



Effect of Ultrasound on Bioactive Components of Fruit Juices

Burcu Dündar^{1,a,*}, Erdal Ağçam^{1,b}, Asiye Akyıldız^{1,c}

¹Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Çukurova University, 01330 Adana, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 10/09/2019 Accepted : 12/12/2019</p> <p>Keywords: Ultrasound Ascorbic acid Anthocyanins Flavanoids and flavanols Carotenoids</p>	<p>The demand of consumers to minimally processed, fresh-like foods can be meet with the non-thermal technologies, because of the undesirable effects of conventional thermal process on the quality parameters of fruit juices. Decrease in nutritional value, loss of colour pigments and vitamins, formation of some flavour defects can be reduced with ultrasound applications. Especially the advantage of ultrasound which is protecting or improving the bioactive component content have increased interest in ultrasound in recent years. In this study, the effects of ultrasound applications on bioactive components of fruit juices were reviewed and evaluated separately as the effect on ascorbic acid, anthocyanin, flavonoids and carotenoid contents. The increasing, decreasing or insignificant effects of ultrasound on bioactive content of juices which were observed in researches might be resulted from the differences between juice matrixes as well as ultrasonication parameters. Because of this, investigating ultrasound technology in different juices and optimizing the ultrasonication parameters for each fruit juice are important.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(2): 288-300, 2020

Ultrases Uygulamasının Meyve Sularının Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 10/09/2019 Kabul : 12/12/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Ultrases Askorbik asit Antosiyaninler Flavonoid ve flavonoller Karotenoidler</p>	<p>Geleneksel ısı işlem uygulamalarının meyve suyu kalite özellikleri üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle, tüketicinin minimum işlenmiş, tazeye daha yakın özellikte gıda talebi, ısı olmayan teknolojilerin uygulanması ile karşılanabilmektedir. Besin değerinde azalma, renk maddesi ve vitamin kayıpları ile istenmeyen lezzet öğelerinin oluşumunu düşük seviyelere indirmek ultrases uygulamasıyla mümkün olabilmektedir. Özellikle gıdanın biyoaktif bileşen içeriği gibi kalite parametrelerini koruması veya iyileştirmesi gibi avantajları, son yıllarda ultrases uygulamasına olan ilgiyi arttırmıştır. Bu çalışmada ultrases uygulamalarının meyve sularında bulunan biyoaktif bileşenler üzerine etkisi, askorbik asit, antosiyanin, flavonoid ve karotenoid içeriği üzerine etkileri olmak üzere ayrı ayrı derlenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışmalarda, ultrases uygulamasının meyve sularının biyoaktif bileşen içeriğinde artış, azalma ya da önemli düzeyde olmayan değişimlere neden olması, ultrases işlem parametrelerinin yanı sıra meyve suyu matriksindeki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle, farklı meyve sularında ultrases teknolojisinin uygulanması ve her meyve suyu için işlem koşullarının optimize edilmesinin oldukça önemli olduğu değerlendirilmiştir.</p>

^a bdundar@cu.edu.tr
^c asiye1@cu.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-9919-5711> | eagcam@cu.edu.tr
^c <https://orcid.org/0000-0001-5584-0849>

^b <https://orcid.org/0000-0002-2677-2020>



Giriş

Meyve suları fermente olmamış fakat olabilir nitelikte, meyvelerin yenilebilir kısımlarından mekanik işlemler ile üretilen bir üründür (Fufa ve ark., 2018). Meyveler, besinsel lif, flavonoller, flavonoidler, sülfür bileşikler, terpenler, biyoaktif peptitler, mineraller ve vitaminler (özellikle C ve K) bakımından önemli bir kaynaktır (Zhang ve ark., 2019; Septembre-Malaterre ve ark., 2018; Vincente ve ark., 2014). Gıdalarda bulunan birçok fenolik bileşenin, antioksidan etkilerinden ötürü önemli sağlık sorunları riskini düşürebildiği ve günlük belli oranda meyve sebze tüketiminin mikro besin yetersizliğinin önüne geçmekle beraber kardiyovasküler hastalık, kanser, diyete bağlı rahatsızlık ve zayıf bilişsel performans riskini düşürdüğü bildirilmiştir (Selamoğlu, 2017; Rodriguez-Casado, 2016). Meyve suları, meyveden daha kolay tüketilebilmekte ve aynı miktardaki meyveden daha çok besin ögesi içerebilmektedir (Başlar ve ark., 2016). Fakat meyve suyu işleme yöntemleri meyve suyunun kalitesi üzerine etkileri vardır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2004). Geleneksel ısı işlem uygulamaları mikroorganizma ve enzim inaktivasyonunda başarılı olsa da besin değerinde azalma ve doku, lezzet, renk, koku gibi duyuusal özelliklerinde istenmeyen değişimlere neden olabilmektedir (Koshani ve ark., 2015). Bu nedenle tüketicinin daha tazeye yakın ve az işlenmiş gıda talebi ısı olmayan teknolojilerin uygulanması ile karşılanabilmektedir (Abdullah ve Chin, 2014). Yüksek basınç, vurgulu elektrik alan, UV, mikrodalga ve dielektrik ısıtmayı da barındıran bu teknolojilerden biri de ultrases uygulamasıdır (Wang ve ark., 2016; Kumar ve Kumar, 2015; Jermann ve ark., 2015; Orsat ve Raghavan, 2014; Jiménez-Sánchez ve ark., 2017). “Yeşil” bir teknoloji olan ultrasesin enerji verimini arttırdığı, özellikle üretim sırasında su tüketimini azalttığı ve kalitesi yüksek güvenli ürünler sağlayabildiği bildirilmiştir (Pakbin ve ark., 2015; Chemat ve ark., 2017). Fakat, ısı olmayan teknolojilerin kaliteye etkileri söz konusu gıda matrisine göre değişiklik gösterebilmektedir (Alves Filho ve ark., 2016).

Farklı frekans ve enerji yoğunluğu koşullarını içeren ultrases sistemlerinden gıda uygulamaları konusunda geniş bir alanda faydalanılabilmektedir: gaz giderme, köpük giderme, filtrasyon, emülsifikasyon, membran durultma, gıdaların muhafazası (enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyon), kurutma, salamurada bekletme, kızartma, dondurma, çözüldürme, sterilizasyon/pastörizasyon, ekstrüzyon, gıdalardaki aktif bileşenlerin ekstraksiyonu, homojenizasyon ve hızlandırılmış fermantasyon gibi gıda işlemleri (Chemat ve Khan, 2011; Awad ve ark., 2012; Aghdam ve ark., 2015; Kumari ve ark., 2017; Pazır ve Turan, 2017; Sethi ve ark., 2019). Ultrases işleminin yüksek su aktivitesine sahip gıdalarda daha etkili olduğu bildirilmiş olup meyve suyu işlemede de pulp partiküllerinin parçalanması, parçacık büyüklüğü dağılımına etki etmek ve verim, ekstraksiyon, bulanıklık, reolojik özellikleri ve raf ömrü ile renk gibi kalite parametrelerini yükseltmek için uygulanabilmektedir (Miano ve ark., 2016; Nguyen ve Nguyen, 2018; Başlar ve ark., 2016). Uygulanan işlemlerin biyoaktif bileşenlerin biyoerişilebilirlikleri üzerinde de etkili olduğu bildirilmiştir (Fonteles ve ark., 2016).

Bu derlemede meyve sularına uygulanan ısı işlem alternatif olarak kabul edilen teknolojilerden biri olan ultrases ve önemli kalite unsurlarından olan biyoaktif bileşenler üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalar

özetlenmiştir. Ultrasesin farklı meyve sularındaki antosiyaninler, flavonoid ve flavonoller, karotenoid içeriği üzerine etkisi ayrı ayrı ele alınmıştır.

Ultrases Uygulamaları

Ultrases dalgaları, elektrik enerjisini titreşimsel ses enerjisine dönüştüren ve algılayan ultrasonik transdüserler tarafından üretilen titreşimsel enerjinin bir formudur (Ojha ve ark., 2018; Onur, 2015). Ultrases kavramı 20 Hz ile ~20 kHz aralığındaki frekansa sahip ses dalgalarını ifade etmektedir. Bu ultrases spektrumu iki bölgeye ayrılmaktadır: Güçlü ultrases 20 kHz⁻¹ MHz aralığını ifade ederken tanılayıcı ultrases ise 1 MHz'den yüksek frekans aralığını temsil etmektedir (Kentish ve Ashokkumar, 2011). Yüksek yoğunluk ve düşük frekanslı (10–1000 W/cm² ya da 20–100 kHz) ultrasesin, yeterli akustik kaviteasyonu oluşturmada yarar sağladığı pek çok kez bildirilmiştir (Ojha ve ark., 2016; Paniwnyk, 2017). Sıvı içerisine gönderilen ses dalgaları, moleküllerin titreşmesine ve bu moleküllerde sıkışma ve gevşemeler oluşmasına neden olmakta ve moleküllerin birbirine yaklaşıp uzaklaşması esnasında aralarında meydana gelen çekim sonucu küçük boyutlu kabarcıklar oluşmaktadır (Yüksel, 2013). Bu kabarcıkların yüzey alanları, genişleme döngüsü boyunca gaz difüzyonunu artırarak kabarcıkların büyümesine yol açmakta ve şiddetli bir biçimde patlayarak kütle transferi, ısı transferi, basınç, titreşimler veya kaviteasyon, mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon, oldukça etkili bir karıştırma ve homojenizasyon ile birlikte artırılmış bir bakterisidal etkiden sorumlu çok yüksek sıcaklık koşullarını meydana getirmektedir (Ozkan ve ark., 2019; Yüksel, 2013; Ercan ve Soysal, 2013; Chemat ve Khan, 2011; Huang ve ark., 2017; Ojha ve ark., 2016). Kaviteasyonun büyüklüğü, akustik dalga parametreleri (yoğunluk, sıcaklık, uygulama süresi, ultrases gücü, frekansı ve genliği) ile ortamın özelliklerine bağlıdır (Rojas ve ark., 2017; Rodríguez ve ark., 2018).

Ultrases işlemi sıcaklık (termosonikasyon), basınç (mano sonikasyon), sıcaklık ve basınç (mano termosonikasyon), kimyasallar ve/veya diğer ısı olmayan işlemlerle birlikte uygulanabildiği gibi tek başına da etkili bir yöntem olabilmektedir (Guerrero ve ark., 2017). Düşük enerjili ultrases uygulama yüzey temizliği, enzim inaktivasyonu, kristalizasyon, emülsifikasyon, filtrasyon, dondurma, etlerin tenderizasyonu gibi uygulamalarda ve gıdanın fizikokimyasal özelliklerini belirlemede başarıyla kullanılmaktadır. Yüksek enerjili ultrases ise gıda teknolojisinde nispeten yeni ve son zamanlara kadar henüz yeterince araştırma yapılmamış bir uygulamadır. Yüksek enerjili ultrases, gıda teknolojisinde hava giderme, oksidasyon/redüksiyon, enzim ve proteinlerin ekstraksiyonu, enzim inaktivasyonu, emülsifikasyon, sterilizasyon, filtrasyon, kurutma, oksidasyonu artırma, kristalizasyonda çekirdek oluşumu gibi uygulamalarda, hücre parçalaması, partikül (boyut) küçültme ve bakteri sporlarının öldürülmesinde etkili olabilmektedir (Yüksel, 2013; Rojas ve ark., 2016).

Sıvılara uygulanan ultrases işlemi ile birlikte suda OH⁻, H⁺ ya da hidroperoksitler gibi oksidasyondan sorumlu serbest radikaller meydana gelir ve oksidasyon gıdalarda

genellikle istenmeyen sonuçlarla ilişkili olmaktadır (Jambrak ve Herceg, 2014; Yüksel, 2013; Decker ve ark., 2010). Rehman ve ark. (2016), yaptıkları bir çalışmada, ultrases, atmosferik soğuk plazma ve iyonlaştırıcı radyasyon uygulamalarının reaktif oksijen türlerinin oluşumunu ne kadar düşürdüğünü araştırmış; ultrasesin diğer uygulamalara kıyasla serbest radikal oluşumunu düşürdüğünü ve bunun işlem koşullarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Kaviteasyon sırasında çözünmüş oksijenin ayrılması ve serbest radikal oluşumu, biyoaktif bileşenlerin parçalanmasıyla ilişkili olabilmektedir (Nguyen ve Nguyen, 2018; Tiwari 2009a; Fonteles ve Rodrigues, 2018). Bu bileşenlerin parçalanması aroma bileşenleri, renk pigmentleri ile şeker veya uçucu aroma bileşenleri gibi hücre bileşenlerinin meyve suyuna geçişini arttırarak ve renk yoğunluğu, tatlılık, aromatik etki, görünür viskozite, tekstür, bulanıklık, sedimentasyon ve renk stabilitesini etkileyebilmektedir (Bermudez-Aguirre, 2017; Rojas ve ark., 2017).

