

Gıda Endüstrisinde Ultrason Uygulamaları

Çiğdem TÜRKSÖNMEZ

Kocaeli Üniversitesi, İzmit Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü

Gıda Teknolojisi Programı

cturksonmez@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-6512-1255

Abdullah DİLER

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

abdullahdiler@isparta.edu.tr

ORCID: 0000-0002-8164-4144

Geliş tarihi / *Received*: 11.03.2021

Kabul tarihi / *Accepted*: 01.05.2021

Öz

Günümüzde gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan gıda muhafaza yöntemi gıdaların ısı ile korunmasıdır. Ancak gıdaların termal yolla korunmasında gıdaların duyuşal özelliklerinde (renk, koku, lezzet, tekstür ve besin maddesi) bazı kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerle termal olmayan gıda işleme ve muhafaza yöntemlerinin önemi artmaktadır. Termal olmayan gıda muhafaza yöntemlerinin amacı, gıdalarda ısıl uygulamalar ile ortaya çıkan kalite kayıplarını sınırlandırarak en aza indirmektir. Termal olmayan teknolojiler, bu özelliklere ulaşmak için en iyi alternatif olarak görünmektedir. Yüksek basınç, elektrik sinyalleri, mikro filtrasyon ve ultrason uygulamalarını içeren bu teknolojiler özellikle ekonomik, basit ve enerji verimliliği için tasarlanmıştır. Ayrıca, ultrason “Yeşil Gıda İşleme”de yüksek kaliteli ve güvenli gıda sağlamak için kullanılmaktadır. Bu kapsamda gıda endüstrisinde ultrason uygulamaları ve faydaları derlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde gıda endüstrisinde ultrason tekniğinin çok farklı amaçlarla kullanılabilmesi gelecekte değişik gıda işleme alanlarında da kullanılabileceği ve hatta endüstriyel kullanımının yaygınlaşabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gıda endüstrisi, gıda güvenliği, kalite, ultrason

DOI NO: 10.17932/IAU.GASTRONOMY.2017.016/gastronomy_v05i2008

Ultrasound Applications in Food Industry

Abstract

Currently, the most widely used methods of food preservation and protection temperature of foods in the food industry. However, some losses occur in the sensory properties of foods (such as color, odor, flavor, texture and nutrient) in the thermal preservation of foods. For these reasons, the importance of non-thermal food processing and preservation methods is increasing. The main purpose of non-thermal food preservation methods is to minimize the quality losses and damage caused by thermal applications in foods. Developing non-thermal technologies appear to be the best alternative to achieve these properties. These technologies, which include high pressure, electrical signals, microfiltration and ultrasound applications, are specially designed for economical, simple and energy efficiency. In addition, ultrasound used in "Green Food Processing" is used to provide high-quality and safe food. In this context, ultrasound applications and benefits in the food industry have been compiled. When the studies were examined, it was concluded that the ultrasound technique could be used for many different purposes in the food industry, and that this method could be used in different food processing areas in the future and even its industrial use could become widespread.

Keywords: Food industry, food safety, quality, ultrasound

Giriş

İnsanoğlunun, yaşamını devam ettirebilmesi ve sağlığını koruyabilmesi için beslenmesi gerekmektedir. Beslenme, üreticiler tarafından piyasaya sunulmuş gıdaların temini yoluyla gerçekleşmektedir.

Tüketicilerin ihtiyaç duydukları gıdaların güvenli, besleyici ve tüketilebilir özellikleri gıda işleme ve muhafaza yöntemleri ile korunmaktadır. Gıdaların çoğu elde edilmelerinden sonra enzimatik, mikrobiyolojik, kimyasal ya da fiziksel tepkimelerden kaynaklanan değişiklikler ile kalitelerini kaybetmektedir. Gıda muhafaza yöntemleri ile bu bozucu reaksiyonlar önlenerek gıda güvenliği sağlanmakta ve

gıdanın raf ömrü uzamakta; mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu gerçekleştirilmektedir. Günümüzde gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan muhafaza yöntemi gıdaların ısı ile korunmasıdır (Raso ve Barbosa-Canovas, 2003). Ancak gıdaların termal yolla korunmasında gıdaların organoleptik (renk, koku, lezzet) fiziksel (tekstür) ve kimyasal (besin kompozisyonu) özelliklerinde bazı kayıplar ortaya çıkmaktadır. Günümüz tüketicileri ise az işlem görmüş, organoleptik ve besin kalitesi yüksek gıdaları talep etmeleri sebebiyle termal olmayan gıda işleme ve muhafaza yöntemlerinin önemi artmaktadır (Demirdöven ve Baysal, 2009). Termal olmayan gıda muhafaza yöntemlerinin temel

amacı, gıdalarda ısı uygulamaları ile ortaya çıkan kalite kayıplarını ve hasarı sınırlandırarak en aza indirmektir (Senorans, Ibanez ve Cifuentes, 2003).“Termal olmayan teknolojiler” kavramı çoğunlukla ortam sıcaklığı ya da düşük sıcaklıklarda gıdaları dayanıklı hale getirmek için uygulanan teknolojiler için kullanılmaktadır. Bu teknolojiler içerisinde değerlendirilen yüksek basınç, vurgulu elektriksel alan, ultrason, morötesi ışınlama, vurgulu ışık, iyonize radyasyon gibi uygulamalar farklı etki mekanizmaları ile mikroorganizma inaktivasyonu sağlamaktadır (Baysal ve İçier, 2012).

Gelişen termal olmayan teknolojiler, söz konusu özelliklere ulaşmak için en iyi alternatif olarak görünmektedir. Yüksek basınç, elektrik sinyalleri, mikro filtrasyon ve ultrason uygulamalarını içeren bu teknolojiler özellikle ekonomik, basit ve enerji verimliliği için tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra, “Yeşil Gıda İşleme” konsepti çerçevesinde ultrason, yüksek kaliteli ve güvenli gıda sağlamak için kullanılmaktadır (Chemat ve Ashokkumar, 2017).

