



Investigation of Physicochemical Properties, Antioxidant Activity and In vitro Bioaccessibility of Cornelian Cherry (*Cornus mas. L.*) Nectar Enriched with Herbal Teas

Senanur Durgut^{1,a}, Ebru Yılmaz^{1,b}, Azime Özkan Karabacak^{2,3,c}, Gülşah Özcan Sinir^{1,d,*}

¹Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Bursa Uludağ University, 16059 Gorükle, Bursa, Türkiye

²Food Technology Program, Gemlik Asım Kocabıyık Vocational School, Bursa Uludağ University, 16600 Gemlik, Bursa, Türkiye

³Science and Technology Application and Research Center, Bursa Uludağ University, 16059 Gorükle, Bursa, Türkiye

*Corresponding author

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|--|---|
| <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 29/06/2022 Accepted : 04/10/2022</p> <p>Keywords: Cornelian cherry Herbal tea Nectar Bioavailability Total monomeric anthocyanin</p> | <p>Cornelian cherry (<i>Cornus mas L.</i>) fruit is a member of the cranberry family, which contains many bioactive components. However, because of its bitter taste, the number of products it can be processed is limited. In this study, beverages were prepared by adding five different herbal teas (linden, sage, chamomile, green tea, artichoke peel) to cranberry nectar sweetened with apple juice concentrate. Brix, pH, antioxidant capacity, (DPPH, FRAP, CUPRAC), total phenolic content, total monomeric anthocyanin, color (L^*, a^*, b^*, C^*, h°) and <i>in vitro</i> bioaccessibility analyzes were performed in the beverages. Results of antioxidant capacity analysis were determined between 129.00±11.85 µmol TE/g DM- 365.42±2.62 µmol TE/g DM; 56.61±16.42 µmol TE/g DM – 103.39±2.36 µmol TE/g DM; 157.97±25.35 µmol TE/g DM – 276.82±22.81 µmol TE/g DM with DPPH, CUPRAC and FRAP methods, respectively. The total phenolic content was found between 655.35±24.17 mg GAE/100 g DM and 1165.09±30.69 mg GAE/100 g DM. The beverages containing green tea infusion (4.13±1.69 mg/kg) had the lowest total monomeric anthocyanin content, while beverages containing artichoke peel infusion (6.33±0.67 mg/kg) had the highest. In the samples analyzed after <i>in vitro</i> gastric digestion, an increase was observed in the total monomeric anthocyanin amount compared to the pre-digested samples, while a decrease was found in the antioxidant capacity and total phenolic content, in general. By adding herbal teas to cornelian cherry nectar, not only improved sensorial and nutritional properties of the fruit nectar, but also a new functional beverage was developed.</p> |

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(11): 2156-2164, 2022

Bitki Çayı ile Zenginleştirilmiş Kızılcık Nektarının Fizikokimyasal Özelliklerinin, Antioksidan Kapasitelerinin ve *in vitro* Biyoerişilebilirliklerinin Araştırılması

| MAKALE BİLGİSİ | ÖZ |
|--|---|
| <p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 29/06/2022 Kabul : 04/10/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Kızılcık Bitki çayı Nektar Biyoerişilebilirlik Toplam monomerik antosiyanin</p> | <p>Kızılcık (<i>Cornus mas L.</i>) meyvesi birçok biyoaktif bileşene sahip kızılcıkgiller familyasının bir üyesidir. Ancak buruk tadı sebebiyle işlenebildiği ürün sayısı sınırlıdır. Bu çalışmada, elma suyu konsantresi ile tatlandırılmış kızılcık nektarına beş farklı bitki çayı (ıhlamur, adaçayı, papatya, yeşilçay, enginar kabuğu) ilave edilerek içecekler hazırlanmıştır. İçeceklerde briks, pH, antioksidan kapasite, (DPPH, FRAP, CUPRAC), toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin, renk (L^*, a^*, b^*, C^*, h°) ve <i>in vitro</i> biyoerişilebilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Antioksidan kapasite analizi sonuçları DPPH, CUPRAC ve FRAP yöntemlerinde sırasıyla, 129,00±11,85 µmol TE/g KM- 365,42±2,62 µmol TE/g KM; 56,61±16,42 µmol TE/g KM – 103,39±2,36 µmol TE/g KM; 157,97±25,35 µmol TE/g KM – 276,82±22,81 µmol TE/g KM değerleri arasında bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı 655,35±24,17 mg GAE/100 g KM ile 1165,09±30,69 mg GAE/100 g KM arasında değişim göstermiştir. İçeceklerin toplam monomerik antosiyanin miktarları en düşük 4,13±1,69 mg/kg ile yeşil çay infüzyonu içeren örnekte, en yüksek 6,33±0,67 mg/kg ile enginar kabuğu infüzyonu içeren örnekte tespit edilmiştir. <i>In vitro</i> mide sindirimi sonrası analiz edilen örneklerde sindirim öncesine göre toplam monomerik antosiyanin miktarında artış tespit edilirken, antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarında genel anlamda azalma görülmüştür. Kızılcık nektarına bitki çayları ilave edilerek meyve nektarının duysal ve besleyici özelliklerinin geliştirilmesi yanı sıra fonksiyonel bir içecek elde edilmiştir.</p> |

^a senanurdrgt@gmail.com
^c azimeozkan@uludag.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-1314-4965>
^d <https://orcid.org/0000-0003-4175-4477>

^b ebruylmaz2701@gmail.com
^d gulsahozcan@uludag.edu.tr
^b <https://orcid.org/0000-0002-4114-9982>
^d <http://orcid.org/0000-0003-3954-0058>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Günümüzde giderek artan sağlıklı yaşama yönelim, tüketicilerin bitki çaylarına duyduğu ilgiyi arttırmış, oluşan talep doğrultusunda piyasaya sürülen ürünlerin çeşitliliği artmıştır. Birçok biyoaktif bileşen içeren bitki ve bu bitkilerden elde edilen bitki çayları, antioksidan özellikleriyle öne çıkarken, bu alanda kullanılan tıbbi ve aromatik bitki sayısı da gün geçtikçe artmaktadır (Mohammed ve ark., 2020; Menekşe ve ark., 2021; Mohammed ve ark., 2022). Birçok araştırmacı, farklı bitki türlerinin antioksidan, antimikrobiyal, antikanser, antienflamatuar, DNA koruyucu, antialerjik, hipoglisemik gibi özelliklere sahip olduğunu bildirmiştir (Pehlivan ve ark., 2021).

Kızılcık (*Cornus mas* L.) meyvesinin Avrupa ve Asya'da uzun yıllardır geleneksel tıpta kullanıldığı bilinmektedir (Cosmulescu ve ark., 2019). Kızılcık meyvesi sahip olduğu C vitamini, organik asitler (baskın olarak malik asit), pektin, fenolik asitler (gallik asit, hidroksi sinamik asit), flavonoidler (antosiyeninler, flavanoller), triterpenoid (ursolik asit) ve iridoidler gibi birçok biyoaktif bileşenler sayesinde antibakteriyel, antidiyabetik, antienflamatuar etki göstererek bağırsak, mide kalp ve karaciğer sağlığının korunmasına yardımcı olmaktadır (Svitlana ve ark., 2019; Dumitraşcu ve ark., 2019).

Türkiye'de birçok tıbbi ve aromatik bitki yetiştirilmektedir. Ihlamur, adaçayı, papatya, yeşil çay bunlardan bazıları olup bu bitkiler sağlığa faydalı çok sayıda biyoaktif bileşen içermektedir. Ihlamur özellikle merkezi sinir sistemi üzerinde etkili olup, sakinleştirici özelliği mevcuttur (Selvi, 2020). Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) içerisinde yüksek miktarda bulunan fenolik bileşikler sayesinde güçlü bir antioksidan aktivite sergileyerek bireylere antikanserojen, antimikrobiyal, antidiyabetik, antienflamatuar, antiproliferatif fayda sağlayabilmektedir (Sotiropoulou ve ark., 2020). Papatyanın (*Matricaria recutita* L.), uçucu yağında bulunan terpenoidler ve α -bisabololün kalp sağlığı üzerinde olumlu etki sergilediği ve kanser hücrelerinde apoptozu indüklediği görülmüştür (Al-Dabbagh ve ark., 2019). Yeşil çayda (*Camellia sinensis* L.) bulunan epikateşin, epigallokateşin, epikateşin gallat ve epigallokateşin gallat; antienflamatuar, antioksidan, antikanser özelliklere sahiptir (Musial ve ark., 2020). Ayrıca bazı çok yıllık bitkiler de polifenollerce zengin olduğundan infüzyonları bitki çayları olarak tüketilebilmektedir. Enginar (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori) kabuğu, yüksek miktarda klorojenik asit, sinarin ve luteolin içerdiğinden antikoolesterolemik ve antioksidan özelliktedir (Avio ve ark., 2020).

Bu çalışma ile, buruk tadı sebebiyle gıda sanayinde kısıtlı olarak değerlendirilebilen, biyoaktif bileşenlerce zengin, antioksidan aktivitesi yüksek ve sağlığa bir çok faydası olduğu bilinen kızılcık meyvesinden ilave şeker içermeyen ve çeşitli bitki çayları ile zenginleştirilmiş kızılcık nektarı üretilmiş olup, elde edilen ürünlerde fizikokimyasal özellikler ile toplam fenolik madde miktarı, antioksidan kapasite, toplam monomerik antosiyenin miktarı ve *in vitro* biyoerişilebilirliğin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Kızılcık, Bursa ilinde bulunan yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Bitki çayları (ihlamur, yeşil çay, adaçayı, papatya) poşet çay formunda Bursa'da yer alan bir yerel marketten satın alınmıştır. Enginar kabukları yerel üreticiden temin edilip, ayıklanıp, yıkanmış ve 60°C' de sıcak hava akımlı kabin tipi kurutucuda (Yücebaş Makine Analitik Cihazlar Endüstrisi; Y35, İzmir, Türkiye) kurutulmuştur. Elma suyu konsantresi Aroma Bursa Meyve Suları ve Gıda San. A.Ş.' den temin edilmiştir.

İçecek Üretimi

Kızılcıklar yıkanmış, çekirdek ve kabukları kevgirden geçirilerek uzaklaştırılmış ve blender kullanılarak homojenize edilmiştir. Her bitki çayı (10 g), 95°C'deki 1 L su içinde 5 dakika süreyle infüzyona tabi tutulmuştur. Kızılcık nektarı üretiminde, 300 g kızılcık pulpu, 250 g elma suyu konsantresi ve oda sıcaklığına getirilen 1 L bitki çayı kullanılmıştır. Kontrol örneğinin hazırlanmasında ise bitki infüzyonları yerine aynı hacimde içme suyu kullanılmıştır. Karışım blender yardımıyla homojen hale getirilip, 200 mL'lik vidalı kapaklı cam şişelere doldurulup, 98°C'de 15 dakika pastörize edilmiş ve oda sıcaklığına soğutulmuştur.

Fizikokimyasal Analizler

İçeceğin pH değerleri, pH metre (Sartorius, Germany) ile ölçülmüştür. Toplam asitlik analizi titrimetrik yöntemle gerçekleştirilmiş ve hesaplama sitrik asit cinsinden yapılmıştır. Suda çözünür kuru madde analizi refraktometre (RA-500 KEM) ile, renk analizi (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) ise CR-5 Konica Minolta Chroma Meter (Osaka, Japan) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. L^* değeri parlaklık/matlık ($L^*=1$ beyaz için, $L^*=0$ siyah için), a^* değeri yeşillik/kırmızılık ($a^*>0$ kırmızı için, $a^*<0$ yeşil için), b^* değeri mavilik/sarılık ($b^*>0$ sarı için, $b^*<0$ mavi için); C^* (Chroma) değeri ve h° (hue açısı) değeri sırasıyla renk yoğunluğu ve 0° ile 360° arasındaki renk açısını ifade etmek için kullanılmaktadır.

Toplam Fenolik Madde Analizi

Toplam fenolik madde miktarı analizinde Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır. Antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarı analizi Shimadzu (UV 1208) model spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar "mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kurumadde (KM)" cinsinden hesaplanmıştır (Velioğlu ve ark., 1998).

Antioksidan Kapasite Analizi

İçeceklerin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde DPPH, CUPRAC ve FRAP metotları kullanılmıştır. DPPH metodunda, 2 mL DPPH solüsyonuna 100 μ L örnek eklenmiş ve vorteks (Vortex Mixer Classic, Velp Scientifica, Usmate, Italy) kullanılarak karıştırılmıştır. Test tüpleri 30 dakika süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 517 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar kalibrasyon eğrisine göre " μ mol troluks eşdeğeri (TE)/g KM" cinsinden hesaplanmıştır ($R^2= 0,9972$) (Kumaran ve Karunakaran, 2006). CUPRAC metodunda, 100 μ L örnek, 3 mL CUPRAC reaktifine 1 mL saf su

karıştırılmıştır. CUPRAC solüsyonu CuCl_2 , neokuproin ve $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ kullanılarak hazırlanmıştır. Bu kimyasallar eşit miktarlarda birleştirilmiştir. Test tüpleri 30 dakika inkübasyona bırakıldıktan sonra spektrofotometrede 450 nm’de absorbans değerleri belirlenmiştir ($R^2=0,9981$). Sonuçlar “ μmol troloks eşdeğeri (TE)/g KM” cinsinden hesaplanmıştır (Apak ve ark., 2004). FRAP metodunda, 100 μL örnek ve 900 μL FRAP solüsyonu test tüpleri içerisinde karıştırılmıştır. Test tüpleri 4 dakika süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Absorbanslar 593 nm’de ölçülmüştür. Sonuçlar “ μmol troloks eşdeğeri (TE)/g KM” cinsinden hesaplanmıştır ($R^2=0,9992$) (Benzie ve Strain, 1996).

Toplam Monomerik Antosiyanin Analizi

Toplam monomerik antosiyanin miktarı pH diferansiyel metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 0.1 mL örnek ve 0,025 M (pH 1) potasyum klorit bir test tüpü içerisinde karıştırılmıştır. Bir başka test tüpünde 0.1 mL örnek ve 4,5 M sodyum asetat (pH 4,5) karıştırılmıştır. Absorbanslar 512 nm’de ve 700 nm’de belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır;

$$\text{Toplam Monomerik Antosiyanin (mg/kg)} = \frac{A \cdot \text{MW} \cdot \text{DF}}{(1000/\epsilon \cdot L)}$$

Burada;

$$A = (A_{\lambda_{512}} - \lambda_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{\lambda_{512}} - \lambda_{700})_{\text{pH } 4,5}$$

MW = Örnek içerisinde baskın bulunan antosiyaninin moleküler ağırlığı (siyanidin-3-galaktozit için: 445)

DF = Dilüsyon faktörü

ϵ = Absorbans katsayısı (siyanidin-3-galaktozit için: 30.200)

L = Spektrofotometre kuvvetlerinin tabaka kalınlığı (cm) (Lee ve ark., 2005).

In vitro Biyoerişilebilirlik

Gıdalarda *in vitro* biyoerişilebilirlik analizi, gastrointestinal sistemin bir simülasyonunu hazırlama prosedürüne dayanmaktadır. Ağız sindirimi simülasyonu için, içecek örnekleri tükürük sıvısı (farklı konsantrasyon ve hacimlerde potasyum klorit, mono potasyum fosfat, sodyum bikarbonat, magnezyum klorit heksahidrat, amonyum karbonat ve hidroklorik asit karışımı; pH: 7), α -amilaz, CaCl_2 ve saf suyla karıştırılmıştır. Elde edilen materyal çalkalayıcı subanyosunda 37°C’de 2 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra mide simülasyonu için ağız fazı mide sıvısı (farklı konsantrasyon ve hacimlerde potasyum klorit, mono potasyum fosfat, sodyum bikarbonat, magnezyum klorit heksahidrat, amonyum karbonat ve hidroklorik asit karışımı; pH: 3), pepsin ve CaCl_2 ile karıştırılmıştır. Mide fazı pH’ının 3’e ayarlanması için 1 mol/L HCl kullanılmıştır. Mide fazı, çalkalayıcı su banyosunda 37°C’de 2 saat boyunca inkübe edilmiştir. Daha sonra, mide fazı 37°C’de 3500 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiş ve hesaplanan miktarda filtre edilerek ayrılmıştır. Kalan mide fazı, bağırsak sıvısı (farklı konsantrasyon ve hacimlerde potasyum klorit, mono potasyum fosfat, sodyum bikarbonat, magnezyum klorit heksahidrat ve hidroklorik asit karışımı; pH: 7), pankreatin, safra tuzu ve CaCl_2 ile karıştırılmıştır. Bağırsak fazının pH’sı 7’ye 1 mol/L sodyum hidroksit ile ayarlanmış ve çalkalayıcı su banyosunda 37°C’de 2 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda bağırsak fazı 37°C’de 3500 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiş, filtre edilerek analiz için saklanmıştır (Minekus ve ark., 2014). Analiz için saklanan numunelerde antioksidan kapasite [DPPH, FRAP, CUPRAC], toplam fenolik, toplam monomerik antosiyanin analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. pH, Briks ve Toplam Asitlik Analizleri Sonuçları

Table 1. Results of pH, Brix and Total Acidity Analysis

| Örnek | pH | Briks (g/100 g) | Toplam Asitlik (% Sitrik Asit) |
|---------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Kontrol | 3,34±0,01 ^b | 15,30±0,00 ^d | 1,02±0,00 ^c |
| K1 | 3,28±0,02 ^c | 15,50±0,00 ^b | 1,34±0,09 ^{ab} |
| K2 | 3,33±0,01 ^b | 15,43±0,05 ^c | 1,21±0,09 ^{bc} |
| K3 | 3,35±0,01 ^b | 15,80±0,00 ^a | 1,53±0,18 ^a |
| K4 | 3,35±0,01 ^b | 15,80±0,00 ^a | 1,40±0,18 ^{ab} |
| K5 | 3,39±0,01 ^a | 15,80±0,00 ^a | 1,15±0,00 ^{bc} |

K1: adaçayı, K2: enginar kabuğu, K3: ihlamur, K4: papatya, K5: yeşil çay infüzyonları içeren kızılılık nektarlarını simgelemektedir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır. ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$).

Çizelge 2. İçecek Örneklerinin Sindirim Öncesi ve *in vitro* Mide ve Bağırsak Sindirimi Sonrası Toplam Fenolik Madde Miktarları

Table 2. Total Phenolic Content of Beverage Samples Before digestion, After *in vitro* Gastric and *in vitro* Intestinal Digestion

| Örnek | Sindirim öncesi toplam fenolik madde miktarı (mg GAE /100 g) | <i>In vitro</i> Mide sindirimi sonrası toplam fenolik madde miktarı (mg GAE /100 g) | <i>In vitro</i> Bağırsak sindirimi sonrası toplam fenolik madde miktarı (mg GAE /100 g) |
|---------|--|---|---|
| Kontrol | 655,35±24,17 ^{cA} | 478,13±6,94 ^{cB} | 663,44±4,23 ^{cA} |
| K1 | 851,13±18,82 ^{bB} | 527,91±16,94 ^{bC} | 954,52±6,15 ^{bA} |
| K2 | 668,09±17,99 ^{cA} | 357,99±2,84 ^{eB} | 622,02±6,81 ^{cA} |
| K3 | 823,75±9,85 ^{bA} | 284,08±12,44 ^{fC} | 414,20±1,58 ^{dB} |
| K4 | 864,05±27,22 ^{bB} | 556,71±5,31 ^{aC} | 1228,98±11,52 ^{aA} |
| K5 | 1165,09±30,69 ^{aA} | 452,82±21,11 ^{dC} | 1054,28±27,30 ^{bB} |

K1: adaçayı, K2: enginar kabuğu, K3: ihlamur, K4: papatya, K5: yeşil çay infüzyonları içeren kızılılık nektarlarını simgelemektedir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$). Aynı satırda farklı büyük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır. ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$).

Çizelge 3. İçecek Örneklerinin Sindirim öncesi ve *in vitro* Mide ve Bağırsak Sindirimi Sonrası Antioksidan Kapasite (FRAP) SonuçlarıTable 3. Antioxidant Capacity (FRAP) Results of Beverage Samples Before Digestion and After *in vitro* Gastric and *in vitro* Intestinal Digestion

| Örnek | Sindirim öncesi antioksidan kapasite (FRAP) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) | <i>In vitro</i> Mide sindirimi sonrası antioksidan kapasite (FRAP) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) | <i>In vitro</i> Bağırsak sindirimi sonrası antioksidan kapasite (FRAP) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) |
|---------|---|--|--|
| Kontrol | 157,97 \pm 25,35 ^{bA} | 25,97 \pm 0,78 ^{aB} | 51,55 \pm 3,11 ^{bB} |
| K1 | 208,36 \pm 21,09 ^{bA} | 26,79 \pm 2,18 ^{aC} | 69,51 \pm 3,49 ^{aB} |
| K2 | 167,22 \pm 31,14 ^{bA} | 26,80 \pm 0,39 ^{aB} | 29,24 \pm 6,65 ^{dB} |
| K3 | 168,07 \pm 25,74 ^{bA} | 20,88 \pm 2,94 ^{bB} | 37,91 \pm 7,65 ^{cdB} |
| K4 | 171,47 \pm 56,90 ^{bA} | 24,43 \pm 0,83 ^{aB} | 34,24 \pm 4,27 ^{cdB} |
| K5 | 276,82 \pm 22,81 ^{aA} | 26,11 \pm 0,60 ^{aB} | 41,39 \pm 6,38 ^{cB} |

K1: adaçayı, K2: enginar kabuğu, K3: ihlamur, K4: papatya, K5: yeşil çay infüzyonları içeren kıvılcık nektarlarını simgelemektedir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$). Aynı satırda farklı büyük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$).

Çizelge 4. İçecek Örneklerinin Sindirim Öncesi ve *in vitro* Mide ve Bağırsak Sindirimi Sonrası Antioksidan Kapasite (CUPRAC) SonuçlarıTable 4. Antioxidant Capacity (CUPRAC) Results of Beverage Samples Before Digestion and After *in vitro* Gastric and *in vitro* Intestinal Digestion

| Örnek | Sindirim öncesi antioksidan kapasite (CUPRAC) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) | <i>In vitro</i> Mide sindirimi sonrası antioksidan kapasite (CUPRAC) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) | <i>In vitro</i> Bağırsak sindirimi sonrası antioksidan kapasite (CUPRAC) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) |
|---------|---|--|--|
| Kontrol | 56,61 \pm 16,42 ^{bC} | 111,15 \pm 5,84 ^{aA} | 79,38 \pm 0,25 ^{dB} |
| K1 | 93,93 \pm 6,67 ^{aB} | 225,12 \pm 1,25 ^{aA} | 91,88 \pm 2,27 ^{bB} |
| K2 | 80,56 \pm 13,45 ^{aC} | 117,65 \pm 22,64 ^{aA} | 98,77 \pm 3,51 ^{aAB} |
| K3 | 88,50 \pm 18,97 ^{aB} | 127,06 \pm 12,47 ^{aA} | 62,23 \pm 0,39 ^{IC} |
| K4 | 90,97 \pm 8,83 ^{aB} | 198,91 \pm 17,61 ^{bA} | 85,55 \pm 4,62 ^{cB} |
| K5 | 103,39 \pm 2,36 ^{aB} | 195,28 \pm 14,95 ^{bA} | 72,56 \pm 0,60 ^{cC} |

K1: adaçayı, K2: enginar kabuğu, K3: ihlamur, K4: papatya, K5: yeşil çay infüzyonları içeren kıvılcık nektarlarını simgelemektedir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$). Aynı satırda farklı büyük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$).

Çizelge 5. İçecek Örneklerinin Sindirim Öncesi ve *in vitro* Mide ve Bağırsak Sindirimi Sonrası Antioksidan Kapasite (DPPH) SonuçlarıTable 5. Antioxidant Capacity (DPPH) Results of Beverage Samples Before Digestion and After *in vitro* Gastric and *in vitro* Intestinal Digestion

| Örnek | Sindirim öncesi antioksidan kapasite (DPPH) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) | <i>In vitro</i> Mide sindirimi sonrası antioksidan kapasite (DPPH) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) | <i>In vitro</i> Bağırsak sindirimi sonrası antioksidan kapasite (DPPH) ($\mu\text{mol TE/g KM}$) |
|---------|---|--|--|
| Kontrol | 361,09 \pm 11,15 ^{aA} | 8,29 \pm 1,13 ^{dC} | 50,45 \pm 5,42 ^{bB} |
| K1 | 129,00 \pm 11,85 ^{dB} | 24,11 \pm 0,98 ^{aC} | 158,96 \pm 9,66 ^{aA} |
| K2 | 365,42 \pm 2,62 ^{aA} | 6,05 \pm 0,32 ^{eC} | 48,74 \pm 1,09 ^{bB} |
| K3 | 261,37 \pm 39,60 ^{aA} | 8,48 \pm 1,03 ^{dC} | 62,70 \pm 4,74 ^{bB} |
| K4 | 318,35 \pm 23,99 ^{bA} | 11,61 \pm 0,98 ^{cC} | 56,37 \pm 5,23 ^{bB} |
| K5 | 139,89 \pm 5,09 ^{dA} | 16,21 \pm 0,25 ^{bC} | 56,94 \pm 19,17 ^{bB} |

K1: adaçayı, K2: enginar kabuğu, K3: ihlamur, K4: papatya, K5: yeşil çay infüzyonları içeren kıvılcık nektarlarını simgelemektedir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$). Aynı satırda farklı büyük harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($P<0,05$) ($n = 3 \pm \text{SD}$).

İstatistiksel Analiz

Tüm sonuçların istatistiksel analizleri SPSS 15.0 (SPSS Inc., USA) programında ANOVA uygulamasıyla %5 önemlilik seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıkların ($P\leq 0,05$) belirlenmesi için Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

İçecek örneklerinin pH, briks ve sitrik asit cinsinden % toplam asitlik değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Örneklerin pH değerleri 3,28-3,39 arasında ölçülmüştür. Didin ve ark. (2000), Malatya'da yetiştirilen 5 farklı

kıvılcık tipi kullanılarak üretilen nektarların pH değerlerinin 2,78-2,91 arasında değiştiğini bildirmiş olup Çopur ve ark. (1998), meyve suyuna uygunluğunu araştırdıkları çalışmada Bursa'dan temin edilen kıvılcık meyvelerinin pH değerinin 3,31 olduğunu saptamışlardır. Çalışmada ölçülen pH değerleri literatür ile uyum sağlamıştır. İçeceklerde ölçülen briks değerleri 15,30-15,80 g/100 g arasında değişmiştir. Çopur ve ark. (1998), kıvılcık sularının briks değerlerini 15,5-16,0 g/100 g arasında belirlemiştir. Toplam asitlik (%sitrik asit cinsinden) değerleri %1,02-1,53 arasındadır. En düşük toplam asitlik değeri (%1,02) kontrol örneğinde

bulunmuştur. Bitki infüzyonu ilave edilerek hazırlanan örneklerde, kontrol örneğine göre toplam asitlik değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Çopur ve ark. (1998), kızılıcak sularının toplam asit değerlerinin 1,17-1,21 g/100g arasında değiştiğini rapor etmiştir.

İçecek örneklerinin sindirim öncesi, *in vitro* mide ve bağırsak sindirimi sonrası toplam fenolik madde miktarı sonuçları Çizelge 2' de verilmiştir.

Sindirim öncesinde örneklerin toplam fenolik madde miktarı 655,35±24,17–1165,09±30,69 mg GAE/100 g KM arasında bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik madde miktarı yeşil çay içeren örnekte elde edilirken; en düşük sonuç kontrol ve enginar kabuğu infüzyonu içeren örneklerde bulunmuştur. Enginar kabuğu infüzyonu içeren içecek dışındaki diğer örneklerde toplam fenolik madde miktarında kontrole göre %25,7 ile %77,8 arasında artış gözlenmiş olup, ıhlamur, papatya ve adaçayı infüzyonu içeren örnekler arasında istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Atoui ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada çay ve bitkisel infüzyonların antioksidan aktivitelerini ve fenolik madde profillerini incelemiştir. Çin yeşil çayının toplam fenolik madde miktarının (1216 mg GAE/100 g), ıhlamur (184 mg GAE/100 g), adaçayı (124 mg GAE/100 g) ve papatya infüzyonu içeren örnekten (106 mg GAE/100 g) daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Atoui ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada bizim çalışmamıza benzer olarak adaçayı ve papatya infüzyonlarının toplam fenolik madde miktarları arasında istatistiksel olarak bir farklılık saptamamışlardır ($P>0,05$). Karadağ (2019), demlenmiş adaçayı ve demlenmiş ıhlamur çayında toplam fenolik madde miktarını sırasıyla 21,13±2,20 mg GAE/g ve 20,42±0,65 mg GAE/g olarak tespit etmiş olup aralarında istatistiksel bir fark belirlememiştir ($P>0,05$). Cosmulescu ve ark. (2019), Romanya'dan temin edilen 6 farklı kızılıcak çeşidinin pulplarının toplam fenolik madde miktarlarının 163,69 ile 359,28 mg GAE/100 g arasında değiştiğini bildirmiştir. Cosmulescu ve ark. (2019)' larının belirlediği toplam fenolik madde miktarının yaptığımız çalışmadan farklı olmasının; meyvenin yetiştiği coğrafyanın değişik olmasından veya genotipik özelliklerinin sekonder metabolit üretiminde farklılık oluşturabileceğinden ileri geldiği düşünülmektedir. Bununla birlikte, bitki çayı infüzyonları ile kızılıcak pulpunun birleşiminin oluşturduğu matriksin içecekteki fenolik bileşik miktarını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

In vitro mide sindirimi sonrasında, örneklerin tümünde toplam fenolik madde miktarında azalma meydana gelmiştir. İçeceklerin *in vitro* mide sindirimi sonrasında içerdiği toplam fenolik madde miktarı 284,08±12,44-556,71±5,31 mg GAE/100 g arasında bulunmuştur. *In vitro* mide sindirimi sonrasında en yüksek toplam fenolik madde miktarı papatya infüzyonu içeren örnekte belirlenirken; en düşük toplam fenolik madde ıhlamur infüzyonu içeren örnekte bulunmuştur. Vişne nektarı ile yapılan bir çalışmada içeceklerin *in vitro* mide sindirimi sonrası toplam fenolik madde miktarında azalış meydana gelmiştir. *In vitro* bağırsak sindiriminde ise toplam fenolik madde miktarında yeniden bir azalış gözlenmiştir (Toydemir, 2013). Karadut suyunda gerçekleştirilen biyoerişilebilirlik analizinde, *in vitro* mide sindiriminde ve *in vitro* bağırsak sindiriminde, sindirim öncesine göre toplam fenolik madde miktarında azalış tespit edilmiş, geri

kazanım oranı %24 olarak ifade edilmiştir (Tomas ve ark., 2015). Sindirim öncesine göre *in vitro* mide sindirimi sonrasında toplam fenolik madde miktarında meydana gelen azalma literatür sonuçları ile uyumlu bulunmuştur.

Örneklerde *in vitro* bağırsak sindirimi sonrasında en yüksek toplam fenolik madde miktarı (1228,98±11,52 mg GAE/100g) papatya infüzyonu içeren örnekte bulunurken; en düşük (414,20±1,58 mg GAE/100g) ıhlamur infüzyonu içeren örnekte belirlenmiştir (Çizelge 2). *In vitro* bağırsak sindirimine uğratılmış örnekler ile sindirilmeyen örnekler karşılaştırıldığında toplam fenolik madde miktarı değerleri adaçayı, papatya infüzyonu içeren örneklerde artış gösterirken; ıhlamur ve yeşil çay infüzyonu içeren örneklerde azalmıştır. Kontrol ve enginar kabuğu infüzyonu içeren örneklerde istatistiki açıdan fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Vişne nektarında gerçekleştirilen biyoerişilebilirlik analizinde, *in vitro* bağırsak sindirimi sonrası örneklerde sindirim öncesi örneklere göre toplam fenolik madde miktarında bir azalış gözlenmiştir (Toydemir, 2013). Biyoaktif bir bileşimin biyoerişilebilirliği, ilgili bileşimin kararlılığı ve çözünürlüğü iyileştirildiği durumlarda artmaktadır. Bu durum, ortamdaki fitokimyasalların etkileşimleri ile de gerçekleşebilmektedir.

Örneğin; ortamda proantosiyandinlerin bulunması halinde quersetin biyoerişilebilirliği artış göstermektedir (Phan ve ark., 2017). Çalışmada, adaçayı ve papatya infüzyonu içeren örneklerde, bağırsak sindirimi sonrasında sindirilmemiş hallerine kıyasla toplam fenolik madde miktarında artış tespit edilmiştir. Adaçayı, bir proantosiyandin olan kateşin içermektedir. Bununla beraber, yapısında quersetin de tespit edilmiştir (Poulios ve ark., 2020). Bağırsak sindirimi sonrası meydana gelen toplam fenolik madde miktarındaki artış bu şekilde açıklanabilmektedir.

İçecek örneklerinin sindirim öncesi, *in vitro* mide ve bağırsak sindirimi sonrası antioksidan kapasite sonuçları FRAP, CUPRAC ve DPPH yöntemleri için sırasıyla, Çizelge 3, 4 ve 5' te verilmiştir.

FRAP (276,82 ±22,81 µmol TE/g KM) ve CUPRAC (103,39±2,36 µmol TE/g KM) metotları ile analiz edilen örneklerde sindirim öncesinde en yüksek antioksidan kapasite yeşil çay infüzyonu içeren örnekte tespit edilirken; her iki yöntemde de en düşük antioksidan kapasite kontrol içeceğinde belirlenmiştir. Çelik ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, yeşil çayın antioksidan kapasitesini CUPRAC metodu ile 1240 µmol TE/g KM olarak belirlemiştir. Tamer ve ark. (2017), ıhlamur ve yeşil çay ile zenginleştirilmiş limonata içeceklerinde FRAP yöntemiyle belirlenen antioksidan kapasitenin 26,79±0,23–19,65±0,41 µmol TE/mL arasında değiştiğini belirtmiştir. Suna ve ark. (2007), ıhlamur içeceğinde FRAP ve CUPRAC yöntemleriyle ölçülen antioksidan kapasiteyi sırasıyla 25,49±2,61 ve 46,28±2,73 µmol TE/mL olarak bildirmiştir.

Sindirim öncesi DPPH metodu ile analiz edilen örneklerde en yüksek antioksidan kapasite 365,42±2,62 µmol TE/g KM olarak enginar kabuğu infüzyonu içeren örnekte bulunurken; en düşük sonuç 129,00±11,85 µmol TE/g KM olarak adaçayı infüzyonu içeren örnekte belirlenmiştir. Biel ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada enginar kabuğu ekstraktı örneklerinin antioksidan kapasitesini DPPH metodu ile 261.9 µmol TE/g KM olarak bildirmiştir. Suna ve ark. (2007), ise ıhlamur içeceğinde DPPH yöntemiyle belirledikleri antioksidan aktivite

sonucunu $26,90 \pm 0,47$ $\mu\text{mol TE/mL}$ olarak rapor etmiştir. Elde edilen literatür bulguları, bu çalışmada farklı bitki infüzyonu eklemenin ieeğinin antioksidan kapasitesini artırması veya azaltması yönündeki elde edilen sonuçları desteklemektedir. Farklı kızılıık türlerinin incelendiği bir çalışmada, meyvelerin DPPH değerleri $10,85 \pm 0,26$ – $20,72 \pm 0,22$ $\mu\text{mol TE/g KM}$ arasında, FRAP değerleri ise $21,17 \pm 1,97$ – $41,08 \pm 1,71$ $\mu\text{mol TE/g KM}$ arasında tespit edilmiştir (Kazimierski ve ark., 2018). Çalışmada elde edilen antioksidan kapasite sonuçları, bitki ayının demleme koşulları, kullanılan bitki türü, kızılıık cinsi, kullanılan bitkilerin ve kızılıığın hasat zamanı ve hasat edildiği konum (Sevindik ve ark., 2017) gibi etmenlere bağlı olarak literatür verileriyle farklılık gösterebilmektedir.

In vitro mide sindirimi sonrasında FRAP ve DPPH metotları ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri sindirim öncesi sonuçlarla (izelge 3, izelge 5) kıyaslandığında azalma saptanırken; CUPRAC metodu ile belirlenen antioksidan kapasite değerlerinin *in vitro* mide sindirimi sonrasında, sindirim öncesi değerlere göre arttığı gözlenmiştir (izelge 4).

Karadut suyunda gerçekleştirilen bir çalışmada, *in vitro* mide sindirimi sonrası sindirim öncesine göre DPPH metodunda toplam antioksidan kapasite artmış olsa da CUPRAC ve FRAP metotlarında mide sindirimi sonrası toplam antioksidan kapasitede azalış tespit edilmiştir. *In vitro* bağırsak sindirimi sonrası FRAP ve CUPRAC yöntemlerinde, mide fazına göre toplam antioksidan kapasitede artış görölmüştür (Tomas ve ark., 2015). Bir başka çalışmada, siyah havuçtan elde edilen reel ve marmelatlarda *in vitro* mide sindirimi sonrası FRAP ve DPPH değerlerinde %48,9–85,4 oranında bir azalış saptanmıştır (Kamiloğlu ve ark., 2015). Bu sonuç literatür bulguları ile uyumludur.

Kontrol ieeği ile karşılaştırıldığında, ihlamur infüzyonu içeren içeceklerin *in vitro* mide sindirimi sonrasında FRAP metodu ile belirlenen antioksidan kapasite değerlerinin, enginar infüzyonu içeren ieeğinin ise DPPH metodu ile belirlenen antioksidan kapasite değerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, adaçayı, papatyaya ve yeşil çay infüzyonu içeren içeceklerinin *in vitro* mide sindirimi sonrasında CUPRAC metodu ile ölçölen antioksidan kapasite değerleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, daha yüksek bulunmuştur.

Bağırsak sindirimi sonrasında FRAP ve DPPH metodu ile analiz edilen örneklerde en yüksek antioksidan kapasite sırasıyla $69,51 \pm 3,49$ $\mu\text{mol TE/g KM}$ ve $158,96 \pm 9,66$ μmol

TE/g KM olarak adaçayı infüzyonu içeren örnekte bulunmuştur. Bağırsak sindirimi sonrasında FRAP ve DPPH metodu ile analiz edilen örneklerde antioksidan kapasite değerlerinde sindirim öncesine göre %67,36–86,66 arasında azalma gözlenmiştir. Ancak, CUPRAC metodu ile analiz edilen örneklerden enginar kabuğu infüzyonu içeren örnek ve kontrol örneğinde sindirim öncesine kıyasla, bağırsak sindirimi sonrasında antioksidan kapasite değerlerinde sırasıyla %22,60 ve %40,22 oranında artış gözlenmiştir.

Sindirim sonrasında polifenollerin parçalanmasıyla yeni fenolik bileşikler oluşmaktadır. Ayrıca bazı fenolik bileşikler ise serbest kalarak sindirim sonrasındaki toplam fenolik bileşik miktarına katkıda bulunmaktadır. Sindirim sonrasında oluşan yeni fenolik bileşiklerin ve serbest kalan fenolik bileşiklerin antioksidan kapasiteleri, sindirim öncesinde bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan kapasiteleri kadar yüksek olmayabilir. Bu durumun da toplam fenolik miktarı artmasına rağmen antioksidan aktivitenin değişmemesinin ya da azalmasının sebebi olabileceği bildirilmiştir (Bağdatlıoğlu ve Kaşıkçı, 2018).

Çizelge 6' da içeceklerin sindirim öncesi, *in vitro* mide ve bağırsak sindirimi sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarları verilmiştir.

Örneklerin sindirim öncesi toplam monomerik antosiyanin miktarları $4,13 \pm 1,69$ – $6,33 \pm 0,67$ mg/kg arasında bulunmuştur. Sindirim öncesi en yüksek toplam monomerik antosiyanin miktarı enginar kabuğu infüzyonu içeren örnekte belirlenirken, en düşük sonucu yeşil çay infüzyonu içeren örnek vermiştir (izelge 6). David ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada, kızılıık meyvesi ekstraktının toplam monomerik antosiyanin miktarını pH diferansiyel metodu ile belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, meyve ekstraktında siyanidin-3-galaktozit miktarı $128,45 \pm 5,14$ mg/L olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada, kızılııkta toplam monomerik antosiyanin miktarı $134,71 \pm 7,10$ mg/100 g olarak saptanmıştır (Biaggi ve ark. 2018). Literatürde kızılıık meyvesindeki antosiyanin miktarı elde ettiğimiz içeceklerden yaklaşık olarak 21 kat fazla bulunmuştur. Çalışmamızda %30 oranında kızılıık meyvesi içeren ieeğinin üretimi ve pastörizasyonu sırasında içerdiği antosiyaninlerde kayıp meydana geldiği anlaşılmaktadır. Bu durum, antosiyaninlerin stabilitesinin ısış işlem, depolama sıcaklığı, pH ve ışık gibi çeşitli faktörlerden etkilenmesi ile açıklanabilir. (Cavalcanti ve ark., 2011). Shao-qian ve ark. (2011) ısış işlem sıcaklığı ve süresinin artmasıyla antosiyanin degradasyonunun arttığını bildirmiştir.

Çizelge 6. İçeceklerin Sindirim Öncesi, *in vitro* Mide ve Bağırsak Sindirimi Sonrası Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarları

Table 6. Total Monomeric Anthocyanin of Beverages Before Digestion and After *in vitro* Gastric and *in vitro* Intestinal Digestion

| Örnek | Sindirim öncesi Toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/kg) | <i>In vitro</i> mide ve sindirimi sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/kg) | <i>In vitro</i> bağırsak sindirimi sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarı (mg/kg) |
|---------|--|--|---|
| Kontrol | $4,86 \pm 0,25^{abcB}$ | $8,76 \pm 0,66^{bB}$ | $49,41 \pm 1,05^{aA}$ |
| K1 | $4,32 \pm 0,30^{bcB}$ | $4,49 \pm 0,22^{cB}$ | $50,00 \pm 4,17^{aA}$ |
| K2 | $6,33 \pm 0,67^{aA}$ | $3,53 \pm 0,14^{dA}$ | $51,62 \pm 6,34^{aA}$ |
| K3 | $5,99 \pm 0,88^{abB}$ | $2,28 \pm 0,36^{cB}$ | $50,88 \pm 3,54^{aA}$ |
| K4 | $4,91 \pm 0,55^{abcB}$ | $4,86 \pm 0,29^{cB}$ | $35,31 \pm 2,08^{aA}$ |
| K5 | $4,13 \pm 1,69^{cB}$ | $12,74 \pm 0,36^{aB}$ | $29,12 \pm 7,95^{aA}$ |

K1: adaçayı, K2: enginar kabuğu, K3: ihlamur, K4: papatyaya K5: yeşil çay infüzyonları içeren kızılıık nektarlarını simgelemektedir. Aynı sütunda farklı küçük harflerle ifade edilen değerler önemli ölçüde farklıdır ($P < 0,05$) ($n = 3 \pm SD$). Aynı satırda farklı büyük harflerle ifade edilen değerler önemli ölçüde farklıdır ($P < 0,05$) ($n = 3 \pm SD$).

In vitro mide sindirimi sonrası içeceklerin toplam monomerik antosiyanin miktarı sindirilmemiş örnekler ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir ($P>0,05$). Mide sindirimi sonrasının simüle edildiği içecek örneklerinde toplam monomerik antosiyanin miktarı $2,28\pm0,36$ mg/kg ile $12,74\pm0,36$ mg/kg arasında bulunmuştur. David ve ark. (2019), kızılçık meyvesi ekstraktının mide sindirimi sonrası içerdiği siyanidin-3-galaktozid miktarını $137,52\pm6,05$ mg/L olarak tespit etmiştir. Bu farklılık, çalışmada kullanılan kızılçık meyvesinin türünden, hasat zamanından veya proses koşullarından kaynaklanabilmektedir.

In vitro bağırsak sindirimi sonrasında örneklerde toplam monomerik antosiyanin miktarı $29,12\pm7,95$ ile $51,62\pm634$ mg/kg arasında bulunmuştur (Çizelge 6). En yüksek toplam monomerik antosiyanin miktarı enginar kabuğu infüzyonu içeren örnekte bulunurken, en düşük sonuç yeşil çay infüzyonu içeren örnekte tespit edilmiştir. *In vitro* bağırsak sindirimi sonrasında içeceklerin hepsinde sindirim öncesine göre toplam monomerik antosiyanin miktarı değerlerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca *in vitro* mide sindirimi sonuçları ile karşılaştırıldığında, *in vitro* bağırsak sindirimi sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarlarının arttığı görülmüştür. Literatürde daha önce yapılan bir çalışmada siyah havuç püresine yüksek hidrastatik basınç uygulanmasının antosiyanin biyoerişilebilirliği üzerine etkisi araştırılmış ve bağırsak sindirimi sonrasında benzer artışlar görülmüştür (Carrillo ve ark., 2017). Bu durum, bitki hücre duvarının sindirim için bir bariyer görevi görmesi ve matriks yapısının parçalanması ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca toplam monomerik antosiyanin biyoerişilebilirliğindeki bu artış gıda maddesinin sindirim sıvıları ile olan ilave temas süresi sonucunda, biyoaktif bileşenlerin ortamda bulunan sıvılar ve enzimler (lipaz ve pankreatin) ile parçalanarak açığa çıkması ve bu koşullar altında antosiyaninlerin daha stabil olması ile açıklanabilir (Bouayed ve ark., 2011). Öte yandan literatürde sindirim sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarının azaldığını tespit eden çalışmalar da mevcuttur. Yapılan bir çalışmada, kızılçık meyvesi ekstraktında *in vitro* bağırsak sindirimi sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarı $29,9\pm1,03$ mg/L olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada, mide sindirimi sonrası analiz edilen örnekler göre bağırsak sindirimi sonrası analiz edilen örneklerde antosiyanin miktarı azalmıştır (David ve ark., 2019). Toydemir (2013), vişne nektarında *in vitro* mide sindirimi sonrası toplam monomerik antosiyanin miktarının azaldığını, *in vitro* bağırsak sindiriminde ise azalışın devam ettiğini bildirmiştir. Tomas ve ark. (2015), karadut suyunda başlangıç toplam monomerik antosiyanin miktarını $76,00 \pm 3,00$ mg/100 g, *in vitro* mide sindirimi sonrası $7,00\pm1,00$ mg/100 g, *in vitro* bağırsak sindirimi sonrası ise $4,00\pm2,00$ mg/100 g olarak belirlemişlerdir. İçekte antosiyanin geri kazanım oranı %5 olarak tespit edilmiştir. Kamiloğlu ve ark. (2015), siyah havuç reçel ve marmelatı üzerine yaptıkları çalışmada, tüm örneklerde mide sindirimi sonrası antosiyanin miktarında %20,4-6,0 arasında bir düşüş belirlemişlerdir.

Sonuç

Bu çalışmada kızılçığın çeşitli bitki çayları kullanılarak fonksiyonel özelliklerinin artırılması yoluyla alternatif bir içeceğe dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bitki çayı ilavesinin örneklerin daha güçlü

bir antioksidan özellik sergilemesine sebep olduğunu, toplam fenolik madde miktarını arttırdığını ve bitki çaylarının kızılçık pulpunun fonksiyonel özelliğini arttırdığını göstermiştir. İlaveten, *in vitro* gastrointestinal sindirim sonrasında kontrol örnekleri ile birlikte papatya ve adaçayı içeren kızılçık içeceklerinin sindirilmemiş örneklerle kıyasla daha fazla biyoerişilebilir toplam fenolik maddeye sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca içeceklerde toplam antioksidan kapasite biyoerişilebilirliği genellikle sindirim sonrasında azalma göstermiş olsa da adaçayı ve enginar kabuğu içeren içeceklerin daha fazla biyoerişilebilir antioksidan kapasite gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, sindirim sonrasında tüm içeceklerin toplam monomerik antosiyanin biyoerişilebilirliği artış göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma kızılçık pulpunun içecek olarak değerlendirilebileceğini ve farklı bitki çaylarının bu içeceğin fonksiyonel özelliklerini arttırdığını göstermiştir. Buruk tadı sebebiyle gıda sanayinde kısıtlı olarak değerlendirilebilen bir meyve olan kızılçığın, bitki çayları ilavesiyle nektara işlenmesiyle, kullanım potansiyelinin genişleyebileceği öngörülmektedir.

Kaynaklar

- Al-Dabbagh B, Elhaty IA, Elhaw M, Murali C, Al Mansoori A, Awad B, Amin A. 2019. Antioxidant and anticancer activities of chamomile (*Matricaria recutita* L.). BMC Res Notes, 12:3. doi: <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3960-y>
- Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Karademir SE. 2004. Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC Method, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(26): 7970-7981. doi: 10.1021/jf048741x
- Atoui K, Mansouri A, Boskou G, Kefalas P. 2005. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. Food Chemistry, 89: 27-36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.075>
- Avio L, Maggini R, Ujvári G, Incrocci L, Giovannetti M, Turrin A. 2020. Phenolics content and antioxidant activity in the leaves of two artichoke cultivars are differentially affected by six mycorrhizal symbionts. Scientia Horticulturae, 64: 109-153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109153>
- Bağdatlıoğlu N, Kaşıkçı BM. 2019. Salamuraya işlenen bazı sebzelerde bulunan fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğinin *in vitro* yöntemlerle araştırılması. TÜBİTAK TOVAG Projesi No: 1170754.
- Benzie IF, Strain J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239(1): 70-76. doi: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Biaggi MD, Donno D, Mellano M. G, Riondato I, Rakotoniaina EN, Beccaro GL. 2018. Cornus mas (L.) fruit as a potential source of natural health-promoting compounds: physico-chemical characterisation of bioactive components. Plant Foods for Human Nutrition, 73: 89-94. doi: 10.1007/s11130-018-0663-4
- Biel W, Witkowitz R, Piątkowska E, Podsiadło C. 2020. Proximate composition, minerals and antioxidant activity of artichoke leaf extracts. Biological Trace Element Research (2020), 194: 589-595. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01806-3>
- Bouayed J, Hoffmann L, Bohn T. 2011. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. Food Chemistry, 128(1): 14-21. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.02.052

- Carrillo C, Buvé C, Panozzo A, Grauwet T, Hendrickx, M. 2017. Role of structural barriers in the in vitro bioaccessibility of anthocyanins in comparison with carotenoids. *Food Chemistry*, 227: 271–279. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.062>
- Cavalcanti RN, Santos DT, Meireles MAA. 2011. non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-An overview. *Food Res Int*; 44: 499–509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.019>
- Cosmulescu S, Trandafir I, Cornescu F. 2019. Antioxidant capacity, total phenols, total flavonoids and colour component of cornelian cherry (cornus mas l.) wild genotypes. *Not Bot Horti Agrobo*, 47(2): 390-394. doi: <https://doi.org/10.15835/nbha47111375>
- Çelik EE, Gökmen V. 2014. Investigation of the interaction between soluble antioxidants in green tea and insoluble dietary fiber bound antioxidants. *Food Research International*, 63: 266–270. doi:10.1016/j.foodres.2014.02.026
- Çopur ÖU, Soylu A, Gürbüz O, Değirmencioglu N, Ertürk Ü. 1998. Bursa Yöresinde Yetiştirilen Bazı Kızılçık Tip ve Çeşitlerinin Meyve Suyuna Uygunluğunun Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda Mühendisliği Kongre ve Sergisi*, 16-18 Eylül 1998.
- David L, Danciu V, Moldovan B, Filip A. 2019. Effects of In Vitro Gastrointestinal Digestion on the Antioxidant Capacity and Anthocyanin Content of Cornelian Cherry Fruit Extract. *Antioxidants*, 8, 114. doi:10.3390/antiox8050114
- Didin M, Kızılaslan A, Fenercioglu H. 2000. Malatya’da Yetiştirilen Bazı Kızılçık Çeşitlerinin Nektara İşlenmeye Uygunluklarının Belirlenmesi Üzerinde bir Araştırma. *Volume 25, Issue 6*.
- Dumitraşcu L, Enachi E, Stănciuc N, Aprodu I. 2019. Optimization of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from cornelian cherry fruits using response surface methodology. *CyTA – Journal of Food*, 17:1: 814-823. doi: <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1659418>
- Kamiloglu S, Pasli AA, Ozcelik B, Camp JV, Capanoglu E. 2015. Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods* 13: 1–10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.021>
- Karadağ A. 2019. Türkiye’deki bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin antioksidan potansiyelleri ve fenolik kompozisyonları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16: 631-637. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.021>
- Kazimierski M, Regula J, Molska M. 2019. Cornelian cherry (*Cornus mas L.*) – characteristics, nutritional and pro-health properties. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 18(1): 5–12. doi: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2019.0628>
- Kumaran A, Joel Karunakaran, R. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chem*, 97:109–114. doi:10.1016/j.foodchem.2005.03.032
- Menekşe ZK, Marangoz B, Kahraman S. 2021. Piyasada satılan bazı poşet çayların toplam fenolik, flavonoid bileşen içeriği ve antioksidan aktivitesinin belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2): 340-354. doi: <https://doi.org/10.31466/kfbd.905121>
- Minekus M, Alminger M, Alvito P, Ballance S, Bohn T, Bourlieu C, Carriere F, Boutrou R, Corredig M, Dupont D, Dufour C, Egger L, Golding M, Karakaya S, Kirkhus B, Le Feunteun S, Lesmes U, Macierzanka A, Mackie A, Marze S, McClements DJ, Menard O, Recio I, Santos CN, Singh RP, Vegarud GE, Wickham MSJ, Weitschies W, Brodtkorb A. 2014. A standardised static in vitro digestion method suitable for food-an international consensus. *Food & Function*, 5: 1113-1124. doi: 10.1039/c3fo60702j
- Mohammed FS, Kına E, Uysal İ, Mencik K, Dogan M, Pehlivan M, Sevindik M. 2022. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Ethanol Extract of *Lepidium spinosum*. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(6): 1116-1119.
- Mohammed FS, Şabik AE, Sevindik E, Pehlivan M, Sevindik M. 2020. Determination of Antioxidant and Oxidant Potentials of *Thymbra spicata* Collected from Duhok-Iraq. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(5): 1171-1173.
- Musial C, Kuban-Jankowska A, Gorska-Ponikowska M. 2020. Beneficial Properties of Green Tea Catechins. *Int. J. Mol. Sci.*, 21: 1744. doi: 10.3390/ijms21051744
- Pavlovića T, Dimkića I, Andrić S, Milojković-Opsenica D, Stankovića S, Janačkovića P, Gavrilovića M, Ristivojević P. 2020. Linden tea from Serbia – an insight into the phenolic profile, radical scavenging and antimicrobial activities. *Industrial Crops & Products*, 154: 11263. doi: 10.1016/j.indcrop.2020.112639
- Pehlivan M, Mohammed FS, Şabik AE, Kına E, Dogan M, Yumrutaş Ö, Sevindik M. 2021. Some Biological activities of ethanol extract of *Marrubium globosum*. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(6): 1129-1132.
- Phan MAT, Paterson J, Bucknall M, Arcot, J. 2018. Interactions between phytochemicals from fruits and vegetables: Effects on bioactivities and bioavailability. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(8): 1310-1329. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1254595>
- Selvi KÇ. 2020. Investigating the influence of infrared drying method on linden (*Tilia platyphyllos scop.*) leaves: kinetics, color, projected area, modeling, total phenolic, and flavonoid content. *Plants*, 9, 916. doi:10.3390/plants9070916
- Sevindik M, Akgul H, Pehlivan M, Selamoglu Z. 2017. Determination of Therapeutic Potential of *Mentha Longifolia* ssp. *Longifolia*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26: (7): 4757-4763.
- Shao-qian CAO, Liang LIU, Si-yi PAN. 2011. Thermal degradation kinetics of anthocyanins and visual color of blood orange juice. *Sci Agric Sinica*; 10: 1992- 1997.
- Sotiropoulou NS, Megremi SF, Tarantilis P. 2020. Evaluation of antioxidant activity, toxicity, and phenolic profile of aqueous extracts of chamomile (*matricaria chamomilla l.*) and sage (*salvia ocinalis l.*) prepared at different temperatures. *Appl. Sci.*, 10: 22-70. doi: <https://doi.org/10.3390/app10072270>
- Suna S, Tamer CE, Çopur ÖU. 2007. Determination of physicochemical properties, bioaccessibility of phenolics and antioxidant capacity of mineral enriched linden herbal tea beverage. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering Vol:12, No:2*.
- Svitlana K, Alicja Zofia K, Anna S, Narcyz P. 2019. Antioxidant activities and phenolic compounds in fruit of cultivars of cornelian cherry (*Cornus Mas L.*). *Agr.bio.div. Impr. Nut., Health Life Qual.*, 484–49.
- Tamer CE, Yekeler FZ, Çopur ÖU, İncedayı B, Suna S. 2017. A study of fortification of lemonade with herbal extracts. *Food Science and Technology*. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.06016>.
- Tomas M, Toydemir G, Boyacioglu D, Hall R, Beekwilder J, Capanoglu E. 2015. The effects of juice processing on black mulberry antioxidants. *Food Chemistry*, 186: 277–284. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.151
- Toydemir G. 2013. The Effects Of Nectar Processing On Sour Cherry Antioxidant Compounds: Changes in Metabolite Profile and Bioavailability. *Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Bölümü.*
- Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4113-4117. doi: <https://doi.org/10.1021/jf9801973>

