



Investigation of the Bioactive Compounds of Wild Grown Prickly Pear (*Opuntia ficus-barbarica* A.Berger) Fruits and Peels in the İskenderun Region

Fatma Ergün^{1,a,*}

¹Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Kırşehir, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Research Article</i> Received : 07.10.2024 Accepted : 23.11.2024 Keywords: Antioxidant Phenolic Flavonoid Prickly Pear <i>Opuntia ficus-barbarica</i> A.Berger	Due to global warming, there is increasing interest in plant-based foods with low water requirements and valuable bioactive compounds. This study evaluated the total phenolic content, flavonoid content, and antioxidant activities of fruit (M) and peel (K) extracts from prickly pear (<i>Opuntia ficus-barbarica</i> A.Berger). Initially, samples were extracted using methanol. The phenolic contents in methanol extracts were determined as 835.66±21.12 mg GAE/100 g in K and 760.66±17.61 mg GAE/100 g in M, while total flavonoid contents were measured as 222.00±4.35 µg QE/g in K and 204.76±0.87 µg QE/g in M. Antioxidant activity was assessed using two methods: free radical scavenging activity (DPPH) and Cupric ion reducing antioxidant capacity (CUPRAC), with reduction capacities calculated as 40.93±1.46 µg TE/mL extract for M and 80.11±2.03 µg TE/mL extract for K. The IC₅₀ values of fruit and peel extracts were calculated and compared with standard BHT (Butylated hydroxytoluene), with the peel extract showing the closest value. Results demonstrated that both fruit and peel of <i>Opuntia ficus-barbarica</i> contain significant amounts of bioactive compounds and exhibit potent antioxidant activity. This study reveals the potential of this traditionally used medicinal plant as a health-promoting food component and natural antioxidant source.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(s4): 2764-2769, 2024

İskenderun Bölgesinde Kendiliğinden Yetişen Frenk İnciri (*Opuntia ficus-barbarica* A.Berger) Meyve ve Kabuklarının Biyoaktif Bileşenlerinin Araştırılması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<i>Araştırma Makalesi</i> Geliş : 07.10.2024 Kabul : 23.11.2024 Anahtar Kelimeler: Antioksidan Fenolik Flavonoid Frenk inciri <i>Opuntia ficus-barbarica</i> A.Berger	Küresel ısınma nedeniyle su gereksiniminin düşük ve yapısında değerli bileşenlerin bulunduğu bitkisel gıdalara olan ilgi giderek artmaktadır. Bu çalışmada, frenk inciri (<i>Opuntia ficus-barbarica</i> A.Berger) meyve (M) ve kabuklarının (K) toplam fenolik, flavonoid madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla öncelikle numuneler metanol ile ekstrakte edilmiştir. Metanol ekstraktlarında fenolik miktarları K'da 835,66±21,12 mg GAE/100 g, M'de 760,66±17,61 mg GAE/100 g; toplam flavonoid madde miktarları K'da 222,00±4,35 µg KE/g ve M'de 204,76±0,87 µg KE/g olarak belirlenmiştir. Antioksidan aktivite, serbest radikal giderme aktivitesi (DPPH) ve Bakır (II) indirgeme kapasitesi (CUPRAC) yöntemleriyle değerlendirilmiş, indirgeme kapasitesi M'de 40,93±1,46 µg TE/mL ekstrak ve K'da 80,11±2,03 µg TE/mL ekstrak olarak hesaplanmıştır. Meyve ve kabuk ekstraktlarının IC₅₀ değerleri hesaplanmış ve standart BHT (Bütil hidroksi toluen) ile karşılaştırıldığında en yakın değerin K'da olduğu görülmüştür. Sonuçlar, frenk inciri meyve ve kabuklarının önemli miktarda biyoaktif bileşen içerdiğini ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, geleneksel olarak halk hekimliğinde kullanılan frenk incirinin sağlığı teşvik eden bir gıda bileşeni veya doğal antioksidan kaynağı olarak potansiyelini ortaya koymaktadır.