Ultrasesin Biyoaktif Bileşenler Üzerindeki Etkisi

Askorbik Asit Üzerine Etkisi

C vitamini olarak da bilinen askorbik asit bitki ve hayvan metabolizmaları için gerekli bir antioksidan moleküldür (Fenech ve ark., 2018). Oksidatif strese karşı koruyucu etkisinin varlığı ve mental sağlık ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Han ve ark., 2018). Ayrıca askorbik asidin, kalp-damar hastalıkları, bağışıklık sistemi ve yaraların iyileşmesi üzerinde etkileri bulunmaktadır (Yahia ve ark., 2019). Askorbik asit işlem koşulları ve kalite kaybını tahminlemede indikatör olarak kullanılan bir maddedir (Lima ve ark., 2010). Yapısal olarak askorbik asit kuvvetli bir indirgendir ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında yer alarak renk kaybı ve istenmeyen lezzet öğelerinin oluşumuna neden olabilmektedir (Smuda ve Glomb, 2013).

Çizelge 1-a,b'de ultrases uygulamasının farklı meyve sularının askorbik asit içerikleri üzerindeki etkileri verilmiştir. Bhat ve Goh (2017), çilek suyunda gerçekleştirdikleri ultrases uygulamasından sonra askorbik asit içeriğinde %12,8 artış meydana geldiğini, 15 ve 30 dakikalık uygulamaların biyoaktif bileşen içeriği üzerinde olumlu etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Belirlenen artışın ise çözünmüş oksijenin ultrases uygulaması sırasında oluşan kaviteasyonla uzaklaştırılmasıyla ilgili olabileceği bildirilmiştir. Nguyen ve Nguyen, (2018), dut suyunda 40 kHz, 265 W, 60 dk. 60°C ultrases işlemi sonrası askorbik asidin %80,3 artış gösterdiğini bildirmiş ve bu durumu hücredeki askorbik asitin ortama salınımı ve çözünmüş oksijenin ortamdaki uzaklaştırılması ile açıklamışlardır. Portakal suyunda askorbik asit içeriğinde Tiwari ve ark. (2009a; 2009b), %5'ten daha az bir azalma; Guerrouj ve ark. (2016) ise %27,3 artış gözlemlemiş; Aguilar ve ark. (2017) ise istatistiksel açıdan önemli bir değişim bildirmemişlerdir. Aguilar ve ark. (2017) ultrasesin ortamdaki gazı uzaklaştırma etkisi ve düşük sonokimyasal değişimlerin bu durumun muhtemel nedeni olabileceği ifade edilmiştir. Tiwari ve ark. (2009a) askorbik asit parçalanması serbest radikallerin oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Saad ve ark. (2013), elma suyunda ultrases (20 kHz, 1500 W, genlik %40, 10 dk, 20°C) uygulaması sonucu askorbik asit miktarında %4,1 azalış

bildirmişlerdir. Ultrases uygulanan örneklerde kontrole kıyasla askorbik asit içeriğinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Elma sularında 2, 5 ve 10 dk. uygulama süreleri sonrasında askorbik asit alıkonma oranlarının sırasıyla %90, %95 ve %93 olduğu bildirilmiştir. Fakat ultrases daha yüksek sıcaklıklarda uygulandığında askorbik asit içeriği artmıştır. Saeeduddin ve ark. (2015), ultrases uygulanmış (25°C) armut suyunda askorbik asit içeriğinde %13,3 artış gözlemlemişlerdir.

Askorbik asit kayıpları genellikle ultrases uygulaması sırasında oluşan serbest radikallerin askorbik asit parçalanmasına neden olması ve oksidasyon reaksiyonları ile açıklanmaktadır. Oksijen varlığı askorbik asit stabilitesi açısından kritik etkenlerden biridir. Askorbik asit içeriğindeki artışlar ise ultrases uygulamasının sıvı içerisinde çözünmüş gazı uzaklaştırarak çözünmüş oksijendeki azalmaya neden olması ile ilişkilendirmişlerdir (Tiwari ve ark., 2009a; Guerrouj ve ark., 2016; Saeeduddin ve ark., 2015).

Antosiyaninler Üzerine Etkisi

Polifenollerin alt grubunda bulunan antosiyaninler, suda çözünen, meyve sebzelerin kırmızıdan mora kadar değişen renklerinden sorumlu glikozit yapıdaki pigmentlerdir (Cassidy, 2018). Antosiyaninler sinir sistemi hastalıkları, kardiyovasküler rahatsızlıklar, kanser, diyabet, iltihaplanma ve daha birçok hastalığı önlemeye yardımcı güçlü antioksidan aktivitesi göstermektedir (Yousuf ve ark., 2015). Gıdaya uygulanan işlem ve depolamanın yanı sıra pH, kimyasal yapısı, sıcaklık, ışık, oksijen, askorbik asit, bazı enzimlerin varlığı, metal iyonları, proteinler ve flavanoidler antosiyaninlerin stabilitesini etkileyen faktörlerdir (Reque ve ark., 2014). Isıl işlem nedeniyle meyve sularında meydana gelen antosiyanin kaybının azaltılabilmesi için ultrases uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Çizelge 2'de bazı meyve sularına ultrases uygulanmasının antosiyanin üzerindeki etkisi verilmiştir. Genellikle, ultrasesin antosiyanin içeriği üzerindeki etkisinin az olmasının oksijenin meyve suyundan uzaklaştırılmasıyla ilgili olduğu bildirilmektedir (Knorr ve ark., 2004). Oksijen varlığı antosiyanin parçalanmasına direkt olarak etki edebilmenin yanı sıra meyve ve sebzelerde bulunan glikozidaz, polifenoloksidaz ve peroksidazlar gibi bazı oksidasyona neden olan enzimlerin aktivitesini etkileyebilmektedir (Moses ve ark., 2017). Söz konusu enzime göre değişiklik göstermekle birlikte, düşük yoğunluklu ultrases uygulamaları hücre parçalanmasına neden olarak enzim aktivitesini arttırabilirken yüksek yoğunluklu uygulamalar enzim inaktivasyonunu sağlayabilmektedir (Weber ve Larsen, 2017).

Ultrases sıvı sistemlere uygulandığında, mikro boyuttaki akış, kabarcık patlaması sonucunda yüksek basınç ve sıcaklık koşullarında kütle transferini arttırmaya yardımcı şok dalgaları ve serbest radikal oluşumu meydana gelebilmektedir (Yusuf ve ark., 2016; Rutkowski ve ark., 2017). Bu etkiler sonucunda da antosiyaninler gibi biyoaktif maddeler parçalanmaya uğrayabilmektedir. Örneğin, kaviteasyon ile meydana gelen OH⁻ ve H₂O₂ radikalleri antosiyaninlerin yapısındaki halkanın açılmasına ve kalkon oluşumuna neden olabilmektedir (Farhadi Chitgar ve ark., 2017). Ayrıca, ortamdaki organik asitlerin varlığı da antosiyaninlerin parçalanma kinetiğini etkilemektedir (Portenlänger ve Heusinger, 1992).

Çizelge 1a. Meyve sularında ultrasesin askorbik asit içeriği üzerine etkileri

Table 1a. Effects of ultrasound on ascorbic acid content in fruit juices

Meyve suyu	İşlem Koşulları	Etki/Sonuç	K
Armut suyu	20 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 10 dk, 25°C	%13,3 artış; Askorbik asit, toplam fenolik ve flavonoidlerde artış	1
	20 kHz, 750 W, genlik 70%, 10 dk, 60°C	%37,7 artış; Titrasyon asitliği, pH, Ca ve Mn içeriğinde önemli olmayan değişim; Bulanıklık, toplam antioksidan kapasite, şeker içeriği, Na, K, Fe ve Mg içeriğinde önemli artış	2
	30 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 10 dk, 25°C	%8,9 artış; Sıcaklık artışıyla kayıp artışı; Depolamanın 12. gününde %77 azalma	3
	30 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 10 dk, 45°C	%9,4 azalma; Depolamanın 15. gününde %81 azalma	
	30kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 10 dk, 65°C	%12,1 azalma	
Böğürtlen suyu	20 kHz, 1500 W, genlik %80, 13 mm çapında prob, 25 dk (TS)	%23,1 azalma; Sıcaklık ve ultrases kombinasyonu uygulandığında geleneksel pastörizasyona kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite (P<0,05)	4
	20 kHz, 1500W, 25 mm çapında prob, 28 µm, 40-50°C, 15-20 dk (TS)	%19,2 azalma; Uygulama süresinin artışıyla askorbik asit içeriğinde azalma; Sıcaklık artışıyla askorbik asit içeriğinde artma	5
Çilek suyu	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik %100, (61 µm), 0,81 W/mL, 5 dk, 25°C	%11 azalma; Askorbik asit, L*, a* ve b* değerleri genlik ve işlem süresinden önemli ölçüde etkilenmiştir.	6
	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, 0,81 W/mL, 10 dk, 40°C	<%15 azalma	7
	25 kHz, genlik %70, 30 dk, 20°C	%12,8 artış; Biyoaktif bileşenlerde önemli düzeyde artış	8
Domates suyu	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik 61 µm, 10 dk, 32-45°C	%32,4 azalma; Askorbik asit seviyesi genlik ve uygulama süresinden etkilenmiştir; Maya inaktivasyonunda önemli etki	9
Dut suyu	40 kHz, 265 W, Ultrasonik banyo, 60 dk, 45°C	%94,3 artış; 60°C'dekinden daha yüksek askorbik asit içeriği	10
	40 kHz, 265 W, Ultrasonik banyo, 60 dk, 60°C	%80,3 artış; Toplam suda çözünür kuru madde, titrasyon asitliği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite ve ekstraksiyon veriminde artış	
Elma suyu	25 kHz, genlik %70, 20°C, 30, 60 ve 90 dk	%6-34 artış; Bulanıklık, antioksidan kapasite, renk değerlerinde olumlu etki; 60 ve 90 dk uygulamalarda, kontrol ve 30 dk'ya kıyasla askorbik asit içeriğinde önemli düzeyde fark	11
	20 kHz, 1500 W, genlik %40, 2 dk, 20°C	%1,5 azalma; Askorbik asit içeriğinde azalma; Renk stabilitesi %40 genlik-10 dk uygulamasında en yüksek	12
	25 kHz, genlik %70, 2 W/cm ² , 60 dk, 20°C	%15 artış; Ultrases-Yüksek basınç kombinasyonu (350-450 MPa) sadece ultrasese kıyasla askorbik asit içeriğinde azalma	13
	20 kHz, 750 W, 13 mm çapında prob, genlik %70, 0,3 W/cm ³ , 10 dk, 20°C	%12 artış	14
	25 kHz, 500 W, Ultrasonik banyo, genlik %70, 0,06 W/cm ³ , 30 dk, 20°C	%1,7 artış; Hem prob hem de ultrasonik su banyosu kullanılan uygulamalarda askorbik asit artışı (20°C)	
Greyfurt suyu	28 kHz, 600 W, Ultrasonik banyo, genlik %70, 30-90 dk, 20°C	%14,3-28,5 artış; Bulanıklık değerinde artış; pH, titrasyon asitliği ve briks değerlerinde önemli olmayan düzeyde değişim	11
Guava suyu	35 kHz, Ultrasonik banyo, 30 dk, 20°C	%8,2 artış; Ultrases ve karbon uygulaması kombinasyonun da en yüksek askorbik asit içeriği	15
	20 kHz, 1500 W, genlik %40, 10 dk, 20°C	%3,8 azalma; Askorbik asit içeriğinde azalma; %40 genlik ve 10 dk uygulama koşullarında renkte önemli olmayan kayıp; Askorbik asit içeriği, renk ve bulanıklıkta önemli değişim	12
	20 kHz, 6 dk, 60°C	%27,5 azalma; Antioksidan aktivitede ~%20 artış	16
Havuç suyu	20 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik 70%, 2 dk, 15°C	%11,2 artış; Askorbik asit içeriğinde önemli artış	17
	20 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 48 W/cm ² , 5 dk, 15°C	%4,9 artış; Ultrases ve ultrases-yüksek hidrostatik basınç (250, 350 ve 450 MPa) uygulandığında askorbik asit içeriğinde artış	18
	20 kHz, 100 W, 0,4 W/ml, 15 dk, <30°C	%39,6 azalma; Ultrases ve ultrases-ultraviyole ışın kombinasyonu uygulandığında pastörizasyona kıyasla depolama sırasında daha yüksek askorbik asit içeriği; Depolama süresinin artışıyla askorbik asit içeriğinde azalma	19
	24 kHz, 22 cm çapında prob, genlik 120 µm, 2204,40 mW/mL, 10 dk, 58°C, 10 dk	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında askorbik asit içeriğinde önemli olmayan değişim ve karotenoid içeriğinde %2'den küçük azalma; Fenolik madde içeriğinde artış	20
	40 kHz, 0,5 W/cm ² , 40 dk	%8,2 artış; Askorbik asit, toplam karotenoid, şeker ve suda çözünür kuru madde içeriğinde önemli ölçüde olumlu etki; Ultrases 40 dk uygulandığında, 20 dk'ya ve kontrole kıyasla toplam karotenoid ve askorbik asit içeriğinde önemli artış	21
Hint ayvası suyu	24 kHz, 400 W, 22 mm çapında prob, genlik 120 µm, 50°C	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Askorbik asit, toplam karotenoid ve fenolik madde içeriği ile renk değerleri, briks, pH ve titrasyon asitliğinde önemli olmayan değişim	22
	20 kHz, 400 W, 13 mm çapında prob, 67.84 W/cm ² , 0-40 dk, 30±1°C	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Askorbik asit içeriğinde önemli olmayan değişim	23
Hint inciri suyu (Mor)	20 kHz, 1500 W, 13 mm çapında prob, genlik %80, 10 dk	Artış bildirilmiş; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında pastörizasyona kıyasla daha yüksek askorbik asit içeriği	24

