

## Elma kabuğundan fenolik maddelerin ultrases destekli ekstraksiyonu

Serdar UĞURLU, Emre BAKKALBAŞI

### Cite this article as:

Uğurlu, S., Bakkalbaşı, E. (2023). Elma kabuğundan fenolik maddelerin ultrases destekli ekstraksiyonu. *Food and Health*, 9(4), 341-349. <https://doi.org/10.3153/FH23031>

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi, Gıda  
Mühendisliği Bölümü, 65090, Van,  
Türkiye

### ORCID IDs of the authors:

S.U. 0000-0002-5785-9647

E.B. 0000-0001-9913-1091

Submitted: 15.06.2023

Revision requested: 09.08.2023

Last revision received: 29.08.2023

Accepted: 01.09.2023

Published online: 08.10.2023

### Correspondence:

Serdar UĞURLU

E-mail: [serdar\\_ugurlu@hotmail.com](mailto:serdar_ugurlu@hotmail.com)



© 2023 The Author(s)

Available online at  
<http://jfnscscientificwebjournals.com>

### ÖZ

Bu çalışmada, elma kabuğundan fenolik bileşiklerin ultrases destekli ekstraksiyon (15, 30 ve 45 dakika) ve konvansiyonel ekstraksiyon (15, 30, 45, 60, 75 ve 90 dakika) yöntemleri ile ekstrakte edilmesi araştırıldı. Elma kabuğu ekstraktlarının antioksidan kapasitesi (DPPH), toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde ve bireysel fenolik içeriği belirlendi. İki farklı ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen elma kabuk ekstraktlarında klorojenik asit, rutin, kateşin, epikateşin, prosiyanidin B1, prosiyanidin B2 ve prosiyanidin C1 tespit edildi. Konvansiyonel yöntemde 90 dakikalık ekstraksiyon sonunda toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite sırasıyla 1848.50 ±0.40 mg GAE/kg, 571.01 ±2.88 mgKA/kg ve 9.70±0.00 mmol Trolox eq./g olarak bulunurken 45 dakikalık ultrases destekli ekstraksiyonda toplam fenolik, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite sırasıyla 2021.83 ±65.69 mg GAE/kg, 532.66 ± 2.43 mgKA/kg ve 11.73 ±0.08 mmol Trolox eq./g olarak belirlendi. Konvansiyonel yöntemle karşılaştırıldığında, ultrases destekli ekstraksiyon uygulamasının elma kabuklarından fenolik madde ekstraksiyonunun süresini önemli ölçüde azalttığı ve ekstraksiyon verimliliğini arttırdığı tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan, Ekstraksiyon, Elma kabuğu, Fenolik bileşikler, Ultrases

### ABSTRACT

#### Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from apple peel

This study investigated the extraction of phenolic compounds from apple peel by ultrasound-assisted extraction (15, 30 and 45 min) and conventional extraction (15, 30, 45, 60, 75 and 90 min). The antioxidant capacity (DPPH), total phenolic content, total flavonoid content, and individual phenolic compounds of apple peel extracts were determined. HPLC analysis indicated that apple peel extracts had chlorogenic acid, rutin, catechin, epicatechin, procyanidin B1, procyanidin B2 and procyanidin C1. In the conventional method, the total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity of apple peel extract in 90 min of conventional extraction was found as 1848.50 ±0.40 mg GAE/kg, 571.01 ±2.88 mgKA/kg and 9.70±0.00 mmol Trolox eq./g, respectively. In 45 min of the ultrasound-assisted extraction, total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity of extracts were determined as 2021.83±65.69 mg GAE/kg, 532.66 ±2.43 mgKA/kg and 11.73 ±0.08 mmol Trolox eq./g respectively. The application of ultrasound-assisted extraction markedly decreased extraction time and improved the extraction efficiency compared with the conventional method.

**Keywords:** Antioxidant, Apple peel, Extraction, Phenolic compounds, Ultrasound

## Giriş

Meyve ve sebzeler insan beslenmesinde hayati öneme sahiptirler ve çeşitli mekanizmalar yoluyla kardiyovasküler hastalıklara ve kansere karşı koruma sağlayabilen birçok antioksidan bileşik içermektedir (Wolfe ve Liu, 2003). Elma (*Malus domestica* Borkh.), Rosaceae familyasının bir üyesi olup dünyada yaygın olarak yetiştirilen önemli bir meyvedir (Rana ve Bhushan, 2016). Ayrıca doğal antioksidanlar olarak işlev gördüğü bilinen C vitamini ve bazı fenolik bileşiklerin kaynağı olduğu için insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Wu ve ark., 2007). Elma fenolikleri, hücreyi serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı koruyan ve düşük yoğunluklu lipoproteinlerin oksidasyonunu engelleyen güçlü antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerdir (Rana ve Bhushan, 2016). Elma kabuğunun, soyulmuş elma dokusundan daha fazla toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite (1.2-3.3 ve 1.5-9.2 kat) içerdiği bildirilmiştir (Drogoudi ve ark., 2008). Bir diğer çalışmada da dört çeşit elma örneğinde toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin en yüksek kabuklarda bulunduğu, bunu soyulmuş elma dokusu + kabuk ve soyulmuş elma dokusu örneği izlemiştir (Wolfe ve ark., 2003).