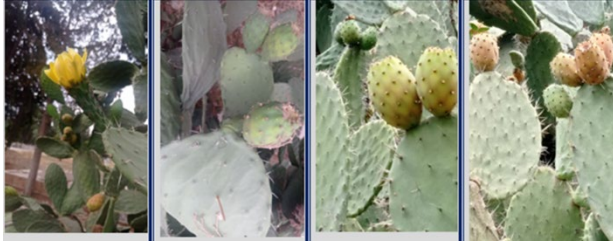
^a fatma.ergun@ahievran.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-5587-1581>



Giriş

Nüfusun hızlı bir şekilde arttığı dünyada gıda olarak kullanılan kaynakların kısıtlı olması var olan kaynaklara alternatif arayışını artırmıştır. Bunun sonucunda günlük diyetle pek çok yeni meyve, sebze ve gıda maddesi eklenmiştir. Ülkemizin Ege ve Akdeniz bölgesinde kendiliğinden yetişen frenk inciri bu meyvelerden biridir. Frenk inciri (*Opuntia ficus-barbarica* A.Berger) Cactaceae familyasına ait çok yıllık bir kaktüs bitkidir (El-Mostafa ve ark., 2014). Yetiştirildiği bölgelerde “hint inciri, papaz yemişi, dikenli incir ve babutsa” gibi yerel isimlerle anılmaktadır (Dumanoglu ve ark., 2020). Anavatanı olan Meksika’da kullanımı çok eski yıllara dayanmaktadır (Uzun ve Şengül, 1994; Jimenez-Aguilar ve ark., 2014). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetişen bu bitkinin meyveleri dikenli, bol çekirdekli ve kendine has bir aromaya sahiptir. Sarı çiçek açar ve meyvelerin renkleri kırmızıdan turuncu, sarı ve yeşile kadar değişmektedir (Toplu ve ark., 2009) (Şekil 1). Ülkemizde frenk inciri sadece Mersin, Adana, Osmaniye, Hatay, Antalya ile Güney Ege sahillerinde doğal olarak yetişmektedir. Ağustos ve Eylül aylarında olgunlaşan meyveler yaz aylarında toplanarak yerel pazarlarda satılmaktadır (Dengiz ve Zengin., 2016).



Şekil 1. Frenk incirinin çiçek ve meyve formları
Figure 1. Flower and fruit forms of the Prickly Pear

Bu meyveler beslenme açısından zengin içerikli gıda niteliğine sahiptir (Galati ve ark., 2003). Meyveler daha çok taze olarak tüketilmektedir. Bunun yanında meyve suyu, reçel, marmelat gibi ürünlere dönüştürülerek değerlendirilmektedir (Yılmaz, 2010). Meyveler glikoz, vitaminler, renk pigmentleri, mineraller (magnezyum, kalsiyum, fosfor) bakımından zengin, doğal antioksidanlar (polifenoller, vitamin C ve selenyum), diyet lifi ve serbest aminoasitler içermektedir (Galati ve ark., 2003; Hernández-Urbiola ve ark., 2011; Jana, 2012). Halk arasında göbek düşmesi, ishal, mide ve bağırsak rahatsızlıkları, damar sertliği, topuk dikenli, bronşit, bademcik iltihabı gibi birçok hastalık için farklı şekillerde kullanılmaktadır (Ünalın, 2023). Ayrıca bu meyveler geleneksel tıp uygulamalarında başta kardiyovasküler hastalıklar olmak pek çok doku ve organ hastalıklarında, diyabet, immün bozuklukları ve romatizma gibi bozukluklarının tedavisinde de kullanıldığı bildirilmiştir (Trombetta ve ark., 2006; Park ve ark., 2013; Tilahun ve Walegerima, 2018).

Frenk inciri ile yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olup genellikle yerel seleksiyon çalışmalarıdır (Karababa ve ark., 2004; Duru ve Türker, 2005; Tütüncü, 2016; Güven, 2017; Güzel, 2019). Bu çalışmada Hatay ili İskenderun ilçesinde doğal olarak yetişen frenk inciri meyve ve kabuklarının fenolik ve flavonoid madde miktarlarının ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi ve meyve ve kabuk kısımlarındaki farklılıkların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bitki Materyali

Çalışmada kullanılan meyve örnekleri Ağustos ayında Hatay ili İskenderun bölgesinde (36°34’03’’N 36°12’33’’E 120 m) özel mülk içerisinde kendiliğinden yetişmiş bitkilerden toplanmıştır. Toplama işleminde meyvelerin olgunlaşmış (sarı ve turuncu renk) olmalarına dikkat edilmiştir. Toplanan meyve soğuk su ile yıkanarak fiziksel kirliliklerden ve dikenlerinden arındırılmıştır. Temizlenen meyveler soyularak kabuk (K) ve meyve (M) (çekirdekler dahil) olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Daha sonra, örnekler sabit tartıma ulaşmaya kadar gölgede kurutulmuş ve kullanıma kadar +4°C’de buzdolabında saklanmıştır.

