

Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Meyve Kabuklarının Biyoaktif Potansiyelinin Belirlenmesi

Tuğba Özbucak¹ , Sinem Dağ¹ , Görkem Gürkan¹ 

¹Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 11.08.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 23.10.2022

Öz

Bu çalışmada bitkisel bir atık olan *Diospyros kaki* L. (Trabzon hurması) meyve kabuklarının biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan metanol, etanol ve su ekstraktları kullanılarak antimikrobiyal ve antioksidan kapasiteleri incelenmiştir. Çalışılan örneklerin katalitik aktivitesinin incelenmesi amacıyla sucul ortamlarda yaygın olarak bulunan endüstriyel kökenli metilen mavisi boyasının sodyum borhidrür (NaBH₄) varlığında indirgenmesi değerlendirilmiştir ve sonuçlar UV-Visible Spektrofotometresinde (UV-Vis) izlenmiştir. GC-MS analizi ile meyve kabuğunun yapısında bulunan bileşenler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek antimikrobiyal etki etanol, en düşük antimikrobiyal etki ise su ekstraktında görülmüştür. GC-MS analizi sonucuna göre meyve kabuğu %50 oranında yağ türevli bileşenler içermektedir. En yüksek oranda bulunan bileşen %26,89 ile Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, en düşük bulunan ise 0,86'lık oran ile Docosane isimli bir alkandır. Çalışılan örnekler arasında en yüksek ve en düşük fenolik asit ile FRAP içeriği sırasıyla su ve etanol ekstraktlarından elde edilmiştir. Metanol ekstraktı en yüksek DPPH radikalini süpürme yüzdesi değerine sahipken, en düşük değer etanol ekstraktında tespit edilmiştir. Kataliz reaksiyonlarında ise su örneklerinin metilen mavisi boyasını indirgeyerek çok kısa bir süre içerisinde boya rengini açtığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: antimikrobiyal, antioksidan, bozunma, metilen mavisi, Trabzon hurması

Determination of Bioactive Potential of *Diospyros kaki* L. Fruit Peels

Abstract

In this study, antimicrobial, and antioxidant capacities of *Diospyros kaki* L. (Persimmon) fruit peels, which is a vegetable waste, were investigated by using methanol, ethanol and water extracts prepared to determine the bioactive properties. To examine the catalytic activity of studied samples, the reduction of the industrial origin methylene blue dye, which is common aquatic environments, in the presence of sodium borohydride (NaBH₄) was evaluated and the results were monitored in the UV-Visible Spectrophotometer (UV-Vis). The components in the structure of the fruit peel were determined by GC-MS analysis. As a result of the study, the highest antimicrobial effect was observed in ethanol, and the lowest antimicrobial effect was observed in water extract. According to the results of GC-MS analysis, the fruit peel contains 50% oil-derived components. The component with the highest ratio is Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester with 26.89%, and the lowest is an alkane named Docosane with a ratio of 0.86. Among the samples studied, the highest and lowest phenolic acid and FRAP contents were in water and ethanol extracts, respectively. While the methanol extract had the highest DPPH radical scavenging percentage value, the lowest value was determined in ethanol extract. In the catalysis reactions, it was determined that the water samples reduced the Methylene Blue dye and lightened the dye color in a very short time.

Keywords: antimicrobial, antioxidant, degradation, methylene blue, persimmon

Giriş

Trabzon hurması, *Ebenaceae* familyasının *Diospyros* cinsine ait bir taksondur (Onur 1990). *Diospyros* cinsi çoğunluğu herdem yeşil olan, tropik ve subtropik bölgelere özgü 400 türe sahiptir (Iwanami vd. 2002; Yonemori vd., 2000). *Diospyros* ismi Yunanca “Dios” (Baştanrı) ve “pyros” (tane) kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuş “kutsal yiyecek” veya “tanrıların yiyeceği” anlamına gelmektedir. Bazı kaynaklarda meyve, Zeus’un meyvesi olarak da ifade edilmektedir. Meyveleri görünüşlerinin ve tatların güzelliğinden dolayı bu ismi almıştır (Yıldız Akbulut, 2021). *Diospyros* cinsine ait yalnızca 4 tür ticari olarak meyve üretiminde kullanılmaktadır (Kitagawa ve Glucina 1984). Bunlar *Diospyros kaki* Thunb., *Diospyros lotus* L., *Diospyros virginiana* L. ve *Diospyros oleifera* Cheng’dir. Bunlardan çalışma materyalimizi oluşturan *D. kaki* taze ve işlenmiş olarak kullanılmaktadır (Yıldız vd., 2012). Trabzon hurması, cennet hurması, Japon hurması ve Akdeniz hurması gibi yöresel isimler ile bilinen *D. kaki*, çok yıllık ağaç formunda bir bitkidir. Anavatanı Çin olan meyve önce Japonya’ya, sonrasında ise diğer ülkelere yayılmıştır (Özcan, 2005). Ülkemize hangi tarihte getirildiği tam olarak bilinmemekle birlikte ülkemize Karadeniz bölgesinden giren meyvenin yetiştiriciliği çok eski tarihlere dayanmaktadır. Bir subtropik iklim meyvesi olan Trabzon hurması ülkemizde en çok Akdeniz Bölgesi’nde yetiştirilmektedir. Bu meyve türü kışın yapraklarını döktüğü için, daha serin bölgelerde de özellikle Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgeleri’nde yetiştiriciliğine rastlanmaktadır. Eylül-aralık ayları arasında hasat edilen meyveleri renk, şekil ve boyut bakımından farklılık göstermektedir. Sarıdan kırmızıya veya turuncuya dönen renklere sahiptir (Yıldız Akbulut, 2021). Buruk ve buruk olmayan şeklinde ikiye ayrılan meyveleri olgunlaşınca kadar kekremsi olgunlaştıktan sonra ise tatlımsı bir tada sahiptir (Onur, 1995). Meyve kabuğu pürüzsüz, ince ve parlaktır (Karasova vd., 2013).

