



Alınış tarihi (Received): 22.07.2024

Kabul tarihi (Accepted): 14.11.2024

## Farklı Ekstraksiyon Yöntemlerinin Antosiyanin İçeren Meyve-Sebze İşleme Endüstrisi Atıklarındaki Biyoaktif Bileşenlerin Eldesi Üzerine Etkisi

Ali Levent COŞKUN<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat

\*Sorumlu yazar: [alilevent.coskun@gop.edu.tr](mailto:alilevent.coskun@gop.edu.tr)

**ÖZET:** Bu çalışmada; meyve-sebze işleme endüstrisi alanında faaliyette bulunan bazı firmalardan sağlanan bazı atıkların (nar kabuğu, patlıcan kabuğu, siyah turp kabuğu, kırmızı turp kabuğu, siyah üzüm posası, siyah havuç posası ve kırmızı lahana kabukları) fiziksel ve kimyasal kalitelerinin incelenmesi ve incelenen materyallerdeki biyoaktif-biyoyararlı bileşenlerin geri kazanım yöntemlerinin ve verimliliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ekstraksiyon yöntemleri olarak; geleneksel yöntem, ultrases destekli ekstraksiyon ve mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmış ve ekstraksiyon yöntemleri verimlilik yönünden karşılaştırılmıştır. İncelenen örneklerin bazı önemli fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerine ait ortalama değerler ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak sırasıyla; L\* değeri için 18.95-95.80, a\* değeri için 0.60-20.82, b\* değeri için 5.03-25.23, toplam fenolik madde miktarı için 4.98-150 (mg GAE/g K.M), toplam antioksidant kapasite için 5.94-31.55 (mg TE/g K.M, EC<sub>50</sub> değerleri için 3.68-36.32 µL ekstrakt, toplam monomerik antosiyanin miktarı için 7.95-819.90 mg siyanidin-3-glukozit/kg K.M olduğu belirlenmiştir. İncelenen tüm örneklerin renk, toplam fenolik madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı, toplam antioksidan kapasite değerlerinin literatür verileri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler**– Geri kazanım, Antosiyanin, Biyoaktif/biyoyararlı bileşen, Meyve-Sebze İşleme Endüstrisi, Atık

## The Effects of Different Extraction Method on The Recovery of Bioactive Components of Fruit and Vegetable Processing Industry Waste Including Antocyanins

**ABSTRACT:** In this research, aimed that to determine some of the physical and chemical quality properties of waste materials (pomegranate peel, eggplant peel, black radish peel, red radish peel, black grape pomace, black carrot pomace and red cabbage peel) from some fruit-vegetables production companies and to determine of some bioactive/bioavailable components of this waste by different recycling methods. Average values of some important physical and chemical quality properties of the research samples, respectively; L\* value 18.95-95.80, a\* value 0.60-20.82, b\* value 5.03-25.23, the amount of total phenolic compounds (mg GAE/g) 4.98-150, total antioxidant capacity (mg TE/g) 5.94-31.55, EC<sub>50</sub> values of 3.68-36.32 µL of extract, the amount of total monomeric anthocyanin 7.95-819.90 mg cyn-3-glucoside/kg. It was determined that all samples examined were compatible with literature data on color, total phenolic amount, total monomeric anthocyanin amount, total antioxidant capacity values.

**Keywords**– Recovery, antocyanins, bioactive/bioavailable component, fruit and vegetable processing industry, waste.

### 1. Giriş

Gıda endüstrisi; tarımsal kaynaklı hammaddeleri çeşitli üretim prosesleri yardımıyla işleyerek insan tüketimine uygun hale getirmektedir. Uygulanan üretim proseslerinin

özellikleri gereği hammaddede bulunan bazı yararlı-faydalı komponentler atıklarla birlikte ayrılmaktadır. Son yıllarda farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda (Doulabi ve ark., 2020; Yüce-tepe, 2021; Antonisamy ve ark., 2023; Lee ve ark., 2023; Lima ve ark., 2024; Moldovan ve ark., 2024; Nabi ve ark., 2024; Ray ve ark., 2023; Shazan ve ark., 2024); bitkisel materyal atıklarından biyoaktif bileşenlerin geri kazanımı için uygulanabilecek başlıca teknikler, kullanılabilir çözücüler, ekstraksiyon süreleri ve etkinlikleri konusunda oldukça fazla bilgi bulunmaktadır. Bu çalışmada; son yıllarda ülkemizde ve dünyada sağlıklı-dengeli beslenme amacıyla yapılan araştırmalar sonucunda, gıdaların üretimi sırasında oldukça fazla miktarda yararlı besin komponentinin (renk maddeleri, fenolik bileşikler, pektin, organik asitler, vitaminler, diyet lifleri vb) atıklarla uzaklaştırıldığı gerçeği göz önüne alınarak, bu yararlı komponentlerin geri kazanılması ve ekonomik olarak değerlendirilebilmesi amacıyla uygulanabilecek başlıca yöntemler ve verimlilikleri konusu üzerinde durulmuştur.

Tarımsal kaynaklı hammaddelerde kalite üzerinde etkili olan en önemli kriterlerden birisi de içerikteki toplam fenolik madde miktarıdır. Fenolik bileşiklerin hammaddelerden ekstraksiyonu işleminde etkili olan faktörler arasında hammaddenin kimyasal yapısı, kullanılan çözücü türü, uygulanan ekstraksiyon yöntemi, uygulanan ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi, materyal:çözücü oranı, ürünün partikül boyutu, fenolik bileşiklerin polimerizasyon derecesi, ortamda bulunan ve fenolik bileşiklerle interaksiyon verebilecek nitelikteki proteinler-karbonhidratlar gibi bileşikler bulunmaktadır. Bu nedenle bitkisel materyaller veya atıklarından fenolik maddelerin ekstraksiyonunda tüm örneklere uygun bir ekstraksiyon yöntemi bulunmamaktadır (Xu ve ark., 2007). Fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olarak başlıca iki ana grup altında incelenebilmektedir. Flavonoidler, bitkisel çayların, meyve ve sebzelerin doğal yapılarında bulunan polifenolik özellikte antioksidanlardır. Fenolik bileşiklerin bir kısmı meyve ve sebzelerin lezzetinin ve özellikle ağızda acılık ve burukluk gibi iki önemli tat unsurunun oluşmasında etkili olmaktadır. Bir kısım fenolik bileşikler ise meyve ve sebzelerin sarı, kırmızı ve turuncu tonlardaki renklerinin oluşmasını sağlamaktadırlar. Bütün gıdaların kendilerine özgü alışılmış bir renkleri vardır ve renk tüketicinin ürünü tercihinde önemli bir etmendir (Cemeroğlu ve ark., 2004). Flavonoidler arasında bulunan antosiyaninler suda çözünebilir doğal renk maddeleri olup; sebzeler, meyveler, meyve suları ve şarapların pembe, kırmızı, mavi ve mor renklerinden sorumludurlar. Doğal endüstriyel renklendirici olarak kullanılan antosiyaninlerin en yaygın kaynakları üzüm, kuş üzümü, nar, kiraz, vişne, elma, kırmızı lahana ve siyah havuçtur (Yıldız ve ark., 2009).