Ultrason akustik bir enerji olarak iyonize olmayan, invaziv olmayan ve kirletmeyen bir mekanik enerji şeklidir (Chemat, Huma ve Khan, 2011). Ultrason, insan kulağının (16-18 kHz) duyulabildiği maksimum frekanstan daha yüksek bir frekansta katı veya akışkan içinde bir mekanik titreşim enerjisidir. En düşük ultrasonik frekans 20 kHz olup üst sınır gazlar için 5MHz, sıvılar ve katılar için 500MHz olarak kabul edilmektedir (Mason ve Lorimer, 2002).

Ultrason kullanımları genel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Düşük güçlü ultrason uygulamaları, genellikle düşük güçte (10 W'a kadar) yüksek frekansların (2-10MHz) kullanılmasını içermektedir. Düşük güçlü ultrason tahribatsız olup tıp ve kimyasal analizlerde teşhis aracı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Florosand ve Liang, 1994). Düşük ultrason (yoğunluk 1 W/m² den düşük, frekans 100 kHz'den yüksek) uygulaması gıdanın fizikokimyasal özelliklerini tanılamada, yüzey temizliğinde, enzim inaktivasyonunda, kristalizasyon, emülsifikasyon, filtrasyon, dondurma ve etlerin olgunlaştırılması gibi uygulamalarda başarı ile kullanılmaktadır (Thakurand ve Nelson,1997).

Diğer grup ise, yüksek güç seviyelerini (10 kW-100 W) ve düşük frekansları (20 kHz ve 100 kHz) kullanan güç ultrasonikleridir. Bu aralıktaki ultrasonik dalgaların fiziksel, mekanik veya kimyasal etkileri, içinde bulunduğu ortamdaki muazzam basınç, kayma ve sıcaklık gradyanını oluşturup yayarak (örneğin fiziksel bütünlüğü bozma, bazı kimyasal reaksiyonların hızlanması) malzeme özelliklerini değiştirebilmektedir (Mason ve Lorimer, 2002). Son yıllarda bu tip ultrason uygulamalarının gıda koruma yöntemi olarak kullanımına yönelik çalışmalar artış göstermektedir (McClements, 1995).

Bu çalışmada, gıda endüstrisinde ısı olmayan yöntemler arasında yer alan ultrason uygulamasının sektör içerisinde kullanım alanları ve uygulanan gıdalarda meydana gelen değişimlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gıda Endüstrisinde Ultrasonun Uygulama Alanları

Ultrason tekniği gıda endüstrisinde; oksidasyonun hızlandırılmasında, enzim inaktivasyonunda, mikroorganizma inhibisyonunda, kurutmada, filtrasyon işleminde, homojenizasyonda, emülsifiye işleminde, etlerin olgunlaştırılmasında, ekstraksiyonda, depolimerizasyon, pişirme, ekstrüzyon, kesme, köpük giderici, sterilizasyon-pastörizasyon, kristalizasyon, marinasyon, gaz ve hava giderme gibi birçok işlemin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Ekstraksiyon

Ekstraksiyon işleminde ultrason uygulaması, hücre duvarlarını mekanik olarak parçalaması ve materyal aktarımını sağlamasıyla etki oluşturan ve diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha hızlı olan alternatif bir metottür. Hücre duvarının yıkılmasıyla hücre içindeki sıvı ekstat hücre dışına kolayca çıkabilmekte böylece partikül çapının azalmasıyla, katı ve sıvı kısımlar arasındaki yüzey alanı artmaktadır. Ultrasonun mekanik aktivitesi, solvetin dokulara doğru olan dağılımını hızlandırmakta ve hücre içi bileşen, çözücü solvante kolayca geçebilmektedir (Kim ve Zayas, 1989).

Luque-García ve Luque de Castro (2004), kolza, soya ve ayçiçeği gibi yağlı tohumlardan ultrasonla yağ ekstraksiyonu işleminde ekstrakte edilen yağ kompozisyonlarında değişiklik olmadan işlem süresini yarıya yarıya azalttığını gözlemlemiştirlerdir.

Balık numunelerinden Hg^{+2} ve CH_3Hg^+ civa çeşitlerinin çıkarılması için ultrason destekli bulut noktası ekstraksiyonu (UA-CPE) kullanan yeni bir analitik yöntemin balık numunelerindeki Hg türlerinin ön konsantrasyon ve spekülatif tespitine iyi doğruluk, tekrarlanabilirlik ve istatistiksel olarak anlamlı geri kazanımlarla başarılı bir şekilde uygulandığı rapor edilmiştir. Ayrıca ultrason enerjisi kullanımının, kısa sürede yüksek ekstraksiyon geri kazanımı, toksik solvent tüketiminin ortadan kaldırılması, yüksek ön konsantrasyon ve hassasiyet artırıcı faktörler sağladığı bildirilmektedir (Altunay, 2018).

Ultrason destekli ekstraksiyonda ultrason gücü, süresi ve sıcaklık parametrelerinin, karpuz çekirdeği (Bimacr vd., 2012) ve nar çekirdeği (Barizao, Boeing, Martins, Visentainer ve Almeida, 2015) gibi farklı bitkisel materyallerden yağ ekstraksiyonu için farklı ekstraksiyon yöntemlerinin kıyaslandığı çalışmalarda ultrasonik ekstraksiyon yönteminin hem zaman bakımından hem de elde edilen yağların ekstraksiyon verimi yönüyle daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ultrason yöntemi, laboratuvar ölçekli Clevenger tipi bir sistem kullanılarak çok çeşitli bitki ve baharatlardan hidrodistilasyonla geleneksel olarak ekstrakte edilen aroma moleküllerinin geri kazanılmasında örneğin, kimyon tohumlarından karvon ve limonen eldesinde başarıyla kullanılabilir (Assami, Pingret, Chemat, Meklatia ve Chemat, 2012; Lebovka, Vorobiev ve Chemat, 2016). Tavman, Kumcuoğlu ve Akkaya (2009), ultrason muamelesi ile yapılan ekstraksiyon işleminin katı materyal üzerinde "sünger