Hızlı nüfus artışına paralel olarak gelişen sanayileşme tüketimin artmasına neden olarak atık problemini ortaya çıkarmıştır. Bitkisel ürünlerin tüketime yönelik olarak kullanılmasıyla ortaya çıkan sapları, çiçekleri, yaprakları, çekirdekleri, kabuk ve kökleri evsel bitkisel atıklar olarak bilinmektedir. Toplam atık miktarının içerisinde bitkisel kaynaklı atık miktarının çok büyük olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bitkisel atıkların ham madde olarak farklı şekillerde değerlendirilmesi ve yeniden kullanılabilmesi katma değeri yüksek olan ürünlere dönüştürülmesi oldukça önemlidir (Hepşen, 2010; Yaman, 2012).

Fenolik maddeler yüksek biyoyararlılık özelliği gösteren moleküllerdir (Balasundram vd., 2006, Renda vd., 2019). Bu bileşikler bitkilerde bir çok fizyolojik gelişmelerde rol oynayan sekonder metabolitler arasında yer almaktadır (Gündoğdu, 2019). Bitkiler sahip oldukları biyoaktif bileşenleri sayesinde farmasötik ve gıda endüstrileri gibi farklı alanlarda yoğun bir şekilde talep görmektedirler. Bu da doğal antioksidanların yaygın bir şekilde sentetik antioksidanların yerine kullanılmasına imkân sağlayacaktır (Özbucak vd., 2022).

Bitkilerin mikroorganizmaları öldürücü ve insan sağlığı için önemli özellikleri uzun yıllardır çalışılmaktadır. Özellikle son yıllarda bitkilerin antimikrobiyal etkileri üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Ertürk, 2010; Ertürk vd., 2020). Bitkilerin sahip olduğu farklı fitokimyasal özellikler belirlenerek tıp, endüstri gibi farklı alanlarda kullanılabilme potansiyelleri araştırılmalıdır (Kırbağ ve Zengin, 2006).

Fenolik kirleticiler ilaç, petrokimya, tekstil, matbaa gibi farklı sektörlerde yaygın olarak bulunan organik kirleticilerdir (Gutes vd., 2005). On binden fazla çeşitte boya ve pigmentin kullanıldığı boya endüstrisinde yaklaşık %15’lik endüstriyel atık ortaya çıkmaktadır (Arslan vd. 2021; Kayranlı 2011). Biyolojik olarak parçalanamayan boyalar ışığa, ısıya ve oksitleyici maddelere karşı dayanıklıdır (Wang vd., 2018). Bu özelliklerinden dolayı sularda kirliliğe ve oksijen kapasitesinin azalmasına neden olmakta ve hidrosfere verdiği zararla ciddi çevre sorunları yaratmaktadırlar (Piccin vd., 2012). Suda bulunan boyaların uzaklaştırılmasında aktif karbonlar, killer, bitkisel atıklar gibi malzemeler kullanılmaktadır. Bununla beraber, son yıllarda sulardan boyaların arıtılması için bu maddelerin parçalanmasının sağlayan katalitik metotlar yaygın hale gelmektedir (Şahin ve Gübbük, 2019). Bu nedenle özellikle atık olan bitkisel materyallerin katalitik özelliklerinin belirlenmesi önemlidir.

Bu çalışmada *Diospyros kaki* L. (Trabzon hurması) meyvesinin kabukları ile hazırlanan metanol, etanol ve su ekstraktlarının antibakteriyal ve antioksidan özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma materyali olan Trabzon hurması meyve kabuğunun farklı ekstraktlarının metilen mavisi boyasını indirgeme gücü incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada materyal olarak Ordu İli Kayadibi köyünden (500 m) aralık ayında aynı ağaçtan toplanan *Diospyros kaki* L. meyvelerinin (Şekil 1) kabukları kullanılmıştır (Şekil 2). Toplanan meyve kabukları oda sıcaklığında kuru ağırlığı sabitleninceye kadar kurutulup öğütülerek ekstraksiyona hazır hale getirilmiştir.

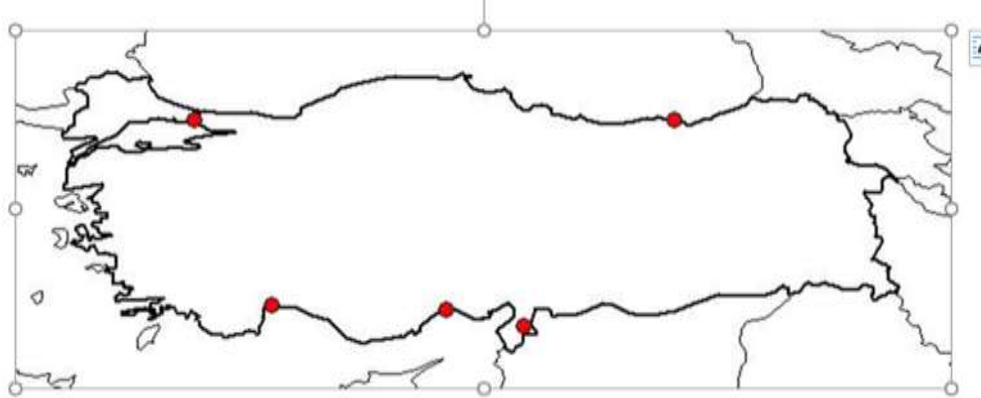


Şekil 1. *Diospyros kaki* Meyvesi



Şekil 2. *Diospyros kaki* L. Meyve Kabukları

Taksonun ülkemizdeki dağılışı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Taksonun Ülkemizdeki Dağılışı

Metot

Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması

Su, metanol ve etanol ekstraktları hazırlamak için kurutulup, öğütülmüş 5 gr bitki örneği üzerine 50 ml su/metanol/etanol ilave edilerek yaklaşık 14 saat çalkalamalı su banyosunda ekstre edilmiştir ve süzülmüştür. Birkaç kez tekrarlanan bu işlemin ardından biriktirilen süzüntüler metanol/etanol için evaporatör, su için ise liyofilizatör kullanılarak çözücüsünden uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan kalan katı madde belirli miktarda çözücü eklenerek stok numuneler halinde +4 °C'de saklanmıştır.

