. Ulusoy K, Karakaya M. 2011. Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *GIDA* 36 (2): 113-120.
6. Açu M, Yerlikaya O, Kınık Ö. 2014. Gıdalarda ısıl olmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda Yem Bilimi Tekn* 14: 23-35.
7. Toepfl S. 2015. Pulsed electric field processing. <http://www.promatecfoodventures.com/doc/Benelux%20Factsheet-ELCRACK.pdf> (Erişim tarihi: 07.01.2015).
8. ELCRACK. 2015. Pulsed electric field. <http://www.elcrack.de/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
9. Seçkin AK, Özgören E. 2011. Gıda endüstrisinde darbeleri elektrik alan uygulamaları. *Gıda Yem Bilimi Tekn* 11: 39-48
10. Toepfl S. 2011. Pulsed electric field food treatment - scale up from lab to industrial scale. *Procedia Food Sci* 1: 776-779.
11. Bilek SE. 2010. Vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisi. *Akademik Gıda* 8 (3): 33-37.
12. DIVERSIFIED. 2015. Pulsed electric field. <http://www.divtecs.com/> (Erişim tarihi: 05.01.2015).
13. Gaudreau MPJ, Hawkey T, Petry J, Kempkes M. 2015. Pulsed power systems for food and wastewater processing. http://www.divtecs.com/data/File/papers/PDF/EPPC-PEF102202_US.pdf (Erişim tarihi: 05.01.2015).
14. Ramaswamy R, Jin T, Balasubramaniam VM, Zhang H. 2005. Pulsed Electric Field Processing. Ohio State University, Food Science and Technology, Fact Sheet for Food Processors, Ohio, USA, 5 p.
15. Clark JP. 2006. Pulsed electric field processing. *Food Tech*, 60 (1): 66-67.
16. Töpfl S. 2006. Pulsed electric fields (pef) for permeabilization of cell membranes in food- and bioprocessing-applications, process and equipment design and cost analysis. Ph. D. Thesis, Technische Universität, Berlin, Germany, 180 p.
17. Sampedro F, McAloon A, Yee W, Fan X, Zhang HQ, Geveke DJ. 2013. Cost analysis of commercial pasteurization of orange juice by pulsed electric fields. *Innov Food Sci Emerg* 17: 72-78.
18. Toepfl S. 2012. Pulsed electric field food processing-industrial equipment design and commercial applications. *Stewart Postharvest Review* 8 (2): 1-7.
19. Wang L. 2014. Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy Effic* 7: 791-810.
20. Toepfl S, Heinz V. 2010. Role for pulsed electric fields. *The World of Food Ingredients*, June 2010, 65.
21. COOLWAVE. 2015. Pulsed electric field processing. <http://www.cwp-bv.nl/> (Erişim tarihi: 07.01.2015).
22. Gad A, Jayaram SH. 2015. Processing of carbonated beer by pulsed electric fields. *IEEE T Ind Appl* 51 (6): 4759-4765.
23. Li YQ, Tian WL, Mo HZ, Zhang YL, Zhao XZ. 2013. Effects of pulsed electric field processing on quality characteristics and microbial inactivation of soymilk. *Food Bioprocess Tech* 6: 1907-1916.
24. Teixeira LJQ, Fortuny RS, Ramos AM, Belloso OM. 2013. Kinetics of peroxidase inactivation in carrot juice treated with pulsed electric fields. *J Food Sci* 78 (2): 222-228.
25. Min S, Jin ZT, Min SK, Yeom H, Zhang QH. 2003. Commercial-scale pulsed electric field processing of orange juice. *J Food Sci* 68 (4): 1265-1271.
26. Min S, Zhang QH. 2003. Effects of commercial-scale pulsed electric field processing on flavor and color of tomato juice. *J Food Sci* 68 (5): 1600-1606.
27. Min S, Jin ZT, Zhang QH. 2003. Commercial scale pulsed electric field processing of tomato juice. *J Agr Food Chem* 51: 3338-3344.

28. Mason TJ, Riera E, Vercet A, Buesa PL. 2005. Application of ultrasound. *Emerging Technologies for Food Processing*, Sun DW (ed), Elsevier Academic Press, London, UK, pp. 323-351.
29. Demirdöven A, Baysal T. 2012. Ultrases. *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler*, Baysal T (baş editör), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 197-218.
30. Tavman Ş, Kumcuoğlu S, Akkaya Z. 2009. Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *GIDA* 34 (3): 175-182.
31. Mohareb E, Piyasena P. 2002. Applications of ultrasound in the food industry: A review. *Nutracos* September/October, 36-40.
32. Turantaş F, Kılıç GB, Kılıç B. 2015. Ultrasound in the meat industry: general applications and decontamination efficiency. *Int J Food Microbiol*, 198: 59-69.
33. Bilek SE, Turantaş F. 2013. Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review. *Int J Food Microbiol* 166: 155-162.
34. Patist A, Bates D. 2011. Industrial applications of high power ultrasonics. *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*, Feng H. (chief ed), Springer, London, UK, pp. 599-616.
35. HIELSCHER. 2015. Ultrasound. http://www.hielscher.com/ultrasonics/food_01.htm (Erişim tarihi: 07.01.2015).
36. CAVITUS. 2015. Ultrasound. <http://www.cavitus.com/> (Erişim tarihi: 07.01.2015).
37. Chemat F, e-Huma Z, Khan MK. 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry* 18: 813-835.
38. ULTRASONIC TECHNIQUE. 2015. Ultrasound. <http://en.utinlab.ru/> (Erişim tarihi: 21.01.2015).
39. Rani B, Singh U, Prasad M, Chauhan AK, Maheshwari R. 2012. Utilization of ultrason technological advances in food industry. *Int Res J Pharm* 3 (3): 125-127.
40. Mohammadi V, Varnamkhasti MG, Ebrahimi R, Abbasvali M. 2014. Ultrasonic techniques for the milk production industry. *Measurement* 58: 93-102.
41. DUKANE. 2015. Ultrasound. http://www.dukane.com/us/PFO_food.htm (Erişim tarihi: 04.02.2015).
42. SONICS. 2015. Ultrasonic food cutting. <http://www.sonics.com/fc.htm> (Erişim tarihi: 04.02.2015).
43. OMEGASONICS. 2015. Ultrasonic Cleaning Systems. <http://www.omegasonics.com/industry-specialties/food-and-drug.shtml> (Erişim tarihi: 04.02.2015).
44. Eroğlu E, Yıldız H. 2011. Gıdaların ozmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi. *Gıda Tekn Elektronik Dergisi* 6 (2): 41-48.
45. Chavan UD, Amarowicz R. 2012. Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables. *J Food Res* 1 (2): 202-209.
46. Phisut N. 2012. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Int Food Res J* 19 (1): 7-18.
47. Albak F, Belibağlı KB. 2010. Ozmotik dehidrasyon tekniğinin sakız kabağında kullanımı. *Akademik Gıda* 8 (2): 6-10.
48. Güven E, Yıldız H. 2015. Ozmotik kurutma ile meyvelerden fonksiyonel ve yeni ürünler geliştirilmesi. 9. Gıda Mühendisliği Kongresi, 12-14 Kasım, İzmir, Türkiye, 64 s.
49. Chandra S, Kumari D. 2015. Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: a review. *Crit Rev in Food Sci* 55 (4): 552-561.
50. Çınar İ. 2009. Ozmotik dehidrasyon, mekanizması ve uygulamaları. *GIDA* 34 (5): 325-329.
51. Bekele Y, Ramaswamy H. 2010. Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Ethiop J Applied Sci Technol* 1 (1): 1-15.
52. Yadav AK, Singh SV. 2014. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *J Food Sci Tech* 51 (9): 1654-1673.
53. Falade KO, Igbeka JC. 2007. Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables. *Food Rev Int* 23: 373-405.
54. Bchir B, Besbes S, Karoui R, Paquot M, Attia H, Blecke C. 2012. Osmotic dehydration kinetics of pomegranate seeds using date juice as an immersion solution base. *Food Bioprocess Tech* 5: 999-1009.
55. STCITALY. 2015. Osmotic dehydration. <http://www.stcitaly.com/en/food-processing/osmotic-dehydration-of-vegetable-products.html> (Erişim tarihi: 04.02.2015).
56. Khan MR. 2012. Osmotic dehydration technique for fruits preservation-a review. *Pak J Food Sci* 22 (2): 71-85.
57. Tortoe, C. 2010. A review of osmo dehydration for food industry. *Afr J Food Sci* 4 (6): 303-324.
58. Akbarian M, Ghasemkhani N, Moayedi F. 2014. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: a review. *Int J Biosciences* 4 (1): 42-57.