Meyve ve sebzelerin işlenmesinde önemli miktarlarda atık/yan ürün ortaya çıkmaktadır. Atıkların bir polifenol kaynağı olarak kullanılması, gıda işlemcileri için önemli ekonomik fayda sağlayabilir. Ayrıca, bu atık veya yan ürünlerde bulunan polifenollerin güçlü antioksidan ve sitoprotektif aktiviteleri, bunları insan beslenmesi açısından da son derece önemli hale getirmektedir (Kabir ve ark., 2015). Çeşitli elma ürünleri (elmalı turta, elma sosu, elma cips vb.) üretiminin yan ürünlerinden biri olan elma kabuklarını insan beslenmesine sağlıklı bir gıda bileşeni olarak dahil etmenin yollarının belirlenmesi, sağlık açısından pek çok yarar sağlayabilir (Rupasinghe ve ark., 2008).

Bitkisel dokulardan elde edilen ekstraktlar gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitkilerden fonksiyonel özelliklere sahip doğal bileşikler elde etmek için farklı ekstraksiyon tekniklerinin etkileri geniş çapta araştırılmıştır (Wang ve Weller, 2006). Ekstraksiyon süresini kısaltmak, solvent tüketimini azaltmak, ekstraksiyon verimini ve ekstraktların kalitesini artırmak için konvansiyonel ekstraksiyona alternatif teknikler geliştirmek popülerite kazanan bir konudur. Son yıllarda bitkilerden nutrasötiklerin ekstraksiyonu için ultrases destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, süperkritik akışkan ekstraksiyonu ve hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu dahil olmak üzere çeşitli yeni ekstraksiyon teknikleri geliştirilmiştir (Wang ve Weller, 2006). Bunların arasında ultrases destekli ekstraksiyon, geleneksel ekstraksiyon tekniklerine kıyasla ucuz, basit ve etkili

bir alternatiftir. Ultrases kullanılarak elde edilen ekstraksiyon verimindeki artış, esas olarak, bir ultrasonik dalganın geçişiyle çözücüde üretilen akustik kaviteasyonların etkilerine atfedilir (Wang ve ark., 2008). Domates atıklarından likopenin ekstrakte edildiği bir çalışmada, ultrases destekli ekstraksiyonun hem süre hem de sıcaklık açısından geleneksel yöntemle kıyasla daha avantajlı olduğu bildirilmiştir (Kumcuoğlu ve ark., 2011). Bu çalışmada iki farklı ekstraksiyon yönteminin sağlık açısından önemli olan elma kabuk dokusundaki fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu üzerine etkisi araştırılmıştır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Çalışmada ekstraksiyon için 2020 yılında Hakkari ilinde yerel bir üreticinin bahçesinden hasat edilen Starking Delicious elma çeşidine ait kabuklar kullanılmıştır. Hasattan hemen sonra laboratuvara getirilen elmalar hemen yıkanmış ve manuel bir kabuk soyucu ile kalınlığı 2 mm olacak şekilde elma kabukları soyulmuştur.

### Kullanılan Kimyasallar ve Reaktifler

Kateşin, epikateşin, klorojenik asit, rutin, DPPH, 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Trolox), asetik asit Sigma-Aldrich Co.'dan (St. Louis, MO, ABD) satın alınmıştır. Prosiyanidin B1 ve prosiyanidin B2 aber'den (Almanya), prosiyanidin C1 Chem Scene'den (ABD) temin edilmiştir.

### Metot

Çalışmada ultrases destekli ekstraksiyon (U) ve konvansiyonel ekstraksiyon (K) yöntemleri ile elma kabuğundan fenolik madde ekstraksiyonuna çalışılmıştır. Çalışmada meyve: su oranı 1:10 (W:V) olarak belirlenip her iki ekstraksiyon yönteminde de aynı şekilde kullanılmıştır.

Ultrases destekli ekstraksiyon için Bandelin (80/320 W, 35 kHz, Germany) marka ultrasonik su banyosu kullanıldı. Ekstraksiyon için elma kabukları oda sıcaklığında 15, 30 ve 45 dakika boyunca üç farklı sürede ultrases destekli ekstraksiyona tabi tutuldu.

Konvansiyonel yöntemle ekstraksiyon ise oda sıcaklığında ve karanlıkta 90 dk boyunca dairesel çalkalayıcı (150 rpm) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi 6 farklı (15, 30, 45, 60, 75 ve 90 dk) sürede gerçekleştirildi.

Elde edilen ekstraktlar kaba filtre kağıdı ile süzülükten sonra bekletilmeden kimyasal analizlerde kullanılmıştır.

### Toplam Fenolik Madde Analizi

Elma kabuğu ekstraktlarının toplam fenolik madde analizi Singleton ve Rossi (1965) tarafından bildirilen metod kullanılarak belirlendi. 0.4 mL ekstrakta, 2 mL Folin-Ciocalteu ajanı (%10) ilave edildi. Daha sonra elde edilen karışıma 1.6 mL sodyum karbonat çözeltisi (%7.5'lik) eklenerek karıştırılıp oda sıcaklığında bir saat bekletildi. Süre sonunda spektrofotometrede 765 nm'de okuması yapıldı. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri/kg (mg GAE/kg) olarak ifade edildi ( $y=0.0103x + 0.0237$ ,  $R^2=0.996$ ).