Antimikrobiyal Etkinin Belirlenmesi

Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde kullanılan disk difüzyon tekniğinde; bakteriler için Muller Hinton Agar, funguslar (mantarlar) için Saboraud Dextrose Agar besiyerleri minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) için Muller Hinton Broth ve Saboraud Dextrose Broth besiyerleri ile gram negatif ve gram pozitif bakteriler ve funguslar kullanılmıştır. Antibakteriyel etki belirlemede kullanılan kültür koleksiyonlarından temin edilen bakteriler; Gram (+); *Staphylococcus aureus* ATCC®25923, *Listeria monocytogenes* ATCC®7677, *Bacillus cereus* ATCC®10,876; Gram (-); *Escherichia coli* ATCC®25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC®27853, *Citrobacter freundii* ATCC®43864, Antifungal etki belirlemede kullanılan mayalar; *Candida albicans* ATCC®10231 ve *Saccharomyces cerevisiae* ATCC®9763 'dır. Bakteri ve mantar suşları 25±0.1°C'de 48 saat süreyle inkübe edilmiştir. Daha sonra agar besiyerleri 10 cm çapındaki steril petri kutularına homojen bir şekilde yayılmıştır. Katılaşıp agar üzerine swap yöntemi ile 100 µl mikroorganizma boşluk kalmayacak şekilde en az 3 farklı yöne yayma plaka yapıldıktan sonra 30 dakika içinde diskler steril pens yardımıyla yerleştirildikten sonra 30 ml ekstrakt yavaşça eklenmiştir. Zon çaplarının etkilenmemesi için petriler bir süre yerinden oynatılmayıp petriler organizmanın optimum geliştiği sıcaklıkta inkübe edilmiştir (Bakteriler için 37 °C, funguslar için 25 °C). Bakteriler için 1 gün, funguslar için 2 gün sonra zon çapları kumpas ile belirlenmiştir. 3 tekrarlı gerçekleştirilen çalışmada zon çaplarının aritmetik ortalaması alınarak standart antibiyotiklerle (inhibisyon zon çapları) karşılaştırılmıştır (Ertürk, 2006).

Toplam Fenolik ve Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi

Hazırlanan ekstraktların toplam fenolik madde içeriklerinin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). DPPH radikal giderme aktivitesinin tayini 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak Blois (1958)'in metoduna göre çalışılmıştır. Demir (III) indirgeme antioksidan gücü (FRAP) kapasite tayini ise Benzie ve Strain (1999)'a göre yapılmıştır.

Metilen Mavisi Boyası İndirgeme Reaksiyonları

Yapılan çalışmada bazik özellikte bir boya olan metilen mavisi boyası kullanılmıştır. Kataliz uygulamaları için meyve kabuklarından hazırlanan metanol, etanol ve su ekstraktları katalizör olarak kullanılarak NaBH₄ (Sodyum Bor Hidrür) ile metilen mavisi boyası indirgenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 1ml 10⁻⁴ M metilen mavisi boyasına 1ml H₂O ilave edilerek UV-Vis ölçümü alınmıştır. Okuma işlemi bittikten sonra aynı örneğin üzerine 1.5 ml NaBH₄ ve hazırlanan ekstraktlardan 0.5 ml eklenerek 2'şer dk. aralıklarla, reaksiyon dengeye ulaşıncaya kadar UV-Vis ölçümleri alınmıştır (Şahin ve Gübbük, 2019).

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma ile *D. kaki* meyve kabuklarının biyoaktif bileşenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çevre açısından bakıldığında tarım ve gıda endüstrisi tarafından üretilen bitkisel atıkların yeniden kullanılabilmesi ile hem doğaya hem de katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi sayesinde ekonomiye kazanç sağlanacaktır. Yapılan bu çalışmada daha önce çalışılmamış bir bitkisel bir atık olan Trabzon hurması meyve kabuklarının metanol, etanol ve su gibi farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan ekstraktların antimikrobiyal, antioksidan özellikleri ile metilen mavisi boyasını indirgeme gücü incelenmiştir.

Antimikrobiyal Etki Sonuçları

Yapılan antimikrobiyal analizlerin ölçüm ortalamalarına göre antimikrobiyal aktivitesi en yüksek olan *D. kaki* kabuğu ekstraktı etanol, en düşük antimikrobiyal etki gösteren ise metanol ekstraktıdır. *D. kaki* nin metanol, etanol ve su ekstraktlarının gram-negatif pozitif bakteriler üzerindeki ortalama antimikrobiyal etkileri büyükten küçüğe; *Staphylococcus aureus* > *P. aeruginosa* > *Listeria monocytogenes* > *Citrobacter freundii* > *E. coli* > *Bacillus cereus* şeklindedir. Mantarlar üzerindeki

ortalama antimikrobiyal etkileri ise büyükten küçüğe; *S. cerevisiae* > *Candida albicans* şeklindedir (Tablo 1).

