



TERMOSONİKASYON UYGULAMASININ BAL KABAĞI SUYUNUN BİYOAKTİF BİLEŞEN VE ANTİOKSİDAN KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hande Demir*, Ayşe Kılınç

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Karacaoğlan Yerleşkesi,
Osmaniye, Türkiye

Geliş / *Received*: 13.06.2018; Kabul / *Accepted*: 27.08.2018; Online baskı / *Published online*: 01.10.2018

Demir, H., Kılınç, A. (2018). Termosonikasyon uygulamasının bal kabağı suyunun biyoaktif bileşen ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. *GIDA* (2018) 43 (5) 787-799 doi: 10.15237/gida.GD18070

Demir, H., Kılınç, A. (2018). Effect of thermosonication on the bioactive components and antioxidant capacity of pumpkin juice. GIDA (2018) 43 (5) 787-799 doi: 10.15237/gida.GD18070

ÖZ

Bu çalışmada; son yıllarda, beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle birçok araştırmacının dikkatini çekmeyi başaran bal kabağından (*Cucurbita moschata* Butternut) elde edilen bal kabağı suyuna termosonikasyon uygulaması üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla; termosonikasyon (40, 50, 60 °C, 30 dak, 37 kHz) uygulanan bal kabağı suyu örneklerinin toplam fenolik madde konsantrasyonu, toplam flavonoid madde miktarı, toplam karotenoid miktarı ve antioksidan kapasite değerleri ultrasonikasyon (23 °C, 30 dak, 37 kHz) ve geleneksel ısı işlem (40, 50, 60, 70, 80 °C, 15 dak) uygulamaları ile karşılaştırılmış olup, sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Meyve ve sebze sularının tüketici sağlığı açısından önem taşıyan özelliklerinin başında sahip olduğu biyoaktif bileşenler ve antioksidan kapasitesi gelir. Yapılan çalışmanın, yeni bir ürün olan bal kabağı suyunun, tüketici sağlığına en uygun şekilde üretilebilmesi için, üreticilere pastörizasyon yöntem ve parametreleri konusunda fikir verdiği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Bal kabağı suyu, termosonikasyon, biyoaktif bileşen, antioksidan kapasite

EFFECT OF THERMOSONICATION ON THE BIOACTIVE COMPONENTS AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF PUMPKIN JUICE

ABSTRACT

In this study, thermosonication treatment on the pumpkin juice obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Butternut) which has recently gained the attention of researchers due to its positive effects on health and nutrition was studied. For this purpose, total phenolics, total flavonoids and total carotenoids content and antioxidant capacity values of thermosonicated (40, 50, 60 °C, 30 min, 37 kHz) pumpkin juice samples were compared to the ultrasonicated (23 °C, 30 min, 37 kHz) and conventional heat-treated (40, 50, 60, 70, 80 °C, 15 min) ones via the statistical analysis. Bioactive components and antioxidant capacity of fruit or vegetable juices are the major properties serving the health of consumers. This study is believed to give idea to the manufacturers on the pasteurization methods and parameters that helps production of pumpkin juice proper for consumer's health.

Keywords: Pumpkin juice, thermosonication, bioactive components, antioxidant capacity

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ hande.genckal@gmail.com,

☎ (+90) 328 827 1000 / 3654

☎ (+90) 328 827 1046

GİRİŞ

Bal kabağı, *Cucurbitaceae* familyasına ait yıllık otsu bir bitkidir. Son yıllarda, beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle birçok araştırmacının dikkatini çekmeye başlamıştır (Darrudi vd., 2018). FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün) yayımlanmış olduğu son 10 yılda dünyadaki üretim miktarı verilerine bakıldığında, Türkiye kabak üretiminde 414542 ton ile onuncu sırada bulunmaktadır (FAOSTAT 2018). Bu çalışmada kullanılan *Cucurbita moschata*'nın pektin, mineral tuzları, karotenoidler, A vitamini gibi vücut için önemli biyoaktif bileşikler içerdiği bilinmektedir (Aydın 2014). *Cucurbita moschata* hakkında yapılan çalışmalar sonucu, A vitamini eksikliğinde oluşan görme bozuklukları, diyabet, kanser, hipertansiyon, yüksek kolesterol, mide, kolon kanseri, akciğer, göğüs, gibi hastalıkların riskinin azaltılmasında rol oynadığı için, bal kabağının daha fazla tüketilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Noelia vd., 2011). Meyveler ve sebzeler, insan sağlığı için diyetin önemli ve ayrılmaz bir parçasıdır ve vücut için gerekli vitaminleri, mineralleri, karotenoidleri, flavonoidleri ve diyet lifini önemli miktarda içermektedir (Khandpur ve Gogate 2016). Ülkemiz meyve ve sebze çeşitliliği ve üretimi açısından zengin bir ülkedir. Bu durum meyve ve sebze suyuna olan ilgiyi arttırmaktadır (Taştan 2014). Meyve ve sebze suları; su (%80–95), vitamin ve mineraller açısından insan sağlığına yararlı bileşenleri içerdiklerinden yüksek besin değerine sahip içecekler olup, yüksek miktarda su içerdiklerinden mikrobiyolojik stabiliteleri çok düşüktür (Dinçer 2014). Meyve ve sebze suyu endüstrisinde, mikrobiyel inaktivasyon için en yaygın olarak kullanılan yöntem ısı işlemlerdir (Dinçer ve Topuz, 2018). Ancak, bu yöntemler ile vitamin, tat, renk, duyuşal özellikler gibi çeşitli kalite parametrelerinde önemli kayıplar oluşmaktadır. Bu etkilerden uygulanan yüksek sıcaklık sorumludur ve besin bileşenlerinin kaybı, lezzet, tat ve dokudaki değişiklikler gözlelenebilir ve çoğu zaman ürünü geliştirmek için katkı maddelerine ihtiyaç duyulur (Martini 2013). Artan tüketici talebi nedeniyle, pastörizasyon ve sterilizasyon için alternatif yöntemler arandığında, besin içeriği ve genel gıda kalitesi üzerinde nispeten daha olumlu etkileri nedeniyle yeni gıda

işleme yöntemleri önem kazanmaktadır (Piyasena vd., 2013). Ultrasonikasyon, gıdaların korunması ve kalitenin iyileştirilmesi için geleneksel olmayan bir işleme teknolojisi olarak kabul edilmektedir (Cao vd., 2018). Ultrasonikasyon çalışmaları çoğunlukla bitkisel kaynaklardan değerli madde ekstraksiyonu üzerine yoğunlaşmıştır (Tavman vd., 2009; Çağdaş vd., 2011). Ultrases işleme veya sonikasyon, gıda endüstrisinde potansiyel alternatif teknolojilerden biridir. Sonikasyon tek başına gıdadaki bakterileri öldürmede çok etkili değildir; ancak, basınç ve/veya ısı ile birleştirilmiş ultrases kullanımı ümit vaat etmektedir (Ercan ve Soysal, 2011). Ultrases ve ısı uygulaması, termosonikasyon (TS) olarak adlandırılmaktadır. Isı ve ultrases kombine kullanımının, ısı işlemlerin zaman ve/veya sıcaklıklarında (%25–50 oranında) azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Sıcaklığın ve/veya işlem süresinin azaltılması ise gıda kalitesinin iyileştirilmesine neden olmaktadır (Demirdöven ve Baysal, 2009). Ülkemizde bal kabağı üretimi yapılmaktadır, ancak bal kabağı suyu üretimi henüz yapılmamaktadır. Çin, Hindistan gibi bal kabağı üretimi fazla olan ülkelerde bal kabağı suyu üretilmektedir ve bal kabağından üretilen birçok ürün gıda sektöründe yerini almaktadır. Meyve suyu ve pastacılık sektöründe bal kabağı suyu ve konsantrisinin kullanılması mümkündür. Bal kabağı meyvesinin bütün özellikleri göz önünde bulundurularak hammadde olarak yeni kullanım alanlarına sunmak amacıyla değişik işleme yöntemlerinin geliştirilmesi bu sebzeyle katma değer kazandırılması açısından önem taşımaktadır. pH derecesi 4.5 ve altında olan gıdalar 100 °C'nin altında sıcaklık derecelerinde pastörize edilerek dayanıklı hale getirilebildikleri bilinmektedir (Cemeroğlu, 2011). Bal kabağı suyu, pastörizasyon uygulaması yapılabilmesi için bu çalışma kapsamında pH değeri 4.3'e ayarlanarak asitlendirilmiştir.

Bu amaçla bu çalışma kapsamında; bal kabağı suyunda geleneksel ısı işlem ve son yıllarda sıkça kullanılan düşük sıcaklıklarda ultrases ile pastörizasyon işlemi uygulamalarının, ürünün toplam fenolik madde konsantrasyonu, toplam flavonoid madde miktarı, toplam karotenoid

miktarı ve antioksidan kapasite değerleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bal kabağı suyu üretimi için gerekli olan bal kabakları (*Cucurbita moschata* Butternut) Osmaniye’de bulunan bir manavdan temin edilmiştir. Bu çalışmada toplam 5 adet bal kabağı kullanılmış olup, bu bal kabakları Eylül, 2017 döneminde hasat edilmiştir. Bal kabaklarının hasarsız, çürümemiş, boyunlu, ten rengi kabuk rengine ve turuncu et rengine sahip olmasına dikkat edilmiştir.

Yöntem

Bal Kabağı Suyu Üretimi

Bal kabakları (kabuklu) sirkeli suda yaklaşık 10 dak bekletildikten sonra musluk suyunda yıkanmıştır.

$$Verim (\%) = \frac{(\text{sebze ağırlığı (g)} - (\text{sebze kabuğu (g)} + \text{posa (g)}))}{(\text{sebze ağırlığı (g)})} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Ultrasonikasyon, Termosonikasyon ve Isıl İşlem Uygulamaları

Bal kabağı suyu örnekleri, belirtilen yöntemle üretildikten sonra plastik kapaklı cam tüplere 10 mL hacimde dağıtılmıştır. Örnek içeren bu tüpler ultrasonikasyon (US) ve termosonikasyon (TS) uygulaması için sıcaklığı (23, 40, 50, 60 °C) ayarlanmış olan ultrasonik (Elmasonic ultrasonic E-100H, Almanya) su banyosunun merkezine dik bir şekilde yerleştirilmiştir. 37 kHz frekansta, 150 W etkin ultrasonik güç ile çalışan bu su banyosunda numuneler 30 dakika muamele edilmiştir. Isıl işlem (İİ) uygulaması için ise örnek içeren tüpler, benzer şekilde istenilen sıcaklığa (40, 50, 60, 70, 80 °C) ayarlanmış olan su banyosunda (Precisdig, JP Selecta S.A., İspanya) 15 dakika muamele edilmiştir. Bu sürelerin sonunda bal kabağı suyu içeren tüpler analizleri yapılmak üzere su banyosundan çıkartılarak buzlu suya daldırılmıştır.

Her üç uygulama çeşidinde de deney tüplerinin su seviyesinin altında kalacak şekilde su banyosuna yerleştirilmesine ve ısı transferinin etkin bir şekilde yapılabilmesi için elle sürekli olarak çalkalanmasına dikkat edilmiştir. Uygulama başlangıcında bir adet K tipi ısı çift sıcaklık

Steril edilmiş olan ev tipi bıçak yardımıyla kabukları soyulduktan sonra, orta kısımda bulunan çekirdekler çıkartılmış ve bal kabağı dilimlenmiştir. Bal kabağı dilimlerinden, katı meyve sıkacağı ile (J700, Braun, Almanya, 1000 W) bal kabağı suyu ekstraksiyonu yapılmış ve elde edilen bu su, elle sıkılmış olan limon suyunun ilavesi ile pH yaklaşık 4.3’e sahip olacak şekilde asitlendirilmiştir. Bu şekilde üretilen ve hiçbir işlem görmeyen bal kabağı suyu, kontrol örneği olarak ifade edilmiştir. İşlem (ultrasonikasyon, termosonikasyon ve ısıl işlem) görececek olan bal kabağı suyu örnekleri de aynı metot ile pH 4.3’e kadar asitlendirilmiştir. Bal kabağı suyunun verimini hesaplama işlemi Demirdöven ve Baysal (2015)’e göre eşitlik 1 kullanılarak yapılmıştır.

sensörü bir tüpteki bal kabağı suyu içerisine daldırılmıştır. Bal kabağı suyunun soğuk noktasındaki sıcaklık istenilen seviyeye (23, 40, 50, 60, 70 ve 80 °C) ulaştığı anda uygulama süresi başlatılmıştır. Uygulamalar esnasında su banyolarının sıcaklıkları artış gösterdiğinde buz küpleri ilave edilerek sıcaklıklar 23 ± 1 °C (US için), 40 ± 3 , 50 ± 3 , 60 ± 3 °C (TS için), 40 ± 3 , 50 ± 3 , 60 ± 3 , 70 ± 5 ve 80 ± 5 °C’lerde (İİ için) sabit tutuldu. Bu çalışmada yer alan ultrasonikasyon, termosonikasyon ve geleneksel ısıl işlem uygulamalarının sıcaklık ve süre parametreleri ön çalışmalar doğrultusunda belirlenmiş olup, termosonikasyon ve ısıl işlem uygulamalarında 5 log mikrobiyel inaktivasyonun sağlandığı sıcaklık değerleri olan 60 °C ve 80 °C’nin üzerine çıkılmamıştır.

Bal Kabağı Suyunda Biyoaktif Bileşen ve Antioksidan Kapasite Analizleri

Üretildikten sonra taze ya da ultrasonikasyon, termosonikasyon veya ısıl işlem uygulaması yapılmış olan bal kabağı suyu örneklerinin biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite özellikleri aşağıda belirtilen analizler yardımıyla yapılmıştır. Analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde konsantrasyonu Sun vd. (2007)'e göre spektrofotometrik olarak Folin–Ciocalteu reaktifi yardımıyla 750 nm'de yapılan okumalar ile gerçekleştirilmiştir. 0, 50, 100, 150, 250 ve 500 mg/L konsantrasyonlarında hazırlanan gallik asit çözeltisi ile hazırlanan standart eğri ile örnekler korele edilmiş ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/mL cinsinden ifade edilmiştir.

Toplam flavonoid madde tayini

Toplam flavonoid madde tayini, Tchabo vd. (2017) ile Chen vd. (2015)'e göre 510 nm dalga boyunda, kateşin referans standardı kullanılarak yapılmıştır. Buna göre; 0.3 ml bal kabağı suyu, 4.7 mL %80'lik (v/v) metanol çözeltisi ile karıştırılmış ve bu karışıma %5'lik NaNO₂ çözeltisinden 0.3 ml (w/v) ilave edilmiştir. 6 dakika bekleme süresi sonunda, %10'luk (w/v) AlCl₃ çözeltisi eklenmiş ve 10 dakika beklemeye bırakılmış, bunu takiben, 4 mL %4'lük (w/v) NaOH çözeltisi de ilave edildikten sonra karışımın absorbansı spektrofotometrede ölçülmüştür. Numuneler, %80'lik (v/v) metanol çözeltisine karşı okunmuş olup, sonuçlar µg kateşin eşdeğeri/mL bal kabağı suyu olarak verilmiştir.

Toplam karotenoid tayini

Bal kabağı suyu örneklerinde toplam karotenoid tayini Adiamo vd. (2018)'e göre yapılmıştır. Buna

$$\% \text{ DPPH inhibisyon} = \frac{A_{\text{DPPH}} - A_{\text{örnek}}}{A_{\text{DPPH}}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 2})$$

A_{DPPH} : DPPH çözeltisinin 517 nm'de absorbansı
 $A_{\text{örnek}}$: örneğin 517 nm'de absorbansı
FRAP yönteminde ise FRAP reaktifi ile 10 dakika karanlıkta bekleyen örneklerin absorbans değerleri 595 nm'de spektrofotometre yardımıyla ölçülmüş olup, sonuçlar troloks eşdeğeri (µmol/mL) cinsinden verilmiştir. DPPH ve FRAP analizleri 3 paralel örnekten, 2 tekrarlı ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Taze, ultrases, termosonikasyon ve geleneksel ısı işleme tabii tutulmuş olan örneklerin biyoaktif bileşen ve antioksidan kapasite sonuçlarının ortalamaları arasındaki farkların kayda değer (%95

göre, bir ayırma hunisi içerisinde bulunan 50 mL'lik petrol eteri:metanol (90:10) çözgeni üzerine 5 mL bal kabağı suyu eklenmiştir. Bu karışım 10 sn çalkalanmıştır. 5 dak faz ayrımı için beklenildikten sonra, üst fazdan alınan 5 mL ekstrakt 900xg'de 15 dak santrifüj edilmiştir. Buradan alınan 5 mL süpernatant ise bir deney tüpünde 5 mL petrol eteri ile karıştırılmıştır. Son karışımın absorbansı spektrofotometrede suya karşı 450 nm'de okunmuştur. Standart eğri, petrol eterinde çözdürülmüş 1 – 20 µg/mL konsantrasyon aralığındaki β-karoten (Sigma) ile çizdirilmiş olup, sonuçlar, µg β-karoten/mL bal kabağı suyu şeklinde ifade edilmiştir.

Antioksidan kapasite tayini

Karaca (2011)'e göre 4000 rpm'de 10 dak santrifüj edilen bal kabağı suyu örneklerinin antioksidan kapasiteleri DPPH yöntemi (Tzulkar vd., 2007) ve FRAP yöntemi (İncedayı 2018) ile analiz edilmiş ve hesaplanmıştır. Buna göre; ilk önce 2 mL DPPH (%100 metanolde 0.025 g/l) çözeltisine 0.1 mL bal kabağı suyu eklenmiştir. Şahit çözelti olarak %80'lik metanol çözeltisi (v/v) kullanılmıştır. Karanlıkta 30 dakika bekleme aşamasından sonra karışımın absorbansı spektrofotometrede 517 nm'de ölçülmüştür. Antioksidan kapasite, eşitlik 2 yardımıyla DPPH'in inhibisyon %'si olarak ifade edilmiştir.

güven aralığında) olup olmadığını belirleyen tek-yönlü ANOVA testi (Tukey metodu) ve söz konusu örneklerin kümelendikleri yerlerin belirlenmesi için yapılan temel bileşenler analizi (principal component analysis, PCA) istatistik yazılımı Minitab (versiyon 16.0, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. PCA analizinde tüm uygulamalar ve tüm analiz sonuçları dahil edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Meyve ve sebze sularında C vitamini, karotenoidler ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşiklerin varlığı ürünün besinsel değerini temsil eder. (Anaya-Esparza vd, 2017). Meyve ve sebze

sularının sağlık üzerine kansere yakalanma sıklığının ve ölümcüllüğünün azalması, kardiy ve serebrovasküler hastalıkların engellenmesi gibi olumlu etkilerinin ise sahip oldukları antioksidan maddelerden kaynaklandığı bilinmektedir (Tiwari vd., 2009). Bu nedenle meyve ve sebze sularına uygulanan işlemlerin biyoaktif ve antioksidan bileşenler üzerine etkisinin belirlenmesi önem taşır.

Bal kabağından, taze ve ultrasonikasyon, termosonikasyon ve ısı işlem uygulamak için üretilmiş olan bal kabağı suyu örneklerinde eşitlik 1'e göre hesaplanan verim %37 ilâ 45 arasında değişmektedir. Elde edilen verim, Demirdöven ve Baysal (2015)'in herhangi bir işlem görmemiş olan kontrol portakal suyu örneği için bildirmiş oldukları %45.39'a yaklaşmış olup, Uçan vd. (2014)'nin doğal bulanık limon suyu için bildirmiş oldukları %39.74 verim ile de uyumludur.

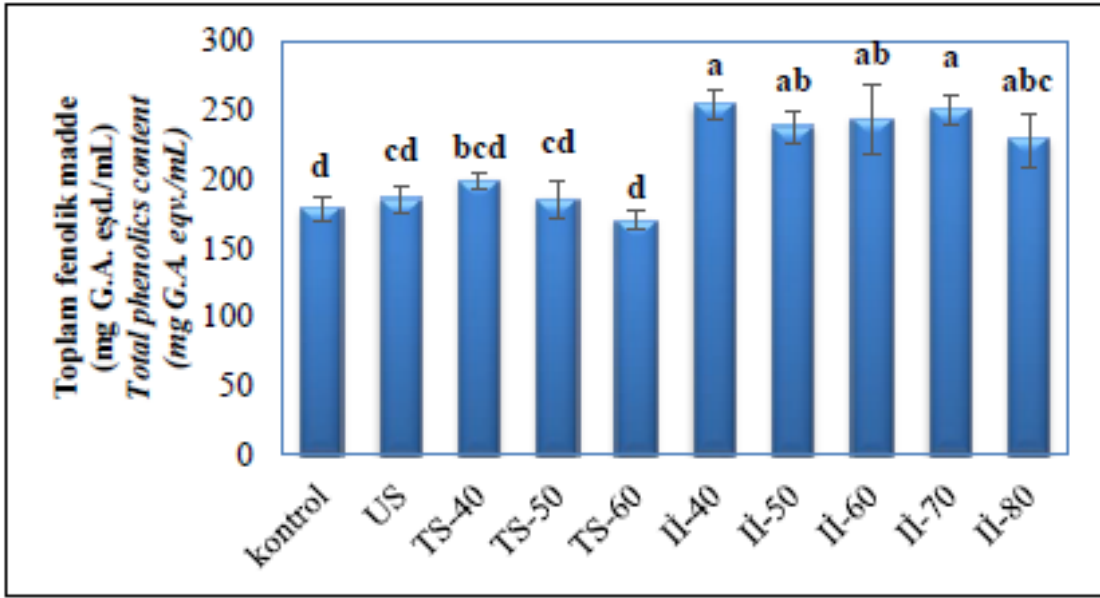
Bal kabağı suyu örneklerine uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işlemlerin toplam fenolik madde üzerindeki etkisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Buna göre kontrol örneği ile ultrases ve termosonikasyon (TS-40, 50, 60) uygulanmış örnekler arasındaki fark ($P < 0.05$) önemsizdir. Fakat adı geçen örnekler ile ısı işlem görmüş olan örnekler arasındaki fark ($P < 0.05$) kayda değerdir. Isıl işlem görmüş olan örneklerin tümü diğer örneklerden yüksektir. En yüksek toplam fenolik madde içeriği ise 253.9 ± 10.4 mg G.A. eşd./mL ile 40°C 'de ısı işlem görmüş olan örneğe aittir.

Literatürde termosonikasyon sonucunda toplam fenolik bileşenlerin hücre duvarının mekanik hasarı ile birlikte daha kolay serbest kaldığı bildirilmiştir. Bitkisel kaynaklardan ultrasonikasyon ile fenolik madde ekstraksiyonu yapılan çalışmalarda süre ve sıcaklık ikilisinin fenolik madde eldesi üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu tespit edilmiştir (Costa vd., 2013). Cruz-Cansino vd. (2015) ise mor kaktüs armudu suyunda uyguladıkları ultrasonikasyonun, toplam fenolik madde içeriğinde artış sağladığını (kontrolle göre) gözlemlenmişlerdir. Bu çalışma

kapsamında bal kabağı suyu ile yapılan çalışmada ise ultrases ya da termosonikasyon uygulamaları bal kabağı suyunun toplam fenolik madde içeriğinde artışa neden olmamakla birlikte, var olan değerlerde herhangi bir düşüş te kaydedilmemiştir. Pokhrel vd. (2017) havuç suyuna uygulamış olduğu termosonikasyon ($50, 54, 58^\circ\text{C}$, 10 dak) sonucunda toplam fenolik madde içeriğinin kontrole göre değişmediğini bildirmiş ve bu durumu işlem süresinin yetersiz kalmasına bağlamıştır. Ayrıca, Cao vd. (2018) mumacağı meyvesi (bayberry) suyu üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada ultrasonikasyon ile toplam fenolik maddenin artabilmesi için en etkili parametrelerin güç ve süre olduğunu belirtmişlerdir. En yüksek sıcaklıkların uygulandığı TS-60 ve II-80'e bakıldığında, II-80 ile elde edilen toplam fenolik madde, TS-60'dan yaklaşık %35 daha fazladır (Şekil 1).

Yapılan uygulamalar sonucunda kontrol örneği ile ultrases uygulaması ve termosonikasyon uygulaması (TS-40, 50, 60) yapılmış olan örnekler arasında pH bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamakta olup, ısı işlem (II-40, 50, 60, 70, 80) ise kontrol örneğine göre pH'ta hafif bir düşüşe neden olmuştur. Her 3 işlem türü için de pH değerinin 4.6'nın üzerine çıkmadığı belirtilmiştir (Kılınç 2018). Toplam titrasyon asitliği (%SSA) değeri bakımından ultrases, termosonikasyon ve ısı işlem uygulamaları ile kontrol örneği arasındaki fark önemsiz ($P < 0.05$) bulunmuştur (veri gösterilemiyor).

Flavanoidler bitkilerde yaygın olarak bulunan ve C6-C3-C6 karbon iskeletine sahip doğal bileşiklerdir. Biyoaktif bileşenlerin eldesi için ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi yaygın olarak kullanılmış olup, bazı çalışmalarda ultrasesin sonokimyasal etkileri nedeniyle istenmeyen reaksiyonların tetiklendiği veya hızlandığı görülmüştür (Qiao vd., 2014). Bu nedenle yapılan uygulamaların bal kabağı suyunun flavonoid içeriği üzerindeki etkisinin belirlenmesi önemlidir.



Şekil 1. Bal kabağı suyuna uygulanan ultrasnes, termosonikasyon ve ısıl işlemin toplam fenolik madde üzerine etkisi

Figure 1. Effect of ultrasonication, thermosonication and heat treatment on the total phenolics content of pumpkin juice

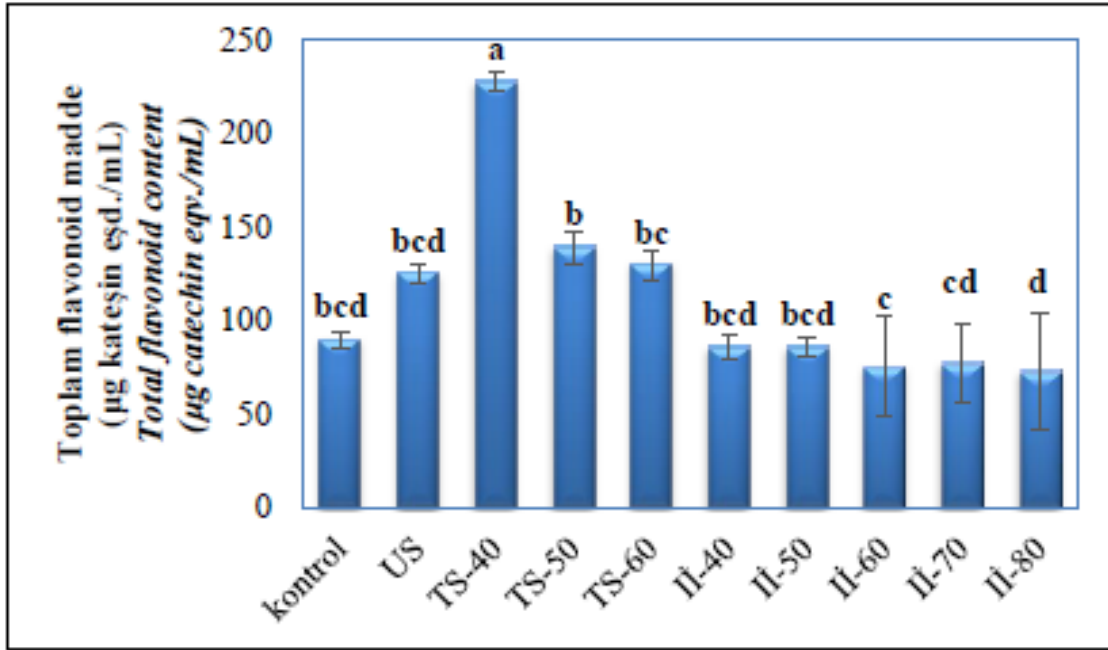
Bal kabağı suyu örneklerine ultrasnes, termosonikasyon ve ısıl işlem uygulamalarının toplam flavonoid miktarı üzerine etkisi Şekil 2’de verilmektedir. Şekil 2 incelendiğinde toplam fenolik madde içeriğinde elde edilen sonuçların tersine, termosonikasyon uygulanmış olan örneklerin (TS-40, 50, 60) toplam flavonoid miktarları, ısıl işlem görmüş olan örneklerden daha yüksektir. En yüksek toplam flavonoid madde miktarı TS-40 örneğinde 227.9 ± 5.5 µg kateşin eşd./mL olarak elde edilmiş olup, termosonikasyon örneklerinde sıcaklığın artışı ile birlikte toplam flavonoid miktarının düştüğü görülmüştür (Şekil 2). Benzer bir sonuç elma suyuna termosonikasyon uygulamış olan Abid vd. (2014) tarafından elde edilmiş olup, ultrasonik su banyosunda yapılan çalışmalarda sıcaklığın 20 °C’den 40 ve 60 °C’ye çıkması ile toplam flavonoid miktarı kademeli olarak düşmüştür. Abid vd. (2014) bu durumu sıcaklık artışının bioaktif maddelerin yıkımına neden olma konusunda çok etkili olması ile açıklamıştır. Isıl işlem uygulanmış olan bal kabağı örneklerinde de sıcaklığın artışı ile birlikte toplam flavonoid madde miktarı hafifçe düşmüştür (Şekil 2). Bunun yanında, ultrasnes ve termosonikasyon uygulanmış

örneklerin toplam flavonoid madde miktarları her ne kadar aralarındaki fark önemsiz çıksa da (TS-40 dışında) kontrole göre daha yüksektir (Şekil 2). Aadir vd. (2013) greyfurt suyuna 20 °C’de 30, 60 ve 90 dakika ultrasnes uyguladıklarında kontrole göre toplam flavonoid miktarının artış gösterdiğini görmüşlerdir. Benzer bir sonuç Bhat vd. (2011) tarafından kasturi misket limonu suyuna yapılan ultrasonikasyon denemesinde elde edilmiştir. Ashokkumar vd. (2008) ultrasonikasyon ile flavonoid artışını ultrasonik dalgalar ile oluşan hidroksil radikallerinin oluşmasıyla birlikte moleküllerin hidroksilasyonunda artış olması ile açıklamıştır. Bu çalışmada, en yüksek sıcaklığa sahip termosonikasyon uygulaması olan TS-60 ile, toplam flavonoid miktarı, kontrole göre yaklaşık %45 artış göstermiş, bu da söz konusu uygulama sonucunda elde edilen bal kabağı suyuna tüketici açısından olumlu bir özellik kazandırmıştır.

Bal kabağının iyi bir karotenoid kaynağı olduğu bilinmekle birlikte, çeşitli bal kabağı türlerinde farklı oranlarda karotenoid bulunduğu bildirilmiştir (Carvalho vd., 2014). Ayrıca, Carvalho vd. (2014), *C. moschata* türü bal kabağı

üzerinde yapmış oldukları araştırmada, bal kabağında en başta β -karoten olmak üzere, α -karoten ve 9 ve 13-Z- β -karoten bulunduğunu göstermişlerdir. Garcia-Parra vd. (2018) ise bal

kabağında aynı zamanda lutein de bulunduğunu belirtmiştir.



Şekil 2. Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısıl işlemin toplam flavonoid üzerine etkisi

Figure 2. Effect of ultrasonication, thermosonication and heat treatment on the total flavonoid content of pumpkin juice

Bal kabağı suyu ile yapmış olduğumuz çalışmada, US, TS-40 ve TS-50 örneklerinin kontrolden daha düşük toplam karotenoide, TS-60 örneğinin ise kontrol örneği ile aynı oranda toplam karotenoide sahip olduğu Şekil 3'de görülmektedir. Hem termosonikasyon hem de ısıl işlem uygulamalarında sıcaklık artışı ile birlikte toplam karotenoid miktarının da artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 3).

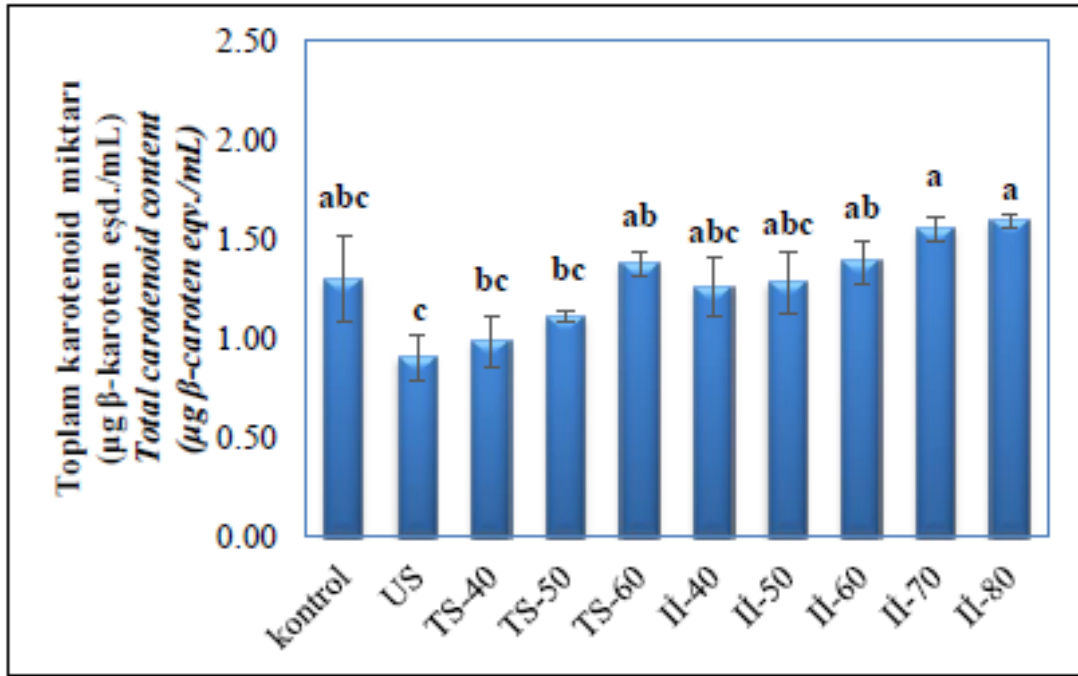
Yapılan bir çalışmada bal kabağı püresine 90 °C'de 10 dak uygulanan ısıl işlemin toplam karotenoid miktarında (işlem görmemiş göre) değişime neden olmadığı görülmüştür (Garcia-Parra vd., 2018). Carvalho vd. (2014) ise, pişirilen (kaynayan suda) bal kabağı örneklerinin toplam karotenoid miktarlarının işlem görmemiş örneğe göre daha yüksek olduğunu raporlamıştır. Karotenoidlerin biyoyararlıklarının uygulanan işlemler ile arttığı önceki birçok çalışmada belirtilmiştir. Bal kabağına uygulanan işlemler gıda matrisini

zayıflatmış ve karoten tutan liflerin gevşemesine neden olmuştur (Carvalho vd., 2014). Knockaert vd. (2011) karotenoidlerin bitki hücrelerinde bulunan kromoplastlardan salınımının ısıl işlemlerle birlikte artış gösterdiğini bildirmiştir.

Vücudumuzda bulunan serbest radikallerin zararlı maddeler olduğu, oksidatif strese bağlı birçok hastalığın kaynağı olduğu bilinmektedir. Antioksidan maddelerin ise bu serbest radikalleri süpürmekle birlikte bahsi geçen hastalıkların oluşma riskini düşürdüğü bildirilmiştir (Aadil vd., 2013). Sebze ve meyvelerde C vitamini ve fenolik bileşikler gibi bileşenlerin antioksidan kapasiteden sorumlu olan majör bileşenler olduğu bilinmektedir (Aadil vd., 2013). Çeşitli gıdaların antioksidan kapasitesi ihtiva ettikleri antioksidan madde karışımının farklı antioksidan aksiyonlarına dayanır. Bu çalışmada bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesi hem DPPH radikalinin süpürülmesi (DPPH yöntemi) hem de demir

(III)'in indirgenmesi (FRAP yöntemi) esaslarına göre ortaya konulmuştur. Bilindiği gibi DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), birçok antioksidan maddenin serbest radikalleri süpürme (scavenging) kabiliyetinin (bir bileşiğin elektron verme kabiliyeti) ölçülmesinde kullanılan radikal-üretici (radical-generating) bir maddedir (Gülçin vd., 2010). Bu kapsamda serbest bir radikal olan DPPH'in stabilize edilmesi için antioksidanların

hidrojen verme kapasitesi ölçülmüştür (Tomadoni vd., 2017). FRAP metodunda ise; Fe(III)-tripiridiltriiazin (TPTZ) kompleksinin antioksidanların etkisiyle koyu mavi renkli Fe(II)-tripiridiltriiazin kompleksine indirgenmesi ve bu kompleksin maksimum absorbands verdiği 593 nm'de ölçülmesi söz konusudur (Okan vd., 2013).



Şekil 3. Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı işlemin toplam karotenoid miktarı üzerine etkisi

Figure 3. Effect of ultrasonication, thermosonication and heat treatment on the total carotenoid content of pumpkin juice

Bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesi üzerinde ultrases, termosonikasyon ve ısı işlemin etkisini özetleyen Çizelge 1'e baktığımızda; ultrases, termosonikasyon (TS-40, 50, 60) ve ısı işlem uygulamaları arasında DPPH yöntemi ile elde edilen antioksidan kapasite bakımından istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bir fark bulunmamaktadır. Kontrol (taze) örneğinin antioksidan kapasitesi (DPPH yöntemi) ise diğer tüm örneklerden düşüktür. En yüksek sıcaklıklara sahip olan termosonikasyon (TS-60) ve ısı işlem (II-80) uygulamalarının antioksidan kapasiteyi kontrol örneğine göre sırasıyla 2.3 ve 2.4 kat artırdığı görülmüştür (Şekil 4). Tomadoni vd.

(2017) çilek suyuna uyguladıkları ısı işlem (90 °C, 60 sn) ve ultrasonikasyon (10 ve 30 dak) sonrasında (0. gün) örneklerin DPPH % inhibisyon değerlerinin kontrole göre artış gösterdiğini bildirmişler ve söz konusu artışı ultrasonikasyonun biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu üzerindeki etkisine bağlamıştır. Çalışmamızdan farklı olarak, Zafra-Rojas vd. (2013) mor kaktüs armudu suyu üzerinde uyguladıkları ultrasonikasyonun (%60 ve 80 amplitüd parametreleri için) antioksidan kapasitesi (DPPH) bakımından kontrole göre fark ($P < 0.05$) yaratmadığını bildirmiştir.

Bal kabağında antioksidan özellik gösteren maddelerin karotenoidler ve fenolik maddeler olduğu Garcia-Parra vd. (2018) tarafından bildirilmiştir. Dinı vd. (2013) biyolojik yapıların ısı ile birlikte değişebildiğini ve bu değişimin çözünmeyen fenolik bileşikler daha fazla çözünür hale dönüştürebileceğini bildirmiştir. İİ-70 ve İİ-80 örneklerindeki antioksidan kapasite (DPPH) artışının, bahsedilen dönüşümden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 1’de görülebileceği gibi, FRAP yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite bakımından, kontrol (taze) örneği ile ultrasonikasyon uygulanmış bal kabağı suyu örneği arasında önemli bir fark ($P < 0.05$) bulunmamaktadır.

Bunun yanında termosonikasyon uygulanan örneklerde sıcaklığın artışıyla birlikte antioksidan kapasitede (FRAP yöntemi) düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bal kabağı suyunun FRAP yöntemine göre antioksidan kapasite verileri genel olarak (Çizelge 1) taze elma, üzüm, ananas ve portakal suyu gibi çeşitli meyve sularına göre oldukça düşüktür (Wern vd., 2016). DPPH radikalının süpürülmesi ve demir (III) iyonunun indirgenmesi yukarıda da belirtildiği gibi iki farklı mekanizma olup, bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesinin demir (III) indirgeme özelliğinin, DPPH radikal süpürme özelliğine göre farklı olduğu görülmektedir (Thaipong vd., 2006).

Çizelge 1. Bal kabağı suyuna uygulanan ultrases, termosonikasyon ve ısı ile işlemin antioksidan kapasite üzerine etkisi

Table 1. Effect of ultrasonication, thermosonication and heat treatment on the antioxidant capacity of pumpkin juice

Örnek Sample	Antioksidan kapasite (% DPPH inhibisyonu)	Antioksidan kapasite (μmol trolox/mL)
	Antioxidant capacity (DPPH% inhibition)	Antioxidant capacity (μmole trolox/ mL)
Kontrol (Control)	9.19 \pm 2.74 ^b	0.104 \pm 0.006 ^a
US	18.75 \pm 3.26 ^a	0.100 \pm 0.004 ^{ab}
TS-40	21.32 \pm 2.65 ^a	0.085 \pm 0.003 ^{cd}
TS-50	24.50 \pm 2.44 ^a	0.078 \pm 0.001 ^d
TS-60	20.74 \pm 2.72 ^a	0.059 \pm 0.004 ^e
İİ-40	16.46 \pm 1.01 ^{ab}	0.096 \pm 0.001 ^{abc}
İİ-50	19.52 \pm 2.93 ^a	0.086 \pm 0.001 ^{cd}
İİ-60	19.82 \pm 0.42 ^a	0.080 \pm 0.001 ^d
İİ-70	23.99 \pm 2.29 ^a	0.095 \pm 0.001 ^{abc}
İİ-80	22.29 \pm 0.41 ^a	0.090 \pm 0.006 ^{bcd}

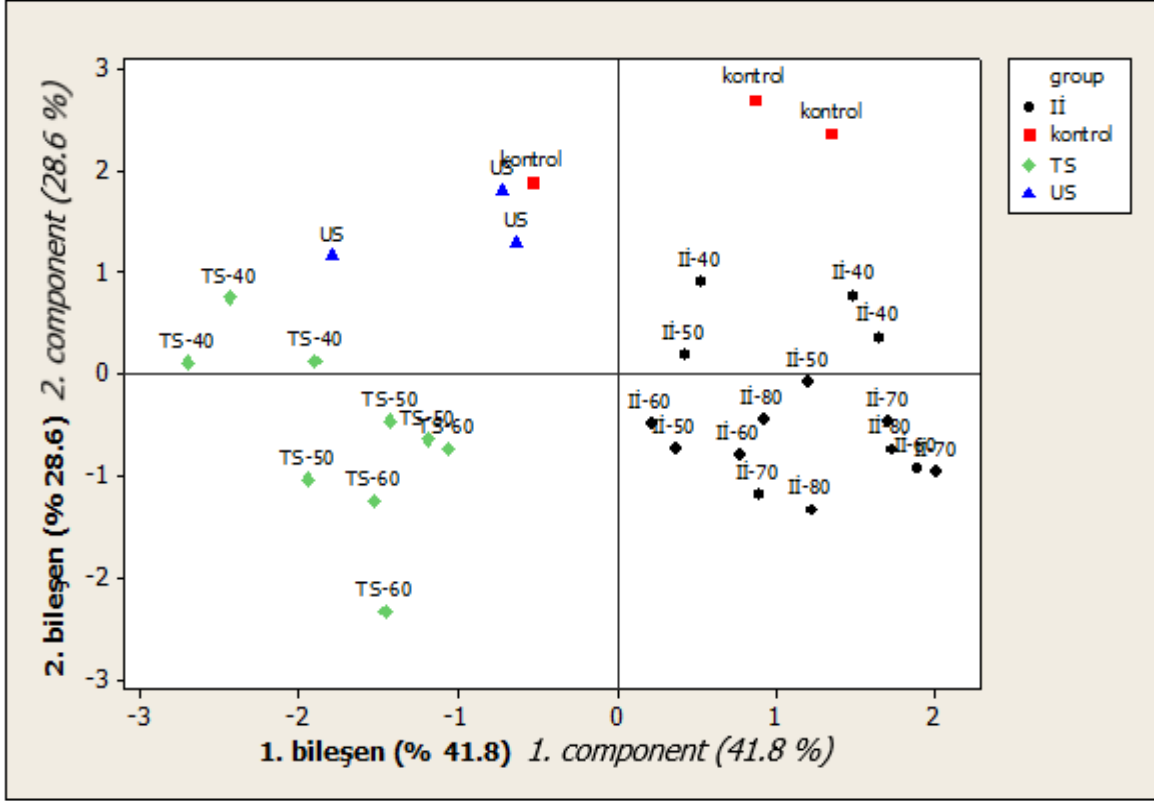
Not: Sonuçlar 3 sonucun ortalaması \pm standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı harfler kayda değer fark ($P < 0.05$) anlamına gelir.

Temel bileşenler analizi (TBA) orijinal değişkenlerin, güçlerine bağlı olarak sıralanmış ve aralarında ilişki olmayan yeni değişkenler setine dönüştürülmesiyle gerçekleştirilen istatistiksel bir analiz yöntemidir (Çilli ve Arıtan 2010). Yapılan temel bileşenler analizine göre birinci ve ikinci bileşenler toplam varyasyonun (% 41.8 + % 28.6) % 70.4’ünü açıklamaktadır. Buna göre birinci bileşen toplam fenolik madde ve toplam karotenoid ile ifade edilebilirken, ikinci bileşen FRAP yöntemi ile antioksidan madde ve DPPH yöntemi ile antioksidan maddenin eksikliği ile

açıklanabilmektedir. Şekil 4’te yer alan kontrol (taze) ve işlem görmüş bal kabağı suyu örneklerinin temel bileşenler analizi sonuçları, ultrasonikasyon ve termosonikasyon görmüş örnekler ile ısı ile işlem görmüş olan örneklerin belirgin bir şekilde ayrıştığını göstermiştir. Ayrıca, kontrol örneklerinin termosonikasyon ve ısı ile işlem uygulamalarından farklı bir yerde konumlanmış olması, bu uygulamaların ölçülen özelliklerde farklılığa neden olduğu anlamına gelmektedir. Benzer şekilde Jabbar vd. (2015)’in havuç suyu üzerinde yapmış olduğu bir çalışmada

termosonikasyon, ultrasonikasyon ve ısı işlem uygulanmış ve taze örneklerin bariz şekilde

birbirlerinden ayrıştığı TBA analizi ile görülmüştür.



Şekil 4. Bal kabağı suyu örneklerinin temel bileşenler analizi
Figure 4. Principle component analysis of pumpkin juice samples

SONUÇ

Termosonikasyon uygulamasının bal kabağı (*Cucurbita moschata* Butternut) suyunun biyoaktif bileşenleri ve antioksidan kapasitesi üzerindeki etkisi bu çalışma kapsamında incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar ultrases ve ısı işlem yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre; toplam fenolik madde bakımından ısı işlem görmüş örnekler, toplam flavonoid madde bakımından termosonikasyon görmüş örnekler ve toplam karotenoid madde bakımından ısı işlem görmüş örnekler (ve 60 °C'de termosonikasyon) daha avantajlıdır. Ultrasonikasyon, termosonikasyon ve ısı işlem uygulamaları bal kabağı suyunun antioksidan kapasitesini (DPPH) kontrole göre benzer oranlarda artırmıştır. Bal kabağı suyunun antioksidan özelliğinin ise demir iyonu indirgemekten kaynaklanmadığı görülmüştür.

Yapılan çalışmanın sonuçları, bal kabağı suyunun biyoaktif bileşenleri ve antioksidan kapasitesinin, uygulanan pastörizasyon yöntemlerinden olumsuz etkilenmemesi için üreticilere çeşitli yöntemler ve parametreler sunmuştur. Bu sayede, ülkemizde üretimi yaygın bir sebze olan bal kabağından, henüz ticari bir ürün olmayan bal kabağı suyunun üretimi ile katma değer yaratılması için gerekli olan bilgi temeli oluşturulduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Analizlerin gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı Ar. Gör. Dr. Özge SÜFER'e teşekkür ederiz. Bu çalışma Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (Proje No: OKÜ-BAP-2017-PT3-031) desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aadil, R.M., Zeng, X., Han, Z., Sun, D. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chem*, 141: 3201–3206.
- Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M.M., Wu, T., Lei, S., Khan, M.A., Zeng, X. (2014). Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. *Ultrason Sonochem*, 21: 984–990.
- Adiamo, O.Q., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Babiker, E.E., Ahmed, M.I.A. (2018). Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. *Food Chem*, 245: 79–88.
- Anaya-Esparza, L.M., Velázquez-Estrada, R.M., Roig, A.X., García-Galindo, H.S., Sayago-Ayerdi, S., Montalvo-González, E. (2017). Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices. *Trends in Food Sci Technol*, 61: 26-37.
- Ashokkumar, M., Sunartio, D., Kentish, S., Mawson, R., Simons, L., Vilku, K., Versteeg, C. (2008). Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: A preliminary study on a model system. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 9: 155-160.
- Aydın, E. (2014). Balkabağı (*Cucurbita moschata*) Unu Katkısının Bisküvinin Antioksidan Aktivite ve Besinsel Kalitesine Etkileri, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Bursa, 151 s.
- Bhat, R., Kamaruddin, N.S.B.C., Min-Tze, L., Karim, A.A. (2011). Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrason Sonochem*, 18: 1295–1300.
- Cao, X., Cai, C., Wang, Y., Zheng, X. (2018). The inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in bayberry juice during thermal and ultrasound treatments. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 45: 169-178.
- Carvalho, J.L.V., Smiderle, L.A.S.M., Carvalho, J.L.V., Cardoso, F.S.N., Koblitz, M.G.B. (2014). Assessment of carotenoids in pumpkins after different home cooking conditions. *Food Sci Technol*, 34: 365-370.
- Cemeroğlu, B. S. (2004). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara: Gıda Teknolojisi derneği yayınları.
- Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L., Zhou, Y. (2015). Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short- and medium-wave infrared radiation. *LWT - Food Sci Technol*, 64: 759-766.
- Costa, M.G.M., Fonteles, T.V., de Jesus, A.L.T., Almeida, F.D.L., de Miranda, M.R.A., Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S. (2013). High-Intensity ultrasound processing of pineapple juice. *Food Bioprocess Technol*, 6(4): 997–1006.
- Cruz-Cansino, N.S., Esther Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J.E., Delgado-Olivares, L., Alanís García, E., Ariza-Ortega, J.A., Manríquez-Torres, J.J., Jaramillo-Bustos, D.P. (2015). Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) juice after thermoultrasound treatment. *Ultrason Sonochem*, 27: 277–286.
- Çağdaş, E., Kumcuoğlu, S., Tavman, Ş. (2011). Deve dikenî tohumlarında (*Silybum marianum* L.) bulunan silimarin bileşenlerinin ultrason destekli ekstraksiyonu. *GIDA*, 36(6): 327–333.
- Çilli, M., Arıtan, S. (2010). Temel bileşenler analizi yardımı ile elde edilen daha az sayıda değişken kullanılarak farklı hızlarda insan koşusunun fourier tabanlı modelinin oluşturulması. *Spor Bilim Der*, 21: 1-12.
- Darrudi, R., Nazeri, V., Soltani, F., Shahrpour, M., Ereolano, M.R. (2018) Evaluation of combining ability in *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata* Duchesene accessions for fruit and seed quantitative traits. *J Appl Res Med Aromat Plant*, 9: 70-77.
- Demirdöven, A. ve Baysal, T. (2009). The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Rev Int*, 25: 1–11.
- Demirdöven, A. ve Baysal, T. (2015). Effects of electrical pre-treatment and alternative heat treatment applications on orange juice production and storage. *Food Bioprod Process*, 94: 443-452.

- Dinçer, C. (2014). Ultrases pastörizasyon ve membran konsantrasyon yöntemlerinin karadut (*Morus nigra* L) suyu konsantresi üretiminde uygulanabilirliğinin araştırılması, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Antalya, 187 s.
- Dinçer, C. ve Topuz, A. (2018). Meyve Suyu İşlemede Ultrases Kullanımı. *GIDA*, 43:569-581.
- Dini, I., Tenore, G.C., Dini, A. (2013). Effect of industrial and domestic processing on antioxidant properties. *LWT- Food Sci Technol*, 53: 382-385.
- Ercan, S. Ş. ve Soysal, Ç. (2011). Use of ultrasound on foods. *GIDA*, 36: 225–231.
- FAOSTAT, (2018). “Kabak üretimi ilk 10 ülke sıralaması (2006-2016)” <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (Erişim tarihi: 08.06.2018).
- Garcia- Parra, J., Gonzalez-Cebrino, F., Delgado-Adamez, J., Cava, R., Martin- Belloso, O., Elez-Martinez, P., Ramirez, R. (2018). Application of innovative technologies, moderate-intensity pulsed electric fields and high-pressure thermal treatment, to preserve and/or improve the bioactive compounds content of pumpkin. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 45: 533-61.
- Gülçin, İ., Huyut, Z., Elmastaş, M., Aboul-Enein, H.Y. (2010). Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arab J Chem*, 3: 43–53.
- Jabbar, S., Abid, Hu, B., Hashim, M. M., Lei, S., Wu, T., Zeng, X. (2015). Exploring the potential of thermosonication in carrot juice processing. *J Food Sci Technol*, 52: 7002-7013.
- Karaca, E. (2011). Nar suyu konsantresi üretiminde uygulanan bazı işlemlerin fenolik bileşenler üzerine etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 144 s.
- Khandpur, P. ve Gogate P.R. (2016). Evaluation of ultrasound-based sterilization approaches in terms of shelflife and quality parameters of fruit and vegetable juices. *Ultrason Sonochem*, 29: 337-353.
- Kılınç, A. (2018). Bal kabağı suyunun pastörizasyonu, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye, 67 s.
- Knockaert, G., Roeck, A.D., Lemmens, L., Buggenhout, S.V., Hendrickx, M., Loey, A.V. (2011). Effect of thermal and high pressure processes on structural and health-related properties of carrots (*Daucus carota*). *Food Chem*, 125: 903-912.
- Martini, S. (2013). Sonocrystallization of Fats, Springer Briefs in Food, Health, and Nutrition, 2013.
- Noelia, J.-V., Roberto, M.-J.M., Jesús, de Z.-M.J., Alberto, G.-I.J. (2011). Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca: A Review. *Food Res Int*, 44: 2587–2593.
- Okan, O.T., Varlıbaş, H., Öz, M., Deniz, İ. (2013). Antioksidan analiz yöntemleri ve doğu Karadeniz bölgesinde antioksidan kaynağı olarak kullanılacak odun dışı bazı bitkisel ürünler. *Kastamonu Üniv Orman Fak Der*, 13(1): 48-59.
- Piyasena, P., Mohreb, E., McKellar, R.C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int J Food Microbiol*, 87: 207-216.
- Pokhrel, P.R., Bermúdez-Aguirre, D., Martínez-Flores, H.E., Garnica-Romo, M.G., Sablani, S., Tang, J., Barbosa-Cánovas, G. V. (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.
- 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.
- Sun, H., Wu, S., Zhang, G., Jiao, C., Guo, S., Ren, Y., Zhang, J., Zhang, H., Gong, G., Jia, Z., Zhang, F., Tian, J., Lucas, W.J., Doyle, J.J., Li, H., Fei, Z., Xu, Y. (2007). Karyotype stability and unbiased fractionation in the paleo-allotetraploid *Cucurbita* genomes, *Mol Plant*, 10: 1293–1306.

- Taştan, Ö. (2014). Berrak meyve suyu üretiminde durultma ajanı olarak kitosan kullanımının meyve suyu ve konsantresinin kalite özelliklerinin etkilerinin belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 169 s.
- Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akkaya, Z. (2009). Ultrasound-assisted extraction of antioxidant materials from by-products of plant food processing. *GIDA*, 34: 175–182.
- Tchabo, W., Ma, Y., Kwaw, E., Zhang, H., Li, X., & Afoakwa, N.A. (2017). Effects of ultrasound, high pressure, and manosonication processes on phenolic profile and antioxidant properties of a sulfur dioxide-free mulberry (*Morus nigra*) wine. *Food Bioprocess Technol*, 10(7): 1210–1223.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compost Anal*, 19: 669-675.
- Tiwari, B.K., Donnelly, C.P., Cullen, P.J. (2009). Effect of non-thermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices. *Trends Food Sci Technol*, 20: 137-145.
- Tomadoni, B., Cassani, L., Viacava, G., Moreira, M.D.R., Ponce, A. (2017). Effect of ultrasound and storage time on quality attributes of strawberry juice. *J Food Process Eng*, 40: e12533.
- Tzulker, R., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Holland, D., Aviram, M., Amir, R. (2007). Antioxidant activity, polyphenol content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions. *J Agric Food Chem*, 55: 9559–9570.
- Uçan, F., Ađçam, E., Akyıldız, A. (2014). Doğal bulanık limon suyu üzerinde bir araştırma. *GIDA*, 39: 25-32.
- Wern, K.H., Haron, H., Keng, C.B. (2016). Comparison of total phenolic contents (TPC) and antioxidant activities of fresh fruit juices, commercial 100% fruit juices and fruit drinks. *Sains Malays*, 45(9): 1319-1327.
- Zafra-Rojas, Q.Y., Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Villanueva-Sánchez, J., Alanís-García, E. (2013). Effects of ultrasound treatment in purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice. *Ultrason Sonochem*, 20: 1283–1288.