### Toplam Flavonoid Madde Analizi

Kabuk ekstraktlarının toplam flavonoid madde miktarı, Zhishe ve ark. (1999), tarafından bildirilen yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. 1 mL ekstrakt üzerine 5 mL saf su ve 0.3 mL NaNO<sub>2</sub> (%5) çözeltisi eklenip 5 dk inkübe edilmiştir. Ardından 0.3 mL AlCl<sub>3</sub> (%10) ilave edilerek 5 dk daha inkübe edildikten sonra karışıma 2 mL 1 M NaOH eklendi ve saf suyla 10 mL'ye tamamlanarak 510 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuması yapıldı. Sonuçlar mg kateşin eşdeğeri/kg (mg KA/kg) olarak ifade edildi ( $y=0.0035x + 0.0509$ ,  $R^2=0.9992$ ).

### DPPH

Örneklerin DPPH radikali sönmeme aktivitesi Pyo ve ark. (2004), tarafından bildirilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. 0.1 mL ekstrakt üzerine 3.9 mL DPPH çözeltisi (0.025 g/L metanol) eklenip karıştırıldıktan sonra oda koşullarında bir saat boyunca karanlıkta bekletilip 515 nm'de spektrofotometre ile absorbansı ölçüldü. Sonuçlar trolox eşdeğeri (mmol Trolox eq./g) olarak ifade edildi ( $y=0.1082x + 0.4997$ ,  $R^2=0.9997$ ).

### Bireysel Fenolik Madde İçeriği

Elma kabuğu ekstraktlarının fenolik madde içeriğinin tespiti Colaric ve ark. (2005)'e ait yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak kullanıldı. Ekstraktlar 0.45 µm PVDF filtreden geçirildikten sonra HPLC cihazı ile analiz edildi. Çalışmada Shimadzu marka LC-20 AD pompa, SPD-M20A model DAD dedektör ve CTO-10AS VP model kolon firmından oluşan yüksek basınç sıvı kromatografisi kullanıldı. Fenolik bileşenlerin tespiti, Waters Symetry C18 (250x4 mm ID, partikül büyüklüğü 5 µm) kolonu (Waters, ABD) ile 1 mL/ dk'lık akış hızında 25 °C'de gerçekleştirildi. Mobil faz olarak % 2 asetik asitli su (A) ve % 0.5 asetik asit: asetonitril (1: 1, v/v; B) kullanıldı. Gradyan programı: 0. dk % 90 A, 50. dk % 45 A, 60. dk % 0 A olarak belirlendi. Flavan-3-oller 280 nm'de, hidrokisisanamik asitler 320 nm'de ve flavonoller 360 nm'de belirlendi.

### İstatistiksel Analizler

Verilerin ortalama ve standart sapması SPSS istatistik programı (sürüm 20.0) kullanılarak verilmiştir. Örnekler arasındaki farklılıkların belirlenmesi için Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Elma Kabuklarının Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid Miktarı ve Antioksidan Aktivitesi

Çoğu meyvede kabuk, meyveye aromasını veren uçucu bileşiklerin renk maddelerinin ve fenolik bileşikler gibi diğer birçok besin ögesini en yüksek oranda içeren katı kısımdır (de Torres ve ark., 2010). Farklı yöntemler ve sürelerde elma kabuğundan ekstrakte edilen toplam fenolik madde miktarı Şekil 1'de verilmiştir. Her iki ekstraksiyon yönteminde artan ekstraksiyon süresi ile toplam fenolik madde miktarı artmıştır ( $p<0.05$ ). Uğurlu ve Bakkalbaşı (2023), ultrases destekli ve konvansiyonel yöntemle ekstraksiyonda yeşil cevizden ekstrakte edilen toplam fenolik madde miktarının artan ekstraksiyon süresi ile arttığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda ultrases destekli ekstraksiyonla 45. dakikada elde edilen toplam fenolik madde miktarı (2021.83 mgGAE/kg) konvansiyonel yöntemle 90. dakikada elde edilen fenolik madde miktarlarından (1848.50 mgGAE/kg) daha yüksek bulunmuştur. Benzer durum elma posasından ultrases destekli ve konvansiyonel ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarında da tespit edilmiştir (Viroto ve ark., 2010). Bir diğer çalışmada da kırmızı üzümde klasik yöntemle kıyasla ultrases destekli ekstraksiyonla daha kısa sürede daha yüksek toplam fenolik madde miktarı elde edildiği bildirilmiştir (Carrera ve ark., 2012). Sonuç olarak çalışmamızda ultrases destekli ekstraksiyon ile 45. dakikada elde edilen toplam fenolik madde miktarlarının aynı süredeki konvansiyonel ekstraksiyona kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Elma kabuğundan ekstrakte edilen toplam flavonoid madde miktarlarına ait sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Ultrases destekli ekstraksiyonda artan ekstraksiyon süresi ile toplam flavonoid madde miktarı 30. dakikaya kadar artmış 45. dakikada ise azalmıştır. Ancak bu azalma istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Benzer durum elma püresinden iki farklı ultrases genliği (% 50 ve 70) ile farklı sürelerde (5, 10, 15 ve 20 dk) toplam flavonoid madde ekstraksiyonunda da gözlenmiştir. Her iki ultrases genliğinde de ekstraksiyon süresinin 15. dakikasına kadar toplam flavonoid madde miktarının arttığı 20. dakikada ise azaldığı bildirilmiştir (Egüés ve ark., 2021). Benzer bir durum *Terminalia catappa* L yaprağında ultrases ile farklı sürelerde (20, 40 ve 60 dk) ekstraksiyonun yapıldığı çalışmada da tespit edilmiştir. 40. dakikaya

kadar toplam flavonoid madde miktarının arttığı 60. dakikada ise azaldığı bildirilmiştir (Annegowda ve ark., 2010). Bu durumun biyoaktif bileşenlerin uzun süreli sonikasyonda parçalanmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Annegowda ve ark., 2010). Çalışmamızda konvansiyonel yöntemde ise artan ekstraksiyon süresi ile toplam flavonoid madde miktarı sürekli bir artış göstermiştir ( $p < 0.05$ ), ultrases destekli ekstraksiyonda olduğu gibi azalma meydana gelmemiştir. Ultrases destekli ekstraksiyonda 30. dakikada elde edilen toplam flavonoid madde miktarı (569.58 mg KA/kg) konvansiyonel yöntemle 90. dakikada elde edilen flavonoid madde miktarı (571.03 mg KA/kg) ile benzer düzeyde bulundu. Kırmızı ejder meyvesi kabuğundan (*Hylocereus polyrhizus*) ultrases destekli ekstraksiyon ile elde edilen toplam flavonoid madde miktarının konvansiyonel yöntemle elde edilen toplam flavonoid madde miktarından daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Ramli ve ark., 2014). Bir diğer çalışmada da red araçá meyve kabuğundan (*Psidium cattleianum* Sabine) fenolik maddelerin ekstraksiyonunda benzer durum gözlenmiş olup konvansiyonel yöntemle kıyasla ultrases destekli ekstraksiyon ile daha yüksek toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde elde edildiği bildirilmiştir (Meregalli ve ark., 2020).

Elma kabuğundan elde edilen ekstraktların antioksidan aktivite değerleri (DPPH) Şekil 3'te verilmiştir. Her iki ekstraksiyon yönteminde artan ekstraksiyon süresi ile DPPH değeri artmıştır ( $p < 0.05$ ). Farklı mandalina kabuklarının ultrases destekli ekstraksiyonunda artan ekstraksiyon süresi ile (5, 15 ve 30 dk) DPPH yöntemi ile belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Anticono ve ark., 2021). Çalışmamızda ultrases destekli ekstraksiyonla 30. dakikada elde edilen DPPH değeri (10.51 mmol Trolox eq./g) bile konvansiyonel yöntemle 90. dakikada elde edilen DPPH miktarlarından (9.70 mmol Trolox eq./g) daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Ultrases destekli ekstraksiyonun 15. ve 30. dakikalarındaki antioksidan aktivite değerleri konvansiyonel yöntemle elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin yaklaşık 60. ve 90. dakikalarına denk geldiği ya da daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, ekstraktta istenen antioksidan aktivite değerine ulaşabilmek için ultrases destekli ekstraksiyon konvansiyonel yöntemle kıyasla ekstraksiyon süresini yaklaşık olarak %50 azaltabildiği tespit edilmiştir. Ciriguela (*Spondias purpurea* L.) kabuğundan farklı ekstraksiyon yöntemleri (ultrases, mikrodalga ve konvansiyonel) kullanılarak biyoaktif bileşiklerin elde edildiği çalışmada ultrases destekli ekstraksiyon ile daha yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite elde edildiği bildirilmiştir (Júnior ve ark., 2021). Benzer durum siyah akasya (*Robinia pseudoacaciae*) çiçeklerinden fenolik bileşiklerin farklı ekstraksiyon yöntemlerinin (ultrases, soxhlet ve maserasyon) kullanıldığı çalışmada da gözlenmiş olup, daha kısa ekstraksiyon

süresi ile ultrases destekli ekstraksiyonda toplam fenolik maddenin daha yüksek olduğu ve daha iyi antioksidan aktivite verdiği bildirilmiştir (Gajic ve ark., 2019).

### **Elma Kabuklarının Fenolik Madde İçeriği**

Fenolik asitler, flavan 3-oller ve flavonoidler gıdanın tadına ve rengine katkıda bulunan ve ayrıca sağlık üzerine olumlu etkileri olan bileşen gruplarıdır (McSweeney ve Seetharaman, 2015). Elma kabuğundan elde edilen ekstraktlarda kateşin, epikateşin, prosiyanidin B1, prosiyanidin B2, prosiyanidin C1, klorojenik asit ve rutin tespit edildi ve bunların ekstraktlardaki içerikleri Tablo 1'de verildi. Her iki ekstraksiyon yönteminde de tespit edilen tüm fenoliklerin ekstraktlardaki içerikleri artan ekstraksiyon süresi ile artarken ( $p < 0.05$ ), rutin miktarı ultrases destekli ekstraksiyonda 30. dakikadan sonra azalmıştır. Ultrases destekli ekstraksiyonda özellikle 30. ve 45. dakikada elde edilen fenolik maddelerin miktarı, kateşin ve rutin hariç, konvansiyonel yöntemle elde edilen fenolik maddelerden daha yüksek bulunmuştur. Bu da ultrases destekli ekstraksiyonun konvansiyonel yöntemle kıyasla daha yüksek bir ekstraksiyon etkisine sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda ultrases destekli ekstraksiyonla 45. dakikada elde edilen kateşin miktarı konvansiyonel yöntemle 75. ve 90. dakikalarda elde edilen kateşin miktarları ile benzer bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Ultrases ile 45. dakikada elde edilen ekstrakttaki klorojenik asit miktarı 30. dakikada elde edilen değere kıyasla az miktarda yüksektir ancak bu fark istatistik olarak önemsizdir ( $p > 0.05$ ). Ultrasesle 30 ve 45. dakikalarda elde edilen klorojenik asit miktarları ile konvansiyonel yöntemde 90. dk da elde edilen klorojenik asit miktarları da benzer düzeydedir ( $p > 0.05$ ). Ayrıca rutin miktarında da ultrases destekli ekstraksiyonla 45. dakikada azalma meydana gelmiş ve 30. dakikaya kıyasla bu azalma istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Benzer durum ultrases destekli ekstraksiyon ile yeşil cevizlerden fenolik maddelerin ekstraksiyonunun yapıldığı farklı bir çalışmada da tespit edilmiştir. Ultrases destekli ekstraksiyon ile juglon, gallik asit, neoklorojenik asit ve rutin miktarlarının 50. dakikaya kadar arttığı 60. dakikada ise azaldığı bildirilmiştir (Uğurlu ve Bakalbaşı, 2023). Çalışmamızda ultrases destekli ekstraksiyon uygulanarak elde edilen prosiyanidin C1, kateşin ve klorojenik asit bileşiklerinin sırasıyla 30, 45 ve 30-45. dakikalardaki miktarları konvansiyonel yöntemle elde edilen prosiyanidin C1, kateşin ve klorojenik asit miktarlarının yaklaşık olarak 90. dakikasına denk gelmiştir. Ayrıca ultrases destekli ekstraksiyon ile elde edilen epikateşin, prosiyanidin B1 ve prosiyanidin B2 bileşiklerinin 45. dakikadaki miktarlarının konvansiyonel ekstraksiyon ile elde edilen 90. dakikadaki miktarlarından daha yüksek bulunmuşken, rutin miktarı ise daha düşük bulunmuştur. Bioaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda

ultrases destekli ekstraksiyonun konvansiyonel ekstraksiyona göre daha etkili olmasına ait benzer durum zerdeçaldan kurkumin ve sinnamik asit eldesinde de tespit edilmiştir (Yang ve ark., 2020). Portakal kabuklarından fenoliklerin ekstrakte edildiği çalışmada, ultrases destekli ekstraksiyon ile elde edi-

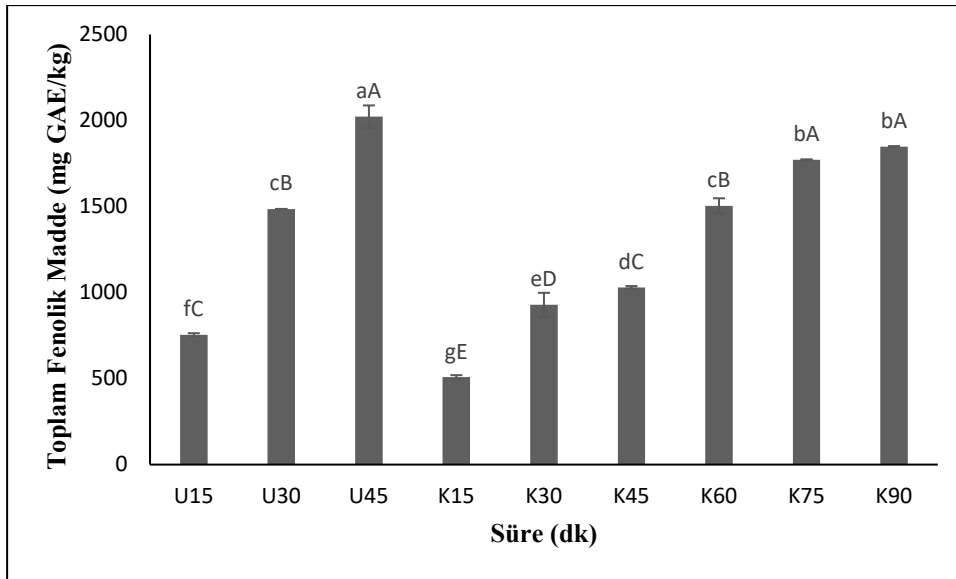
len naringin ve hesperidin miktarlarının, kovansiyonel yöntem ile elde edilen miktarlarından daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Khan ve ark., 2010). Benzer sonuçlar patates kabuğundan da klorojenik asit ve kafeik asit eldesinde de bildirilmiştir (Kumari ve ark., 2017).

Tablo 1. Elma kabuğu ekstraktlarının fenolik madde içeriği (mg/kg)

Table 1. Phenolic substance content of apple peel extracts (mg/kg)

Ekstraksiyon Yöntemi	Süre (dk)	Kateşin	Epikateşin	Prosiyanidin B1	Prosiyanidin B2	Prosiyanidin C1	Klorojenik Asit	Rutin
Ultrases	15	7.44 ±0.34 <sup>cB</sup>	35.39 ±2.24 <sup>cC</sup>	9.03 ±0.02 <sup>hC</sup>	24.02 ±0.59 <sup>gC</sup>	11.08 ±0.14 <sup>cC</sup>	34.31 ±0.61 <sup>cB</sup>	14.31 ±0.14 <sup>hC</sup>
	30	14.70 ±2.25 <sup>aA</sup>	85.16 ±1.24 <sup>bb</sup>	29.91 ±0.34 <sup>bb</sup>	82.63 ±1.00 <sup>eb</sup>	18.99 ±0.33 <sup>bb</sup>	46.80 ±1.12 <sup>aA</sup>	113.50 ±0.88 <sup>bb</sup>
	45	15.23 ±2.10 <sup>aA</sup>	107.54 ±1.92 <sup>aA</sup>	34.52 ±0.44 <sup>aA</sup>	118.59 ±1.26 <sup>aA</sup>	42.95 ±2.52 <sup>aA</sup>	47.38 ±3.29 <sup>aA</sup>	110.71 ±0.58 <sup>ba</sup>
Konvansiyonel	15	7.06 ±0.63 <sup>cd</sup>	25.58 ±0.79 <sup>td</sup>	8.15 ±0.14 <sup>df</sup>	30.89 ±1.02 <sup>fe</sup>	5.08 ±0.03 <sup>dc</sup>	32.50 ±3.04 <sup>cc</sup>	46.10 ±5.13 <sup>gf</sup>
	30	8.96 ±0.18 <sup>cc</sup>	36.85 ±2.47 <sup>cc</sup>	11.06 ±0.03 <sup>ge</sup>	58.05 ±0.57 <sup>ed</sup>	9.85 ±0.17 <sup>cb</sup>	37.35 ±3.18 <sup>bcBC</sup>	54.11 ±0.41 <sup>fe</sup>
	45	9.14 ±0.14 <sup>bcC</sup>	37.83 ±2.53 <sup>cc</sup>	13.41 ±0.08 <sup>fd</sup>	68.29 ±0.61 <sup>dc</sup>	10.49 ±0.00 <sup>cb</sup>	39.35 ±1.72 <sup>bcABC</sup>	73.29 ±0.00 <sup>ed</sup>
	60	11.50 ±0.00 <sup>bb</sup>	60.26 ±0.45 <sup>db</sup>	18.67 ±0.13 <sup>cc</sup>	83.65 ±2.31 <sup>cb</sup>	17.60 ±0.20 <sup>ba</sup>	42.80 ±3.44 <sup>abAB</sup>	84.27 ±0.97 <sup>dc</sup>
	75	15.51 ±0.39 <sup>aA</sup>	63.69 ±0.40 <sup>db</sup>	20.33 ±0.21 <sup>db</sup>	85.70 ±1.77 <sup>cb</sup>	18.52 ±1.11 <sup>ba</sup>	43.43 ±5.46 <sup>abAB</sup>	91.50 ±3.49 <sup>cb</sup>
	90	15.80 ±0.29 <sup>aA</sup>	72.58 ±0.58 <sup>ca</sup>	22.19 ±0.22 <sup>ca</sup>	90.57 ±1.49 <sup>ba</sup>	18.87 ±1.41 <sup>ba</sup>	46.75 ±0.36 <sup>aA</sup>	143.36 ±0.22 <sup>aA</sup>

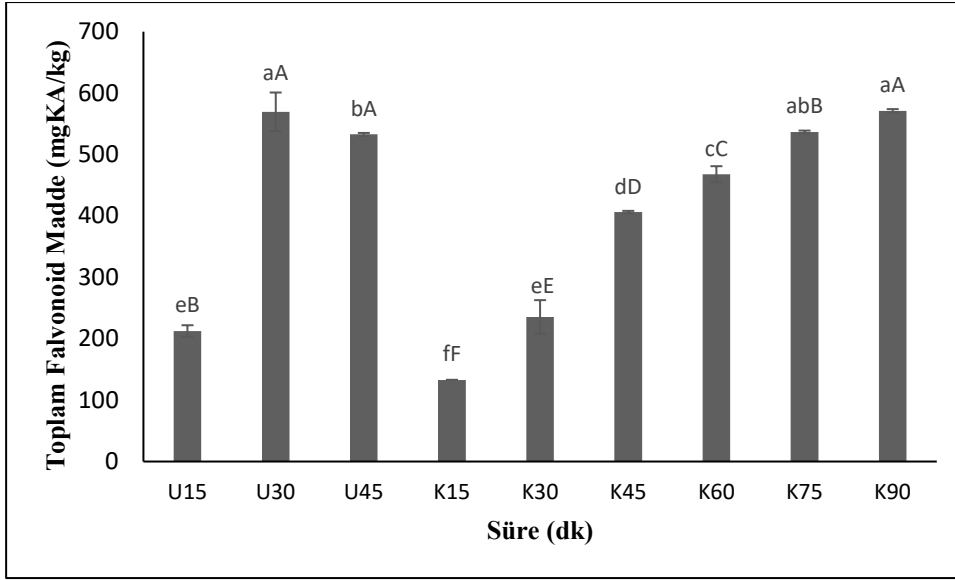
Değerler ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir. Küçük harfler aynı sütundaki tüm örnekler arasındaki farkı, büyük harfler aynı ekstraksiyon yöntemi uygulanan örneklerin ekstraksiyon süreleri arasındaki farkı göstermektedir (p<0.05).



Küçük harfler tüm örnekler arasındaki farkı, büyük harfler aynı ekstraksiyon yöntemi uygulanan örneklerin ekstraksiyon süreleri arasındaki farkı göstermektedir (U: Ultrases, K: Konvansiyonel).

**Şekil 1.** Ultrases destekli ekstraksiyon ve konvansiyonel ekstraksiyon ile farklı sürelerde elde edilen ekstraktların toplam fenolik miktarlarındaki değişimi.