Çizelge 1b. Meyve sularında ultrasesin askorbik asit içeriği üzerine etkileri

Table 1b. Effects of ultrasound on ascorbic acid content in fruit juices

Meyve suyu	İşlem Koşulları	Etki/Sonuç	K
Hint inciri suyu (Yeşil)	20 kHz, 1500 W, 13 mm çapında prob, genlik %60, 25 dk	%6,7 artış;	25
	20 kHz, 1500 W, 13 mm çapında prob, genlik %80, 10 dk	%8 artış; Ultrases uygulandığında kontrole kıyasla daha yüksek askorbik asit içeriği; Antioksidan aktivitesinde önemli olmayan değişim	
Jamun (Siyah erik) suyu	Genlik %80, 5 dk, 80°C	%37,7 azalış; Yüksek genlik seviyesi ve uygulama koşullarında askorbik asit ve antosiyanin içeriğinde azalma; %100 genlik ve 10 dk ultrases uygulamasında en düşük askorbik asit içeriği	26
Karpuz suyu	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik 24.41-60 µm, 2-10 dk, 25-45°C	%1,4-26,3 azalış; Yüksek genlik seviyesi ve uygulama süresinde askorbik asit, likopen ve toplam fenolik madde içeriğinde önemli azalma; 35°C'de askorbik asit içeriğinde önemli azalma	27
Kiraz suyu	18 kHz, 500 W, 13 mm çapında prob, 5000 W/L, 2,5-15 dk, 40°C	%4 artış; Askorbik asit içeriğinde önemli olmayan değişim; 10°C'de %6 artış	28
Kivi suyu	40 kHz, 180 W, Ultrasonik banyo, 10 dk, 20±1°C	%15,7 azalma	29
	40 kHz, 180 W, Ultrasonik banyo, 30 dk, 20 ±1°C	%20,04 azalma; Ultrasesin depolama sırasında askorbik asit içeriğinde artışa neden olmadığı bildirilmiştir.	
Mandalina suyu	25 kHz, 700 W, 0,016 W/mL, 60 dk, 25±4°C	Önemli bir değişim bildirilmemiş	30
	25 kHz, 700 W, 0,016 W/mL, 60 dk, 55±4°C	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Uygulama süresinin askorbik asit içeriğinde önemli olmayan etkisi bildirilmiştir.	
Mango suyu	40 kHz, 15 dk, 25 ±1°C	%13,1 azalış; Ultrases-ultraviyole ışın kombinasyonu uygulandığında en düşük (%11) askorbik asit kaybı	31
	40 kHz, 130 W, 30 dk, 25 ±1°C	%15,6 azalış; Ultrases uygulandığında askorbik asit içeriğinde önemli azalma; 15 ve 30 dk uygulama süresiyle kontrole kıyasla askorbik asit ve renk değerleri hariç kalite özelliklerinde olumlu etki	32
	250 W, 10 dk, 25°C	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Sıcaklığın 95°C'ye çıkmasıyla önemli ölçüde azalma; Askorbik asit, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesinde önemli değişim	33
Portakal suyu	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik %100, 0,81 W/mL, 10 dk, 25°C	<%5 (%0,7) azalma; Depolama sırasında askorbik asit içeriğinde azalma; %100 genlik ve 10 dk uygulama ile depolama sonrası daha yüksek askorbik asit içeriği	7
	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, 0,81 W/mL, 2-10 dk, 25°C	%5,1 azalma; Maksimum akustik enerji yoğunluğu ve uygulama süresinde en yüksek askorbik asit kaybı; Ultrases uygulandığında termal pastörizasyona kıyasla raf ömründe askorbik asit içeriğine bağlı artış	34
	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, 61.0 µm, 2-10 dk, 30°C	< %15 azalma; Maksimum genlik ve uygulama süresinde en yüksek askorbik asit kaybı; Sıcaklığın ve genliğin artışıyla askorbik asit içeriğinde azalış	35
	20 kHz, 500 W, 13 mm çapında prob, 89,25 µm, 6 dk, 10°C	%6,3 azalma; Askorbik asit içeriğinde azalma ve renkte değişim; Uygulama süresinden etkilenmiştir.	36
	20 kHz, 100 W, 0,4 W/mL, 15 dk, <30°C	%6,1 azalma; Ultrases ve ultrases-ultraviyole ışın kombinasyonunda termal pastörizasyona kıyasla depolama sırasında daha yüksek askorbik asit içeriği	37
	24 kHz, 105 µm, 33.31 W/mL, 10 dk, 25°C	%27,3 azalma; Ultrases 10,20 ve 30 dk uygulandığında 43-45°C sıcaklıkta 1 dk'dakine ve kontrole kıyasla biyoaktif bileşenlerde olumlu etki ve en yüksek askorbik asit içeriği	38
	25 kHz, 700 W, 0,016 W/mL, 60 dk, 25±4°C	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Ultrases uygulamasından önce çözültelerin gazı giderildiğinde askorbik asit içeriğinde önemli olmayan değişim	30
Tarçın elması (graviola) suyu	19 kHz, 500 W, 13 mm çapında prob, genlik %60, 224 W/cm ² , 6 dk	Artış bildirilmiş; Bazı örneklerde askorbik asit içeriğinde %34'ten küçük azalma	39
Yıldız meyvesi suyu	44 kHz, 600 W, Ultrasonik banyo, 0,348 W/cm ³ , 60 dk, 25 °C	%1,8 artış	40
	44 kHz, 600 W, Ultrasonik banyo, 0,348 W/cm ³ , 60 dk, 45°C	%22,4 artış; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında toplam fenolik madde, flavonoid ve askorbik asit içeriği ile antioksidan aktivitesinde önemli değişim; Sıcaklığın artışıyla kalite özelliklerinde olumlu etki	
Çilek nektarı	150 W, 71,5 J/g, 15 dk, > 50°C	Artış bildirilmiş; Yüksek sıcaklık-düşük ultrases enerji yoğunluğu kombinasyonunda en yüksek askorbik asit içeriği ve ΔE* değerinde en düşük değişim; Ultrases enerji yoğunluğunun artmasıyla düşük sıcaklıkta askorbik asit içeriğinde artış, yüksek sıcaklıkta ise azalma	41
Tarçın elması (graviola) nektarı	24 ± 1 kHz, 400 W, genlik %20-100, 300 W/cm ² , 1,2 W/mL, 10 dk, 34 ± 3°C	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında askorbik asit içeriğinde önemli olmayan değişim	42

K: Kaynak; 1: Saeeduddin ve ark. (2015); 2: Saeeduddin ve ark. (2016); 3: Saeeduddin ve ark. (2017); 4: Manríquez-Torres ve ark. (2016); 5: Cervantes-Elizarrarás ve ark. (2017); 6: Tiwari ve ark. (2008a); 7: Tiwari ve ark. (2009c); 8: Bhat ve Goh (2017); 9: Adekunle ve ark. (2010); 10: Nguyen ve Nguyen (2018); 11: Abid ve ark. (2013); 12: Saad ve ark. (2013); 13: Abid ve ark. (2014a); 14: Abid ve ark. (2014b); 15: Cheng ve ark. (2007); 16: Nguyen ve ark. (2013); 17: Jabbar ve ark. (2014a); 18: Jabbar ve ark. (2014b); 19: Khandpur ve Gogate, (2015); 20: Martínez-Flores ve ark. (2015); 21: Zou ve Jiang (2016); 22: Pokhrel ve ark. (2017); 23: Dabir ve Ananthanarayan, (2017); 24: del Socorro Cruz-Cansino ve ark. (2015); 25: Cansino ve ark. (2013); 26: Shaheer ve ark. (2014); 27: Rawson ve ark. (2011); 28: Santos ve ark. (2018); 29: Tomadoni ve ark. (2017); 30: Aguilar ve ark. (2017); 31: Santhirasegaram ve ark. (2013a); 32: Santhirasegaram ve ark. (2013b); 33: Dars ve ark. (2019); 34: Tiwari ve ark. (2009b); 35: Valdramidis ve ark. (2010); 36: Gómez-López ve ark. (2010); 37: Khandpur ve Gogate (2015); 38: Guerrouj ve ark. (2016); 39: Dias ve ark. (2015); 40: Nayak ve ark. (2018); 41: Dündar ve ark. (2019); 42: Anaya-Esparza ve ark. (2017)