Bioaktif/biyoyararlı bileşenlerin hammaddelerden geri kazanımında uygulanan birçok farklı ekstraksiyon yöntemleri bulunmaktadır. Yöntemlerin birbirlerinden temel farklılıkları; kullanılan ekstraksiyon çözücüsü, işlem süresi ve ortamda bulunan safsızlık unsurları olarak sınıflandırılabilir. Ekstraksiyon yöntemleri arasında en fazla kullanılan yöntemler ise geleneksel yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinde; materyal uygun bir çözücü içinde ekstraksiyona bırakılmakta, belirli bir ekstraksiyon süresi sonunda da süzülerek analiz edilmektedir. Metanol, etanol, aseton, su, etil asetat ve bunların uygun oranlarda kombinasyonları hammaddelerden fenolik bileşenlerin ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılan çözücülerdir. Ancak geleneksel yöntemlerde hem ekstraksiyon süresinin uzunluğu, hem de elde edilen sonuçların tekrarlanabilirliğinin sınırlı olması açısından son yıllarda yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri de yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadır.

Bu yöntemlerin en önemlilerinden birisi olan ultrases destekli ekstraksiyon sistemlerinin temel prensibi örneğe uygulanan akustik titreşimlerin içinden geçtiği sıvıdan kavitasyon meydana getirmesi ve bu yolla partiküllerin kopması esasına dayanmaktadır (Cheok ve ark., 2013). Ultrases destekli ekstraksiyonun uygulanan ekstraksiyon süresini azaltabileceği ve fenolikler-antioksidanlar ve antosiyaninler gibi sıcaklık ve süreye hassas olan bileşenler için yüksek sıcaklık ve uzun süre gerektiren diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha etkili olabileceği bildirilmektedir (Chen ve ark., 2007).

Ultrases destekli ekstraksiyonun başlıca avantajları; kullanılan ekipmanın oldukça ucuz olması, kullanım kolaylığı, çevre dostu olması, minimum bozulma ile hedeflenen bileşenin ekstraksiyonunun maksimize edilebilmesi ve yüksek verim elde edilmesidir. Ultrases destekli ekstraksiyon materyalden kütle transferini hızlandırmakta ve böylece işlem zamanından tasarruf sağlamaktadır. Klasik ekstraksiyon yöntemleri ile kıyaslandığında ultrases destekli ekstraksiyonda daha az çözücü tüketimi sağlanabilmektedir (Vieira ve ark., 2013; Gonzalez ve ark., 2015, Virot et al., 2010).

Bir diğer güncel yöntem olan mikrodalga destekli ekstraksiyon sistemleri özellikle son yıllarda gıdalardan biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla kullanılan mikro dalga ışınları 300 MHz ile 300 GHz frekans değerleri arasında ve 1m ile 1 mm arasındaki dalga boylarında (infrared ile radyo dalgaları arasında) iyonize olmayan elektromanyetik dalgalardır. Gıda proseslerinde genellikle yaygın olarak 2450 MHz frekanstaki mikrodalga ışınlar kullanılmaktadır. Yöntemin prensibi; örneğe uygulanan farklı dalga boylarındaki ışınların (mikrodalga) içinden geçtiği materyalde bulunan su moleküllerinin sürtünmesi sonucu ısı enerjisi açığa çıkarması ve böylece materyal içinde bulunan değerli komponentlerin gözeneklerde kavitasyon yaratılarak sıvı faza geçişinin sağlanması esasına dayanır (Baiano ve ark., 2014).

Mikrodalga destekli ekstraksiyonun ultrases destekli ekstraksiyon yöntemine benzer şekilde materyalden ekstraksiyon işleminin süresini oldukça azaltabileceği ve fenolikler-antioksidan bileşikler ve antosiyaninler gibi sıcaklığa ve süreye hassas bileşikler için diğer ekstraksiyon türlerine göre daha etkili olabileceği bildirilmiştir (Dahmoune ve ark., 2015). Mikrodalga destekli ekstraksiyonun başlıca avantajları; çevre dostu olması, daha az çözücü gerektirmesi, minimum bozulma ile hedeflenen bileşenin ekstraksiyonunun maksimize edilmesi ve yüksek verim elde edilebilmesidir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon kütle transferini hızlandırmakta ve böylece daha fazla işlem zamanı sağlamakta, böylece klasik ekstraksiyon metodu ile kıyaslandığında daha az çözücü tüketimi sağlamaktadır (Svarc ve ark., 2013).

## **2. Materyal ve Yöntem**

### **2.1. Materyal**

Bu çalışmada hammadde olarak kullanılan atıklar ülkemizde özellikle meyve-sebze işleme endüstrisinde uygulanan prosesler sonucunda fazla miktarda atığın açığa çıktığı firmalardan temin edilmek suretiyle karşılanmıştır. Bu amaçla; 3 farklı işletmenin (DİMES A.Ş., Kredi Yurtlar Kurumu Yemekhaneleri) antosiyaninlerce zengin olduğu düşünülen toplam 7 farklı atık örneği (nar kabuğu, patlıcan kabuğu, siyah turp kabuğu, kırmızı turp kabuğu, siyah üzüm posası, siyah havuç posası ve kırmızı lahana kabukları) incelenerek bu atıkların kalitesi üzerinde önemli derecede etkili olan bazı fizikokimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. İşletmelerden sağlanan atıklar diğer fizikokimyasal analizler yapılmıyaya kadar

su aktivitesi değerleri depolama sırasında bozulmaları engellemek amacıyla 0.30-0.40 seviyesine düşene kadar  $70\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 1 cm kalınlıkta bir tabaka halinde yayılarak etüvde kurutularak öğütülmüş ve daha sonra ağzı kapalı polietilen poşetler içinde  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Örnekleme planında temin edilen atıklarda yapılacak analizlerde 2 paralel ve 2 tekerrür olarak çalışılmıştır. Ekstraksiyon işlemlerinde en fazla kullanıma sahip olan 2 çözücünün karışımı (safsu-metanol karışımı; %80'lik) ve bazı ekstraksiyon işlemlerinde ise işlem süresini ve etkinliğini arttırmak amacıyla yardımcı çözücüler de (hekzan-Merck, Almanya; etanol-Merck, Almanya; hidroklorik asit-Merck, Almanya ve pH diferansiyel çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan diğer kimyasallar, pH 4.5 (0.025 M sodyum asetat-Merck) ve pH 1.0 (0.4 M KCl-Merck) kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemlerinde materyal:çözücü oranı, ekstraksiyon sıcaklığı-süresi daha önce yapılan farklı araştırma sonuçları dikkate alınarak ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Analiz materyali olarak kullanılan atık örneklerinde temel fizikokimyasal analizlerde ve ekstraksiyon işlemlerinde kullanılan ekipmanlar; kuru madde tayini (Memmert VFP800 DW etüv, Swabach-Almanya), su aktivitesi tayini (Aqua Lab Series 3TE, Decagon Devices, Wash, Amerika), renk analizleri (Minolta CR300 DP 301, Japonya), pH ve titrasyon asitliği tayini (Inolab WTW pH720, Weilheim, Almanya), ultrases banyo (Elma S100 H, Almanya), mikrodalga fırın (Samsung MS23K3515AW, Malezya), santrifüj (Nüve NF 800, Türkiye), spektrofotometre (T80+ UV/Vis spektrofotometre, PG Instruments, İngiltere) olarak tercih edilmiştir.

## 2.2. Biyoaktif Bileşenlerin Ekstraksiyonu

Araştırmamızda kullanılan bazı ekstraksiyon yöntemleri ile fiziksel ve kimyasal analiz yöntemleri şu şekildedir.

### 2.2.1. Geleneksel ekstraksiyon yöntemi

Geleneksel ekstraksiyon yönteminin uygulamasında; materyal:çözücü oranı 1:9; sıcaklık  $20^{\circ}\text{C}$ , ekstraksiyon süresi ise 24 h olarak tercih edilmiştir. Bu amaçla toz haldeki ~5 g kuru örnek bir cam beher içerisine tartılarak üzerine 45 mL çözücü karışımı (%80'lik metanol çözeltisi) ilave edilmiştir. Elde edilen materyal:çözücü karışımı ekstraksiyon süresinin bitimini takiben iki kat kaba filtre kağıdından süzülerek analizlerde kullanılacak ekstraktlar elde edilmiştir.

### 2.2.2. Ultrases Destekli Ekstraksiyon Yöntemi

Örneklerden biyoaktif bileşenlerin ultrases destekli yöntemle ekstraksiyonunda, ön deneme sonucunda elde edilen değerler dikkate alınarak işlem sırasında meydana gelebilecek olası kayıpları minimize edebilmek için toz haldeki atıklardan belirli miktarda (10 g) tartılmış, üzerine çözücü ilave edilerek (1:9 w/v) ultrases su banyosunda (Elma S100 H, Almanya) 15 dak süreyle 40 kHz'de ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda karışımın iki kat kaba filtre kağıdından süzülmesiyle elde edilen süzüntü analiz aşamasına kadar  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.

### 2.2.3. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Yöntemi

Toz haldeki atık örneklerinden biyoaktif bileşenlerin mikrodalga destekli ekstraksiyonunda; ön denemeler sonucunda elde edilen değerler dikkate alınarak meydana gelebilecek olası kayıpları minimize edebilmek için 10 g toz atık bir beher içerisine

tartılarak üzerine farklı oranlarda çözücü ilavesi edilmiş, farklı süre ve farklı güç kombinasyonlarında (1:2; 1:5, 1:9; 100-200 W, 5-10 dak) ön denemeler gerçekleştirilmiştir.

Ekstraksiyon işlemleri için en uygun mikrodalga destekli ekstraksiyon metodu, süresi ve dalga boyu aralığı atık materyalin niteliğine ve amaçlanan ekstraksiyon etkinliğine göre seçilmiştir. Araştırmada uygulanan ekstraksiyon işlemlerinde örnek:çözücü oranı 1:9; süre 10 dakika, mikrodalga gücü 180 W olarak tercih edilmiştir. Ekstraksiyon süresi sonunda karışım iki kat kaba filtre kağıdından süzülerek süzüntü analiz aşamasına kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir.

### **2.3. Çalışmada Uygulanan Analizler**

#### **2.3.1. Nem tayini**

Cemeroğlu (2010)'da verilen gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Örnekler uçucu bileşiklerin zarara uğramaması için etüvde 70±0.5°C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur.

#### **2.3.2. Su aktivitesi (aw) Tayini**

Örneklerin su aktivitesi değerlerinin belirlenmesinde Cemeroğlu (2010)'da önerilen yöntem kullanılmıştır. Ölçümler 25°C'de yapılmıştır.

#### **2.3.3. pH ve Titrasyon asitliği tayini**

Cemeroğlu (2010)'na göre yapılmıştır. Elde edilen filtrat, hem pH hem de titrasyon asitliği tayinlerinde kullanılmıştır. Titrasyon asitliği sonuçları atık materyalde baskın olan organik asit cinsinden mg/kg olarak ifade edilmiştir.

#### **2.3.4. Renk tayini**

Cemeroğlu (2010)'da önerilen yöntem kullanılmıştır. Renk ölçümlerinde kalibre edilmiş renk ölçüm cihazı ile kuru materyallerin L\*, a\* ve b\* değerleri belirlenmiştir.

#### **2.3.5. Toplam Fenolik Madde Analizi**

Spanos ve Wrolstad (1990)'da belirtilen yöntem kullanılmıştır. Reaksiyon sonucunda indirgenen ayırıcının oluşturduğu mavi rengin intensitesi 720 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak okunarak örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı bulunmuştur.

#### **2.3.6. Toplam Monomerik Antosiyaninlerin pH-differansiyel Metoduyla Tayini:**

Giusti ve Wrolstad (2001)'deki yöntem üzerinde bazı modifikasyonlar yapılarak kullanılmıştır. Ekstraksiyon işleminde %95 etanol:1.5 N HCl (85:15) çözücü karışımı kullanılmıştır.

Bu amaçla 10 g toz atık bir beher içine tartılarak üzerine 100 mL ekstraksiyon çözücüsü ilave edilmiş ve bir cam bagetle karıştırılmıştır. Beherin ağzı parafilm ile kaplanıp +4°C'de 1 gece tutulmuş ve elde edilen ezme formundaki materyal:çözücü karışımı her seferinde 25 mL çözücü kullanılarak porselen buchner hunisindeki Whatman No 1 filtre kağıdından vakum altında süzümüştür. Elde edilen son filtrat renksiz olana kadar işleme devam edilmiş

ve son filtrat 50 mL'lik bir santrifüj tüpüne aktarılıp ekstraksiyon çözücüsü ile çizgisine tamamlanmıştır. Elde edilen 50 mL'lik son çözeltinin 25 mL'si çok ince bir filtreden (0.45 µm polinivil klorür) süzülerek analizlerde kullanılmıştır. Okuma işlemi 528-530 nm max dalga boyunda UV-Vis spektrofotometre ile yapılmıştır.