etkisi" oluşturduğunu ve katının içindeki sıvının dışarı çıkmasına ve dış ortamdaki sıvının da katı materyalin içerisine girmesine sebep olduğu ve böylece daha verimli bir ekstraksiyon işleminin gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Son yıllarda ultrason destekli ekstraksiyondaki gelişmeler; ultrason destekli Soxhelet ekstraksiyonu, ultrason destekli Clevenger destilasyonu, sürekli ultrason destekli ekstraksiyon ve mikrodalga, ekstrüzyon, süper kritik akışkan ekstraksiyonu ile birleştirilmiş ultrason gibi yenilikçi tekniklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Chemat ve Ashokkumar, 2017).

Emülsifikasyon /Homojenizasyon

Birbirine karışmayan iki sıvıya ultrason işlemi uygulandığı zaman iyi bir homojenizasyon/emülsifikasyon işlemi gerçekleşmektedir. Düşük enerjili uygulanan ultrason işlemine kıyasla yüksek enerjili ultrason işlemi daha kararlı bir emülsiyon oluşumuna katkı sağlamaktadır (Soria ve Villamiel, 2010). Ultrasonik dalga uygulaması ile oluşturulan emülsiyonlar, yüzey aktif maddeye ihtiyaç duymadan çok daha stabil bir durum sergilemekte ve nispeten düşük enerji girdisi, oldukça değişmeyen emülsiyonların iyi bir şekilde dönüşmesini sağlamaktadır (Canselier, Delmas, Wilhelm ve Abismail, 2002).

Şengül, Başlar, Erkaya ve Ertugay (2009), ultrason uygulaması ve geleneksel homojenizasyon uygulanan sütlerden elde edilen yoğurtların su tutma kapasiteleri ve etkinlik değerlerini karşılaştırmıştır ve güç seviyesi %50'nin üzerinde olduğunda klasik

homojenizasyona göre daha iyi bir homojenizasyon etkinlik değeri elde edildiğini ve su tutma kapasitesinin ultrason uygulanmış yoğurtlarda daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir.

Zeytinyağı, ayçiçeği yağı ve susam yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin bir çalışmada, 400 W kapasiteli bir ultrason cihazı ile %25, 60 ve 100 güçte uygulanan ultrason destekli renk açma işleminde güç seviyesi arttıkça, renkte daha etkin bir açılma (genel olarak L değerinde azalma) ve yağların klorofil ve β -karoten içeriklerinde, önemli oranda azalma sağlandığı bildirilmiştir. Ultrason uygulamasının, yağların viskozite ve yoğunluğunda değişime yol açmadığını ve peroksit sayısında minimal bir artışa sebep olurken, serbest yağ asitliğinde ise bir artış oluşturmadığı belirlenmiştir (Hosseini, Gharachorloo, Tarzi, Ghavami ve Bakhoda, 2015). Bu uygulamalara ilave olarak Wu, Hulbert ve Mount (2000), son yıllarda bazı meyve suları, mayonez ve ketçap gibi gıdaların hazırlanmasında da ultrason yönteminin uygulanabilirliğinin yaygınlaştığını ifade etmişlerdir.

Kristalizasyon

Yüksek güçlü ultrasonik dalgaların kristal oluşumuna katkısı kristal şeklinin korunması, kristal oluşum hızının istenilen oranda tutulabilmesi ve yüzeyin yeni oluşan kristallerle kirlenmesini önlemek gibi pozitif tarafları bulunmaktadır (Luqude de Castro ve Priego-Capote, 2007).

Ultrasonun etkisi altında, geleneksel soğutmadan çok daha hızlı ve hatta

çekirdeklenme sağlamaktadır, bu da çok daha kısa bir bekleme süresine yol açmaktadır (Acton ve Morris, 1992). Ek olarak, daha fazla sayıda çekirdek olduğu için, buz kristallerinin son boyutu daha küçüktür ve böylece hücre hasarı azalmaktadır (Sun ve Li, 2003).

Kristallendirme, genellikle sıcaklık veya basınçtaki hafif bir düşüş nedeniyle kontrolsüz bir şekilde gerçekleşmektedir ve bu durum da üretim sürecinde ciddi sorunlara yol açmaktadır (McCausland, Cains ve Martin, 2001). Ultrason işleminin çekirdeklenme hızını etkilemektedir, sonraki kristallerin büyümesini ve boyutunu kontrol edebilmesi ve yüzeylerin kirlenmesini önleyebilmesi sebebiyle, üreticinin son ürün üzerinde daha fazla kontrol sağlaması mümkün olmaktadır (Luqude de Castro ve Priego-Capote, 2007). Chemat, Huma, Zill-e ve Khan (2011), ultrason tekniğini, süt yağı, bitkisel yağ gibi trigliserit yağları ve dondurma gibi maddelerin kristalizasyonu için uygulamışlar ve soğutma işlemi boyunca verimli ısı transferinin gerçekleştiğini belirlemiştir.

Filtrasyon

Filtrasyon işlemi sırasında filtre membranının yüzeyinde katı maddelerin birikmesi sonucu filtre gözeneklerinin tıkanması ve etkin filtrasyon işleminin yapılamaması ultrason uygulaması ile önlenmektedir (Zheng ve Sun, 2006).

Chemat, Huma, Zill-e ve Khan (2011), ultrason uygulaması filtre membranının yüzeyinde oluşan kek ve polarize maddeleri kırarak dağılmasına ve filtrasyon işleminin

akış hızının artmasına yol açtığı belirlenmiştir. Ayrıca tek başına yapılan ultrason işlemi uygulamasının etkinliğinin daha az olduğu, membran filtre eşliğinde ultrason işlemi uygulanmasının daha fazla etkin olduğu tespit edilmiştir.