Çizelge 2. Meyve sularında ultrasesin antosiyanin içeriği üzerine etkileri

Table 2. Effects of ultrasound on anthocyanin content in fruit juices

Meyve suyu	İşlem Koşulları	Etki/Sonuç	K
Böğürtlen suyu	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik %40-100, 9,24–22,79 W/cm ² , 0-10 dk	%0-3,18 azalma; Antosiyanin ve renkte değişim; Genlik seviyesi ve uygulama süresinden önemli ölçüde etkilenmiştir.	1
	20 kHz, 1500 W, genlik %80, 13 mm çapında prob, 25 dk	%11,7 artış; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu sonrası pastörizasyona kıyasla önemli değişim; Ekstraksiyon veriminde artış	2
	20 kHz, 1500W, 25 mm çapında prob, genlik 28 µm, 15-20 dk, 40–50°C	%12 artış; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında pastörizasyona kıyasla toplam antioksidan aktivitesi, askorbik asit ve antosiyanin içeriğinde artış, fenolik içerikte önemli olmayan değişim; Sıcaklık ve uygulama süresinin artışıyla antosiyanin içeriğinde azalma	3
	20kHz,750 W, 13 mm çapında prob, 10 dk, 10°C	%44 artış; Antosiyanin ve fenolik madde içeriğinde olumlu etki	4
Çilek suyu	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik %100 (61 µm), 0,81 W/mL, 5 dk, 30-40°C	%1,3 azalma; Antosiyanin ve askorbik asit içeriğinde azalma; Genlik seviyesi ve uygulama süresinin artışıyla antosiyanin içeriğinde azalma	5
	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik %100, 0,81 W/mL, 10 dk, 25°C	<%5 azalma; Akustik enerji yoğunluğu ve uygulama süresinin azalmasıyla antosiyanin içeriğinde artış; Antosiyanin ve askorbik asit içeriği uygulama süresi ve akustik enerji yoğunluğundan önemli ölçüde etkilenmiştir.	6
	20 kHz, 600 W, 12 mm çapında prob, genlik 60, 90 ve 120 µm, 3-9 dk, 25°C	%0,7–4,4 azalma; Ultrases uygulandığında pastörizasyona kıyasla daha yüksek(>%85) toplam antosiyanin içeriği	7
	20 kHz, 600 W, 12 mm çapında prob, genlik 60, 90 ve 120 µm, 12,65-67,68 W/cm ² , 3-9 dk, 25°C	%0,6-6,4 azalma; Ultrases ve ultrases-sıcaklık kombinasyonu uygulandığında mikroorganizma inaktivasyonu ve antosiyanin içeriğinde değişim; 55°C ve 9 dk uygulama koşullarında ultrases uygulandığında pastörizasyona kıyasla toplam antosiyanin içeriğinde azalış, mikroorganizma inaktivasyonunda olumlu etki	8
	20 kHz, genlik %70, 30 dk, 20 °C	%4,4 artış; Sonikasyon sonrası biyoaktif bileşenlerde önemli düzeyde artış	9
	20 kHz, 950 W, 10 mm çapında prob, genlik %20-80, 242 W/cm ² , 10 dk, <20°C	%12,7 azalma; Yüksek güçlü ultrases uygulaması sonrası toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesinde artış	10
Domates suyu	35 ve 130 kHz, 250 W, 5 dk, 60°C	%1,9 azalma; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında termal işleme kıyasla polifenol, likopen, antosiyanin ve antioksidan kapasitesinde artış	11
	40 kHz, 265 W, Ultrasonik banyo, 60 dk, 45°C	%156,9 artış; Toplam fenolik madde, likopen, antosiyanin, askorbik asit, antioksidan kapasitesi, ekstraksiyon verimi ve titrasyon asitliğinde artış	12
Dut suyu	24 kHz, 60 W, 30 dk	%5,6 azalma; Antosiyanin içeriğinde kontrole kıyasla azalma; Renk parametrelerinde olumlu etki	13
Elma suyu	25 kHz, genlik %70, 2 W/cm ² , 30 dk, 20°C	%1,9 azalma; Elektriksel iletkenlik, toplam antosiyanin ve Zn içeriğinde önemli olmayan değişim	14
Greyfurt suyu	28 kHz, 600 W, 30 dk, 20°C	%7,3 artış; Ultrases ve ultrases-vurgulu elektrik alan kombinasyonu uygulandığında önemli artış	15
Jamun (Siyah erik) suyu	Genlik %80, 5 dk	%22 azalma	16
	Genlik %80, 5 dk, 80°C	%35,4 azalma; Genlik seviyesi ve uygulama süresinin artışıyla antosiyanin ve askorbik asit içeriğinde önemli azalma	
Karadut suyu	20 kHz, 750 W, 13 mm çapında prob, genlik %80, 1,26 W/mL, 17,39 dk, 25 °C	%2,4 azalma; Ultrases ve sıcaklık-ultrases kombinasyonu uygulandığında antosiyanin içeriğinde azalma	17
	20 kHz, 650 W, 30 dk, 20°C	%24-34 azalma; Ultrases uygulandığında mikrodalg ve termal işleme kıyasla tüm depolama sıcaklıklarında en yüksek toplam fenolik madde, antosiyanin içeriği ve antioksidan aktivitesi	18
Karpuz suyu	20 kHz, 1500 W, 19 mm çapında prob, genlik 24,4–61,0 µm, 5-10 dk, 25–45 °C	Azalma bildirilmiş; Genlik seviyesi ve uygulama süresinin artışıyla antosiyanin içeriğinde azalma	19
	20 kHz, 19 mm çapında prob, genlik %100, 400 W/cm ² , 3 dk, 25 ± 1°C	% 0,67-8,41 azalma; Toplam ve monomerik antosiyanin, fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesinde önemli olmayan değişim; Görsel ve kimyasal özelliklerde önemli olmayan değişim	20
Nar suyu	20 kHz, 500W, 19 mm çapında prob, genlik %50, 12 dk	%1,5 azalma	21
	20 kHz, 500W, 19 mm çapında prob, genlik %100, 30 dk	%10,8 azalma; Genlik ve uygulama süresinin artışıyla monomerik antosiyanin konsantrasyonunda önemli azalma	
Üzüm suyu	20 kHz, 1500 W, 24,4–61 µm, 2–10 dk, 32–45°C	Azalma bildirilmiş; L*, a*, b* değerleri, renk indeksi ve antosiyanin içeriğinde önemli değişim; Genlik ve uygulama süresinin azalmasıyla başlıca antosiyaninlerden cyanidin-3-O-glucoside içeriğinde önemli artış	22
	67.5 kHz, 200 W, 30 dk, 25°C	%27,7 artış; 34.62 kHz, 25 °C ve 40 dk uygulama koşullarında en yüksek toplam antosiyanin içeriği	23
Vişne suyu	20 kHz, 19 mm çapında prob, genlik %50-100, 2-10 dk, 20-40°C	%3,72–13,2 artış; Genlik ve sıcaklığın artışıyla toplam monomerik antosiyanin içeriğinde artış; Aynı sıcaklık ve uygulama süresi koşullarında genlik seviyesinin artışıyla toplam monomerik antosiyanin içeriğinde artış	24
	20 kHz, 500 W, 10 mm çapında prob, genlik %100, 73,60 J/mL, 25°C	%2,9 azalma; Toplam antosiyanin içeriği ve renkte önemli olmayan değişim	25
Yaban mersini suyu	40 kHz, 0,5 W/cm ² , 40 dk,	%16,7 artış; Toplam şeker, suda çözünür kuru madde, polifenol ve antosiyanidin içeriğinde olumlu etki	26
	200 W, 271,5 J/g, 50°C	Artış bildirilmiş; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında toplam monomerik antosiyanin ve fenolik madde içeriğinde önemli artış; Toplam monomerik antosiyanin içeriği sıcaklık ve ultrases enerji yoğunluğundan etkilenmiştir.	27

K: Kaynak; 1: Tiwari ve ark. (2009d); 2: Manriquez-Torres ve ark. (2016); 3: Cervantes-Elizarrarás ve ark. (2017); 4: Pérez-Grijalba ve ark. (2018); 5: Tiwari ve ark. (2008a); 6: Tiwari ve ark. (2009c); 7: Dubrović ve ark. (2011); 8: Hereceg ve ark. (2015); 9: Bhat ve Goh (2017); 10: Chen ve ark. (2018); 11: Lafarga ve ark. (2019); 12: Nguyen ve Nguyen (2018); 13: Engmann ve ark. (2014); 14: Abid ve ark. (2014a); 15: Aadir ve ark. (2018); 16: Shaheer ve ark. (2014); 17: Dinçer ve Topuz (2015); 18: Jiang ve ark. (2015); 19: Rawson ve ark. (2011); 20: Alighourchi ve ark. (2013); 21: Pala ve ark. (2015); 22: Tiwari ve ark. (2010); 23: Nafar ve ark. (2013); 24: Türken ve Erge (2017); 25: Mohideen ve ark. (2015); 26: Zou ve Hou (2017); 27: Dündar ve ark. (2019)

Bhat ve Goh (2017), çilek suyunda 30 dakika sonikasyon uygulamasıyla antosiyanin seviyesinde %4,4 artış gözlemlenmiştir. Türken ve Erge (2017), vişne suyuna uygulanan ultrases genliğinin ve sıcaklığının artışıyla beraber toplam monomerik antosiyanin miktarında önemli bir artış gözlemlenmiştir. Aynı sıcaklık ve uygulama süresinde, özellikle genliğin artışıyla %3,72–13,2 artış olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, termoultrasonikasyon uygulanmış böğürtlen suyunda toplam fenolik içerikte değişiklik gözlemlenmezken antioksidan aktivitesi, askorbik asit ve antosiyanin içeriği, pastörize örnekler göre yüksek bulunmuştur. Sıcaklık ve uygulama süresi ise antosiyanin içeriğini olumsuz etkilemektedir (Cervantes-Elizarrarás ve ark., 2017). Nguyen ve Nguyen (2018), termosonikasyonla dut suyunda ısıtma işlemi kıyasla birçok bileşenin alıkonma miktarında artış gözlemlenmiş olup toplam antosiyanin içeriğinde %156,9 artış bildirmiştir.

Flavonoidler Üzerine Etkisi

Flavonoidler bitkisel kaynaklı gıdalarda yaygın olarak bulunan biyoaktif bileşik gruplarından biridir. Flavanon, flavon, flavan-3-ol, flavanol, kalkan, antosiyanidin ve izoflavonlar olarak alt gruplara ayrılmaktadır (Kozłowska ve Szostak-Wegierek, 2014). Bu sınıflandırmada hidroksil, metoksil, prenil, glikozidik gruplar ve halkalar arasındaki konjugasyon göz önünde bulundurulmaktadır (Dai ve Mumper, 2010). Flavonoidlerin hidroksil grupları oldukça reaktiftir. Flavonoidler radikallerin reaktif bileşenleri ile reaksiyona girerek onları stabilize etmektedir (Panche ve ark., 2016). Serbest radikallerin yakalanmasının yanı sıra, kuarterin gibi bazıları hidroksil grubu içerişmesi nedeniyle metallerle kompleks oluşturma yeteneklerine de sahiptirler (Taşdelen, 2013; Kasprzak ve ark., 2015). Ortamdaki demirin kelatlaşmasına neden olarak lipit peroksidasyonunu engelleyebilmektedirler. Önemli antioksidan etkileri ile bitkinin sekonder metabolitleri olan flavonoidlerin anti epileptik, iltihaplanma önleyici, antimikrobiyal ve diyabete karşı etkileri olduğu, Parkinson ve Alzheimer gibi sinir sistemini ilgilendiren hastalıklarla mücadelede iyi birer koruyucu olabilecekleri bildirilmiştir. (Sangeetha ve ark., 2016; Ozcan ve ark., 2014; Lima ve ark., 2014). Ultrases uygulamasının diyetle birlikte alınımının sağlığa olumlu etkileri olduğu bildirilen flavonoidler üzerine etkileri Çizelge 3'te verilmiştir (Ballard ve Junior, 2019). Çizelge 3'te verilen çalışmalarda flavonoid içeriğinde meydana gelen değişimler oksidasyon, polimerizasyon ve dekompozisyon reaksiyonları ile açıklanabilmektedir (Qiao ve ark., 2014). Kaviteasyon sırasında oluşan kabarcıkların sayısı sıcaklığa bağlıdır ve sıcaklık hücre parçalanmasını arttırmaktadır. Bu nedenle flavonoid içeriği artış gösterebilmektedir. Fakat ultrases gücüne bağlı olarak fenolik maddelerin oksidasyonu meydana gelmekte ve buna bağlı olarak da antioksidan kapasitesine katkıları oldukça azalabilmektedir (Teh ve Birch, 2014; Bursaç Kovaçević ve ark., 2019). Solvent çeşidi ve sıcaklık flavonoid içeriğinde büyük rol oynamaktadır ayrıca parçalanma hızları ultrases yoğunluğuna da bağlılık göstermektedir. Ruiz-De Anda ve ark. (2019), vurgulu ultrases işleminde artan uygulama süresinin, kaviteasyonun hücre duvarı üzerine etkilerini, hücrelerin parçalanmasını ve ardından fenolik bileşenler ile flavonoidlerin meyve suyuna geçişini pekiştirdiğini bildirmiştir. Aakil ve ark. (2013), greylfurt suyunda 28 kHz,

600 W, genlik %70, 20°C koşullarında 30 dk sonikasyon uygulandığında flavonoidlerde %4,9 ve flavonollerde %4,8, 90 dk uygulandığında ise flavonoidlerde %30,5 ve flavonollerde %8,9 artış gözlemlenmiştir. Aakil ve ark. (2018), ultrases uygulanan greylfurt suyunda flavonoidlerde %9,41 ve flavonollerde %34,7 artış gözlemlenmişlerdir. Demir ve Kılınç (2018), bal kabağı suyunda flavonoidlerde %45 artış gözlemlenmiş ve termosonikasyon uygulanan örneklerde sıcaklığın artışı ile birlikte toplam flavonoid miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Ultrases uygulanan portakal suları ve erik nektarlarında da kontrol örneğine kıyasla flavonoid içeriğinde artış olduğu gözlemlenmiştir (Guerrouj ve ark., 2016; İrkilmez ve ark., 2017).