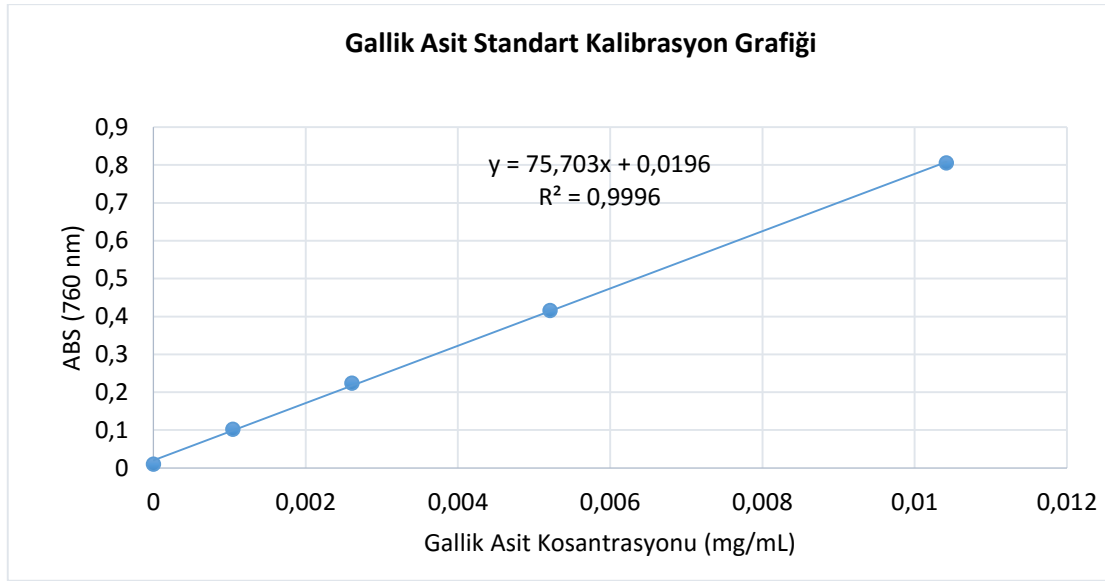
Sonuçlara bakıldığında etanol ekstraktı dışındaki örneklerde antimikrobiyal etkinin olmadığı görülmektedir. Etanol ekstraktı örneğinde büyük oranda yağ asitleri bulunmaktadır. Özellikle %26,89 gibi bir oranla bulunan Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl adı verilen yağ asidinin güçlü bir antimikrobiyal ajan olduğu bildirilmektedir (Pu vd., 2010). Antimikrobiyal bileşiklerin genelde bitkilerin esansiyel yağ kısmında bulunduğu bildirilmektedir (Faydalıoğlu ve Sürücüoğlu, 2013). Bitkiler sahip oldukları birçok etken madde sayesinde sinerjik bir etki göstererek mikroorganizma direncine daha etkin cevap sağlamalarından dolayı bitki materyallerinden elde edilen özütlerin doğal antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılabilmesi bildirilmektedir (Faydalıoğlu ve Sürücüoğlu, 2013; Mohd Nazri vd., 2011). Farklı meyve kabuklarının yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu ve bu kabuklardan antimikrobiyal madde üretilabileceği bildirilmiştir (Kılınç vd., 2018). Ertürk ve Taş (2011) tarafından yedi deniz alg türünün etanol ekstraktlarında da bizim çalışmamızda olduğu gibi yüksek antimikrobiyal etki tespit edilmiştir. Güven ve Yacoubou (2018) tarafından Benin tıbbi bitkilerinin antimikrobiyal etkilerini belirlediği çalışmada metanol ve etanol gibi organik çözücü ekstraktlarının daha yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Bu durumun aromatik ve doyurulmuş organik bileşikler daha büyük miktarlarda içermelerinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Aslanpençesi (*Alchemilla ellenbergiana*) ekstraktlarının antimikrobiyal özelliklerinin belirlendiği çalışmada da en yüksek antimikrobiyal etki etanol ekstresinde tespit edilmiştir (Acet ve Özcan, 2018). Benzer sonuçlar *Pistacia vera* L.'nin dış kabuğunun antimikrobiyal etkisinde de görülmüştür (İnci ve Kırbağ, 2019).

Tablo 1. Farklı Çözücülerdeki Bitki Ekstraktlarının Agar Diffüzyon Tekniği ile Belirlenen Antimikrobiyal Analiz Sonuçları

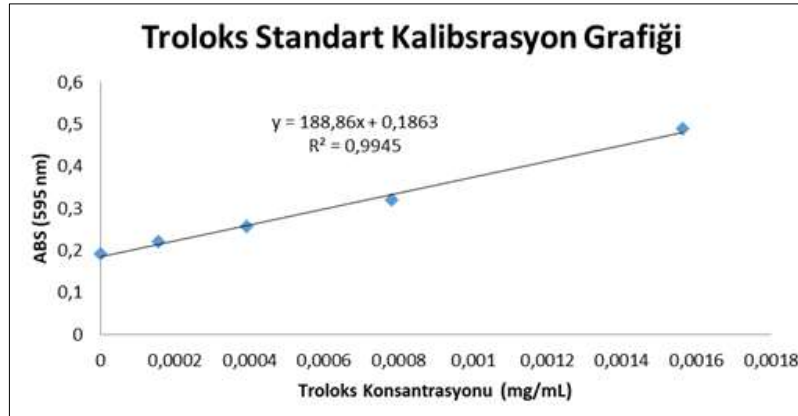
Numuneler	Metanol ekstraktı (Ort±S.S)	Etanol ekstraktı (Ort±S.S)	Su ekstraktı (Ort±S.S)	A Antibiyotik
<i>S. aureus</i>	11,256± 0,030551	20,796±0,056862	17,85±0,049329	41,96±0,01
<i>B. cereus</i>	6±0	6±0	6±0	41±0,01
<i>L. monocytogenes</i>	11,303± 0,032146	21,8±0,194679	6±0	50±0,01
<i>E. coli</i>	13,383±0,049329	11,553±0,5745009	6±0	42±0,01
<i>C. freundii</i>	12,04333±0,169214	16,796±0,090185	10,44333±0,475009	38±0,01
<i>P. aeruginosa</i>	15,676±0,100167	20,596±0,110151	6±0	34,75±0,01
<i>Candida albicans</i>	18,46±0,44911	22,466±0,591805	6±0	8±0,01
<i>S. cerevisiae</i>	6±0	15,566±0,551936	6±0	32±0,01

Antioksidan Kapasite Sonuçları

Tablo 2'de *D. kaki* meyve kabuğu örneklerinin metanol, etanol ve su ekstraktlarında belirlenen total fenolik madde, DPPH radikali giderme aktivitesi ve demir (III) indirgeme/FRAP antioksidan kapasite tayin değerleri verilmiştir. Hazırlanan ekstraktların toplam fenolik içerikleri (TFİ) gallik asit (GA) eşdeğeri olarak (mg GAE/g numune) hesaplanmıştır. Bunun için ilk önce belirli konsantrasyon aralığında (0.001-0.027 mg/mL) gallik asit ile yapılan deneme sonrasında gallik asit çalışma grafiği oluşturularak (Şekil 4) bu grafiğin doğru denkleminde bilinmeyen numunelerdeki toplam fenolik madde miktarı hesaplanmıştır. Bu işlemler sırasıyla tüm ekstraktlar için yapılmıştır. Örneklerin demir indirgeme antioksidan güç (FRAP) değerlerini hesaplayabilmek için ilk olarak standart olarak kullanılan troloksun değişen konsantrasyonları için işlem gerçekleştirilmiş ve troloks kullanılarak elde edilen absorbans değerlerinin konsantrasyonlarına göre grafiğe geçirildikten sonra (Şekil 5) elde edilen grafiğin doğru denkleminde yararlanılarak aynı koşullar altında test edilen bütün ekstraktlar için de FRAP değerleri troloks eşdeğeri olarak ($\mu\text{molTXE/g}$ numune) hesaplanmıştır.



Şekil 4. Ekstraktların TFİ Miktarlarının Hesaplanması için Çizilen GA Kalibrasyon Grafiği



Şekil 5. Örneklerin FRAP Değerlerinin Hesaplanması için Çizilen Troloks Kalibrasyon Grafiği

D. kaki meyve kabuğu örneklerinin metanol, etanol ve su ekstraktlarının toplam fenolik madde, DPPH radikali giderme aktivitesi ve demir (III) indirgeme/FRAP antioksidan kapasite tayin değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'ye bakıldığında en yüksek fenolik asit bileşiği su örneğinde, en düşük fenolik asit bileşiği ise etanol örneğinde çıkmıştır. Ortamdaki DPPH radikalini süpürme yüzdesi en yüksek metanol örneklerinde, en düşük etanol örneklerinde tespit edilmiştir. FRAP değeri en yüksek su, en düşük etanol örneğinde belirlenmiştir.

Tablo 2. *D. kaki* Meyve Kabuğu Örneklerinin Toplam Fenolik Madde, DPPH Radikali Giderme Aktivitesi ve Demir (III) İndirgeme/FRAP Antioksidan Kapasite Tayin Değerleri

Ekstrakt	Toplam Fenolik mg/mL GA	DPPH 1mg/mL % süpürme	FRAP μ mol /mg TXE
Metanol	2.56	36.8	20.473
Etanol	1.185	15.56	7.06
Su	3.095	23.89	25.82

Meyve ve sebzeler günlük beslenmemizde gerekli olan önemli vitamin, mineral ve lif kaynaklarıdır. Ne yazık ki, dünya çapında üretilen meyve ve sebzelerin yarısı çevresel sorunlara neden olan atık olarak son bulmaktadır (Coman vd., 2020). Bununla beraber meyve ve sebze kabukları, bitkilerin kök, yaprak ve kabukları önemli bir boyutta tarımsal atık problemi ortaya çıkarmaktadır (Ashoush ve Gadallah, 2011). Meyvelerin kabukları diğer kısımlarına göre daha fazla biyoaktif bileşenlere sahiptir (Lim vd., 2006). Antioksidanların insan savunma sisteminde, birçok dejeneratif hastalığa neden olduğu bilinen reaktif oksijen türlerinin hasarına karşı korumada önemli rol oynadığına inanılmaktadır (Dumanovic vd. 2021). Meyve kabuklarının daha fazla oranda antioksidanca zengin fitokimyasallar özellikle fenolik bileşikler içerdiği rapor edilmiştir (Ghasemi vd., 2009; Goulas ve Manganaris, 2012; Güzel ve Akpınar, 2017; Wijngaard vd., 2009). Fenolik bileşikler fitokimyasalların anahtar bileşenleridir. Yapılan çalışmada *D. kaki* meyve kabuğu örneklerinin antioksidan kapasite tayin sonuçlarına bakıldığında toplam fenolik asit ve demir (III) indirgeme/FRAP değerinin en yüksek olduğu örneklerin su ekstraktı örnekleri olduğu görülmektedir. Özbucak vd. (2022) tarafından *Ornithogalum sigmoideum* Freyn & Sint. bitkisinde yapılan çalışmada da en yüksek fenolik asit ve FRAP içeriğine su ekstraktı örneklerinin sahip olduğu belirtilmiştir. En yüksek DPPH radikali giderme aktivitesi ise metanol ekstraktında belirlenmiştir. Benzer sonuç İran'dan toplanan *O. cuspidatum* Bertol üzerinde yapılan çalışma ile de uyum göstermektedir. Bahsi geçen çalışmada *O. cuspidatum* bitkisinin n-hekzan, etil asetat, metanol ve su ekstraktları hazırlanmış olup DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi bu 4 farklı ekstrakt arasında en yüksek oranda metanol ekstraktında olduğu rapor edilmiştir (Dastan ve Aliahmadi, 2015). Antioksidan aktiviteden sorumlu fenolik bileşikler farklı çözeltilerde farklı kimyasal özelliklere sahip olabilirler. Ayrıca bitki materyalinin ekstraksiyonunda kullanılan çözücünün polaritesi de önemli olmaktadır. O nedenle bitkisel kaynaklardan fenolik bileşiklerin eldesi için genel bir ekstraksiyon metodu önerilemez (Sağlam, 2021).

GC-MS Analiz Sonuçları

Çalışılan meyve kabuğu numunelerinde bulunan bileşenleri belirlemek amacıyla yapılan GC-MS analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında kabuğun yaklaşık %50 oranında yağ türevli bileşenler içerdiği görülmektedir. En yüksek oranda bulunan bileşen %26,89 ile Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, en düşük bulunan ise 0,86'lık oran ile Docosane isimli bir alkandır.

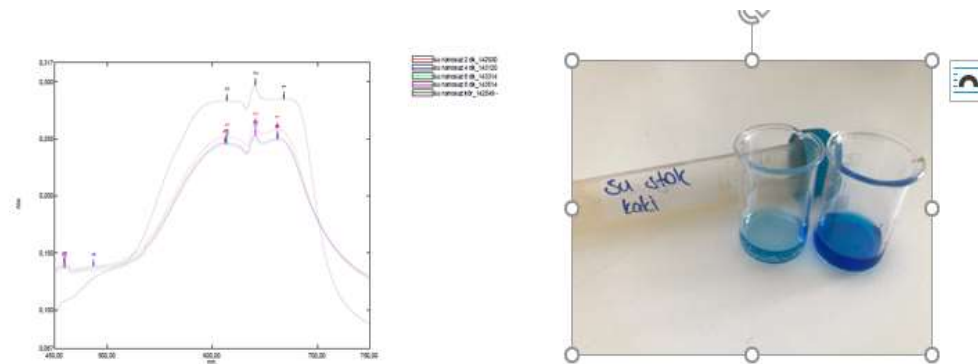
Tablo 3. Meyve Kabuklarının Etanol Ekstraktı ile Hazırlanan Örneklerinin GC Analiz Sonuçları

Pikin geldiği süre	% Kompozisyon	Bileşen
3,103	3,04	1,2,3-Propanetriol (CAS)
3,157	1,32	Formic acid, 2-propenyl ester (CAS)
3,581	1,07	2,4(1H,3H)-Pyrimidinedione, 5-methyl- (CAS)
3,964	5,66	2,3-Dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one
4,019	16,7	Benzoic acid (CAS)
4,092	1,78	Azetidine, 1,1'-methylenebis[2-methyl-
4,171	1,25	Gamma. Heptalactone
4,268	1,42	2H-Pyran-2-methanol, tetrahydro- (CAS)
5,669	4,55	Guanosine (CAS)
6,093	0,94	Tetradecane (CAS)
6,289	3,65	Phenol, 2,4-Bis(1,1-Dimethylethyl)-
6,499	0,86	Docosane (CAS)
10,89	4,73	n-Hexadecanoic acid
12,91	10,85	Octadecanoic acid
13,986	1,37	Azacyclotridecan-2-one (CAS)
16,04	4,33	Hexadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester (CAS)
17,691	26,89	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester (CAS)
18,18	9,58	9-octadecenamide

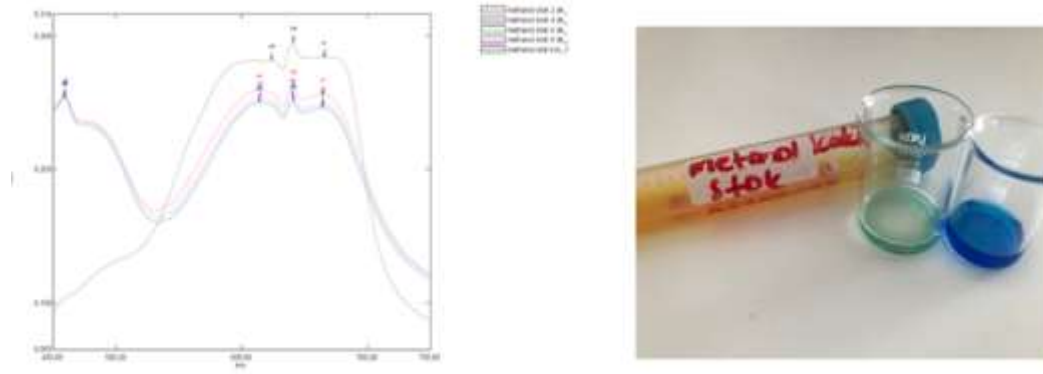
Mevcut çalışmada Trabzon hurması meyve kabuklarının GC-MS analiz sonuçlarına bakıldığında yaklaşık %50 kadar bir oranda ester ve türevi bileşenlere sahip olduğu görülmektedir. *Elettaria cardamom* L. bitkisinde biyosentezden sorumlu bileşenin esterler olduğu bildirilmiştir (Rajeshkumar ve Bharath, 2017).

Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonları Sonuçları

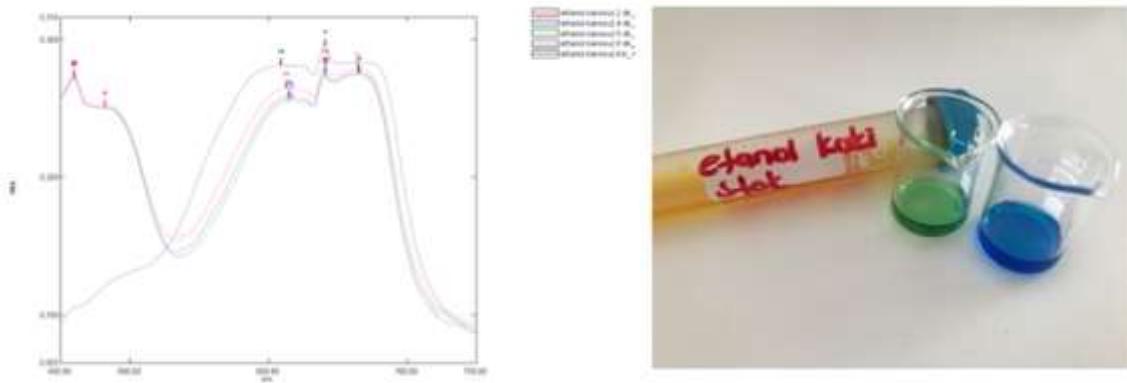
Trabzon hurması meyve kabuklarından hazırlanan ekstraktlardan metilen mavisi boyasının bozunma reaksiyonları metanol, etanol ve su ekstraktlarında 4. dakikada gerçekleşmiştir. Şekil 6-8'de ekstraktların metilen mavisinin indirgenme reaksiyonlarını gösteren UV-Vis grafikleri ve renk değişikliği fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 6. Su Ekstraktı Örneklerinin Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonlarının UV-Vis Grafikleri (4. Dakikada Bozunma) ve Metilen Mavisi Boyasındaki Renk Değişikliği



Şekil 7. Metanol Ekstraktı Örneklerinin Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonlarının UV-Vis Grafikleri (4. Dakikada Bozunma) ve Metilen Mavisi Boyasındaki Renk Değişikliği



Şekil 8. Etanol Ekstraktı Örneklerinin Metilen Mavisi İndirgenme Reaksiyonlarının UV-Vis Grafikleri (4. Dakikada Bozunma) ve Metilen Mavisi Boyasındaki Renk Değişikliği

Çalışma kapsamında hazırladığımız bütün bitki ekstraktları katalizör olarak kullanılarak metilen mavisi boyasının indirgenme reaksiyonları gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde ve dünyada endüstriyel kökenli kirlilik kaynakları başında boyalar gelmektedir. Bu maddelerin herhangi bir arıtma işleminden geçmeden alıcı ortama bırakılması başta ekolojik dengenin bozulması olmak üzere birçok çevre sorununa neden olmaktadır (Cesur Özcan, 2019). Tekstil ve boya endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan metilen mavisi boyası da sucul ortamlara karışarak hem karıştığı ortama hem de orada yaşayan canlılara zarar vermektedir. Atık sulardan kirleticilerin özellikle boyaların uzaklaştırılmasında bitkisel kökenli materyallerin katalitik performansı dikkat çekmektedir (Al-Tohamy, 2021). Şahin ve Gübbük (2019) tarafından boyaların kataliz işlemlerinin çok uzun sürebileceği belirtilmiştir. Oysa bizim çalışmamızda 4 dk. gibi çok kısa bir zamanda metilen mavisi boyasının bozunduğu görülmüştür. Çalışılan örnekler içerisinde gerek gösterdiği UV-VIS pikleri gerekse boya renginin açılması açısından metanol ekstraktlarının en iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Yalçın (2005) tarafından yapılan çalışmada pamuk sapı ve kayısı çekirdeği kabuğunun atık sulardan boya gideriminde kullanılabilecek nitelikte olduğu belirtilmiştir. Atık sulardan bazı boyaların gideriminde ay çekirdeği kabuğunun yüksek potansiyele sahip bir adsorbant olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Cesur, 2019). Bununla beraber bakteri ve fungus gibi bazı mikroorganizmaların da boya gideriminde başarılı sonuçlar verdiği rapor edilmektedir (Çelebi, 2013; Rezaei, 2014).

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada ilk defa Trabzon hurması meyve kabuğunun farklı çözücülerde hazırlanan ekstraktlarının antimikrobiyal, antioksidan ve metilen mavisi boyasını indirgeme potansiyeli incelenmiştir. Çalışılan bitki ekstraktlarının antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri

kullanılan çözücülere göre farklılık göstermekle beraber, en yüksek antimikrobiyal etki etanol ekstraktı örneklerinde görülmüştür. Bu durum örnekte büyük oranda olduğunu belirlediğimiz güçlü bir antimikrobiyal ajan olan Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl adı verilen yağ asidinden kaynaklanmış olabilir. Antioksidan kapasitesi açısından en yüksek değerler su ekstraktı örneklerinde görülmüştür. Metilen mavisi boyasının bozunması ve boyanın renginin berraklaşması en iyi metanol ekstraktında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan farklı parametrelerden elde edilen sonuçlara göre, en yüksek antimikrobiyal etki gösteren etanol ekstraktı örneklerinden içerdiği büyük orandaki yağ asidi içeriği de düşünülerek antimikrobiyal özellikte yara bandı, yüzey temizleyicisi ve el dezenfektanı gibi alternatif malzemeler üretilebilir. En yüksek antioksidan kapasiteye sahip su örnekleri fonksiyonel gıda üretiminde ham madde olarak kullanılabilir. Metilen mavisi boyası indirgenmesinde en iyi sonuçları veren metanol örnekleri özellikle bu tür boyaları kullanan endüstri kuruluşlarında boyaların sulara karışmadan önce ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayacak nanofiltrelerin yapımında ham madde olarak kullanılabilir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışmada yer alan antimikrobiyal ve antioksidan analizlerin yapılmasındaki katkılarından dolayı Ordu Üniversitesi Öğretim Üyeleri Doç. Dr. Ömer ERTÜRK ve Doç. Dr. Melek Çol'a çok teşekkür ederiz.

Yazar Katkısı

Tuğba Özbucak, deneysel ortamını hazırladı ve deneysel süreci takip etti. Sinem Dağ ve Görkem Gürkan, analizlerin yapılması ve verilerin toplanmasını gerçekleştirdi. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Tuğba ÖZBUCAK  <https://orcid.org/0000-0002-4784-3537>

Sinem DAĞ  <https://orcid.org/0000-0002-1479-4185>

Görkem GÜRKAN  <https://orcid.org/0000-0002-7758-1320>

Kaynaklar

Acet, T. ve Özcan, K. (2018). Aslanpençesi (*Alchemilla ellenbergiana*) ekstrelerinin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 113-121. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.308430>

Al-Tohamy, R., Ali, S.S., Li, F., Okasha, K.M., Mahmoud, Y.A.G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y. ve Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>

Arslan, R., Tozluoğlu, A., Sertkaya, S., Fidan, H. ve Küçük, S. (2021). Atık sularda boya giderimi için fonksiyonellenmiş nanoselüloz esaslı adsorbanlar. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1), 148-160. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.830601>

- Ashoush, I.S. ve Gadallah, M. G. E. (2011). Utilization of Mango Peels and Seed Kernels Powders as Sources of Phytochemicals in Biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(1), 35-42. <https://asset-pdf.scinapse.io/prod/155831008/155831008.pdf>
- Benzie, I.F.F. ve Strain, J. J. (1999). Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Academic Press*, 299, 15–27. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99005-5](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99005-5)
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- Coman, V., Teleky, B. E., Mitrea, L., Martău, G. A., Szabo, K., Călinoiu, L. F. ve Vodnar, D. C. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in Food And Nutrition Research*, 91, 157-225. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.07.001>
- Cesur, Ö. (2019). *Çevre dostu ve düşük maliyetli adsorbent kullanılarak atık sulardan boya giderimi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi.
- Dastan D ve Aliahmadi A. (2015). Antioxidant and antibacterial studies on different extracts of *Ornithogalum cuspidatum* Bertol from Iran. *Biological Forum-An International Journal*, 7(2), 1072-1075. [https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/176%20DARA%20DASTAN%20\(1\).pdf](https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/176%20DARA%20DASTAN%20(1).pdf)
- Dumanović, J., Nepovimova, E., Natić, M., Kuča, K. ve Jačević, V. (2021). The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: A concise overview. *Frontiers in Plant Science*, 11, 552969. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.552969>
- Ertürk, Ö. (2006). Antibacterial and antifungal activity of ethanolic extracts from eleven spice plants. *Biologia*, 61(3), 275-278. <https://doi.org/10.2478/s11756-006-0050-8>
- Ertürk, Ö., Aydın, G. ve Ayvaz, M. Ç. (2020). *Hypericum perforatum* L. esansiyel yağının in vitro antimikrobiyal, antioksidan aktivite ve kimyasal karakterizasyonu. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 330-339. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.702853>
- Faydalıoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M. (2013). Tibbi ve aromatik bitkilerin antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve kullanım olanakları. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 6(2), 233-265. <https://dergipark.org.tr/en/pub/erzifbed/issue/6027/80707>
- Ghasemi, K., Ghasemi, Y. ve Ebrahimzadeh, M. A., 2009. Antioxidant Activity, Phenol And Flavonoid Contents of 13 Citrus Species Peels And Tissues. *Pak. J. Pharm. Sci.*, 22(3). 277-281. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/emr-101072>
- Goulas, V. ve Manganaris, G.A., 2012. Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of Citrus fruits grown in Cyprus. *Food Chem.*, 131, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.007>
- Gutés, A., Céspedes, F., Alegret, S. ve Del Valle, M. (2005). Determination of phenolic compounds by a polyphenol oxidase amperometric biosensor and artificial neural network analysis. *Biosensors and Bioelectronics*, 20(8), 1668-1673. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2004.07.026>
- Güzel, M. ve Akpınar, Ö. (2017). Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Güfbed/Gustij*, 7(2), 153-167. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gumusfenbil/issue/30393/277952>
- Gündoğdu, M. (2019). Effect of rootstocks on phytochemical properties of apricot fruit. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(1), 1-10. <https://doi.org/10.3906/tar-1803-99>
- Hepşen Türkay, F. Ş. (2010). *Fındık zürufu ve arıtma çamurunun solucanlar ile kompostlanması ve elde edilen vermikompostun sera ve tarla koşullarında toprakların biyolojik özelliklerinde*

- meydana getirdiği etkilerin belirlenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Ondokuzmayıs Üniversitesi.
- Iwanami, H., M. Yamada ve A. Sato (2002). A great increase of soluble solids concentration by shallow concentric skin cracks in Japanese persimmon. *Scientia Horticulturae*, 94(3-4), 251-256. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00381-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00381-8)
- Karakasova L, Babanouska- Milenkouska F, Lazou M, Karakasov B. ve Stojanova M. (2013). Quality properties of solar dried persimmon (*Diospyros kaki*), *J Hygienic Eng Des.*, 4, 54-59. <https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2020/07/09.-Full-paper-Ljubica-Karakasova.pdf>
- Kayranlı, B, (2011) Adsorption of textile dyes onto iron based waterworks sludge from aqueous solution: Isotherm, kinetic and thermodynamic study. *Chemical Engineering Journal*, 173, 782-791. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.08.051>
- Kırbağ, S. ve Zengin, F. (2006). Elâzığ yöresindeki bazı tıbbi bitkilerin antimikrobiyal aktiviteleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 77-80. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/204860>
- Kitagawa, H. ve P. G. Glucina (1984). *Persimmon culture in New Zeland*. DSIR Information Series No. 159, Science Information Publishing Centre, Agaccess.
- Lim, Y. Y., Lim T. T. ve Tee J. J., (2006). Antioxidant properties of guava fruit: Comparison with some local fruits. *Sunway Academic Journal*, 3, 9-20. <https://core.ac.uk/download/pdf/148366314.pdf>
- Mohd Nazri, N. A. A., Ahmat. N., Adnan. A., Syed, S. A. ve Syaripah, S. A. (2011). In vitro antibacterial and radical scavenging activities of Malaysian table salad. *African Journal of Biotechnology*, 10(30), 5728-35. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/94445>
- Onur, C. (1990). Trabzon Hurması. *Derim* (Özel Sayısı), 7(1), 4-47.
- Özbucak, T. B., Karatas, T. ve Ayvaz, M. Ç. (2022). Effects of different ecological and phenological factors on antioxidant activity and phenolic content of *Ornithogalum sigmoideum* Freyn & Sint. from Turkey. *Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)*, 60(05), 322-330. <http://op.niscpr.res.in/index.php/IJEB/article/view/62916>
- Özcan, M. (2005). *Trabzon hurması yetiştiriciliği*. Hasad Yayınları.
- Piccin, J. S, Gomes, C. S, Feris, L. A. ve Gutterres, M. (2012). Kinetics and isotherms of leather dye adsorption by tannery solid waste. *Chemical Engineering Journal*, 183, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.12.013>
- Pu, Z. H., Zhang, Y. Q., Yin, Z. Q., Jiao, X. U., Jia, R. Y., Yang, L. U. ve Fan, Yang (2010). Antibacterial activity of 9-octadecanoic acid-hexadecanoic acid-tetrahydrofuran-3, 4-diyl ester from neem oil. *Agricultural Sciences in China*, 9(8), 1236-1240. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60212-1](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60212-1)
- Rajeshkumar, S. ve Bharath, L. V. (2017). Mechanism of plant-mediated synthesis of silver nanoparticles—a review on biomolecules involved, characterisation and antibacterial activity. *Chemico-biological Interactions*, 273, 219-227. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.06.019>
- Rezaei, S. (2014). *Çeşitli fungus türlerinin bazı tekstil boya atıklarının renk giderimi üzerine etkisinin araştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Şahin, M. ve Gübbük, İ. H. (2019). Green synthesis of antioxidant silver and platinum nanoparticles using ginger and turmeric extracts and investigation of their catalytic activity. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 6(3), 403-410. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.497440>

- Wang W, Fu S, Peng Y, Zheng X, Ratulainen EA (2018) A prediction model for grafting Reactive Red 120 on nanocellulose. *BioResources*, 13(4), 8814-8822. <https://doi.org/10.15376/BIORES.13.4.8814-8822>
- Wijngaard, H. H., Röβle, C. ve Brunton, N. (2009). A survey of Irish fruit and vegetable waste and by-products as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 116, 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.033>
- Yacoubou, A. (2020). *Benin tıbbi bitkilerinin antimikrobiyal etkili nanopartikül sentezleme yeteneklerinin araştırılması* [Yayınlanmamış yüksekisans tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- Yalçın, P. (2005). *Tekstil boyalarının giderimine tarımsal atık kullanımı* [Yayınlanmamış yüksekisans tezi]. İnönü Üniversitesi.
- Yaman, K. (2012). Bitkisel atıkların değerlendirilmesi ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 339-348. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kastorman/issue/17233/180035>
- Yıldız, E., Kaplankıran, M. ve Toplu, C. (2012). Genetik kaynaklarımızda yer alan bir meyve türü: Yeşil hurma (*Diospyros oleifera* Cheng). *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 41-46. http://www.mku.edu.tr/files/22_dosya_1342092733.pdf#page=45
- Yıldız Akbulut, E. (2021). *Farklı koşullarda kurutulan Trabzon hurması (Diospyros Kaki) ve kivinin (Actinidia deliciosa) bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametrelerinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksekisans tezi]. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Yonemori, K., A. Sugiura ve M. Yamada (2000). Persimmon genetics and breeding. *Plant Breeding Reviews*, 19(6), 191-225. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20063179622>