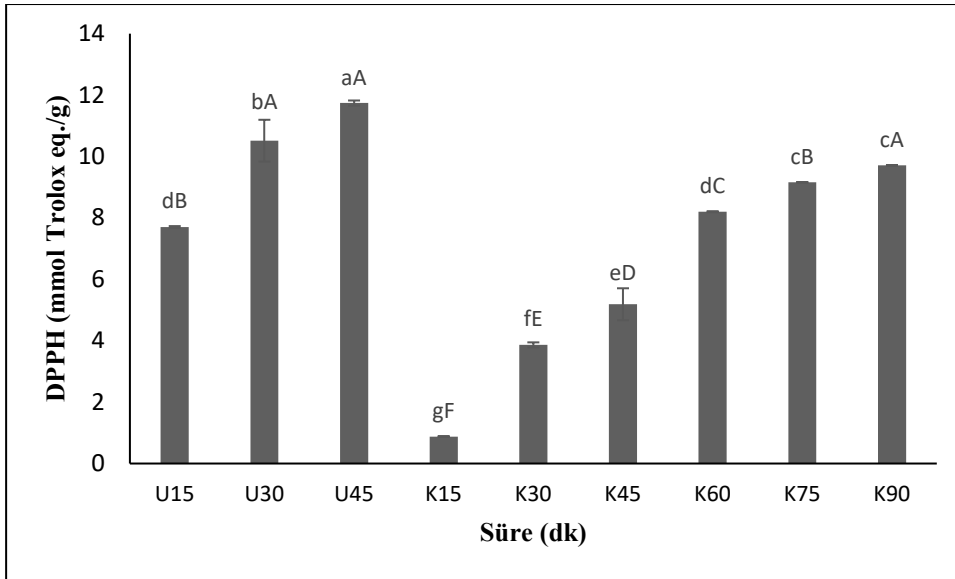
**Figure 1.** The change in the total phenolic content of extracts obtained by ultrasound assisted extraction and conventional extraction at different time intervals



Küçük harfler tüm örnekler arasındaki farkı, büyük harfler aynı ekstraksiyon yöntemi uygulanan örneklerin ekstraksiyon süreleri arasındaki farkı göstermektedir (U: Ultrases, K: Konvansiyonel).

**Şekil 2.** Ultrases destekli ekstraksiyon ve konvansiyonel ekstraksiyon ile farklı sürelerde elde edilen ekstraktların toplam flavonoid madde miktarlarındaki değişimi

**Figure 2.** The change in the total flavonoid content of extracts obtained by ultrasound assisted extraction and conventional extraction at different time intervals



Küçük harfler tüm örnekler arasındaki farkı, büyük harfler aynı ekstraksiyon yöntemi uygulanan örneklerin ekstraksiyon süreleri arasındaki farkı göstermektedir (U: Ultrases, K: Konvansiyonel).

**Şekil 3.** Ultrases destekli ekstraksiyon ve konvansiyonel ekstraksiyon ile farklı sürelerde elde edilen ekstraktların antioksidan değerlerindeki değişimi

**Figure 3.** The change in the antioxidant values of extracts obtained by ultrasound assisted extraction and conventional extraction at different time intervals

## Sonuç

Elma kabukları genellikle işlenmiş elma ürünlerinin üretiminde ortaya çıkmakta ve yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmeyip atılmaktadır. Buna karşın elma kabukları fazla miktarda biyoaktif bileşiklere ve yüksek düzeyde antioksidan aktiviteye sahiptirler. Bu çalışmada farklı ekstraksiyon yöntemlerinin (ultrases ve konvansiyonel) elma kabuğundan ekstrakte edilen biyoaktif bileşen miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkileri incelenmiştir. Her iki ekstraksiyon yönteminde artan ekstraksiyon süresi ile toplam fenolik madde ve antioksidan aktive değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Ultrases destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilen toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktive değerlerinin konvansiyonel yöntemle kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Elmadan elde edilen ekstraktların kateşin, epikateşin, prosiyanidin B1, B2 ve C1 ile klorojenik asit ve rutin gibi sağlık açısından önemli biyoaktif fenolik bileşikler içerdiği ve bunların ekstrakttaki miktarlarının artan ekstraksiyon süresi ile arttığı tespit edilmiştir. Sadece toplam flavonoid madde ve rutin bileşiğinin miktarlarının ultrasonik ekstraksiyonda 30. dakikadan sonra bir miktar azaldığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, elma kabuğunun insan sağlığı açısından faydalı bileşikler içerdiği ve fonksiyonel bir gıda veya katma değerli bir bileşen üretimi için potansiyel ve önemli bir kaynak olduğunu ayrıca konvansiyonel yöntemle alternatif olarak ultrases destekli ekstraksiyon yönteminin kullanılması ile daha kısa sürede ve daha yüksek verimde bu bileşenlerin elde edilip kullanılabileceğini göstermektedir.

## Etik Standartlar ile Uyumluluk

**Çıkar çatışması:** Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

**Etik izin:** Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

**Veri erişilebilirliği:** Veriler istek üzerine sağlanacaktır.

**Finansal destek:** -

**Teşekkür:** -

**Açıklama:** -

## Kaynaklar

**Annegowda, H.V., Anwar, L.N., Mordi, M.N., Ramanathan, S. Mansor, S. M. (2010).** Influence of sonication on the phenolic content and antioxidant activity of *Terminalia catappa* L. leaves. *Pharmacognosy Research*, 2(6), 368-373.

<https://doi.org/10.4103/0974-8490.75457>

**Anticon, M., Blesa, J., Lopez-Malo, D., Frigola, A., Esteve, M.J. (2021).** Effects of ultrasound-assisted extraction on physicochemical properties, bioactive compounds, and antioxidant capacity for the valorization of hybrid Mandarin peels. *Food Bioscience*, 42, 101185.

<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101185>

**Carrera, C., Ruiz-Rodríguez, A., Palma, M., Barroso, C.G. (2012).** Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. *Analytica Chimica Acta*, 732, 100-104.

<https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.11.032>

**Colaric, M., Veberic, R., Solar, A., Hudina, M., Stampar, F. (2005).** Phenolic acids, syringaldehyde, and juglone in fruits of different cultivars of *Juglans regia* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16), 6390-6396.

<https://doi.org/10.1021/jf050721n>

**de Torres, C., Díaz-Maroto, M.C., Hermosín-Gutiérrez, I., Pérez-Coello, M.S. (2010).** Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles and phenolics composition of grape skin. *Analytica Chimica Acta*, 660, 177-182.

<https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.10.005>

**Drogoudi, P.D., Michailidis, Z., Pantelidis, G. (2008).** Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 115, 149-153.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.08.010>

**Egüés, I., Hernandez-Ramos, F., Rivilla, I., Labidi, J. (2021).** Optimization of Ultrasound Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Apple Pomace. *Molecules*, 26(13), 3783.

<https://doi.org/10.3390/molecules26133783>

**Gajic, I. S., Savic, I., Boskov, I., Žerajić, S., Markovic, I., Gajic, D. (2019).** Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Black Locust (*Robinia Pseudoacaciae*) Flowers and Comparison with Conventional Methods. *Antioxidants*, 8(8), 248.

<https://doi.org/10.3390/antiox8080248>



- Júnior, M.E.S., Araújo, M.V.R.L., Santana, A.A., Silva, F.L.H., Maciel, M.I.S. (2021). Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from ciriguela (*Spondias purpurea* L.) peel: Optimization and comparison with conventional extraction and microwave. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(8), 103260.  
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103260>
- Kabir, F., Tow, W.W., Hamauzu, Y., Katayama, S., Tanaka, S., Nakamura, S. (2015). Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products. *Food Chemistry*, 167, 358-362.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.099>
- Khan, M.K., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.S., Dangles, O., Chemat, F. (2010). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. *Food Chemistry*, 119(2), 851-858.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.046>
- Kumari, B., Tiwari, B.K., Hossain, M.B., Rai, D.K., Brunton, N.P. (2017). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from potato peels: Profiling and kinetic modelling. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(6), 1432-1439.  
<https://doi.org/10.1111/ijfs.13404>
- Kumcuoğlu, S., Yılmaz, T., Tavman, Ş. (2011). Salça Üretim Atıklarından Ultrason Destekli Ekstraksiyon İşlemiyle Likopen Ekstraksiyonu. *Akademik Gıda*, 9(6), 23-28.
- Mcsweeney, M., Seetharaman, K. (2015). State of Polyphenols in the Drying Process of Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(5), 660-669.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2012.670673>
- Meregalli, M.M., Puton, B.M.S., Camera, F. D., Amaral, A.U., Zeni, J., Cansian, R.L., Mignoni, M.L., Backes, G.T. (2020). Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 5800-5809.  
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.04.017>
- Pyo, Y.H., Lee, T.C., Logendra, L., Rosen, R.T. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of swiss chard (*Beta vulgaris* Subspecies *cycla*) extracts. *Food Chemistry*, 85(1), 19-26.  
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00294-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00294-2)
- Ramli, N.S., Ismail, P., Rahmat, A. (2014). Influence of Conventional and Ultrasonic-Assisted Extraction on Phenolic Contents, Betacyanin Contents, and Antioxidant Capacity of Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *The Scientific World Journal*, 1-7.  
<https://doi.org/10.1155/2014/964731>
- Rana, S., Bhushan, S. (2016). Apple phenolics as nutraceuticals: assessment, analysis and application. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 1727-1738.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-015-2093-8>
- Rupasinghe, H.P.V., Wang, L., Huber, G.M., Pitts, N.L. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, 107(3), 1217-1224.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.057>
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Uğurlu, S., Bakkalbaşı, E. (2023). Yeşil Cevizlerden Ultrason Destekli Ekstraksiyon Yöntemiyle Fenolik Bileşiklerin Eldesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 185-191.  
<https://doi.org/10.53433/yyufbed.1150133>
- Virost, M., Tomao, V., Bourvellec, C.L., Renard, C.M.C.G., Chemat, F. (2010). Towards the industrial production of antioxidants from food processing by-products with ultrasound-assisted extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(6), 1066-1074.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2009.10.015>
- Wang, J., Sun, B., Cao, Y., Tian, Y., Li, X. (2008). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. *Food Chemistry*, 106(2), 804-810.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.062>
- Wang, L., Weller, C.L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6), 300-312.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.004>
- Wolfe, K.L., Liu, R.H. (2003). Apple Peels as a Value-Added Food Ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1676-1683.  
<https://doi.org/10.1021/jf025916z>



Wolfe, K., Wu, X., Liu, R.H. (2003). Antioxidant Activity of Apple Peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 609-614.

<https://doi.org/10.1021/jf020782a>

Wu, J., Gao, H., Zhao, L., Liao, X., Chen, F., Wang, Z., Hu, X. (2007). Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*, 103(1), 88-93.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.030>

Yang, Q.Q., Cheng, L.Z., Zhang, T., Yaron, S., Jiang, H.X., Sui, Z.Q., Corke, H. (2020). Phenolic profiles, antioxidant, and antiproliferative activities of turmeric (*Curcuma longa*). *Industrial Crops & Products*, 152, 112561.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112561>

Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.

[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)