Karotenoidler Üzerine Etkisi

Karotenoidler çoğu meyve, sebze, algler, mantarlar, fotosentetik bakterilerde doğal olarak bulunan lipofilik bileşiklerdir ve suda çözünürlükleri düşüktür. İnsan vücudu tarafından sentezlenemedikleri için gıdalarla alınımı gereklidir (Eggersdorfer ve Wyss, 2018; Langi ve ark., 2018). Karotenoidler, çok iyi birer antioksidan olmalarının yanı sıra, göz ve kemik sağlığı, bağışıklık fonksiyonlarının düzenlenmesi ve kilo kontrolü sağlama, cilt yaşlanması, kalp-damar hastalıkları, obezite ve kanserin önlenmesinde önemli rol oynarlar (Eggersdorfer ve Wyss, 2018). Karotenoidler içerisinde en baskın olarak bulunan β -karoten'dir. Bitkilerde bulunan karotenoidlerin çeşidi ve miktarı, genotip, olgunlaşma periyodu, iklim koşulları, işleme koşulları gibi birçok hasat öncesi/sonrası etkene bağlıdır. Aynı zamanda meyvelerin kabukları, meyve etine kıyasla daha yüksek oranda karotenoid içermektedir (Langi ve ark., 2018; Saini ve ark., 2015). Karotenoidler 10 veya daha fazla sayıda konjuge çift bağ içerdikleri için reaktif oksijen türlerinin (tekli oksijen molekülleri, peroksi radikalleri) yakalanmasında yüksek potansiyele sahiptirler (Eggersdorfer ve Wyss, 2018). Karotenoid-radikal interaksiyonlarıyla ilgili araştırmalar göstermiştir ki solvent polaritesi, karotenoid yapısı ve radikal reaktivitesi, radikal yakalama mekanizması için önem taşımaktadır (El-Agamey ve ark., 2004). Ayrıca ultrases işlemi hücre duvarlarının parçalanmasını sağlayarak böylelikle bağlı karotenoidlerin serbest kalmasına veya karotenoid-protein bağlarının kopmasına olanak sağlayarak karotenoidlerin ekstrakte edilebilirliğini kolaylaştırmaktadır (Buniowska ve ark., 2017; Carbonell-Capella ve ark., 2016). Çizelge 4'te meyve sularına ultrases uygulaması sonrasında karotenoid içeriğindeki değişimler verilmiştir.

Termosonikasyon uygulanan greylfurt ve portakal sularının karotenoid içeriğinde artış olduğu bildirmiştir (Aakil ve ark., 2015; Guerrouj ve ark., 2016). Toplam karotenoid içeriğinde 1, 10, 20 ve 30 dk boyunca ultrases uygulanan örneklerde kontrole kıyasla önemli düzeyde artış olduğu ve en yüksek karotenoid içeriğine 10 dk boyunca 43°C'de gerçekleştirilen uygulamada ulaşıldığı gözlemlenmiştir (Guerrouj ve ark., 2016). Süresi 1 dk'dan fazla olan ve sıcaklığın yaklaşık 44°C'ye ulaştığı uygulamalarda, biyoaktif bileşen içeriği kontrole kıyasla olumlu yönde etkilenmiştir. Yıldız meyvesi suyunda karotenoid içeriğinin ultrases uygulama sıcaklığı 35°C'ye kadar arttırıldığında artış gösterirken, 45°C (%32 azalma) ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında azalma gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 3. Meyve sularında ultrasesin flavonoid içeriği üzerine etkileri

Table 3. Effects of ultrasound on flavonoid content in fruit juices

Meyve suyu	İşlem Koşulları	Etki/Sonuç	K
Ananas suyu	30±3 kHz, 100 W, 30 dk, 50±1°C	Flavonoidlerde %66 azalma; Toplam flavonoid içeriğinde azalma; Ultrases-mikrodalga kombinasyonu uygulandığında toplam flavonoid içeriğinde bazı örnekler hariç olumlu etki	1
Armut suyu	20 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 10 dk, 25°C	Flavonoidlerde %17,7 artış	2
	20 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 10 dk, 65°C	Flavonoidlerde %8,9 azalma; Ultrases-pastörizasyon kombinasyonu 65°C ve 10 dk uygulandığında en yüksek askorbik asit ve diğer fenolik bileşenler içeriği; Enzim ve mikrobiyal inaktivitede önemli azalma	
Bal kabağı suyu	37 kHz, 150 W, Ultrasonik banyo, 30 dk, 60°C (TS)	Flavonoidlerde %45 artış; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu 40 dk uygulandığında en yüksek flavonoid içeriği; Sıcaklığın artışıyla toplam flavonoid içeriğinde azalma düştüğü	3
Çin koca yemişi (dağ çileği) suyu	-	Toplam fenolik madde içeriğinde önemli olmayan azalma	4
Elma suyu	25 kHz, genlik %70, 20°C, 90 dk	Flavonoid %30,2 ve flavonol %44,1 artış; Askorbik asit, fenolik bileşenler içeriğinde, antioksidan kapasitesi, DPPH radikal süpürme kapasitesinde olumlu etki ve Hunter renk değerlerinde değişim; Toplam suda çözünür kuru madde, pH ve titrasyon asitliğinde önemli olmayan değişim	5
	25 kHz, genlik %70, 2 W/cm ² , 60 dk, 20°C	Flavonoid %7 ve flavonol %24,4 artış; Ultrases, yüksek hidrostatik basınç ve kombinasyonları uygulandığında toplam fenolik madde, flavonoid ve flavonol içeriğinde önemli artış	6
	20-25 kHz, 900 W, 6 mm çapında prob, 2 W/m ² , 10 dk, 15°C	Flavonoidlerde azalma bildirilmiş; Toplam fenolik madde ve flavonoid içeriğinde, antioksidan aktivitesinde azalma; Esmerleşmenin önlenmesinde olumlu etki	7
Greyfurt suyu	28 kHz, 600 W, genlik %70, 30 dk, 20°C	Flavonoid %4,9 ve flavonol %4,8 artış	8
	28 kHz, 600 W, genlik %70, 90 dk, 20°C	Flavonoid %30,5 ve flavonol %8,9 artış; Cloud value, toplam antioksidan kapasitesi, free radical scavenging activity ve askorbik asit ile toplam fenolik madde, flavonoid, flavonol içeriğinde önemli artma; Asitlik, pH ve briks'te değişim bildirilmemiş	9
	28 kHz, 420 W, genlik %70, 60 dk, 20°C (TS)	Flavonoid %2,6 ve flavonol %4,5 artış; Ultrases 20 °C'de uygulandığında bütün bileşenlerde önemli artış; Sıcaklığın 60°C'ye artışıyla DPPH free radical scavenging activity, toplam antosiyanin, fenolik madde, flavonoid ve flavonol içeriğinde azalma	
	28 kHz, 600 W, 30 dk, 20°C	Flavonoid %9,41 ve flavonol %34,7 artış; Ultrases-vurgulu elektrik alan kombinasyonu uygulandığında antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde, flavonol, flavonoid, likopen ve karotenoid içeriğinde olumlu etki	10
Havuç suyu	20 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 2 dk, 15°C	Flavonoidlerde %25,6 artış; Toplam fenolik madde, flavonoid, tanen, askorbik asit içeriği ile serbest radikal süpürme aktivitesi, antioksidan kapasitesi, bulanıklık ve renk değerlerinde önemli ölçüde olumlu etki	11
	20 kHz, 750 W, 12,7 mm çapında prob, genlik %70, 48 W/cm ² , 5 dk, 15°C	Flavonoidlerde %12 artış; Ultrases, yüksek hidrostatik basınç ve kombinasyonları uygulandığında haşlamaya kıyasla toplam fenolik madde, flavonoid ve tanen içeriğinde artış	12
	20 kHz, 750 W, 13 mm çapında prob, genlik %70, 48 W/cm ² , 10 dk, 60°C	Flavonoidlerde %8,5 azalma; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında termal işleme kıyasla renk pigmentlerinde olumlu etki; askorbik asit, toplam fenolik madde, flavonoid ve tanen içeriğinde değişim	13
Jamun suyu	30±3 kHz, 100 W, 30 dk, 50±1°C	Flavonoidlerde %56,7 artış; Toplam fenolik madde içeriğinde azalma; Flavonoidlerde %19,6 artış; Ultrases-mikrodalga kombinasyonu uygulandığında bazı örnekler hariç toplam flavonoid içeriğinde olumlu etki	14
Karpuz suyu	30±3 kHz, 100 W, 30 dk, 50±1°C	Flavonoidlerde %19,6 artış; Ultrases-mikrodalga kombinasyonu uygulandığında bazı örnekler hariç toplam flavonoid içeriğinde olumlu etki	15
Mango suyu	40 kHz, 15 dk, 25°C	Flavonoidlerde %31,8 artış; Toplam suda çözünür kuru madde içeriği ve pH'de önemli olmayan değişim; Ultrases-ultraviyole ışın kombinasyonu uygulandığında en yüksek karotenoid, polifenol ve flavonoid ekstrakt edilebilirliği	16
Portakal suyu	24 kHz, 105 µm, 33,31 W/mL, 10 dk, 43,4 °C	Flavonoidlerde %62,1 artış; Flavonoid içeriğinde önemli artış	17
Yıldız meyvesi (carambola) suyu	30±3 kHz, 100 W, 30 dk, 50±1°C	Flavonoidlerde %53,8 artış; Fenolik madde içeriğinde önemli artış; Flavonoidlerde %19,6 artış; Ultrases-mikrodalga kombinasyonu uygulandığında bazı örnekler hariç toplam flavonoid içeriğinde olumlu etki	18
	44 kHz, 600 W, 0,348 W/cm ³ , 60 dk, 45°C	Flavonoidlerde %16,3 artış; Toplam suda çözünür kuru madde içeriği, pH ve titrasyon asitliğinde önemli olmayan değişim; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde, flavonoid, askorbik asit içeriği, bulanıklık ve esmerleşme indeksinde önemli artış	19
Erik nektarı	20 kHz, 400 W, 5 dk, 50°C	Flavonoidlerde %83,8 artış	20
	20 kHz, 400 W, 10 dk, 50°C	Flavonoidlerde %108,3 artış; Flavonoid içeriğinde önemli artış; Briks, pH ve toplam fenolik bileşen içeriğinde önemli olmayan değişim	

K: Kaynak; 1: Saikia ve ark. (2016); 2: Saeeduddin ve ark. (2015); 3: Demir ve Kılınc (2018); 4: Saika ve ark. (2016); 5: Abid ve ark. (2013); 6: Abid ve ark. (2014a); 7: Sun ve ark. (2015); 8: Aadil ve ark. (2013); 9: Aadil ve ark. (2015); 10: Aadil ve ark. (2018); 11: Jabbar ve ark. (2014a); 12: Jabbar ve ark. (2014b); 13: Jabbar ve ark. (2015); 14: Saika ve ark. (2016); 15: Saika ve ark. (2016); 16: Santhirasegaram ve ark. (2013a); 17: Guerrouj ve ark. (2016); 18: Saika ve ark. (2016); 19: Nayak ve ark. (2018); 20: İrkilmez ve ark. (2017)

Çizelge 4. Meyve sularında ultrasesin karotenoid içeriği üzerine etkileri

Table 4. Effects of ultrasound on carotenoid content in fruit juices

Meyve suyu	İşlem Koşulları	Etki/Sonuç	K
Bal kabağı suyu	37 kHz, 150 W, Ultrasonik banyo, 30 dk, 23 ± 1°C	Azalma bildirilmiş	1
	37 kHz, 150 W, Ultrasonik banyo, 30 dk, 60 ± 3°C (TS)	Önemli bir değişim bildirilmemiş; Ultrases ve ultrases-sıcaklık kombinasyonu uygulandığında karotenoid içeriğinde azalma; Ultrases-sıcaklık kombinasyonu uygulandığında karotenoid içeriğinde 40 ve 50°C sıcaklıkta azalma, 60°C'de önemli olmayan değişim	
Greyfurt suyu	28 kHz, 420 W, genlik %70, 60 dk, 60°C	Artış bildirilmiş; Ultrases-sıcaklık kombinasyonu uygulandığında önemli artış, 60°C ve 60 dk uygulama koşullarında en yüksek karotenoid içeriği	2
	28 kHz, 600 W, 30 dk, 20°C	%22,6 artış (likopen %128 artış); Ultrases-vurgulu elektrik alan kombinasyonunda ultrases ve vurgulu elektrik alan uygulamasına kıyasla en yüksek karotenoid içeriği	3
Guava suyu	20 kHz, 1000 W, 15 W/cm ² , 121 W/L, 9 dk, 25°C	Azalma (özellikle likopen) bildirilmiş	4
Havuç suyu	24 kHz, 22 cm çapında prob, genlik 120 µm, 2204,40 mW/mL, 10 dk, 50°C (TS)	%2,7 artış; Ultrases-sıcaklık kombinasyonu uygulandığında karotenoid ve askorbik asit içeriğinde önemli olmayan değişim, fenolik madde içeriğinde artış	5
	20 kHz, 750 W, 13 mm çapında prob, genlik %70, 48 W/cm ² , 10 dk, 60°C	Artış bildirilmiş; Ultrases-sıcaklık kombinasyonu uygulandığında 60°C ve 10 dk uygulama koşullarında en yüksek karotenoid (özellikle likopen, lutein) içeriği	6
Mango suyu	40 kHz, 130 W, 30 dk, 25 ± 1°C	%3,7 artış; 15 ve 30 dk ultrases uygulandığında berraklık, karotenoid, fenolik bileşen ve antioksidan içeriğinde önemli ölçüde olumlu etki, karotenoid ve polifenollerin ekstrakte edilebilirliğinde önemli artış	7
	40 kHz, 15 dk, 25°C	%9,1 artış; Isıl olmayan işlemler uygulandığında pastörizasyona kıyasla karotenoid, polifenol ve flavonoid içeriğinde önemli artış Ultrases-ultraviyole ışın kombinasyonunda en yüksek karotenoid ekstrakt edilebilirliği	8
Nar suyu	20 kHz, 19 mm çapında prob, genlik %75, 400 W/cm ² , 6 dk, 25±1°C	%17,7 artış (β-karotenlerde); Toplam ve monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivitesi ve renk değerlerinde önemli olmayan değişim	9
Portakal suyu	24 kHz, 105 µm, 33,31 W/mL, 20 dk, < 46°C	Artış bildirilmiş; Toplam karotenoid (özellikle α-karoten, β-karoten ve likopen) içeriğinde önemli artış; 10, 20 ve 30 dk uygulama koşullarında sıcaklığın 43-45°C'ye artışıyla kontrol ve 1 dk uygulanan örneklere kıyasla olumlu etki	10
Yıldız meyvesi suyu	44 kHz, 600 W, Ultrasonik banyo, 45°C	%32,4 azalma; Ultrases ve sıcaklık kombinasyonu uygulandığında toplam fenolik madde, flavonoid, askorbik asit içeriği, antioksidan aktivitesi, bulanıklık ve esmerleşme indeksinde önemli artış; Sıcaklığın 35°C'ye artışıyla karotenoid içeriğinde artış, daha yüksek sıcaklıklarda ise azalma; Sürenin artışıyla karotenoid seviyelerinde önemli olmayan artış	11