Bitki Ekstraktının Hazırlanması

Kurutulmuş örnekler öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiş, 10 gr tartılarak üzerlerine 20 kat olacak şekilde metanol ilave edilmiştir. Karışım manyetik karıştırıcı yardımıyla oda koşullarında 24 saat karıştırıldıktan sonra süzülerek ayrılmıştır. Geriye kalan çökelek üzerine metanol ilave edilerek bir süre daha karıştırılmış, tekrar süzülerek başlangıçtakilerle birleştirilmiştir. Daha sonra içlerindeki alkol çözücü 45°C’de evaporatör yardımıyla uzaklaştırılarak numune ekstraktlar elde edilmiştir. Elde edilen ekstraktlardan 1000 ppm konsantrasyonda stok çözelti hazırlanarak çalışmalarda kullanılmıştır (Ergün, 2021).

Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu metodu kullanılarak belirlenmiştir (Slinkard ve Singleton, 1977). Standart olarak gallik asit kullanılmış ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/100 g) olarak ifade edilmiştir. Prensipte 0,1 mL ekstrakt alınarak hacim 1,840 mL ye destile su ile tamamlanmış, üzerine 0,01 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında 3 dk inkübasyonun ardından %2’lik Na₂CO₃ çözeltisinden ilave edilmiş, 2 saat oda sıcaklığında inkübasyon sonucunda absorbanlar 760 nm’de köre (ekstrakt yerine saf su ile hazırlanan çözelti) karşı okunmuştur.

Toplam Flavonoid Madde Tayini

Örneklerin toplam flavonoid içerikleri alüminyum nitrat metodu kullanılarak belirlenmiştir (Moreno ve ark., 2000). Standart olarak kuarsetin kullanılmıştır. Prensipte 0,1 mL alınarak hacim metanol ile 1,92 mL’ye tamamlanmış, üzerine 0,04 mL KCH₃COO (1 M) ilave edilmiş ve 1 dk sonra 0,04 mL Al(NO₃)₃ (%10) eklenerek 40 dk inkübe edilmiştir. Daha sonra absorbanlar 415 nm’de ölçülerek sonuçlar gram ekstrakt başına mg kuarsetin eşdeğeri (mg KE/g ekstrakt) olarak ifade edilmiştir.

Serbest Radikal giderme Aktivitesi (DPPH)

Blois (1958) metodu kullanılarak örneklerin DPPH radikal giderme aktivitesi ölçülmüştür. Standart olarak BHT kullanılmıştır. 1000 ppm olarak hazırlanmış stok çözelti kullanılarak farklı konsantrasyonlarda (50, 100, 150 ve 200 µL/mL) ekstrakt çözeltileri hazırlanmıştır. Ekstrakt çözeltilerinden 0,5 mL alınıp üzerine 0,1 mM DPPH çözeltisinden 2 mL ilave edilerek karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk inkübe edilmiş ve absorban değişimleri 517 nm’de ölçülmüştür.

Daha sonra örneklerin radikal giderme aktiviteleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{DPPH radikal giderme aktivitesi (\%)} = [(A_0 - A_1/A_0) \times 100]$$

A₀, Kontrol reaksiyonunun absorbansı,

A₁, Test edilen ekstrakt örneğinin/ standart çözeltilerin absorbansı

Bakır (II) İndirgeme Kapasitesi (CUPRAC)

Örneklerin Cu²⁺ indirgeme kapasitesi Apak ve ark., (2004)'e göre yapılmıştır. Standart olarak Troloks kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan ekstrakt ve standart çözeltilerin Cu²⁺ indirgeme kapasitesini belirlemek için yapılan işlem sonrası örneklerin absorbans değerleri 450 nm'de köre karşı ölçülmüştür (Ergün, 2022).