Köpük Giderme

Köpük oluşumu, gıda üretimi ve kozmetik ürünleri de dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamalı endüstriyel işlemlerde karşılaşılmaktadır. Teknolojik işlemlerin çoğunda yoğun köpüklenme, teknolojik ekipmanın kullanım hacminin azaltılması, üretim kurallarının ihlali ve biyoteknolojik işlemlerin sterilitesinin azaltılması, ürün kaybı, ekipmanın verimliliğinin azalması ve çevre kirliliği gibi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Morey, Deshpande ve Bargou, 1999). Ultrason tekniği, köpürmenin ürün kalitesini veya verimini olumsuz olarak etkilediği, gazlı içecekler, fermentasyon sistemleri ve diğer gıda proseslerine geleneksel yöntemlere göre temiz ve ticari bir alternatif yöntem olmaktadır (Villamiel ve Jong, 2000). Ultrasonik köpük önleyici sistem; yüksek hızlı şişeleme, konserve ve gazlı içecek hatlarında üretilen köpüğün fazlalığını kontrol etmek için başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Riera-Franco de Sarabia, Gallego-Juarez ve Mason, 2006).

Kesme /Dilimleme

Ultrasonik dalgalar ile parçalama, güçlü linear olmayan vurma etkili bir işlem olup gıdaların kesim, parçalama, dilimlenmesi ve şekil verilmesi gibi birçok işlem aşamasında olası zararları engellemek amacıyla geliştirilen bir yöntemdir. En yaygın ultrason

kesme uygulaması, kırılğan gıda maddelerinin kesilmesi olup özel kırılğan ve heterojen ürünler (kekler, pastacılık ürünleri ve unlu mamuller) ve yağlı (peynir) veya yapışkan ürünlerde kullanılmaktadır (Arnold, Leiteritz, Zahn ve Rohm, 2009). Bu tekniğin bir başka özelliği de, ultrasonik titreşimin ürünün bıçak üzerine yapışmasını önlemesidir. Böylece yüzeydeki mikroorganizmaların gelişimini azaltarak bıçağın "otomatik temizliği" sağlanmaktadır. Kesimin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği ile kesime göre kayıplarda bir azalma (çatlaklar, kırıntılar vb. nedeniyle) ve porsiyonların ağırlığında ve boyutlarında daha iyi bir standardizasyon sağlanabilmektedir (Chemat, Huma ve Khan, 2011).

Kurutma

Ultrason, düşük sıcaklıklarda kavitasyon etkisi sebebiyle sıcaklığa duyarlı maddelerin kurutulması için uygun bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Rastogi, 2011).

Ultrason uygulaması ile oluşan kavitasyon etkisiyle, materyalin içindeki suyu tutan yüzey geriliminden daha büyük bir kuvvet oluşturması sonucunda meydana gelen mikroskobik kanallar sayesinde suyun uzaklaştırılması kolaylaşmaktadır (Fuente-Blanco vd., 2006).

Yöntem olarak ultrason enerjisi, tek başına uygulanabilmektedir. Ancak, farklı olarak sıcak hava, ışınlama, dondurarak kurutma, yüksek basınç, ozmotik kurutma gibi proseslerle birlikte de uygulanabilmektedir (Topdaş, Başlar ve Ertugay, 2011).

Ozuna, Cárcel, Walde ve Garcia-Perez (2014), tuzlanmış Atlantik morinası (*Gadus*

morhua) dilimlerine düşük sıcaklıklarda (-10, 0, 10 ve 20°C) 2 m/sn'de (hava + ultrason, 20,5 kW/m³) ultrasonik uygulamayla ve hava ile kurutma işlemi gerçekleştirmişlerdir. Uygulanan her sıcaklıkta, ultrason uygulamasının kurutma oranını artırdığını ve ortalama %74 oranında bir artış sağlandığını gözlemişlerdir. Hava + ultrason işlemiyle kurutulmuş numunelerin daha yumuşak ve hava ile yapılan uygulamadan daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğu ve renk değişimlerinin de indüklendiği tespit edilmiştir.

Salmon ve alabalık filetolarına (55°C - 75°C'de) ultrasonik (40 kHz) vakum kurutma tekniği uygulandığında vakumla kurutmaya kıyasla kurutma sıcaklığı ve balık türüne bağlı olarak, kuruma sürelerinin %7,4 ve %27,4 arasında kısaltılabildiği bildirilmiştir (Başlar, Kılıçlı ve Yalınkılıç, 2015).

Wang, Ning, Wang, Zhang ve Zhang (2018), tuzlanmış-kurutulmuş ot sazanlarının (*Ctenopharyngodon idella*) ultrason uygulamasının etkileriyle ilgili çalışmada ultrason gücü arttıkça, tekli doymamış yağ asidi ve çoklu doymamış yağ asidi ile serbest amino asidin toplam içeriğinin nispi içeriği azalırken, doymuş yağ asidi ve duyuşal skorlarının arttığı belirlenmiştir. Genel olarak, ultrason destekli tuzlamanın, kurutma oranını önemli ölçüde artırdığı ve tuzlanmış kurutulmuş ot sazanlarının kalitesini iyileştirdiği ifade edilmiştir.

Salamura / Marinasyon

Salamura ve marinasyon işlemi, çok çeşitli sebze ve et ürünlerinde yaygın bir şekilde

kullanılmakta olup ultrason uygulaması, özellikle gevrek yapılı gıdaların salamura süresinin önemli ölçüde azaltılmasına imkân vermektedir (Kingsley ve Farkas, 1990). Aynı zamanda, hâlihazırda piyasada bulunan salamura ürünlere kıyasla düşük sodyum klorür seviyesine sahip bir üretimin gerçekleştirilmesine de katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, arzu edilen nihai ürün için "tuz giderme" işlemine ve ürünün yeniden paketlenmesine gerek kalmamaktadır (Chemat, Huma ve Khan, 2011).

Mikroorganizma İnaktivasyonu

Gıdaların işlenmesinde hammaddede bulunan mikroorganizmaların inaktive edilmesi, insan sağlığının korunmasında ve raf ömrü içerisinde tüketiciye ulaştırılmasında en önemli işlemlerden biridir. Isıl işlemler gıdalarda istenmeyen değişimlere neden olurken, ultrason oluşturduğu kavitasyon sayesinde mikroorganizmaları inaktive ederek gıdalarda daha az değişimlere yol açmaktadır. Ultrason işleminin mikroorganizmaları öldürme etkisi onların hücre duvarlarını parçalaması ile meydana gelmektedir (Piyasena, Mohareb ve McKellar, 2003).

Bütün mikroorganizmaların ultrason uygulamasına aynı şekilde tepki vermediği görülmektedir (Piyasena, Mohareb ve McKellar, 2003). Mikrobiyal inaktivasyonun etkinliğini değiştiren faktörler arasında uygulama ısısı, besinlerin içeriği, uygulanan gıda miktarı, ultrasona maruz kalma süresi ve ultrason dalgasının genliği yer almaktadır. Söz konusu faktörlerin performansı, mikroorganizmaların türü, şekli veya

çapından da etkilenmektedir (Heinz, Alveres, Angersbach ve Knorr, 2001). Muhtemelen daha büyük yüzey alanları sebebiyle büyük hücreler, küçük hücrelere göre daha hassastır. Gram pozitif bakterilerin, ultrason etkilerine karşı daha iyi koruma sağlayan kalın hücre çeperleri (duvar) nedeniyle Gram negatif olanlardan daha dirençli oldukları bilinmektedir (Drakopoulou, Terzakis, Fountoulakis, Mantzavinos ve Manios, 2009). Hücre duyarlılığındaki farklılıklar, Gram pozitif hücrelerde daha sıkı yapışkan peptidoglukan tabakasından da kaynaklanmaktadır. Yuvarlak şekilli mikroorganizmaların çubuk şekillilerden daha dirençli olduğu ve sporların vejetatif hücrelere kıyasla yok edilmesinin çok zor olduğu bildirilmiştir (Chemat, Huma ve Khan, 2011). Ultrason ortamda bulunan tüm mikroorganizmaları inhibe etmek için tek başına yeterli olmamaktadır. Isı ve basınçla birleştiğinde etkisi daha da artmaktadır. Uygulamalarda thermosonikasyon, monosonikasyon ve monothermosonikasyon şeklinde gerçekleştirilmektedir (Piyasena, Mohareb ve McKellar, 2003; Dolatowski, Stadnik ve Stasiak, 2007).

Farklı balık türlerinin *Scomber scombrus*, *Salmo salar*, *G.morhua*, *Merluccius merluccius* filetolarına farklı sürelerle (5 - 45 dk.) yüksek yoğunluklu ultrason (30kHz), uygulandığında 45 dk'lık uygulamanın *S. scombrus* ve *S. salar* türlerinin psikrofilik ve mezofilik bakteri sayılarında 1.5 ve 1.1 log kob/ g varan azalma, *G morhua* ve *M. merluccius* türlerinde ise 0,5 log kob /g'a kadar ulaşan azalmalar tespit edilmiştir (Pedrós-Garrido vd., 2017).

Işık (2015), vakumlu taze sardalya (*Sardina pilchardus* W., 1972) balıklarına farklı yoğunluklarda (200 W/L, 300 W/L, 500 W/L, 20 kHz, 2 dk.) ultrason uygulayarak $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 14 gün muhafaza ettiğinde toplam aerobik bakteri sayısında 200 W/L ultrason uygulanan grubun diğer gruplara göre mikrobiyal kaliteyi artırmada daha etkili olduğunu ve yine 200 W/L ultrason uygulanan grubun Enterobacteriaceae familyası bakterilerinin gelişimini geciktirdiğini tespit etmiştir.

Salmon filetolarının dekontaminasyon, kalite ve duyu özellikleri üzerine yapılan bir çalışmada ultraviyole ışık + ultrason ve ultraviyole ışık + ultrason + asidik elektrolize su kombinasyonlarının çiğ salmon filetolarında *Listeria monocytogenes* ve doğal mikrobiyota popülasyonlarının azaltılmasında en etkili uygulama olduğu görülmüştür. Kombine uygulamalardan sonra somon filetolarının rengi ve kokusu önemli ölçüde etkilenmesine rağmen, dokudaki yapı ve sıklığın önemli ölçüde değişmediği tespit edilmiştir (Mikš-Krajnik, Feng, Bang ve Yuk, 2017). Condón-Abanto vd. (2018), bütün vaziyette pişirilmiş kahverengi yengeç (*Cancer pagurus*) üretiminde bir proses yardımcısı olarak ultrasonu değerlendirmişler ve ultrason destekli pişirmenin, ürünlerdeki *L. monocytogenes* döngüsünü azaltmak için FDA tarafından önerilen ısı işlemdeki 2 dakikalık pişirme değerini korumasına rağmen pişirme süresinin %15'e kadar azaltılmasına imkân sağladığını rapor etmişlerdir. Böylece, ultrason destekli pişirme ile pişirme sonrası yıkama ve

pastörizasyon adımlarının üretim sürecinden çıkarılabileceği ifade edilmiştir.

Cao vd. (2010), çilek meyvesinin fizyolojik kalitesi ve meyve çürümesi üzerine yaptıkları çalışmada, 10 dk. boyunca 20°C 'de 0-59 kHz aralığında ultrason ile muamele edilen taze toplanmış çilekleri 5°C 'de 8 gün muhafaza etmiş ve 40 kHz ultrasonik uygulamanın, bozulma oranını ve mikroorganizma sayısını önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca meyve sertliğinin azalmasını engellediği ve toplam çözünür katı madde, toplam titre edilebilir asitlik ve C vitamini seviyesini önemli ölçüde koruduğunu da ifade etmişlerdir. Cameron, McMaster ve Britz (2009), süt endüstrisinde pastörizasyon amacıyla ultrasonik dalgaların pastörize sütün toplam protein ve kazein miktarında değişikliğe yol açmaksızın *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Listeria monocytogenes* gibi patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir. São José ve Vanetti (2012), minimal işlemden geçirilmiş cherry (kiraz) domateslerini dekontaminasyon aşamasında ticari sterilizatörlerle birleştirilen ultrason etkinliğini değerlendirmek amacıyla, 20 ve 200 mg/l sodyum dikloroizosiyanürat, %5 hidrojen peroksit, 10 mg/l klor dioksit ve 40 mg/l perasetik asit varlığında 10 dakika boyunca ultrasonik (45 kHz) işlemden geçirmişlerdir. Domateslerin yüzeyine yapışan doğal kontamine mikrobiyotanın farklı sanitasyon işlemlerinden sonra aerobik mezofilik bakterilerin, 0,7-4,4 log kob/g ve küf ve mayaların 1,1-4,4 log kob/g seviyesinde azaldığını belirlemişlerdir. Domateslere ultrason ve 40 mg/l perasetik

asidin kombine uygulamasının, doğal kontamine mikrobiyal popülasyonun en yüksek oranda azalmasına ve inoküle edilmiş *Salmonella typhimurium* ATCC 14028'in 3,9 log kob/g oranında azalmasına yol açarak, domateslerin sterilizasyonu açısından ultrasonun yardımcı bir işlem olarak kullanılması potansiyelini ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir. Herceg vd. (2012), yüzde 4 yağ içeren sütteki *Staphylococcus aureus* ve *E. coli*'nin inaktivasyonu için farklı sıcaklık (20, 40 ve 60°C), genlik (60, 90 ve 120 mm) ve işlem süresi (6, 9 ve 12 dakika) sahip 20 kHz'lik ultrason uygulaması gerçekleştirdiklerinde Gram negatif bakterilerin (*E. coli*; genlik 120 mm, 60°C'de 2,78 dk.) Gram-pozitif bakterilerden (*S. aureus*; genlik 120 mm, 60°C'de 4,80 dk.) daha duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, incelenen her üç parametrenin de, ultrasonik uygulama kullanılarak sütteki *S.aureus* ve *E. coli*'nin etkisizleştirilmesinde önemli bir etkisi olduğunu, ayrıca özellikle yüksek sıcaklık ve/veya genlik ile kombinasyon halinde, uzun uygulama sürelerinde mikroorganizmaların etkisiz hale geldiğini de bildirilmişlerdir.

Caraveo, Alarcon-Rojo, Renteria, Santellano ve Paniwnyk (2015), fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri açısından, sığır etini 60 ve 90 dakika süreyle yüksek yoğunluklu ultrason uygulayarak 4°C'de 10 gün süreyle depolamışlar ve ultrason uygulanan etlerin, kontrol grubundan daha yüksek pH ve parlaklık gösterdiğini ve sonikasyon zamanları arasında ise hiçbir farkın olmadığını belirlemişlerdir. Doksan dakikalık ultrason ile muamele edilmiş etin

depolama süresince daha yüksek sarılık gösterdiği görülmüştür. Ultrason uygulaması, depolama süresince etteki koliform, mezofilik ve psikrofilik bakterileri azaltmasına rağmen orjinal mikrobiyal yükler sürekli artış göstermiştir. Ayrıca, depolama sırasında mikrobiyal yükte en büyük azalmanın 90 dk. ultrason uygulanmış ette gerçekleşerek koliform ve psikrofilik bakterilerin en çok etkilenen gruplar olduğunu ve sığır etine yüksek yoğunluklu ultrason uygulamasının etin fizikokimyasal kalitesinde değişikliğe yol açmadan bakteri üremesini azalttığını tespit etmişlerdir.

Enzim inaktivasyonu

Bazı gıda maddelerinin stabilizasyonu için, enzimler inaktive edilmelidir veya aktiviteleri azaltılmalıdır (Chemat, Huma ve Khan, 2011). Patojenik ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların ve enzimlerin sonikasyon ile inaktivasyonu, başlıca fiziksel (kavitasyon, mekanik etkiler) ve/veya kimyasal (sonokimyasal reaksiyon nedeniyle serbest radikallerin oluşumu) işlemler tarafından meydana getirilmektedir.

Katalaz, invertaz veya pepsin gibi bazı enzimlerin, ultrasonik muameleye karşı dirençli oldukları (Sala, Burgos, Condon, Lopez ve Raso, 1995), alfa amilaz enziminin ise duyarlı olduğu belirlenmiştir (Kadkhodae ve Povey, 2008). Enzim inaktivasyonunda, sonikasyon işlemi düşük sıcaklık, düşük basınç ve pH gibi uygulamalar ile kombinlendiğinde sonikasyonun etkinliğinin arttığı tespit edilmiştir (Fheng, 2010).

Jang ve Moon (2011), taze kesilmiş elmalarda polifenoloksidaz ve peroksidaz enzimlerinin inaktivasyonunda ultrason ve askorbik asidin birlikte uygulanmasının etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Ercan ve Soysal (2011), domates suyunda pektin metil esterazın termosonikasyon (25 µm, 50 µm ve 75 µm, 60°C ve 65°C) ile inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada termosonikasyonda sıcaklık 60°C ve 65°C'de sırayla 41,8 ve 11,7 dk. sonra pektin metil esteraz aktivitesinde %90 oranında düşüş olduğunu belirlemişlerdir. Aynı orandaki düşüşü yalnızca ısıl işlem kullanarak elde edebilmek için sıcaklık 60°C ve 65°C'de sırasıyla 90,1 ve 23,5 dk. işlem süresi gerektiğini tespit etmişlerdir.

Sonuç

Üreticiler geleneksel yöntemlerden günümüze değin gıda çeşitliliği içerisinde birçok farklı uygulama gerçekleştirmişlerdir. Gıda işleme yöntemlerinin gelişimi, tüketici tercihlerindeki değişikliklerden, güvenli ve kaliteli gıda üretme ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Isıl olmayan yöntemlerinden olan ultrason tekniği gıda işlemede hücre parçalanması ve ekstraksiyon amacıyla çok yönlü olarak kullanılabilen ve ilave olarak güvenli, verimli bir yöntem olarak da kabul görmektedir.

Ultrason tekniğinin gıda endüstrisinde çok farklı amaçlarla kullanılabilmesi nedeniyle özellikle gıda işleme ve muhafazasında ultrason uygulamalarıyla ürün veriminin artması, işlem süresinin kısılması, operasyon ve onarım maliyetlerinin düşmesinin yanında gıdaların tat, tekstür, aroma ve renginin

geliştirilmesi ve gıda patojenlerinin ise düşük sıcaklıklarda inaktive edebilmesi mümkün olabilecektir.

Gelecekte bu gibi faydalarının göz önünde bulundurulması ile sadece kaliteyi geliştirmek amacıyla değil aynı zamanda fonksiyonel özellikleri yüksek, özgün gıdaların üretiminde de kullanılabilir. Ayrıca ısı/basınç kombinasyonları ile mikrobiyal ve enzim inaktivasyonu amacıyla endüstriyel kullanımının yaygınlaşabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

Acton, E., Morris, G.J. (1992). Method and apparatus for the control of solidification in liquids, Worldwide Patent WO 9220420 (A1).

Altunay, N. (2018). Utility of ultrasound assisted-cloud point extraction and spectrophotometry as a preconcentration and determination tool for the sensitive quantification of mercury species in fish samples. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 189, 167–175.

Arnold, G., Leiteritz, L., Zahn, S., Rohm, H. (2009). Ultrasonic cutting of cheese: composition affects cutting work reduction and energy demand. *International Dairy Journal*, 19, 314-320.

Assami, K., Pingret, D., Chemat, S., Meklatia, B.Y., Chemat, F., (2012). Ultrasound induced intensification and selective extraction of essential oil from *Carum carvi* L. seeds. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 62, 99-105.

- Barizao, E.O., Boeing, J.S., Martins, A.C., Visentainer, J.V., Almeida, V.C. (2015).** Application of response surface methodology for the optimization of ultrasound-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil. *Food Analytical Methods*, 8(9), 2392-2400.
- Başlar, M., Kılıçlı, M., Yalınkılıç, B. (2015).** Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 495-502.
- Baysal, T., İçier, F. (2012).** Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Teknolojiler. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, s.434.
- Bimakr, M., Rahman, R.A., Taip, F.S., Adzahan, N.M., Sarker, M.Z.I., Ganjloo, A. (2012).** Optimization of ultrasound-assisted extraction of crude oil from winter melon (*Benincasa hispida*) seed using response surface methodology and evaluation of its antioxidant activity, total phenolic content and fatty acid composition. *Molecule*, 17(10), 11748-11762.
- Cameron, M., McMaster, L.D., Britz, T.J. (2009).** Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. *Dairy Science and Technologies*, 89, 83-98.
- Canselier, J.P., Delmas, H., Wilhelm, A.M., Abismail, B. (2002).** Ultrasound emulsification – An overview. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 23, 333-349.
- Cao, S., Hu, Z., Pang, B., Wang, H., Xie, H., Wu, F. (2010).** Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. *Food Control*, 21, 529-532.
- Caraveo, O., Alarcon-Rojo, A.D., Renteria, A., Santellano, E., Paniwnyk, L. (2015).** Physicochemical and microbiological characteristics of beef treated with high-intensity ultrasound and stored at 4°C. *Journal Science Food Agriculture*, 95(12), 2487-2493.
- Chemat, F., Ashokkumar, M. (2017).** Preface: Ultrasound in the processing of liquid foods, beverages and alcoholic drinks. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 753.
- Chemat, F., Huma, Zill-e., Khan, M.K. (2011).** Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813-835.
- Condón-Abanto, S., Arroyo, C., Álvarez, I., Brunton, N., Whyte, P., Lyng, J.G. (2018).** An assessment of the application of ultrasound in the processing of ready-to-eat whole brown crab (*Cancer pagurus*). *Ultrasonic Sonochemistry*, 40, 497-504.
- Demirdöven, A., Baysal, T. (2009).** The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25(1), 1-11.
- Dolatowski, Z.J., Stadnik, J., Stasiak, D. (2007).** Applications of ultrasound in food technology. *ACTA Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria*, 6(3), 89-99.
- Drakopoulou, S., Terzakis, S., Fountoulakis, M.S., Mantzavinos, D., Manios, T. (2009).** Ultrasound-induced inactivation of gram-negative and gram-

positive bacteria in secondary treated municipal wastewater. *Ultrasonic Sonochemistry*, 16, 629-634.

Ercan, S.Ş., Soysal, Ç. (2011). Effect of ultrasound and temperature on tomato peroxidase. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 689-695.

Fheng, H. (2010). *Ultrasound technology in food processing and preservation*. 1th International Congress on Food Technology, November 03-06 2010, Antalya.

Florosand, J.D., Liang, H. (1994). Acoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials. *Food Technology*, 48, 79-84.

Fuente-Blanco, S., Riera-Franco de Sarabia, E., Acosta-Aparicio, V.M., Blanco-Blanco, A., Gallego-Juarez, J.A. (2006). Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*, 44, 523-527.

Heinz, V., Alvarez, I., Angersbach, A., Knorr, D. (2001). Preservation of liquid foods by high intensity pulsed electric fields-basic concepts for process design. *Trend in Food Science & Technology*, 12, 103-111.

Herceg, Z., Jambrak, A.R., Lelas, V., Thagard, S.M. (2012). The effect of high intensity ultrasound treatment on the amount of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in milk. *Food Technology Biotechnology*, 50(1), 46-52.

Hosseini, S., Gharachorloo, M., Tarzi, B.G., Ghavami, M., Bakhoda, H. (2015). Effects of ultrasound amplitude on the physicochemical properties of some edible

oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(11-12), 1717-1724.

Işık, H. (2015). Farklı Yoğunluktaki Ultrasonun Vakum Ambalajlanmış Sardalya (*Sardina pilchardus*) Balığının Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Jang, J.H., Moon, K.D. (2011). Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. *Food Chemistry*, 124, 444-449.

Kadkhodae, R., Povey, M.J.W. (2008). Ultrasonic inactivation of bacillus alfa-amylase. I. Effect of gas content and emitting face of probe. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(2), 133-142.

Kim, S.M., Zayas, J.F. (1989). Processing parameter of chymosin extraction by ultrasound. *Journal Food Science*, 54(3), 700-703.

Kingsley, I.S., Farkas, P. (1990). Pickling Process and Product. Int. Pat. WO 1990/005458.

Lebovka, N., Vorobiev, E., Chemat, F., (2016). *Enhancing Extraction Processes in The Food Industry*, 1st Edition, Boca Raton: CRC Press.

Luque de Castro, M.D., Priego-Capote, F. (2007). Ultrasound assisted crystallization (sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 717-724.

Luque-García, J.L., Luque de Castro, M.D. (2004). Ultrasound-assisted soxhlet extraction: an expeditive approach for solid

sample treatment application to the extraction of total fat from oleaginous seeds. *Journal of Chromatography A*, 1034(1-2), 237-242.

Mason, T.J., Lorimer, J.P. (2002). Applied sonochemistry: the uses of power ultrasound in chemistry and processing. Weinheim: Wiley-VCH Verlag,

McCausland, L.J., Cains, P.W., Martin, P.D. (2001). Use the power of sonocrystallization for improved properties. *Chemical Engineering Progress*, 97, 56-61.

McClements, D.J. (1995). Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 293-299.

Mikš-Krajnik, M., Feng, L.X.J, Bang, W.S., Yuk, H.G. (2017). Inactivation of *Listeria monocytogenes* and natural microbiota on raw salmon fillets using acidic electrolyzed water, ultraviolet light or/and ultrasounds. *Food Control*, 74, 54-60.

Morey, M.D., Deshpande, N.S., Barigou, M. (1999). Foam destabilization by mechanical and ultrasonic vibrations. *Journal of Colloid and Interface Science*, 219, 90-98.

Ozuna, C., Cárcel, J.A., Walde, P.M., Garcia-Perez, J.V. (2014). Low-temperature drying of salted cod (*Gadus morhua*) assisted by high power ultrasound: kinetics and physical properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23, 146-155.

Pedros-Garrido, S., Condón-Abanto, S., Beltrán, J.A., Lyng, J.G., Brunton, N.P., Bolton, D., Whyte, P. (2017). Assessment of

high intensity ultrasound for surface decontamination of Salmon (*S. salar*), Mackerel (*S. scombrus*), Cod (*G. morhua*) and Hake (*M. merluccius*) fillets, and its impact on fish quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 64-70.

Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R.C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound. *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207-216.

Raso, J., Barbosa-Canovas, G.V.(2003). Nonthermal preservation of foods using combined processing techniques. *Critical Reviews in Food and Nutrition*, 43(3), 265-285.

Rastogi, N.K. (2011). Opportunities and challenges in application of ultrasound in food processing. *Food Science and Nutrition*, 51(8), 705-722.

Riera-Franco de Sarabia, E., Gallego-Juarez, J.A., Mason, T.J. (2006). Airborne ultrasound for the precipitation of smokes and powders and the destruction of foams. *Ultrasonic Sonochemistry*, 13(2), 107-116.

Sala, F.J., Burgos, J., Condón, S., Lopez, P., Raso, J. (1995). Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. In: Gould G.W. (eds) *New Methods of Food Preservation*. Boston: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2105-1-9>.

São José, J.F.B., Vanetti, M.C.D. (2012). Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica Typhimurium* on

cherry tomatoes. *Food Control*, 24 (1-2), 95-99.

Senorans, F.J., Ibanez, E., Cifuentes, A. (2003). New trends in food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(5), 507-526.

Soria, A.C., Villamiel, M. (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 323-331.

Sun, D.W., Li, B. (2003). Microstructural change of potato tissues frozen by ultrasound-assisted immersion freezing. *Journal Food Engineering*, 57, 337-345.

Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., Ertugay, M.F. (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34(4), 219-222.

Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akkaya, Z. (2009). Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *Gıda*, 34(3), 175-182.

Thakurand, B.R., Nelson, P.E. (1997). Inactivation of lipoxygenase in whole soy flour suspension by ultrasonic cavitation. *Nahrung*, 41(5), 299-301.

Topdaş, E.F., Başlar, M., Ertugay, M.F. (2011). Elmaların ozmotik kurutulması üzerine ultras ses işleminin etkisi. *Akademik Gıda*, 9(5), 6-10.

Villamiel, M., Jong, P. (2000). Influence of high-intensity ultrasound and heat treatment in continuous flow on fat, proteins, and native enzymes of milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 472-478.

Wang, T., Ning, Z., Wang, X., Zhang, Y., Zhang, Y. (2018). Effects of ultrasound on the physicochemical properties and microstructure of salted-dried grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), 1-9.

Wu, H., Hulbert, G.J., Mount, J.R. (2000). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1, 211-218.

Zheng, L., Sun, D-W. (2006). Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 16-23.