K: Kaynak; 1: Demir ve Kılınç (2018); 2: Aakil ve ark. (2015); 3: Aakil ve ark. (2018); 4: Campoli ve ark. (2018); 5: Martínez-Flores ve ark. (2015); 6: Jabbar ve ark. (2015); 7: Santhirasegaram ve ark. (2013b); 8: Santhirasegaram ve ark. (2013a); 9: Alighourchi ve ark. (2013); 10: Guerrouj ve ark. (2016); 11: Nayak ve ark. (2018)

Karotenoid seviyeleri, ultrases uygulama süresinin artışıyla ise önemli düzeyde olmayan artış göstermiştir (Nayak, 2018). Alighourchi ve ark. (2013) ise nar suyunda β-karoten içeriğinde %17,7 artış olduğunu ve ultrasesin nar suyunun kimyasal özellikleri ve görünümü üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmadığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise havuç suyuna uygulanan termosonikasyonun, özellikle likopen ve lutein miktarında artış sağladığı, 60°C, 10 dk koşullarında en yüksek karotenoid, lutein ve likopen içeriğinin belirlendiği bildirilmiştir (Jabbar ve ark., 2015). Demir ve Kılınç (2018), yaptıkları çalışmada, bal kabağı suyunda, 60°C'de uygulanan ultrases sonrasında karotenoid içeriğinde kontrole kıyasla önemli olmayan düzeyde değişim, 40 ve 50°C'lik uygulamalarda ise azalma olduğunu gözlemlenmişlerdir.

Sonuç

Isıl işlem uygulamalarının meyve suyu kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu etkileri azaltmak amacıyla, kullanılan ısıl olmayan işlemlerden biri de ultrases uygulamalarıdır. Meyve sularına uygulanan ultrases işlemlerinin biyoaktif bileşenler üzerine etkilerinin

belirlendiği çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, ultrases uygulama koşulları ve kullanılan meyvenin çeşidi gibi birçok özelliğe göre değişim gözlenmekle birlikte, armut ve dut sularının askorbik asit içeriğinde genellikle bir artış, portakal sularının askorbik asit içeriğinde ise genellikle bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Benzer şekilde çilek suyunda ultrases uygulaması sonrasında antosiyanin içeriğinde genellikle azalma olduğu bildirilse de artış olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur. Bu derlemede diğer flavanoid ve flavanoller içeriğindeki değişimlerin araştırıldığı çalışmalarda ise genellikle ultrases uygulaması sonrasında artış olduğu gözlemlenmiştir.

Ultrases uygulamalarının farklı meyve sularının biyoaktif bileşen içeriği üzerindeki etkileri yalnızca ultrases uygulama koşullarına değil, aynı zamanda ultrases uygulanan ortamın özelliklerine göre de değişim göstermektedir. Bu nedenle biyoaktif bileşenler üzerindeki ultrases etkisinin minimuma indirilebilmesi için farklı meyve çeşitlerinin sularında optimizasyon çalışmalarının yürütülmesi, ultrasesin meyve suyundaki biyoaktif bileşen üzerindeki etki mekanizmasının aydınlatılması konusunda ve meyve suyu sanayinde uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi açısından yararlı olacaktır.

Kaynaklar

- Aadil RM, Zeng XA, Han Z, Sun, DW. 2013. Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chem*, 141(3): 3201-3206. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.06.008.
- Aadil RM, Zeng XA, Zhang ZH, Wang MS, Han Z, Jing H, Jabbar S. 2015. Thermosonication: A potential technique that influences the quality of grapefruit juice. *Int J Food Sci Tech*, 50(5): 1275-1282.
- Aadil RM, Zeng XA, Han Z, Sahar A, Khalil AA, Rahman UU, Khan M, Mehmood T. 2018. Combined effects of pulsed electric field and ultrasound on bioactive compounds and microbial quality of grapefruit juice. *J Food Process Pres*, 42(2): e13507.
- Abdullah N, Chin NL. 2014. Application of thermosonication treatment in processing and production of high quality and safe-to-drink fruit juices. *Agric Agric Sci Proc*, 2: 320-327.
- Abid M, Jabbar S, Wu T, Hashim MM, Hu B, Lei S, Zhang X, Zeng X. 2013. Effect of ultrasound on different quality parameters of apple juice. *Ultrason Sonochem*, 20(5): 1182-1187.
- Abid M, Jabbar S, Hu B, Hashim, MM, Wu T, Lei S, Khan, MA, Zeng X. 2014b. Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrason Sonochem*, 21(3): 984-990. DOI: 10.1016/j.ultrsonch.2013.12.003.
- Abid M, Jabbar S, Hu B, Hashim MM, Wu T, Wu Z, Khan MA, Zeng X. 2014a. Synergistic impact of sonication and high hydrostatic pressure on microbial and enzymatic inactivation of apple juice. *LWT-Food Sci Technol*, 59(1): 70-76.
- Adekunte AO, Tiwari BK, Cullen PJ, Scannell AGM, O'donnell CP. 2010. Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chem*, 122(3): 500-507.
- Aghdam MA, Mirsaedghazi H, Aboonajmi M, Kianmehr MH. 2015. Effect of ultrasound on different mechanisms of fouling during membrane clarification of pomegranate juice. *Innov Food Sci Emerg*, 30: 127-131. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.05.008.
- Aguilar K, Garvín A, Ibarz A, Augusto PE. 2017. Ascorbic acid stability in fruit juices during thermosonication. *Ultrason Sonochem*, 37: 375-381.
- Alighourchi HR, Barzegar M, Sahar MA, Abbasi S. 2013. Effect of sonication on anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant capacity of pomegranate juices. *Int Food Res J*, 20(4).
- Alves Filho EG, Almeida FD, Cavalcante RS, de Brito ES, Cullen PJ, Frias JM, Bourke P, Fernandes FAN, Rodrigues S. 2016. 1H NMR spectroscopy and chemometrics evaluation of non-thermal processing of orange juice. *Food Chem*, 204: 102-107.
- Anaya-Esparza LM, Velázquez-Estrada RM, Sayago-Ayerdi SG, Sánchez-Burgos JA, Ramírez-Mares MV, de Lourdes García-Magana M, Montalvo-González E. 2017. Effect of thermosonication on polyphenol oxidase inactivation and quality parameters of soursoop nectar. *LWT-Food Sci Technol*, 75: 545-551.
- Awad TS, Moharram HA, Shaltout OE, Asker D, Youssef MM. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Res Int*, 48(2): 410-427.
- Ballard CR, Junior MRM. 2019. Health Benefits of Flavonoids. In: Segura Campos M. R. (ed.). *Bioactive Compounds*. the UK. Woodhead Publishing. pp. 185-201.
- Başlar M, Biranger Yıldırım H, Tekin ZH, Ertugay MF. 2016. Ultrasonic Applications for Juice Making. In: Ashokkumar, M. (ed.). *Handbook of Ultrasonics and Sonochemistry*. Springer Singapore. pp. 1225-1246.
- Bermudez-Aguirre D. (ed.). 2017. *Ultrasound: Advances in Food Processing and Preservation*, 1st edition. the UK. Academic Press.
- Bhat R, Goh KM. 2017. Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. *Food Chem*, 215: 470-476. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.160.
- Buniowska M, Carbonell-Capella JM, Frigola A, Esteve MJ. 2017. Bioaccessibility of bioactive compounds after non-thermal processing of an exotic fruit juice blend sweetened with *Stevia rebaudiana*. *Food Chem*, 221: 1834-1842.
- Bursać Kovačević D, Bilobrjk J, Buntić B, Bosiljkov T, Karlović S, Rocchetti G, Lucini L, Barba FJ, Lorenzo JM, Putnik P. 2019. High-power ultrasound altered the polyphenolic content and antioxidant capacity in cloudy apple juice during storage. *J Food Process Pres*, e14023.
- Campoli SS, Rojas ML, do Amaral JEPG, Canniatti-Brazaca SG, Augusto PED. 2018. Ultrasound processing of guava juice: Effect on structure, physical properties and lycopene in vitro accessibility. *Food Chem*, 268: 594-601.
- Cansino NC, Carrera GP, Rojas QZ, Olivares LD, García EA, Moreno ER. 2013. Ultrasound processing on green cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice: physical, microbiological and antioxidant properties. *J Food Process Technol*, 4(9).
- Carbonell-Capella JM, Buniowska M, Barba FJ, Grimi N, Vorobiev E, Esteve MJ, Frigola A. 2016. Changes of antioxidant compounds in a fruit juice-*Stevia rebaudiana* blend processed by pulsed electric technologies and ultrasound. *Food Bioprocess Technol*, 9(7): 1159-1168.
- Cassidy A. 2018. Berry anthocyanin intake and cardiovascular health. *Mol Aspects Med* 61: 76-82.
- Cemeroğlu B, Karadeniz F. 2004. Meyve Sebze İşleme Teknolojisi, 2. Baskı. Ankara, Türkiye, Bizim Grup Basımevi.
- Cervantes-Elizarrarás A, Piloni-Martini J, Ramírez-Moreno E, Alanís-García E, Güemes-Vera N, Gómez-Aldapa CA, Zafra-Rojas Q, del Socorro Cruz-Cansino N. 2017. Enzymatic inactivation and antioxidant properties of blackberry juice after thermoultrasound: Optimization using response surface methodology. *Ultrason Sonochem*, 34: 371-379.
- Chemat F, Khan MK. 2011. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrason Sonochem*, 18(4): 813-835.
- Chemat F, Rombaut N, Meullemiestre A, Turk M, Perino S, Fabiano-Tixier AS, Abert-Vian M. 2017. Review of green food processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innov Food Sci Emerg*, 41: 357-377.
- Chen L, Bi X, Cao X, Liu L, Che Z. 2018. Effects of high-power ultrasound on microflora, enzymes and some quality attributes of a strawberry drink. *J Sci Food Agr*, 98(14): 5378-5385.
- Cheng LH, Soh CY, Liew SC, Teh FF. 2007. Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. *Food Chem*, 104(4): 1396-1401.
- Dabir MP, Ananthanarayan L. 2017. Effect of thermosonication on peroxidase, pectin methylesterase activities and on bioactive compounds in custard apple juice. *J Food Meas Charact*, 11(4): 1623-1629.
- Dai J, Mumper RJ. 2010. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10): 7313-7352.
- Dars AG, Hu K, Liu Q, Abbas A, Xie B, Sun Z. 2019. Effect of Thermo-Sonication and Ultra-High Pressure on the Quality and Phenolic Profile of Mango Juice. *Foods*, 8(8): 298.
- Decker EA, Elias RJ, McClements DJ. (Eds.). 2010. *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications: management in different industry sectors*. 1st edition. the UK: Cambridge. Woodhead Publishing.
- del Socorro Cruz-Cansino N, Ramírez-Moreno E, León-Rivera JE, Delgado-Olivares L, Alanís-García E, Ariza-Ortega JA, Manríquez-Torres JJ, Jaramillo-Bustos DP. 2015. Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment. *Ultrason Sonochem*, 27: 277-286.