İstatistik Analizleri

Çalışmada tüm analizlerde her bir örmekten 3 paralel çalışılmıştır. Elde edilen verilerin analizinde SPSS 22 V ® istatistik paket programı kullanılmıştır. Öncelikle örnekler için toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı, antioksidan kapasite analiz sonuç farklılıkları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir (Genç ve Soysal, 2018). Farklılıkların önemli olarak belirlendiği durumlarda, bu farklılığın hangi tür ya da türlerden kaynaklandığının belirlenebilmesinde ise çoklu karşılaştırma testlerinden olan Duncan testi kullanılmıştır (Duggan ve ark., 2017). Çalışmada önemlilik düzeyi (P<0,05) seviyesinde belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada meyve ve kabuk ekstraktların toplam fenolik madde miktarları M'de 760,66±17,61 mg GAE/100g, K'da ise 835,66±21,12 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Belviranlı (2016) yılında beş farklı lokasyondan topladığı dikenli incir meyveleri üzerinde yaptığı çalışmada lokasyon farklılıklarının fenolik madde miktarı üzerine istatistiksel olarak farklılığa neden olmadığı ve lokasyonlardan toplanan meyvelerin toplam fenolik madde miktarının sırasıyla Adana'da 824,07, Alanya'da 844,9, Anamur'da 490,74, Fethiye'de 932,87 ve İskenderun'da ise 502,31 mg GAE/100 g olduğu bildirilmiştir. Çapar ve ark., (2023) yaptıkları çalışmada farklı yöntemlerle kuruttukları *Opuntia ficus-indica* meyvelerinde fenolik madde miktarlarını 511,06 ile 704,06 mg GAE/100 g kuru ağırlık olarak belirlemişlerdir. *Opuntia* türleri üzerine yapılmış benzer çalışmada meyvelerdeki toplam fenolik madde miktarı 164,6 ila 218,8 mg GAE/100 g arasında hesaplanmıştır (Fernández-López ve ark., 2010). Ayrıca Okur ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada meyvelerdeki toplam fenolik madde miktarı 363,20±0,02 GAE/100g olarak belirlemiştir. Bu çalışmada bulunan toplam fenolik değerleri Belviranlı (2016) ve Çapar ve ark., (2023)'ün buldukları sonuçlara benzerlik gösterirken, Fernández-López ve ark., (2010) ve Okur ve ark., (2019)'nın

çalışmalarındaki sonuçlardan daha büyüktür. Bu farklılıkların oluşmasında coğrafya, iklim, hasat gibi yetiştirme farklılıkları, numunenin kuru ya da taze olmasının etkisinin olduğu düşünülmektedir. Çünkü bitkilerde bulunan fenolik yapıların birikimi ve biyosentezi çeşitli çevresel faktörlerden etkilendiği bilinmektedir (Emami Bistgani ve ark., 2017; Martín-Lara ve ark., 2018; Sharma ve ark., 2019).

Meyve ve kabuk örneklerindeki toplam flavonoid madde miktarı M'de 204,76±0,87 µg KE/g, K'da ise 222,00±4,35 µg KE/g olarak bulunmuştur (Tablo 1). Yeddes ve ark. (2013) çalışmaları dikenli incir kabuklarındaki flavonoid madde miktarının, meyve posasındakinden daha yüksek olduğunu belirtmektedirler. Çalışmada toplam flavonoid miktarının kabukta yüksek çıkması Yeddes ve ark., (2013) sonuçları ile uyumludur. Turunçgiller üzerinde yapılmış birçok çalışmada benzer şekilde kabuklardaki flavonoid madde miktarının meyvelere göre yüksek olduğu bildirilmektedir (Guardia ve ark., 2001; Güzel ve Akpınar, 2017). Farklı çalışmalarda dikenli incir meyvelerindeki toplam flavonoid madde miktarı 193,7±9,7 µg QE/g (Vasquez, 2017) ve 12,4±18,2 µg QE g⁻¹ (Franco-Vásquez ve ark., 2020) olarak verilmektedir. Bu çalışmada bulunan değerler araştırmacıların değerlerinden yüksektir. Bu durumun oluşmasında numunelerin toplandığı ağacın, bölgenin, iklimin, bitki ekstraktının elde edilme şeklinin ve çözücü farklılığının etkisinin olabileceği düşünülmektedir (Pietrzak ve ark., 2017). Sonuçlardan bağımsız olarak frenk incirinin kabuk kısımlarında meyve kısımlarına kıyasla daha fazla fenolik ve flavonoid madde belirlenmiştir. Ayrıca her iki kısımda da flavonoid madde miktarları fenolik madde miktarından fazladır. Bu sonuç literatürdeki çalışmalarla uyumludur.

Meyve ve kabuk örneklerinin farklı konsantrasyondaki (50, 100, 150, 200 µg/mL) DPPH• serbest radikal giderme aktivitesi belirlenmiş ve standart olarak BHT kullanılmıştır (Şekil 2). Bütün konsantrasyonlar da meyve ve kabuk % inhibisyon değerleri BHT'den düşük bulunmuştur. Örneklerin en yüksek konsantrasyon olan 200 µg/mL'de radikal giderme aktiviteleri M'de %4,43±0,60, K'da %5,14±0,27 olarak hesaplanmıştır. *Opuntia ficus-indica* türünde yapılan bir çalışmada fırında kurutulmuş meyve ekstraktında % inhibisyon değeri %13,30 olarak bildirilmiştir (Çapar ve ark., 2023).

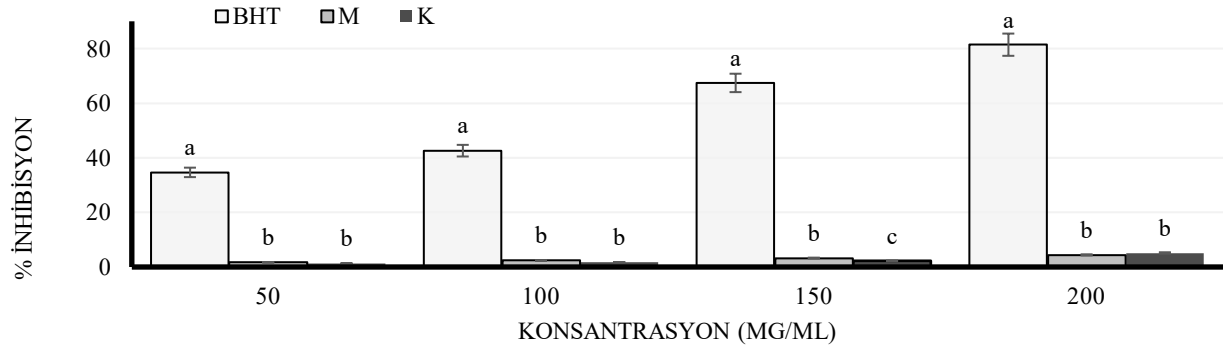
IC₅₀ değeri, DPPH• radikallerinin %50'sini temizlemek için gereken numune veya bileşiğin konsantrasyonunu temsil etmektedir. Çalışmada meyve ve kabuk ekstraktlarının IC₅₀ değerleri hesaplanmış ve örnekler arasında farklılıklar anlamlı bulunmuştur (P<0,05) (Çizelge 2). BHT'ye en yakın değer K'da tespit edilmiştir. IC₅₀ değerinin düşük olması antioksidan aktivitenin daha yüksek olması anlamına gelmektedir. Ekstraktlarının antioksidan aktivitesi BHT ile karşılaştırıldığında, kabuk ve meyve ekstraktlarının her ikisinde BHT'den oldukça düşük aktiviteye sahiptir. Sonuçlara göre kabuk ekstraktlarının antioksidan kapasitesi meyveden daha yüksektir.

Çizelge 1. Toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları

Table 1. Total phenolic and flavonoid content

Gruplar	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100g)	Toplam Flavonoid Madde Miktarı (µg KE/g)
M	760.66±17.61	204.76±0.87
K	835.66±21.12	222.00±4.35

*: M (Frenk inciri meyvesi), K (Frenk inciri meyve kabuğu)



Şekil 2. Numune ekstraktları ve BHT'nin farklı konsantrasyonlarda DPPH• radikal giderme etkisi (M (Frenk inciri meyvesi), K (Frenk inciri meyve kabuğu), BHT (Bütül Hidroksitoluen)

Figure 2. DPPH• Radical Scavenging Effect of Sample Extracts and BHT at Different Concentrations (M (Prickly Pear Fruit), K (Prickly Pear Fruit Peel), BHT (Butylated Hydroxytoluene)

Çizelge 2. IC₅₀ değerleri

Table 2. IC₅₀ Values

Gruplar	IC ₅₀ (µg /ml)
BHT	104,83±1,56 ^c
M	3427,28±24,39 ^a
K	1972,33±4,50 ^b

*: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar P<0,05 düzeyinde önemsizdir; *: M (Frenk inciri meyvesi), K (Frenk inciri meyve kabuğu), BHT (Bütül Hidroksitoluen)

Çizelge 3. Cu²⁺ - Cu⁺ Azaltma Kapasitesi (CUPRAC) değerleri

Table 3. Cu²⁺ - Cu⁺ Reduction Capacity (CUPRAC) Values

Gruplar	CUPRAK (µg TE/mL)
M	40,93±1,46
K	80,11±2,03

*: M (Frenk inciri meyvesi), K (Frenk inciri meyve kabuğu)

Frenk inciri meyve ve kabuğunun Cu²⁺ - Cu⁺ azaltma kapasitesi (CUPRAC) sırasıyla M'de 40,93±1,46 µg TE/mL ve K'da 80,11±2,03 µg TE/mL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Benzer çalışmalarda dikenli incir meyvelerinin Cu²⁺ - Cu⁺ azaltma kapasitesi değerleri 297,97 mmol TE/100 g DW (Wang ve ark., 2024) ve 1421,82±139 µmol TE/L (Yaribeigi Darvishvand, 2020) olarak ölçülmüştür. Gouws ve ark. (2017) farklı kurutma teknikleri kullanılarak dikenli incir meyvesi üzerinde yaptıkları çalışmada oluşturulan grupların Cu²⁺ - Cu⁺ azaltma kapasitelerinin 3261±172,9 µM TE ve 2743±272,8 µM TE olduğu bildirilmiştir.

Ülkemizde uzun yıllardır kendiliğinden yetişen ancak tüketimi son yıllarda popüler hale gelen frenk incir meyvesi ve bitkisi gıda olarak tüketilmesinin yanında sanayide hammadde olarak da kullanılmaktadır. Frenk inciri; çekirdek, kabuk ve meyve kısmı olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Meyve ağırlığının %3-7 si çekirdekler, %36-48'i kabuk ve %39-64'u ise meyve etinden oluşmaktadır (Al Juhaimi ve ark., 2020). Kabuk miktarının yüksek olması ve bu kısmın meyve olarak tüketilme olanağının olmaması kabukların değerlendirilmesinin son derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç

Araştırma sonuçları, frenk incirinin hem meyve hem de kabuk kısımlarının dikkat çekici düzeyde fenolik ve flavonoid bileşenleri içerdiğini ve güçlü antioksidan

potansiyeline sahip olduğunu kesin olarak ortaya koymuştur. Özellikle kabuk ekstraktlarının, meyve kısmına kıyasla daha yüksek biyoaktif bileşen konsantrasyonu ve üstün indirgeme kapasitesi sergilediği belirlenmiştir. Bu bulgular ışığında, meyvenin besin olarak tüketiminin günlük antioksidan gereksinimini karşılamada etkili bir kaynak olabileceği, kabuklarının ise gıda endüstrisinde sentetik antioksidanlara doğal ve sürdürülebilir bir alternatif sunabileceği öngörülmektedir. Çalışma, geleneksel tıpta kullanılan bu değerli bitkinin fitokimyasal profilini ve antioksidan kapasitesini bilimsel verilerle destekleyerek literatüre önemli katkı sağlamıştır. Bu sonuçlar, frenk incirinin fonksiyonel gıda bileşeni ve doğal antioksidan kaynağı olarak potansiyelini vurgulamakla birlikte, bu çok yönlü bitkinin daha geniş kullanım alanlarını keşfetmek için ileri araştırmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Çalışmada kullandığımız bitki materyallerinin teminindeki yardımlarından dolayı sayın Nevzat ERGÜN'e teşekkür ederiz.

Beyan

Bu çalışma 7. Uluslararası Anadolu Tarım, Gıda, Çevre ve Biyoloji Kongresi'nde (Kastamonu, TARGİD 2024) sunulmuştur.

Kaynaklar

- Al Juhaimi, F., Ghafoor, K., Uslu, N., Ahmed, IAM., Babiker, EE., Özcan, MM., & Fadimu, GJ. (2020). The effect of harvest times on bioactive properties and fatty acid compositions of prickly pear (*Opuntia ficus-barbarica* A. Berger) fruits. *Food chemistry*, 303, 125387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125387>
- Belviranlı, B. (2016). Hint İnciri (*Opuntia ficus-indica* L.) Meyvesi ve Tohumlarının Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri Üzerine Lokasyonun Etkisi. *Doktora tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Blois, MS. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- Capar, TD., Dedebas, T., Kavuncuoğlu, H., Karatas, SM., Ekici, L. & Yalcin, H. (2023). Phenolic Components, Mineral Composition, Physicochemical, and Bioactive Properties of *Opuntia ficus-indica* with Different Drying Methods. *Erwerbs-Obstbau*, 65(2), 347-353.
- Dengiz, T., & Zengin, H. (2016). Hint inciri (*Opuntia ficus-indica*) Meyve Suyunun Kimyasal ve Antioksidan Özelliklerinin İncelenmesi. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi* 30, 125-150.
- Duggan, MR., Lee-Soety, JY., Anderson, MJ. (2017). Personality types in Budgerigars, *Melopsittacus undulatus*. *Behav Processes*. 138, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2017.02.003>
- Dumanoglu, Z., Güzel, Ü., & Çakır, A. (2020). Doğu Akdeniz Bölgesinde Yetişen Dikenli İncir (*Opuntia ficus-indica* L.) Tohumlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9 (Özel Sayı), 28-33. <https://doi.org/10.46810/tdfd.708523>
- Duru, B., & Türker, N. (2005). Changes in Physical Propartice and Cheminal Composition of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) During Maturation. *Journal of The Professiona Association for Cactus Development*, 7, 22-33. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v7i.285>
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebaj, MHS., ... & Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19(9), 14879-14901. <https://doi.org/10.3390/molecules190914879>
- Emami Bistgani, Z., Siadat, A., Bakhshandeh, M., Ghasemi Pirbalouti, A., Hashemi, M. (2017). Morpho-physiological and phytochemical traits of (*Thymus daenensis* Celak.) in response to deficit irrigation and chitosan application. *Acta Physiol. Plant.*, 39, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2526-2>
- Ergün, F. (2022). *Satureja hortensis* L.'nin Fitokimyasallarının ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10, 2635-2639. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10isp1.2635-2639.5577>
- Ergün, F. (2021). *Cotoneaster transcaucasicus* pojark. determination of bioactive component amounts and antioxidant activities in fruit extracts. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9 (7), 1258-1263. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i7.1258-1263.4432>
- Fernández-López, JA., Almela, L., Obón, JM., & Castellar, R. (2010). Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 253-259. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0189-x>
- Franco-Vásquez, DC., Bosquez-Molina, E., & Ventura-Aguilar, RI. (2020). Standardization of Phenols and Flavonoids Extraction from *Opuntia ficus-indica* Mill cv. Atlitxco and Identification by Mass Spectrometry. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 64 (4), 272-282. <https://doi.org/10.29356/jmcs.v64i4.1203>
- Galati, EM., Mondello, MR., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S., & Taviano, MF. (2003). Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(17), 4903-4908. <https://doi.org/10.1021/jf030123d>
- Genç S. and Soysal MI. (2018). Parametric and nonparametric post hoc tests. *BSJ Eng Sci*. 1(1), 18-27.
- Gouws, CA., D'cunha, NM., Georgousopoulou, E., Thomas, J., Mellor, D., Roach, PD., & Naumovski, N. (2017). The effect of drying methods on bioactive properties in three varieties of prickly pear (*Opuntia ficus indica*). *Journal of Nutrition and Intermediary Metabolism*, 8, 107.
- Guardia, T., Rotelli, AE., Juarez, AO., & Pelzer, LE. (2001). Anti-inflammatory properties of plant flavonoids. Effects of rutin, quercetin and hesperidin on adjuvant arthritis in rat. *Il farmaco*, 56(9), 683-687. [https://doi.org/10.1016/s0014-827x\(01\)01111-9](https://doi.org/10.1016/s0014-827x(01)01111-9)
- Güven, C. (2017). Doğu Akdeniz Bölgesi'nden Selekte Edilen Bazı Dikenli İncir (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.) Genotiplerine Ait Meyve Sularının Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi (Tez no 466574). *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2017). Turuncgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 153-167. <http://dx.doi.org/10.17714/gufbed.2017.07.010>
- Güzel, Ü. (2019). Mersin ve Çevresinde Yetişmekte Olan Bazı Dikenli İncirlerde (*Opuntia ficus-indica* L.) En Uygun Hasat Dönemlerinin Saptanması (Tez no 553939). *Yüksek Lisans Tezi*, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Hernández-Urbíola, MI., Pérez-Torrero, E., & Rodríguez-García, ME. (2011). Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*Opuntia ficus indica*) at varied ages in an organic harvest. *International journal of environmental research and public health*, 8 (5), 1287-1295. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051287>
- Jana, S. (2012). Nutraceutical and Functional Properties of Cactus Pear (*Opuntia* spp.) and its Utilization for Food Applications. *Journal of Research and Studies*, 3 (2), 60-66
- Jimenez-Aguilar, MD., Mujica-Paz, H., & WeltiChanes, J. (2014). Phytochemical Characterization of Prickly Pear (*Opuntia* spp.) and of its Nutritional and Functional Properties: A Review. *Current Nutrition & Food Science*, 10 (1), 57-69. <https://doi.org/10.2174/157340131001140328120952>
- Karababa, E., Coşkun, Y., & Aksay, S. (2004). Some Physical Fruit Properties of Cactus Pear (*Opuntia* spp.) That Grow Wild in the Earstern Mediterranean Region of Turkey. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 6, 1-8. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v6i.293>
- Martín-Lara, MA., Ortuñob, N., Conesa, JA. (2018). Volatile and semivolatile emissions from the pyrolysis of almond shell loaded with heavy metals. *Sci. Total Environ.*, 1, 613-614:418-427. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.116>
- Moreno, MIN., Isla, MI., Sampietro, AR., & Vattuone, MA. (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of ethnopharmacology*, 71(1-2), 109-114. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00189-0)
- Okur, ME., Karakaş, N., Karadağ, AE., Uludağ, D., & Polat, DÇ. (2019). Investigation of antioxidant and cytotoxic activities of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. fruit extract. *İstanbul Journal of Pharmacy*, 49 (3), 154-160. <https://doi.org/10.26650/IstanbulJPharm.2019.19035>

- Park, C., Kwak, B., Park, S., Kim, H., & Rhyu, D. (2013). Comparison of Biological Activities of *Opuntia humifusa* and *Opuntia ficus-indica*. *Korean Journal of Plant Resources* 26(5), 519-525. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2013.26.5.519>
- Pietrzak, W., Nowak, R., Gawlik-Dziki, U., Lemieszek, M. & Rzeski, W. (2017). LC-ESI-MS/MS Identification of Biologically Active Phenolic Compounds in Mistletoe Berry Extracts from Different Host Trees. *Molecules* 22 (4), 624. <https://doi.org/10.3390/molecules22040624>
- Sharma, A., Shahzad, B., Kumar, V., Kohli, SK., Sidhu, GPS., Bali, AS., Handa, N., Kapoor, D., Bhardwaj, R. & Zheng, B. (2019). Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress. *Biomolecules*, 9: 285. <https://doi.org/10.3390/biom9070285>.
- Slinkard, K. & Singleton, VL. (1977). Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *American journal of enology and viticulture*, 28, 49-55. <https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49>
- Tilahun, Y. & Walegerima, G. (2018). Pharmacological Potential of Cactus Pear (*Opuntia ficus indica*) a Review. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 7(3), 1360-1363
- Toplu, C., Serce, S., Ercisli, S., Kamiloglu, O. & Sengul, M. (2009). Phenotypic variation in physico-chemical properties among cactus pear fruits (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) from Turkey. *Pharmacognosy Magazine*, 5 (20s), 400-406.
- Trombetta, D., Puglia, C., Perri, D., Licata, A., Pergolizzi, S., Lauriano, ER., ... & Bonina, FP. (2006). Effect of polysaccharides from *Opuntia ficus-indica* (L.) cladodes on the healing of dermal wounds in the rat. *Phytomedicine*, 13 (5), 352-358. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2005.06.006>
- Tüttüncü, M., Sarier, A., İmrak, B., Çömlekçioğlu, S., Küden, A. & Küden. AB. (2016). Adana Bölgesinden Selekte Edilen Dikenli İncirlerin Meyve Özelliklerinin Belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2), 183-190. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.260973>
- Uzun, H., & Şengül, S. (1994). Frenk İnciri Yetiştiriciliği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7, 73-89.
- Ünalın, Ö. (2023). Tropikal Meyve Yetiştiriciliğinin Türk Halk Hekimliği Üzerindeki Etkileri. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 13 (1), 75-85. <https://doi.org/10.31020/mutftd.1206563>
- Vasquez, DCF. (2017). Estandarización del proceso de extracción e identificación de Flavonoides en Nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill.) Cultivar atlixco desespinado. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana), <https://doi.org/10.24275/uami.hm50tr74r>
- Wang, H., Zhou, X., Liu, Y., Xie, W., Yang, D., Huo, D., ... & Wang, R. (2024). Identification and molecular docking of xanthine oxidase and α -glucosidase inhibitors in *Opuntia ficus-indica* fruit. *Journal of Food Science*, 89(7), 4192-4204. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17144>
- Yaribeigi Darvishvand, S. (2020). The use of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating to extend the shelf-life of packaged strawberry and red raspberry (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Yeddes, N., Chérif, JK., Guyot, S., Sotin, H. & Ayadi, MT. (2013). Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of the peel and pulp of three Tunisian *Opuntia* forms. *Antioxidants*, 2(2), 37-51. <https://doi.org/10.3390/antiox2020037>
- Yılmaz, C. (2010). Dikenli İncir (*Opuntia ficus-indica* L.) Yetiştiriciliği. *Tarım Türk*, 24, 14-16.