Hesaplama kullanılan formül aşağıda verilmektedir.

$$A = (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$$

$$\text{Monomerik antosiyaninler, mg/L} = \frac{A \text{ MW Sf } 100}{\epsilon l}$$

A: Düzeltilecek hesaplanmış absorban farkı

MW : Baz alınacak antosiyanin pigmentinin molekül ağırlığı

Sf : Seyreltme faktörü

$\epsilon$  : Molar absorptivite (absorbsiyon katsayısı)

$l$  : Spektrofotometre kuvvetinin tabaka kalınlığı (ışık yolu), genellikle 1 cm katman kalınlığı için  $l = 1$  dir.

### 2.3.7. Antioksidan Kapasite Tayini

Örneklerdeki antioksidan kapasitenin belirlenmesi için Re ve ark. (1999)'da belirtilen analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen absorban değerleri Troloks (10-100 µmol/L) standart grafiği kullanılarak µmol T.E/mL olarak hesaplanmıştır. Antioksidant kapasite tayininde kullanılan metodun sonucunu farklı bir yöntemle karşılaştırmak amacıyla; diğer yaygın bir metod olan DPPH\* metodu kullanılmıştır. Yöntem; ortamda bulunan antioksidant bileşiklerin mor renkli stabil bir bileşik olan DPPH\* (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikalini indirgeme yeteneklerinin ölçümüne dayanmaktadır. DPPH\* radikali; 515-517 nm dalga boyunda max absorban göstermektedir. Antioksidan kapasite değerleri ABTS<sup>+</sup> için mg troloks eşdeğeri/g cinsinden; DPPH\* radikali için ise EC<sub>50</sub> (etkin konsantrasyon, %50 inhibisyon için gerekli µL olarak ekstrakt) olarak verilmiştir. EC<sub>50</sub> değeri; 2 aşamalı olarak aşağıdaki formüllerden hesaplanabilmektedir.

$$\% \text{ inhibisyon} = [(A_{\text{DPPH}} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{DPPH}}] \times 100$$

$$A_{\text{DPPH}} = \text{DPPH}^+ \text{ şahit çözeltisinin absorban değeri}$$

$$A_{\text{ekstrakt}} = \text{Örnek ekstraktının absorban değeri}$$

Yukarıdaki formülle hesaplanan inhibisyon değerleri grafiğe işlenmiş, lineer regresyonla grafiğin eğimi ve eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Eğrinin eğimi ve eşitlik denklemi kullanılarak EC<sub>50</sub> değeri hesaplanmıştır.

### 2.3.8. İstatiksel Analizler

Analizler sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 20 İstatiksel hesaplama paket programı ve sonuçlar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Duncan Çoklu Değerlendirme testi uygulanmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1 Meyve ve sebze atıklarının fiziksel özellikleri

Analiz örneği olarak kullanılan meyve ve sebze işleme endüstrisi atıklarında yapılan nem tayini, su aktivitesi ve renk analizi sonuçları Çizelge 1-2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Meyve ve sebze atıklarının nem ve su aktivitesi analiz sonuçları

Table 1. The results of moisture and water activity ( $a_w$ ) analyses of fruits and vegetables wastes

Örnek	Nem (%)		$a_w$	
	Min-Max.	Ort.	Min-Max.	Ort.
Nar kabuğu	24.17-25.79	24.98±1.15 <sup>a</sup>	0.995-0.995	0.995±0.000 <sup>ab</sup>
Patlıcan kabuğu	7.78-9.91	8.48±0.85 <sup>f</sup>	0.993-0.996	0.994±0.001 <sup>a</sup>
Siyah turp kabuğu	11.04-11.47	11.25±0.30 <sup>d</sup>	0.995-0.999	0.997±0.002 <sup>a</sup>
Kırmızı turp kabuğu	6.84-6.86	6.85±0.01 <sup>g</sup>	0.999-0.999	0.999±0.000 <sup>a</sup>
Siyah üzüm posası	18.56-22.82	20.69±3.02 <sup>ab</sup>	0.972-0.992	0.984±0.014 <sup>ab</sup>
Siyah havuç posası	18.17-18.55	18.36±0.27 <sup>bc</sup>	0.998-0.998	0.998±0.000 <sup>a</sup>
Kırmızı lahanaya kabuğu	9.65-10.36	10.01±0.50 <sup>e</sup>	0.996-0.999	0.997±0.001 <sup>a</sup>

\* Örnekler kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle adlandırılan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 1'e göre; meyve ve sebze atıklarında başlangıçtaki ortalama nem oranı, %6.85-24.98 aralığında belirlenmiştir. Çalışmada analiz edilen örneklerin düşük-orta nemli ürünler grubuna girdiği görülmektedir. Atıklarda su aktivitesi değerleri herhangi bir ön işlem yapılmadan orijinal materyallerde ölçülmüş ve ortalama  $a_w$  değerlerinin 0.994-0.999 değerleri arasında değiştiği ve kimyasal reaksiyonların en fazla gerçekleştiği  $a_w$  alt sınırı olan 0.60-0.70'in oldukça üzerinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen değerler benzer ürünler için literatürde verilen veriler (Gouw ve ark., 2017; Guo ve ark., 2021; Sani ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022; Maletti, ve ark., 2022; Haris ve ark., 2023; Vu ve ark. 2023) ile uyumludur.

Çizelge 2. Meyve ve sebze atıklarının renk analizi sonuçları

Table 2. The results of color analyses of fruits and vegetables wastes

Örnek	L*		a*		b*	
	Min-Max.	Ort.	Min-Max.	Ort.	Min-Max.	Ort.
Nar kabuğu	39.09-44.51	40.96±1.04 <sup>bc</sup>	16.95-25.39	20.82±1.11 <sup>a</sup>	16.77-31.63	25.86±7.79 <sup>b</sup>
Patlıcan kabuğu	11.89-96.25	60.90±39.50 <sup>a</sup>	0.30-12.93	3.17±1.32 <sup>d</sup>	2.98-30.75	21.0±14.31 <sup>ab</sup>
Siyah turp kabuğu	56.03-96.11	81.09±8.37 <sup>a</sup>	0.05-1.69	0.60±0.40 <sup>d</sup>	1.89-11.09	5.23±1.16 <sup>b</sup>
Kırmızı turp kabuğu	80.18-90.18	84.31±6.97 <sup>a</sup>	10.17-21.05	13.09±1.80 <sup>c</sup>	0.15-17.27	8.32±9.20 <sup>b</sup>
Siyah üzüm posası	14.28-31.76	18.95±10.06 <sup>c</sup>	2.81-33.55	13.48±2.01 <sup>ab</sup>	2.94-11.23	5.30±0.06 <sup>b</sup>
Siyah havuç posası	94.42-97.66	95.80±0.28 <sup>a</sup>	0.07-5.40	1.98±0.14 <sup>c</sup>	1.68-6.30	5.03±0.57 <sup>b</sup>
Kırmızı lahanaya kabuğu	81.85-98.60	93.69±3.64 <sup>a</sup>	1.62-7.66	3.86±0.37 <sup>d</sup>	0.01-12.35	3.06±2.10 <sup>b</sup>

\* Örnekler kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle adlandırılan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 2'e göre; meyve-sebze atıklarında ortalama L\* değerlerinin 18.95-95.80 arasında olduğu, a\* değerlerinin 0.60-20.82 arasında değiştiği, b\* değerlerinin ise 5.03-25.86 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer araştırma sonuçları (Gouw ve ark., 2017; Guo ve ark., 2021; Sani ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022; Maletti, ve ark., 2022; Haris ve ark., 2023; Vu ve ark. 2023) ile uyumludur.

### 3.2 Meyve ve sebze atıklarının kimyasal özellikleri

Analiz örneği olarak kullanılan meyve ve sebze işleme endüstrisi atıklarında yapılan pH, titrasyon asitliği, toplam fenolik madde miktarı, toplam monomerik antosiyanin miktarı ve toplam antioksidan kapasite tayini analiz sonuçları Çizelge 3-6'da verilmiştir.

Çizelge 3. Meyve ve sebze atıklarının pH ve T.A (% , S.S.A) analizi sonuçları

Table 3. The results of pH and titration acidity (S.S.A, %) analyses of fruits and vegetables wastes

Örnek	Min-Maks. pH	Ort. pH	Min.-Maks. T.A (S.S.A, %)	Ort. T.A (S.S.A, %)
Nar kabuğu	3.30-3.31	3.31±0.01 <sup>h</sup>	2.2905-2.3120	2.3013±0.015 <sup>a</sup>
Patlıcan kabuğu	4.43-4.60	4.54±0.07 <sup>c</sup>	0.1249-0.1789	0.1546±0.017 <sup>bc</sup>
Siyah turp kabuğu	6.54-6.55	6.55±0.01 <sup>a</sup>	0.1249-0.1280	0.1265±0.002 <sup>bc</sup>
Kırmızı turp kabuğu	6.34-6.35	6.35±0.01 <sup>ab</sup>	0.0612-0.1243	0.0927±0.045 <sup>c</sup>
Siyah üzüm posası	3.50-3.66	3.58±0.11 <sup>gh</sup>	0.7776-0.7967	0.7873±0.014 <sup>b</sup>
Siyah havuç posası	5.03-5.32	5.18±0.21 <sup>c</sup>	0.1630-0.2009	0.1820±0.027 <sup>e</sup>
Kırmızı lahana kabuğu	5.98-6.19	6.09±0.15 <sup>b</sup>	0.1228-0.1337	0.1283±0.008 <sup>bc</sup>

\*Örnekler kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle adlandırılan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 3'e göre; meyve ve sebze atıklarında ortalama pH değerleri 3.31-6.55 aralığında titrasyon asitliği değerlerinin ise %0.13-2.30 (susuz sitrik asit cinsinden) aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada tüm örneklerin düşük-orta seviyede asit içeren ürünler grubuna girdiği görülmektedir. Elde edilen tüm sonuçlar benzer ürünler için elde edilen literatür verileri (Gouw ve ark., 2017; Guo ve ark., 2021; Sani ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022; Maletti, ve ark., 2022; Haris ve ark., 2023; Vu ve ark. 2023) ile uyumludur.

Çizelge 4. Meyve ve sebze atıklarında ortalama toplam fenolik madde miktarı düzeyleri (mg/g GAE, K.M)

Table 4. The results of the mean of the total phenolic amounts in fruits and vegetables wastes

Yöntem	Örnek	Min.-Maks. Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/g, K.M)	Ort. Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/g, K.M)
Geleneksel	Nar kabuğu	134.26-165.70	150.0±22.20 <sup>a</sup>
	Patlıcan kabuğu	0.68-8.21	4.42±4.17 <sup>b</sup>
	Siyah turp kabuğu	2.52-2.53	2.53±0.01
	Kırmızı turp kabuğu	6.53-7.91	7.22±0.98 <sup>ab</sup>
	Siyah üzüm posası	2.19-2.65	5.72±2.33 <sup>b</sup>
	Siyah havuç posası	13.00-13.72	24.37±3.88 <sup>b</sup>
	Kırmızı lahana kabuğu	12.91-17.22	15.07±3.05 <sup>a</sup>
Ultrasestekli	Nar kabuğu	54.55-55.17	54.90±0.04 <sup>a</sup>
	Patlıcan kabuğu		T.E*
	Siyah turp kabuğu		T.E
	Kırmızı turp kabuğu		T.E
	Siyah üzüm posası	4.86-5.09	4.98±0.16 <sup>c</sup>
	Siyah havuç posası	4.46-4.75	4.61±0.21 <sup>c</sup>
	Kırmızı lahana kabuğu	4.07-4.19	4.13±0.08 <sup>cd</sup>
Mikroalga destekli	Nar kabuğu	43.52-58.29	50.90±10.45 <sup>a</sup>
	Patlıcan kabuğu		T.E*
	Siyah turp kabuğu		T.E
	Kırmızı turp kabuğu		T.E
	Siyah üzüm posası	6.85-7.04	6.95±0.13 <sup>b</sup>
	Siyah havuç posası	4.04-4.25	4.15±0.15 <sup>b</sup>
	Kırmızı lahana kabuğu	3.63-3.91	3.77±0.20 <sup>b</sup>

\*Örnekler kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle adlandırılan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

T.E\* : Tespit edilemedi.

Çizelge 4'e göre; meyve-sebze atıklarında toplam fenolik madde miktarının uygulanan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak ortalama 2.53-150 mg GAE/g K.M değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Bazı örneklerde ise fenolik bileşikler tespit edilememiştir. Bunun birkaç önemli sebebi olabilir; bunların sırasıyla tüm analizlerin aynı zamanda yapılamamış olması nedeniyle fenolik bileşiklerin depolama sırasında polimerize olması, uygulanan analiz yönteminin ve süresinin yeterince hassas ve örnekler için uygun olmaması, atık örneklerine uygulanan seyreltme oranlarının farklılık göstermesi v.b olduğu



düşünülmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından (Doulabi ve ark., 2020; Lee ve ar., 2023; Moldovan ve ark. 2024; Nabi ve ark., 2024; Yüce-tepe, 2021) benzer materyallerde yapılan analizler bu tespiti doğrulamaktadır.

Ekstraksiyon yöntemleri verimlilik yönünden karşılaştırılacak olursa; en iyi sonuçlara geleneksel yöntemle ulaşıldığı, bunu mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminin izlediği, en düşük verimliliğe ise ultrases destekli ekstraksiyonla ulaşıldığı belirlenmiştir. Bunun sebebinin; geleneksel yöntem ile ekstraksiyon süresinin diğer yöntemlere kıyasla daha uzun olması, kullanılan ekstraksiyon çözücüsünün miktarı ve böylece materyallerin içerisinde bulunan biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyon çözücüsüne geçişinin fazlalığı olduğu düşünülmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından (Doulabi ve ark., 2020; Lee ve ar., 2023; Moldovan ve ark. 2024; Nabi ve ark., 2024; Yüce-tepe, 2021) benzer materyallerde yapılan analizlerle de bu tespit doğrulanmaktadır. Elde edilen diğer sonuçlar literatürdeki benzer araştırma sonuçları (Azmir ve ark., 2013, Baiano ve ark., 2014, Biesega ve ark., 2011, Cheok ve ark., 2013, Dahmoune ve ark., 2015, Gonzalez ve ark., 2015) ile uyumludur.

Çizelge 5. Meyve ve sebze atık/atıklarında ortalama toplam monomerik antosiyanin miktarı sonuçları (mg/kg, siyanidin-3-glukozit)

Table 5. The results of the mean of the total monomeric antocyanin contents in fruits and vegetable wastes (mg/kg, cyn-3-glucoside)

Yöntem	Örnek	Min.-Mak. toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/kg;siyanidin-3-glukozit)	Ort. toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/kg; siyanidin-3-glukozit)
<b>Geleneksel</b>	Nar kabuğu	81.05-85.47	83.26±3.12 <sup>bc</sup>
	Patlıcan kabuğu	62.33-88.15	75.20±18.30 <sup>b</sup>
	Siyah turp kabuğu	98.91-119.56	109.20±14.60 <sup>b</sup>
	Kırmızı turp kabuğu	380.09-458.03	419.10±55.10 <sup>ab</sup>
	Siyah üzüm posası	793.29-838.59	819.90±32.00 <sup>a</sup>
	Siyah havuç posası	179.27-339.39	259.30±113.20 <sup>b</sup>
	Kırmızı lahanalar kabuğu	578.83-736.70	657.80±111.60 <sup>a</sup>
<b>Ultrases destekli</b>	Nar kabuğu	162.82-191.21	177.00±20.10 <sup>bc</sup>
	Patlıcan kabuğu	7.58-8.32	7.95±0.52 <sup>c</sup>
	Siyah turp kabuğu	32.41-55.70	44.10±16.50 <sup>c</sup>
	Kırmızı turp kabuğu	92.41-113.00	102.70±14.60 <sup>c</sup>
	Siyah üzüm posası	314.05-397.43	355.70±59.00 <sup>a</sup>
	Siyah havuç posası	105.82-176.33	141.10±49.90 <sup>bc</sup>
	Kırmızı lahanalar kabuğu	222.93-341.75	282.30±84.00 <sup>ab</sup>
<b>Mikrodalga destekli</b>	Nar kabuğu	30.06-32.93	31.49±2.03 <sup>d</sup>
	Patlıcan kabuğu	10.21-11.21	10.71±0.71 <sup>d</sup>
	Siyah turp kabuğu	10.37-11.45	10.91±0.77 <sup>d</sup>
	Kırmızı turp kabuğu	80.46-112.34	96.40±22.50 <sup>cd</sup>
	Siyah üzüm posası	563.75-586.17	575.00±15.90 <sup>a</sup>
	Siyah havuç posası	156.65-237.00	196.80±56.80 <sup>bc</sup>
	Kırmızı lahanalar kabuğu	228.23-293.47	260.90±46.10 <sup>b</sup>

\*Örnekler kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle adlandırılan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir

Çizelge 5'e göre; meyve-sebze atıklarında toplam monomerik antosiyanin miktarının uygulanan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak ortalama 7.95-819.90 mg/kg siyanidin-3-glukozit değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Ekstraksiyon yöntemleri verimlilik yönünden karşılaştırılacak olursa; en iyi sonuçlara geleneksel yöntemle ulaşıldığı, bunu bazı örneklerde mikrodalga destekli ekstraksiyon yönteminin izlediği, en düşük verimliliğe ise bazı örnekler hariç ultrases destekli ekstraksiyonla ulaşıldığı belirlenmiştir. Bunun sebebinin; geleneksel yöntem ile ekstraksiyonun süresinin diğer yöntemlere kıyasla daha uzun olması, kullanılan ekstraksiyon çözücüsü miktarı ve diğer işlemlerde ortamdaki

antosiyeninlerin polimerize olabilmesi olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer araştırma sonuçları (Azmir ve ark., 2013, Baiano ve ark., 2014, Biesega ve ark., 2011, Cheok ve ark., 2013, Dahmoune ve ark., 2015, Gonzalez ve ark., 2015) ile uyumludur.

Çizelge 6. Meyve ve sebze atıklarında ortalama toplam antioksidan kapasite düzeyleri (mg TE/g)-(EC<sub>50</sub>)  
Table 6. The results of the mean values of total antioxidan capacity analyses in fruit and vegetable wastes (mg TE/g)-(EC<sub>50</sub>)

Yöntem	Örnek	Min.-Maks. toplam antioksidan kapasite (mg TE/g)	Ort. toplam antioksidan kapasite (mg TE/g)	Min.Maks. EC <sub>50</sub> (µL ekstrakt)	Ort. EC <sub>50</sub> (µL ekstrakt)
Geleneksel	Nar kabuğu	532.68-676.70	604.70±101.80 <sup>a</sup>	17.36-126.42	71.90±77.10 <sup>a</sup>
	Patlıcan kabuğu	1.85-11.41	5.94±4.67 <sup>c</sup>	11.16-19.95	15.55±6.22 <sup>a</sup>
	Siyah turp kabuğu	10.04-12.06	11.05±1.43 <sup>bc</sup>	12.50-20.18	16.34±5.43 <sup>a</sup>
	Kırmızı turp kabuğu	15.54-17.60	16.57±1.45 <sup>abc</sup>	10.12-12.69	11.40±1.82 <sup>a</sup>
	Siyah üzüm posası	8.63-10.03	9.33±0.99 <sup>b</sup>	12.98-50.02	31.50±26.20 <sup>a</sup>
	Siyah havuç posası	18.63-27.41	23.02±6.21 <sup>b</sup>	31.62-43.88	37.75±8.67 <sup>a</sup>
	Kırmızı lahanaya kabuğu	26.46-36.65	31.55±7.21 <sup>a</sup>	36.32-46.32	41.32±7.07 <sup>a</sup>
Ultrases destekli	Nar kabuğu	246.97-342.51	294.70±67.60 <sup>a</sup>	3.68-25.04	15.02±14.05 <sup>a</sup>
	Patlıcan kabuğu		T.E*		
	Siyah turp kabuğu	5.96-6.56	6.26±0.43 <sup>b</sup>	10.40-12.41	11.41±1.42 <sup>a</sup>
	Kırmızı turp kabuğu	5.92-7.62	6.77±1.20 <sup>b</sup>	2.92-11.13	7.03±5.81 <sup>a</sup>
	Siyah üzüm posası	6.85-6.99	6.92±0.10 <sup>b</sup>	15.42-39.18	27.30±16.80 <sup>a</sup>
	Siyah havuç posası	10.00-13.28	11.64±2.32 <sup>b</sup>	25.61-33.66	29.63±5.69 <sup>a</sup>
	Kırmızı lahanaya kabuğu	11.68-15.32	13.50±2.57 <sup>b</sup>	24.73-26.65	25.69±1.36 <sup>a</sup>
Mikrodalga destekli	Nar kabuğu	142.04-182.32	162.20±28.50 <sup>a</sup>	33.22-42.02	36.62±7.64 <sup>a</sup>
	Patlıcan kabuğu		T.E		
	Siyah turp kabuğu		T.E		
	Kırmızı turp kabuğu		T.E		
	Siyah üzüm posası	15.34-16.40	15.87±0.75 <sup>b</sup>	33.61-44.20	38.91±7.49 <sup>a</sup>
	Siyah havuç posası	9.27-10.36	9.81±0.77 <sup>b</sup>	11.46-24.72	18.09±9.38 <sup>ab</sup>
	Kırmızı lahanaya kabuğu	9.67-11.38	10.52±1.21 <sup>b</sup>	10.39-14.05	12.22±2.59 <sup>ab</sup>

\*Örnekler kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Aynı sütunda farklı harfle adlandırılan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

\*\*T.E: Tespit edilemedi

Çizelge 6'a göre; meyve-sebze atıklarında antioksidan kapasite değerlerinin ekstraksiyon yöntemlerine bağlı olarak ortalama 5.94-604.70 mg TE/g, etkili antioksidan kapasite değeri olan EC<sub>50</sub> değerlerinin ise bazı örnekler hariç tüm örnekler için 3.68-36.32 µL ekstrakt değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Ekstraksiyon yöntemleri antioksidan kapasitenin belirlenmesi yönünden karşılaştırılacak olursa; en iyi sonuçlara geleneksel yöntemle ulaşıldığı, bunu ultrases destekli ekstraksiyon yönteminin izlediği, en son sırada ise bazı örnekler hariç mikrodalga destekli ekstraksiyonun olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin; geleneksel yöntem ile ekstraksiyonun diğer yöntemlere kıyasla daha az yıpratıcı özellikte olması, kullanılan ekstraksiyon çözücüsü miktarı ve böylece materyallerin içerisinde bulunan antosiyeninlerin daha az hava ile temas etmesi dolayısı ile daha az polimerizasyona uğraması olduğu düşünülmektedir. Sonuçlar incelendiği zaman özellikle meyve ve sebzelerin atıklarının önemli antioksidan bileşikler (fenolikler ve antosiyeninler) bakımından halen zengin kaynaklar olduğu ve beslenme fizyolojisi bakımından değerli olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer araştırma sonuçları

(Azmir ve ark., 2013, Baiano ve ark., 2014, Biesega ve ark., 2011, Cheok ve ark., 2013, Dahmoune ve ark., 2015, Gonzalez ve ark., 2015) ile uyumludur.

#### 4. Sonuç

Analiz örneği olarak kullanılan meyve-sebze atıklarında önemli bir kalite kriteri olan renk analizi sonuçları incelendiğinde; meyve-sebze endüstrisi atıkları renk maddeleri bakımından oldukça zengin kaynaklar olduğu açıkça görülmektedir.

Analiz örneği olarak kullanılan meyve-sebze atıklarında farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak yapılan toplam fenolik madde miktarı analizi sonuçları incelendiğinde; meyve-sebze işleme endüstrisi atıkları; proses sırasında bir miktar kayba uğramasına rağmen halen fenolik bileşenler bakımından zengin kaynaklar olarak nitelendirilebilmektedir.

Analiz örneği olarak kullanılan meyve-sebze atıklarında farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak yapılan toplam monomerik antosiyanin miktarı analizi sonuçları incelendiğinde; meyve-sebze işleme endüstrisi atıkları proses sırasında bir miktar kayba uğramasına rağmen halen antosiyaninlerce zengin kaynaklar olarak nitelendirilebilmektedir.

Analiz örneği olarak kullanılan meyve-sebze atıklarında farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak yapılan antioksidan kapasite analizi sonuçlarına göre; meyve-sebze işleme endüstrisi atıkları proses sırasında bir miktar kayba uğramasına rağmen halen antioksidan özellikteki bileşenler bakımından zengin kaynaklar olarak nitelendirilebilmektedir.

Analiz amacıyla incelenen örneklerde ekstraksiyon yönteminin biyoyararlı-biyoaktif bileşenlerin geri kazanımı için etkinliği incelendiğinde; tek başına tüm ekstraksiyon yöntemlerinin yeterince etkin olmadığı, kombine yöntemlerin hem ekstraksiyon verimliliği, hem de zaman kazanımı yönünden daha avantajlı olarak kullanım olanağı bulabileceği belirlenmiştir.

#### 5. Kaynaklar

- Antonisamy, A.J., Marimuthu, S., Malayandi, S., Rajendran, K., Lin, Y.C., Andaluri, G., Lee, S.L., Ponnusamy, V.K., 2023. Sustainable approaches on industrial food wastes to value-added products –A review on extraction methods, characterizations, and its biomedical applications. *Environmental Research*, 217:1-16.
- Azmir, J., Zaidul, I., Rahman, M., Sharif, K., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A., 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *J Food Eng*, 117(4): 426-436.
- Baiano, A., Bevilacqua, L., Terracone, C., Conto, F., Nobile, M. A., 2014. Single and interactive effects of process variables on microwave-assisted and conventional extractions of antioxidants from vegetable solid wastes. *Journal of Food Engineering*, 120: 135-145.
- Biesaga, M., 2011. Influence of extraction methods on stability of flavonoids. *Journal of Chromatography A*, 1218(18): 2505-2512.
- Cemeroğlu, B.S., Yemenicioğlu, A. ve Özkan, M., 2004. Meyve ve sebzelerin bileşimi. *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi*. 1-174. In Ed. B. Cemeroğlu *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi 2*. Baskı, Başkent Matbaacılık, ANKARA
- Cemeroğlu, B.S. 2010. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Yayın No :34, ANKARA
- Chen, F., Sun, Y., Zhao, G., Liao, X., Hu, X., Wu, J., Wang, Z., 2007. Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanins in extract using high-performance liquid chromatography--mass spectrometry. *Ultrason Sonochem*, 14(6): 767-778.

- Cheok, C., Chin, N., Yusof, Y., Talib, R., Law, C., 2013. Optimization of total monomeric anthocyanin (TMA) and total phenolic content (TPC) extractions from mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) hull using ultrasonic treatments. *Ind Crops Prod*, 50:1-7.
- Dahmoune, F., Nayak, B., Moussi, K., Remini, H., Madani, K., 2015. Optimization of microwave assisted extraction of polyphenols from *Myrtus communis* L. leaves. *Food Chem*, 166: 585-595.
- Doulabi, M., Golmakani, M. T., & Ansari, S. (2020). Evaluation and optimization of microwave-assisted extraction of bioactive compounds from eggplant peel by-product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), e14853.
- Gonzalez, R., Serra, F. C., Femenia, A., Rossello, C., Simal, S., 2015. Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant activity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): Experimental kinetics and modeling. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22: 506-514.
- Guo, Z., Ge, X., Gou, Q., Han, L., Yu, Q-L., 2021. Utilization of watermelon peel as a pectin source and the effect of ultrasound treatment on pectin film properties. *LWT*, 147, 1-10.
- Giusti, M.M., and Wrolstad, R.E. 2001. Unit F1.2. Anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, R.E Wrolstad, and S.J. Schwartz, (eds.), pp. 1-13, John Wiley & Sons, New York, NY, U.S.A.
- Gouw, V.P., Jung, J.J., Simonsen, J., Zhao, Y. 2017. Fruit pomace as a source of alternative fibers and cellulose nanofiber as reinforcement agent to create molded pulp packaging boards. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 99, 48-57.
- Haris, S., Alam, M., Galiwango, E., Mohamed, M.M., Kamal-Eldin, A., Al-Marzouqi, A.H., 2023. Characterization analysis of date fruit pomace: An underutilized waste bioresource rich in dietary fiber and phenolic antioxidants. *Waste Management*, 163, 34-42.
- Lee, S.Y., Liang, Y.N., Stuckey, D.C., Hu, X., 2023. Single-step extraction of bioactive compounds from cruciferous vegetable (kale) waste using natural deep eutectic solvents. *Separation and Purification Technology*. 317:1-10.
- Lima, N.D., Monteiro, B.R.W, Ferreira, A.L.A., Pereira-Coelho, M., Haas, I.C.S., Vitali, L., Madureira, L.A.S. Müller, J.M, Carlise, B.F.F., Amboni, R.D.C., 2024. Green extraction of phenolic compounds from the by-product of purple araçá (*Psidium myrtilloides*) with natural deep eutectic solvents assisted by ultrasound: Optimization, comparison, and bioactivity. *Food Research International*, 191 :1-12.
- Maletti, L., D'Eusano, V., Lancelotti, L., Marchetti, A., Pincelli, L., Strani, L., Tassi, L., 2022. Candying process for enhancing pre-waste watermelon rinds to increase food sustainability. *Future Foods*, 6, 1-12.
- Moldovan, C., Nicolescu, A., Frumuzaci, O., Rocchetti, G., Lucini, L., Mocan, A., Crisan, G., 2024. Ultrasound-assisted sustainable extraction of bioactive phytochemicals in shallot (*Allium ascalonicum* L.) peel: A DoE and metabolomics combined approach. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 41:1-11.
- Nabi, B.G., Mukhtar, K., Ansar, S., Hassan, S.A., Hafeez, M.A., Bhat, Z.F., Khaneghah, A.M., Haq, A.U., Aaadil, R.M., 2024. Application of ultrasound technology for the effective management of waste from fruit and vegetable. *Ultrasonics Sonochemistry*, 102:1-16.
- Ray, A., Dubey, K.K., Marathe, S.J., Singhal, R., 2023. Supercritical fluid extraction of bioactives from fruit waste and its therapeutic potential. *Food Bioscience*. 52:1-15.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Sani, A.N.M, Adzahan, N.M., Fitry, M.R.İ., 2022. Valorization of Malaysian tropical fruit seeds: A review of their nutrition, bioactivity, processing and food application. *Food Bioscience*, 50, 1-12.
- Spanos, G.A., and Wrolstad, R.E., 1990. *J.Agric. Food Chem.*, 38:1565.
- Shazan, A.E., Dash, K.K., Hamid, Bashir, O., Shams, R., 2024. Comprehensive comparative insights on physico-chemical characteristics, bioactive components, and therapeutic potential of pumpkin fruit. *Future Foods*. 9:1-17.
- Svarc-Gajic, J., Stojanovic, Z., Carretero, A.S., Román, D.A., Borrás, I., Vasiljevic, I., 2013. Development of a microwave-assisted extraction for the analysis of phenolic compounds from *Rosmarinus officinalis*. *J Food Eng*, 119(3): 525-532.
- Vieira, G. S., Cavalcanti R. N., Meireles M. A. A., Hubinger, M., 2013. Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*). *Journal of Food Engineering*, 119(2):196-204.
- Virost, M., Tomao, V., Le Bourvellec, C., Renard, C. M. C. G., Chemat, F., 2010. Towards the industrial production of antioxidants from food processing byproducts with ultrasound-assisted extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, 17: 1066-1074.
- Vu, N.D., Doan, T.K.L., Dao, T.P., Tran, T.Y.N, Nguyen, N.Q., 2023. Soursop fruit supply chains: Critical

- stages impacting fruit quality. *J. of Agriculture and Food Research*, 14, 1-11.
- Wang, J., Chen, Y., Wang, H., Lin, Z., Zhao, L., 2022. Ethanol and blanching pretreatments change the moisture transfer and physicochemical properties of apple slices via microstructure and cell-wall polysaccharides nanostructure modification. *Food Chemistry*, 381, 1-12.
- Xu, B.J., Chang, S.K.C., 2007. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72(2): S159-S166.
- Yıldız, H., Toprak, E., 2009. Meyve ve Sebzelerden Doğal Renk Maddelerinin Ekstraksiyonu. *Akademik Gıda*, 7(84):28-34.
- Yüçetepe, A. (2021). Valorization of peel wastes of purple turnip (*Brassica rapa* L.): extraction of polyphenolics through ultrasonic-assisted extraction and investigation of changes in total phenolic content, total monomeric anthocyanin content and total antioxidant capacity during in vitro gastrointestinal digestion. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 152-157.