- Demir H, Kılınc A. 2018. Termosonikasyon uygulamasının bal kabağı suyunun biyoaktif bileşen ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. *GIDA*, 43(5): 787-799.
- Dias DDRC, Barros ZMP, de Carvalho CBO, Honorato FA, Guerra NB, Azoubel PM. 2015. Effect of sonication on soursop juice quality. *LWT-Food Sci Technol*, 62(1): 883-889.
- Dinçer C, Topuz A. 2015. Inactivation of *Escherichia coli* and quality changes in black mulberry juice under pulsed sonication and continuous thermosonication treatments. *J Food Process Pres*, 39(6): 1744-1753.
- Dubrović I, Herceg Z, Režek Jambrak A, Badanjak M, Dragović-Uzelac V. 2011. Effect of high intensity ultrasound and pasteurization on anthocyanin content in strawberry juice. *Food Technol Biotech*, 49(2): 196-204.
- Dündar B, Ağcam E, Akyıldız A. 2019. Optimization of thermosonication conditions for cloudy strawberry nectar with using of critical quality parameters. *Food Chem*, 276: 494-502. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.10.028.
- Eggersdorfer M, Wyss A. 2018. Carotenoids in human nutrition and health. *Arch Biochem Biophys*, 652: 18-26.
- El-Agamey A, Lowe GM, McGarvey DJ, Mortensen A, Phillip DM, Truscott TG, Young AJ. 2004. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Arch Biochem Biophys*, 430(1): 37-48.
- Engmann FN, Ma Y, Tchabo W, Ma H. 2015. Ultrasonication Treatment Effect on Anthocyanins, Color, Microorganisms and Enzyme Inactivation of Mulberry (*Moraceae nigra*) Juice. *J Food Process Pres*, 39(6): 854-862.
- Ercan SŞ, Soysal Ç. 2013. Use of ultrasound in food preservation. *Nat Sci*, 5(08): 5.
- Farhadi Chitgar M, Aalami M, Maghsoudlou Y, Milani E. 2017. Comparative study on the effect of heat treatment and sonication on the quality of barberry (*Berberis vulgaris*) juice. *J Food Process Pres*, 41(3): e12956.
- Fenech M, Amaya I, Valpuesta V, Botella MA. 2018. Vitamin C content in fruits: Biosynthesis and regulation. *Front Plant Sci*, 9.
- Fonteles TV, Leite AKF, Silva ARA, Carneiro APG, de Castro Miguel E, Cavada BS, Fernandes FA, Rodrigues S. 2016. Ultrasound processing to enhance drying of cashew apple bagasse puree: Influence on antioxidant properties and in vitro bioaccessibility of bioactive compounds. *Ultrason Sonochem*, 31: 237-249.
- Fonteles TV, Rodrigues S. 2018. Prebiotic in fruit juice: processing challenges, advances, and perspectives. *Curr Opin Food Sci*, 22: 55-61.
- Fufa BK, Liben MD. 2018. Microbiological quality of fruit juices sold in cafes and restaurants of Shewarobit town, Amhara, Ethiopia. *Afr J Microbiol Res*, 12(26): 623-628.
- Gómez-López VM, Orsolani L, Martínez-Yépez A, Tapia MS. 2010. Microbiological and sensory quality of sonicated calcium-added orange juice. *LWT-Food Sci Technol*, 43(5): 808-813.
- Guerrero SN, Ferrario M, Schenk M, Carrillo MG. 2017. Hurdle technology using ultrasound for food preservation. In: Bermudez-Aguirre, D. (ed.). *Ultrasound: advances for food processing and preservation*. the UK. Academic Press. pp. 39-99.
- Guerrouj K, Sánchez-Rubio M, Taboada-Rodríguez A, Cava-Roda RM, Marín-Iniesta F. 2016. Sonication at mild temperatures enhances bioactive compounds and microbiological quality of orange juice. *Food Bioprod Proces*, 99: 20-28.
- Han QQ, Shen TT, Wang F, Wu PF, Chen JG. 2018. Preventive and therapeutic potential of vitamin C in mental disorders. *Curr Med Sci*, 38(1): 1-10.
- Herceg Z, Lelas V, Režek Jambrak A, Vukušić T, Levaj B. 2015. Influence of thermo-sonication on microbiological safety, color and anthocyanins content of strawberry juice. *J of Hyg Eng and Design*.
- Huang G, Chen S, Dai C, Sun L, Sun W, Tang Y, Xiong F, He R, Ma H. 2017. Effects of ultrasound on microbial growth and enzyme activity. *Ultrason Sonochem*, 37: 144-149.
- Irkilmez MU, Başlar M, Sağdıç O, Arici M, Ertugay MF. 2017. The effect of ultrasonic treatments on turbidity, microbial load, and polyphenol oxidase (PPO) activity of plum nectar. *J Food Meas Charact*, 11(2): 380-387. DOI: 10.1007/s11694-016-9406-0.
- Jabbar S, Abid M, Hu B, Hashim MM, Saeeduddin M, Lei S, Wu T, Zeng X. 2014b. Influence of sonication and high hydrostatic pressure on the quality of carrot juice. *Int J Food Sci Technol*, 49(11): 2449-2457.
- Jabbar S, Abid M, Hu B, Hashim MM, Lei S, Wu T, Zeng X. 2015. Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing. *J Food Sci Tech*, 52(11): 7002-7013.
- Jabbar S, Abid M, Wu T, Hashim MM, Hu B, Lei S, Zhu X, Zeng X. 2014a. Study on combined effects of blanching and sonication on different quality parameters of carrot juice. *Int J Food Sci Nutr*, 65(1): 28-33.
- Jambrak AR, Herceg Z. 2014. Application of ultrasonics in food preservation and processing. In: Bhattacharya S.(ed.). *Conventional and Advanced Food Processing Technologies*. John Wiley & Sons Ltd. pp. 515-536.
- Jermann C, Koutchma T, Margas E, Leadley C, Ros-Polski V. 2015. Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innov Food Sci Emerg*, 31: 14-27.
- Jiang B, Mantri N, Hu Y, Lu J, Jiang W, Lu H. 2015. Evaluation of bioactive compounds of black mulberry juice after thermal, microwave, ultrasonic processing, and storage at different temperatures. *Food Sci Technol Int*, 21(5): 392-399.
- Jiménez-Sánchez C, Lozano-Sánchez J, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A. 2017. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: Techniques and applications. *Crit Rev Food Sci*, 57(3): 501-523.
- Kasprzak, MM, Erxleben A, Ochocki J. 2015. Properties and applications of flavonoid metal complexes. *Rsc Adv*, 5(57): 45853-45877.
- Kentish S, Ashokkumar M. 2011. The physical and chemical effects of ultrasound. Barbosa-Canovas G, Weiss J. (eds.). New York: Springer. pp. 1-12.
- Khandpur P, Gogate PR. 2015. Effect of novel ultrasound based processing on the nutrition quality of different fruit and vegetable juices. *Ultrason Sonochem*, 27: 125-136.
- Knorr D, Zenker M, Heinz V, Lee DU. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends Food Sci Tech*, 15(5): 261-266.
- Koshani R, Ziaee E, Niakousari M, Golmakani MT. 2015. Optimization of Thermal and Thermosonication Treatments on Pectin Methyl Esterase Inactivation of Sour Orange Juice (*Citrus aurantium*). *J Food Process Pres*, 39(6): 567-573.
- Kozłowska A, Szostak-Wegierek D. 2014. Flavonoids-food sources and health benefits. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 65(2).
- Kumar Y, Patel KK, Kumar V. 2015. Pulsed electric field processing in food technology. *Int J Eng Stud and Tech Approach*, 1(2): 6-17.
- Kumari B, Tiwari BK, Hossain MB, Rai DK, Brunton NP. 2017. Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from potato peels: profiling and kinetic modelling. *Int J Food Sci Tech*, 52(6): 1432-1439.
- Lafarga T, Ruiz-Aguirre I, Abadias M, Viñas I, Bobo G, Aguiló-Aguayo I. 2019. Effect of thermosonication on the bioaccessibility of antioxidant compounds and the microbiological, physicochemical, and nutritional quality of an anthocyanin-enriched tomato juice. *Food Bioprocess Technol*, 12(1): 147-157. DOI: 10.1007/s11947-018-2191-5.
- Langi P, Kiokias S, Varzakas T, Proestos C. 2018. Carotenoids: From plants to food and feed industries. In: Barreiro C, Barredo JL. (eds.). *Microbial Carotenoids*. New York: NY. Humana Press. 1852: 57-71. DOI: 10.1007/978-1-4939-8742-9.

- Lima JR, Elizondo NJ, Bohuon P. 2010. Kinetics of ascorbic acid degradation and colour change in ground cashew apples treated at high temperatures (100–180 °C). *Int J Food Sci Tech*, 45(8): 1724-1731.
- Lima GPP, Vianello F, Corrêa CR, Campos RADS, Borguini MG. 2014. Polyphenols in fruits and vegetables and its effect on human health. *Food Nutr Sci*, 1065-1082.
- Manríquez-Torres J, Sánchez-Franco J, Ramírez-Moreno E, Cruz-Cansino N, Ariza-Ortega J, Torres-Valencia J. 2016. Effect of thermoultrasound on the antioxidant compounds and fatty acid profile of blackberry (*Rubus fruticosus* spp.) juice. *Molecules*, 21(12): 1624.
- Martínez-Flores HE, Garnica-Romo MG, Bermúdez-Aguirre D, Pokhrel PR, Barbosa-Cánovas GV. 2015. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. *Food Chem*, 172: 650-656.
- Miano AC, Ibarz A, Augusto PED. 2016. Mechanisms for improving mass transfer in food with ultrasound technology: Describing the phenomena in two model cases. *Ultrason Sonochem*, 29: 413-419. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2015.10.020.
- Mohideen FW, Solval KM, Li J, Zhang J, Chouljenko A, Chotiko A, Prudente A, Bankston JD, Sathivel S. 2015. Effect of continuous ultra-sonication on microbial counts and physico-chemical properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. *LWT-Food Sci Technol*, 60(1): 563-570.
- Moses JA, Rajauria G, Tiwari BK. 2017. Effect of Ultrasound on Anthocyanins. In: Villamiel M, García-Pérez JV, Montilla A, Carcel JA, Benedito J. (eds.). *Ultrasound in Food Processing: Recent Advances*. the UK. John Wiley & Sons Ltd. pp. 485-505.
- Nafar M, Emam-Djomeh Z, Yousefi S, Hashemi Ravan M. 2013. An optimization study on the ultrasonic treatments for *Saccharomyces cerevisiae* inactivation in red grape juice with maintaining critical quality attributes. *J Food Quality*, 36(4): 269-281.
- Nayak PK, Chandrasekar CM, Kesavan RK. 2018. Effect of thermosonication on the quality attributes of star fruit juice. *J Food Process Eng*, 41(7): e12857.
- Nguyen VPT, Le TT, Le VVM. 2013. Application of combined ultrasound and cellulase preparation to guava (*Psidium guajava*) mash treatment in juice processing: optimization of biocatalytic conditions by response surface methodology. *Int Food Res J*, 20(1): 377.
- Nguyen C, Nguyen H. 2018. Ultrasonic Effects on the Quality of Mulberry Juice. *Beverages*, 4(3): 56.
- Ojha KS, O'Donnell CP, Kerry JP, Tiwari BK. 2016. Ultrasound and food fermentation. In: **Ojha KS, Tiwari BK.** (Eds.), *Novel food fermentation Technologies*, Springer, Cham, pp. 125-142.
- Ojha KS, Tiwari BK, O'Donnell CP. 2018. Effect of Ultrasound Technology on Food and Nutritional Quality. In: Toldra, F.(ed.). *Advances in food and nutrition research*. the UK. Academic Press. pp. 207-240. DOI: 10.1016/bs.afnr.2018.01.001.
- Onur T. 2015. Sudaki Ultrases Hızının Sıcaklığa ve Tuzluluğa Bağlılığının İncelenmesi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 27(2): 37-41.
- Orsat V, Raghavan GV. 2014. Radio-frequency processing. In: Sun DW (ed.). *Emerging technologies for food processing*, the UK. Academic Press. pp. 385-398.
- Ozcan T, Akpınar-Bayazit A, Yılmaz-Ersan L, Delikanlı B. 2014. Phenolics in human health. *Int J Chem Eng Appl*, 5(5): 393.
- Ozkan G, Guldiken B, Capanoglu E. 2019. Effect of Novel Food Processing Technologies on Beverage Antioxidants. In: Grumezescu A, Holban AM. (Eds.), *Processing and Sustainability of Beverages*. the UK. Woodhead Publishing. pp. 413-449.
- Pakbin B, Rezaei K, Haghghi M. 2015. An introductory review of applications of ultrasound in food drying processes. *J Food Process Technol*, 6(1): 1.
- Pala ÇU, Zorba NND, Özcan G. 2015. Microbial inactivation and physicochemical properties of ultrasound processed pomegranate juice. *J Food Protect*, 78(3): 531-539.
- Panche AN, Diwan AD, Chandra SR. 2016. Flavonoids: an overview. *J Nutr Sci*, 5.
- Paniwnyk L. 2017. Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. *Ultrason Sonochem*, 38: 794-806. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.12.025.
- Pazır F, Turan F. 2017. Meyve ve sebzelede karşılaşılabilen bazı pestisit kalıntılarının uzaklaştırılmasında kullanılan çeşitli yöntemler. *Food and Health*, 3(3): 109-116.
- Pérez-Grijalba B, García-Zebadúa JC, Ruiz-Pérez VM, Téllez-Medina DI, García-Pinilla S, Guzmán-Gerónimo RI, Mora-Escobedo R. (2018). Biofunctionality, colorimetric coefficients and microbiological stability of blackberry (*Rubus fruticosus* var. Himalaya) juice under microwave/ultrasound processing. *Rev Mex Ing Quím*, 17(1): 13-28.
- Pokhrel PR, Bermúdez-Aguirre D, Martínez-Flores HE, Garnica-Romo MG, Sablani S, Tang J, Barbosa-Cánovas GV. 2017. Combined effect of ultrasound and mild temperatures on the inactivation of *E. coli* in fresh carrot juice and changes on its physicochemical characteristics. *J Food Sci*, 82(10): 2343-2350.
- Portenlänger G, Heusinger H. 1992. Chemical reactions induced by ultrasound and γ -rays in aqueous solutions of *L*-ascorbic acid. *Carbohydr Res*, 232(2): 291-301.
- Qiao L, Sun Y, Chen R, Fu Y, Zhang W, Li X, Chen J, Shen Y, Ye X. 2014. Sonochemical effects on 14 flavonoids common in citrus: relation to stability. *Plos One*, 9(2): e87766.
- Rawson A, Tiwari BK, Patras A, Brunton N, Brennan C, Cullen PJ, O'Donnell C. 2011. Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice. *Food Res Int*, 44(5): 1168-1173.
- Rehman MU, Jawaid P, Uchiyama H, Kondo T. 2016. Comparison of free radicals formation induced by cold atmospheric plasma, ultrasound, and ionizing radiation. *Arch Biochem Biophys*, 605: 19-25.
- Reque PM, Steffens RS, Jablonski A, Flóres SH, Rios ADO, de Jong EV. 2014. Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *J Food Compos Anal*, 33(1): 111-116.
- Rodríguez-Casado A. 2016. The health potential of fruits and vegetables phytochemicals: notable examples. *Crit Rev Food Sci*, 56(7): 1097-1107.
- Rodríguez Ó, Eim V, Rosselló C, Femenia A, Cárcel JA, Simal S. 2018. Application of power ultrasound on the convective drying of fruits and vegetables: effects on quality. *J Sci Food Agr*, 98(5): 1660-1673.
- Rojas ML, Leite TS, Cristianini M, Alvim ID, Augusto PE. 2016. Peach juice processed by the ultrasound technology: Changes in its microstructure improve its physical properties and stability. *Food Res Int*, 82: 22-33.
- Rojas ML, Miano AC, Augusto PE. 2017. Ultrasound processing of fruit and vegetable juices. In: Bermudez-Aguirre D.(ed.). *Ultrasound: Advances for food processing and preservation*. the UK. Academic Press. pp. 181-199.
- Ruiz-De Anda D, Ventura-Lara MG, Rodríguez-Hernández G, Ozuna C. 2019. The impact of power ultrasound application on physicochemical, antioxidant, and microbiological properties of fresh orange and celery juice blend. *J Food Meas Charact*, 1-9.
- Rutkowska M, Namieśnik J, Konieczka P. 2017. Ultrasound-Assisted Extraction. In: Pena-Pereira F, Tobiszewski M. (Eds.), *The Application of Green Solvents in Separation Processes*. Elsevier. pp. 301-324.

- Saad SM, Abd Elaleem IM, Foda FFA, Eissa HA, Abdelmoniem GM, Ibrahim WA. 2013. Effects of thermosonication on apple and guava juices quality. *J Appl Sci Res*, 9(8): 5323-5336.
- Saeeduddin M, Abid M, Jabbar S, Wu T, Hashim MM, Awad FN, Hu B, Lei S, Zeng X. 2015. Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. *LWT-Food Sci Technol*, 64(1): 452-458.
- Saeeduddin M, Abid M, Jabbar S, Hu B, Hashim MM, Khan MA, Xie M, Wu T, Zeng X. 2016. Physicochemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of sonicated pear juice. *Int J Food Sci Tech*, 51(7): 1552-1559.
- Saeeduddin M, Abid M, Jabbar S, Wu T, Yuan Q, Riaz A, Hu B, Zhou L, Zeng X. 2017. Nutritional, microbial and physicochemical changes in pear juice under ultrasound and commercial pasteurization during storage. *J Food Process Pres*, 41(6): e13237.
- Saikia S, Mahnot NK, Mahanta CL. 2016. A comparative study on the effect of conventional thermal pasteurisation, microwave and ultrasound treatments on the antioxidant activity of five fruit juices. *Food Sci Technol Int*, 22(4): 288-301.
- Saini RK, Nile SH, Park SW. 2015. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Res Int*, 76: 735-750.
- Sangeetha KS, Umamaheswari S, Reddy CUM, Kalkura SN. 2016. Flavonoids: Therapeutic potential of natural pharmacological agents. *Int J Pharmaceut Sci Res*, 7(10): 3924.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., Somasundram, C. (2013b). Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Ultrason Sonochem*, 20(5): 1276-1282.
- Santhirasegaram V, Razali Z, Somasundram C. 2013a. Physicochemical, nutritional, microbial, and sensory analysis of thermal and non-thermal processed 'Chokanan' Mango (*Mangifera indica* L.) juice. In: Acedo Jr AL, Kanlayanarat S. (Eds.), II Southeast Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems. Vientiane. Laos. pp. 573-577.
- Santos V, Rodrigues S, Fernandes F. 2018. Improvements on the stability and vitamin content of acerola juice obtained by ultrasonic processing. *Foods*, 7(5): 68.
- Selamoğlu Z. 2017. Polyphenolic compounds in human health with pharmacological properties. *J Tradit Med Clin Naturopathy*, 6(04).
- Septembre-Malaterre A, Remize F, Poucheret P. 2018. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Res Int*, 104: 86-99.
- Sethi S, Anurag RK, Kumar Y, Chauhan OP. 2019. Combination of Non-thermal Processes and their Hurdle Effect. In: Chauhan OP (ed.). Non-thermal Processing of Foods. the USA. CRC Press. pp. 329-373.
- Shaheer CA, Hafeeda P, Kumar R, Kathiravan T, Kumar D, Nadanasabapathi S. 2014. Effect of thermal and thermosonication on anthocyanin stability in jamun (*Eugenia jambolana*) fruit juice. *Int Food Res J*, 21(6).
- Smuda M, Glomb MA. 2013. Maillard degradation pathways of vitamin C. *Angew Chem Int Edit*, 52(18): 4887-4891.
- Sun Y, Zhong L, Cao L, Lin W, Ye X. 2015. Sonication inhibited browning but decreased polyphenols contents and antioxidant activity of fresh apple (*Malus pumila mill*, cv. Red Fuji) juice. *J Food Sci Technol*, 52(12): 8336-8342.
- Taşdelen G. 2013. *Onopordum Anatolicum* (Boiss.) Boiss. & Heldr. ex eig endemik türünün antioksidan aktivitesi, antibakteriyel ve sitotoksik etkilerinin araştırılması. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Denizli, Türkiye, 64 s.
- Teh SS, Birch EJ. 2014. Effect of ultrasonic treatment on the polyphenol content and antioxidant capacity of extract from defatted hemp, flax and canola seed cakes. *Ultrason Sonochem*, 21(1): 346-353.
- Tiwari BK, Muthukumarappan K, O'Donnell CP, Cullen PJ. 2008b. Effects of sonication on the kinetics of orange juice quality parameters. *J Agr Food Chem*, 56(7): 2423-2428.
- Tiwari BK, O'Donnell CP, Cullen PJ. 2009d. Effect of sonication on retention of anthocyanins in blackberry juice. *J Food Eng*, 93(2): 166-171
- Tiwari BK, O'Donnell CP, Muthukumarappan K, Cullen PJ. 2009b. Ascorbic acid degradation kinetics of sonicated orange juice during storage and comparison with thermally pasteurised juice. *LWT-Food Sci Technol*, 42(3): 700-704.
- Tiwari BK, O'Donnell CP, Patras A, Cullen PJ. 2008a. Anthocyanin and ascorbic acid degradation in sonicated strawberry juice. *J Agr Food Chem*, 56(21): 10071-10077.
- Tiwari BK, O'Donnell CP, Muthukumarappan K, Cullen PJ. 2009a. Effect of sonication on orange juice quality parameters during storage. *J Food Sci Tech*, 44(3): 586-595.
- Tiwari BK, O'Donnell CP, Patras A, Brunton N, Cullen PJ. 2009c. Stability of anthocyanins and ascorbic acid in sonicated strawberry juice during storage. *Eur Food Res Technol*, 228(5): 717-724.
- Tiwari BK, Patras A, Brunton N, Cullen PJ, O'donnell CP. 2010. Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. *Ultrason Sonochem*, 17(3): 598-604.
- Tomadoni B, Moreira MDR, Espinosa JP, Ponce A. 2017. Individual and combined effects of pomegranate extract and ultrasonic treatments on kiwifruit juice quality parameters. *J Food Process Eng*, 40(1): e12339.
- Türken T, Erge HS. 2017. Effect of ultrasound on some chemical and microbiological properties of sour cherry juice by response surface methodology. *Food Sci Tech Int*, 23(6): 540-549.
- Valdramidis VP, Cullen PJ, Tiwari BK, O'donnell CP. 2010. Quantitative modelling approaches for ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning of orange juice during ultrasound processing. *J Food Eng*, 96(3): 449-454.
- Vincente AR, Manganaris GA, Ortiz CM, Sozzi GO, Crisosto CH. 2014. Nutritional quality of fruits and vegetables. In: Prussia SE, Shewfelt RL, Florkowski WJ. (Eds.). Postharvest handling. the UK. Academic Press. pp. 69-122.
- Wang CY, Huang HW, Hsu CP, Yang BB. 2016. Recent advances in food processing using high hydrostatic pressure technology. *Crit Rev Food Sci*, 56(4): 527-540.
- Weber F, Larsen LR. 2017. Influence of fruit juice processing on anthocyanin stability. *Food Res Int*, 100: 354-365.
- Yahia EM, García-Solís P, Celis MEM. 2019. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. In: Yahia E, Carrillo-Lopez A. (Eds.). Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables. 1st edition. the UK. Woodhead Publishing. pp. 19-45.
- Yousuf B, Gul K, Wani AA, Singh P. 2016. Health benefits of anthocyanins and their encapsulation for potential use in food systems: a review. *Crit Rev Food Sci*, 56(13): 2223-2230.
- Yusof NSM, Babgi B, Alghamdi Y, Aksu M, Madhavan J, Ashokkumar M. 2016. Physical and chemical effects of acoustic cavitation in selected ultrasonic cleaning applications. *Ultrason Sonochem*, 29: 568-576.
- Yüksel F. (2013). Gıda Teknolojisinde Ultrases Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Dergisi*, 8(2): 29-38.
- Zhang ZH, Wang LH, Zeng XA, Han Z, Brennan CS. 2019. Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review. *Int J Food Sci Technol*, 54(1): 1-13.
- Zou Y, Hou X. 2017. Sonication enhances quality and antioxidant activity of blueberry juice. *Food Sci Technol*, 37(4): 599-603.
- Zou Y, Jiang A. 2016. Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice.