



## Comparison of the Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Aronia Fruit and Its Products

Burak Erim<sup>1,a</sup>, Hanse Nur Özyurt<sup>2,b</sup>, Halil İbrahim Binici<sup>3,c,\*</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Esenyurt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul 34510, Türkiye*

<sup>2</sup>*Istanbul Kent Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye*

<sup>3</sup>*Istanbul Esenyurt Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, İstanbul 34510, Türkiye*

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 20.08.2025 Accepted : 04.12.2025</p> <p><b>Keywords:</b> Aronia Freeze Drying Phenolic Compounds Functional Foods Antioxidant Activity</p>	<p>In this study, it was aimed to comparatively evaluate the total dry matter (TDM), pH, total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant activities (DPPH, FRAP, CUPRAC) of aronia fruit and its products obtained from a local company. Analysis of variance revealed statistically significant differences among the products for all parameters (<math>p &lt; 0.05</math>). The highest TDM (91.42%) was observed in freeze-dried aronia, while the lowest TDM (0.80%) was found in aronia vinegar. pH values ranged from 3.44 in aronia jam to 4.43 in aronia concentrate. Freeze-dried aronia exhibited the highest total phenolic (1403.26 mg GAE/100 g) and total flavonoid (1311.66 mg QE/100 g) contents, whereas the lowest total phenolic content was measured in aronia vinegar (198.07 mg GAE/100 g). Antioxidant capacity analyses (DPPH, FRAP, CUPRAC) demonstrated that freeze-dried samples had superior activity, while aronia vinegar showed the lowest activity. These findings indicate that freeze-drying is the most effective method for preserving bioactive compounds and enhancing antioxidant potential. In conclusion, products produced using this method can be considered functional foods with significant nutritional value.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 13(12): 4130-4135, 2025

## Aronya Meyvesi ve Ürünlerinin Fizikokimyasal ve Antioksidan Aktivitelerinin Karşılaştırılması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 20.08.2025 Kabul : 04.12.2025</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Antioksidan Aktivite Aronya Dondurarak Kurutma Fenolik Bileşikler Fonksiyonel Gıdalar</p>	<p>Bu çalışmada, yerel bir firmadan temin edilen aronya meyvesi ve ürünlerinin toplam kuru madde (TKM), pH, toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid madde (TFlavonoid) ve antioksidan aktivitelerinin (DPPH, FRAP, CUPRAC) karşılaştırılması amaçlanmıştır. Varyans analizi, tüm parametrelerde ürünler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar (<math>p &lt; 0,05</math>) olduğunu ortaya koymaktadır. En yüksek TKM (91,42%) dondurularak kurutulmuş aronyada, en düşük TKM ise (0,80%) aronya sirkesinde gözlenmiştir. pH değerleri aronya reçelinde 3,44 ile aronya konsantresinde 4,43 arasında değişmiştir. Dondurularak kurutulmuş aronya, en yüksek toplam fenolik (1403,26 mg GAE/100 g) ve toplam flavonoid (1311,66 mg QE/100 g) değerlerini gösterirken, en düşük toplam fenolik madde miktarı aronya sirkesinde ölçülmüştür (198,07 mg GAE/100 g). Antioksidan kapasite analizleri (DPPH, FRAP, CUPRAC) dondurularak kurutulmuş örneklerin üstün aktiviteye sahip olduğunu ve aronya sirkesinin en düşük aktiviteyi gösterdiğini ortaya koydu. Bu bulgular, dondurularak kurutmanın biyoaktif bileşenlerin korunmasında ve antioksidan potansiyelin artırılmasında etkili yöntem olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu yöntemle üretilen ürünler, önemli besin değerine sahip fonksiyonel gıdalar olarak değerlendirilebilir.</p>

<sup>a</sup> [burak.erim@esenyurt.edu.tr](mailto:burak.erim@esenyurt.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1927-4549>

<sup>c</sup> [hanse.buyukdag@gmail.com](mailto:hanse.buyukdag@gmail.com)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7966-0666>

<sup>e</sup> [halilibrahimbini@esenyurt.edu.tr](mailto:halilibrahimbini@esenyurt.edu.tr)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3301-3994>



## Giriş

*Aronia melanocarpa*, halk arasında siyah yaban mersini olarak bilinen, Rosaceae familyasına ve Pomodieae alt familyasına ait Kuzey Amerika kökenli bir bitkidir (Wójtowicz ve ark., 2023). Meyveler genellikle karbonhidratlar, amino ve organik asitler, mineraller, vitaminler, aromatik bileşikler ve polifenoller gibi besleyici ve biyoaktif bileşikler açısından zengindir (Jurendić ve Šćetar, 2021). Lignin, selüloz ve hemiselüloz gibi çözünmez lifler, toplam diyet lifinin %60'ından fazlasını oluşturur. Yapılan çalışmalarda 100 g aronya meyvesinde 15-20.9 g arasında karbonhidrat içerdiğini rapor etmişlerdir (Schmid ve ark., 2020; Hwang ve Do, 2016). Ayrıca potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, demir ve çinko gibi temel mineraller bakımından zengindir (Sidor ve Gramza-Michałowska, 2019).

Aronya meyvesinde polifenoller, antosiyaninler, flavonoller ve fenolik gibi fenolik bileşikler bol miktarda bulunur ve bu bileşikler yüksek antioksidan kapasiteye katkıda bulunur. Özellikle antosiyaninler en bol bulunan polifenoller arasında yer alarak, antioksidan etkileri artırmakta ve antimikrobiyal özellikler göstermektedir (Wójtowicz ve ark., 2023; Kaya, 2025). Oksidatif stres, hücrel apoptoz ve kardiyovasküler hastalıklar, enfeksiyonlar, kanser, diyabet, obezite ve nörodejeneratif bozukluklar gibi birçok hastalığın gelişimiyle ilişkilidir. Fenolik bileşikler, serbest radikal oluşumunu önleyerek antioksidan olarak görev yapar ve insan sağlığını destekler (King ve Bolling, 2020; Zor, 2024). Bu özellikleri nedeniyle aronya, kalp hastalıkları, kanser ve diğer kronik hastalıklara karşı önleyici ve terapötik potansiyele sahiptir (Sidor ve Gramza-Michałowska, 2019). Yukarıda belirtilen bulgulara dayanarak gelecekte aronya bazlı fonksiyonel gıda ürünleri üzerine yapılacak araştırmalarda önemli olabilir. Aronyanın ekşi tadı nedeniyle nadiren doğrudan tüketilebilir, ancak gıda endüstrisinde meyve suyu, nektar, şurup, reçel, konserve, şarap ve meyve tatlıları yapmak için kullanılmıştır (Sidor ve ark., 2019; Leonard ve ark., 2020). Aronya reçeli ve marmelatı üzerine yapılan çalışmalar, bu ürünlerin fenolik bileşenleri büyük ölçüde koruduğunu ve yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmektedir. Tokatlı ve Küpçü (2024), "Ekstra Geleneksel Aronya Reçeli ve Geleneksel Marmelatının Bazı Fizikokimyasal ve Fitokimyasal Özellikleri" başlıklı araştırmada da geleneksel yöntemle üretilen reçel ve marmelatlarının fenolik kaybının daha sınırlı olduğunu ve biyoaktif maddeler bakımından zengin olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca; reçel ve marmelatın pH, suda çözünür kuru madde, titrasyon asitliği gibi temel fizikokimyasal özelliklerinin işleme sürecine bağlı olarak fonksiyonel niteliklerinin koruduğu vurgulanmıştır. Metiner ve Ersus (2023), "Farklı kurutma tekniklerinin kuru Aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesi ve tozunun kalitesine etkisi" başlıklı araştırmada, dondurarak kurutma yönteminin toplam fenolik madde ve antosiyaninlerin korunmasında etkili olduğu buna karşın vakum altında kurutulmuş aronya örneklerinin belirgin olarak biyoaktif kayıplara yol açtığını belirtmişlerdir. Broncel ve ark. (2010), yaptıkları bir çalışmada aronya özütünün günde üç kez 100 mg ile kan basıncı miktarlarını azalttığını, Skoczynskave ark. (2007), yapılan bir çalışmada, aronya suyu ile yapılan diyet sonrası belirgin

düzeyde sistolik ve diastolic kan basıncının azaldığını bildirmişlerdir.

Mevcut literatürde, aronya meyvesi ve ürünleri üzerine yapılan çalışmalar artmasına rağmen, farklı aronya ürünlerinin fizikokimyasal özelliklerinin, toplam fenolik madde düzeylerinin ve antioksidan aktivitelerinin bir arada ve karşılaştırmalı olarak incelendiği araştırmaların sınırlı olduğunu göstermektedir. Özellikle piyasada yer alan farklı işlenmiş ürünlerin doğrudan tedarik edilerek analiz edildiği çalışmalara daha az rastlanmaktadır. Bu durum literatürde belirgin bir boşluk oluşturmaktadır. Ancak aronya meyvesinin antioksidan potansiyeli işleme sırasında değişebilmektedir. Bu nedenle, işlemenin bu özelliklerini nasıl etkilediğini belirlemek gerekir. Dolayısıyla farklı form ve işleme teknikleriyle elde edilen aronya ürünlerinin fenolik bileşik profili ve antioksidan kapasitelerindeki değişimlerin detaylı biçimde değerlendirilmesi, hem bilimsel açıdan hem de gıda endüstrisinde ürün geliştirme süreçleri bakımından önemli bir gereksinimdir. Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlayarak aronya meyvesi ile birlikte çeşitli aronya ürünlerinin karşılaştırmalı analizini gerçekleştirmekte ve farklı işleme yöntemlerinin ürün kalitesi üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymaktadır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu çalışmada kullanılan aronya (*Aronia melanocarpa*) meyveleri ve bazı ürünleri (aronya sirkesi, aronya tozu, aronya marmelatı, dondurularak kurutulmuş aronya, kurutulmuş aronya, aronya reçeli ve aronya konsantresi) Ekim 2024 tarihinde İstanbul'da faaliyet gösteren yerel bir firmadan temin edilmiştir. Firma tarafından sağlanan ürünler, içerik ve üretim süreçlerine ilişkin bilgileri içeren teknik dokümanlarla birlikte teslim alınmıştır.

Temin edilen aronya sirkesinin herhangi bir katkı maddesi, koruyucu veya şeker ilavesi içermediği üretici beyanı ile doğrulanmıştır. Aronya tozu, aronya meyvesinin liyofilizatör kullanılarak dondurularak kurutulması ve öğütülmesi ile elde edilmiş olup işlem sırasında fenolik bileşiklerin korunmasına yönelik düşük sıcaklıkta çalışıldığı belirtilmiştir. Aronya marmelatının üretiminde %60 oranında aronya meyvesi kullanıldığı, ürünün elma konsantresi ile tatlandırıldığı ve herhangi bir sentetik katkı maddesi, koruyucu veya rafine şeker ilavesi bulunmadığı ifade edilmiştir. Dondurularak kurutulmuş aronya (freeze-dry ürün), aronya meyvesinin hücrel yapısına zarar vermeden liyofilizasyon yöntemiyle işlenmesi sonucu elde edilmiştir. Kurutulmuş aronya ise hasat sonrası aronya meyvelerinin uygun koşullarda kurutulmasıyla hazırlanmıştır. Aronya reçelinin üretiminde %60 aronya meyvesi kullanıldığı, tatlandırıcı olarak elma konsantresinden yararlanıldığı ve ürünün ilave şeker, koruyucu ve katkı maddesi içermediği üretici tarafından beyan edilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında kullanılan aronya konsantresinin de katkı maddesi içermeyen saf meyve konsantresi olduğu bildirilmiştir.

### **Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi analizleri için örneklerin ekstraksiyonu**

Aronya örneklerinin ekstraksiyonu bazı modifikasyonlar uygulanarak Szopa ve ark. (2017) ve Sánchez-Salcedo ve ark. (2015)'e göre yapılmıştır. Her ürün için 5 g örnek, yaklaşık 25 mL metanol ile karıştırılmış ve homojen bir ekstrakt elde etmek için Ultra-Turrax (Velp OV5; İtalya) yüksek hızlı homojenizatörle işlenmiştir. Karışımlar 5000 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiş (NF 200; Türkiye) ve süpernatantlar Whatman No. 4 filtre kağıdıyla süzülmüştür. Elde edilen metanolik ekstraktlar, toplam fenolik içerik (TPC), toplam flavonoid içerik (TFC), DPPH radikal temizleme aktivitesi ve FRAP ile CUPRAC antioksidan kapasite analizlerinde kullanılmıştır.

### **Yöntem**

#### **Toplam Kuru Madde (TKM) Tayini**

Yaklaşık 3 g örnek, sabit ağırlığa ulaşana kadar  $105 \pm 1$  °C'de kurutulmuştur (Cemeroğlu, 2010).

#### **pH Analizi**

Cemeroğlu (2010)'a göre yapılmıştır. Örneklerin pH'sı pH metre (Testo 205; Almanya) ile ölçülmüştür.

#### **Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı**

TFM, modifiye Folin-Ciocalteu yöntemi ile belirlenmiştir (Molole ve ark., 2022; Noreen ve ark., 2017). 0,1 mL ekstrakt, sırasıyla 0,8 mL 0,2 N Folin-Ciocalteu reaktifi ve 0,8 mL %10 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile karıştırılmış, toplam hacim 2,5 mL'ye tamamlanmıştır. 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra absorbans 760 nm'de ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri, Gallik Asit standart eğrisi kullanılarak mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE)/g örnek cinsinden hesaplanmıştır.

#### **Toplam Flavonoid Madde (Tflavonoid) Miktarı**

Youssef ve Mokhtar (2014)'in yöntemine göre, 0,5 mL ekstrakt 2 mL distile su ve 0,15 mL %5 NaNO<sub>2</sub> ile karıştırılmıştır. 6 dakika sonra 0,15 mL %10 AlCl<sub>3</sub> eklenmiş, ardından 2 mL %4 NaOH eklenmiş ve toplam hacim 5 mL'ye tamamlanmıştır. Absorbans 510 nm'de ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri, Kuersetin standart eğrisi kullanılarak mg Kuersetin Eşdeğeri (KE)/g örnek cinsinden hesaplanmıştır.

#### **DPPH Radikal Giderme Aktivitesi**

39 mg DPPH, 100 mL metanolde çözülmüştür. Örnek ekstraktından 0.1 mL deney tüplerine aktarılmış, 0,5 mL DPPH çözeltisi ve metanol ile 2,5 mL'ye tamamlanmış, vortexlenmiş, karanlıkta 30 dakika bekletilmiş ve absorbans 517 nm'de ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri, Trolox standart eğrisi kullanılarak mg Trolox Eşdeğeri (TE)/g örnek cinsinden hesaplanmıştır.

#### **Demir İyon İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP) Yöntemi**

FRAP analizi, Koçak (2018) tarafından belirlenen yöntemin modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. FRAP analizinde, reaktif çözeltisi 10 mM TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazine), 20 mM FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O ve asetat tampon (pH:3,6) çözeltilerinin 1:1:10 oranında karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Her bir örnekten 100 µL alınarak 2,4 mL FRAP reaktifi ile karıştırılmış ve 37 °C'de 4 dakika boyunca inkübe edilmiştir. Bu süreçte örneklerdeki antioksidan bileşikler, Fe<sup>3+</sup> iyonlarını Fe<sup>2+</sup> formuna indirgemiş ve oluşan mavi renk 593 nm dalga boyunda

spektrofotometrede (AE-S60-4V; Çin) ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri, Trolox standart eğrisi kullanılarak mg Trolox eşdeğeri/g örnek cinsinden hesaplanmıştır.

#### **Oksidan Olarak Cu (II) Kullanılan Toplam Antioksidan Kapasite Yöntemi (CUPRAC)**

CUPRAC analizi, renk değişimine dayalı bir yöntem ile gerçekleştirilmiş ve Koçak (2018) tarafından belirlenen protokol temel alınarak modifiye edilmiştir. Uygun seyreltilmiş 0,1 mL örnek ekstraktı, 0,5 mL 0,01 mM CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O çözeltisi, 0,5 mL  $7,5 \times 10^{-3}$  mM neokuproin çözeltisi, 0,5 mL 1 M amonyum asetat tampon çözeltisi (pH:7) ve 0,9 mL distile su ile karıştırılarak toplam hacim 2,5 mL olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında, ışık geçirmeyen bir ortamda 30 dakika süreyle bekletilmiş ve ardından absorbansı 450 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar mg Trolox eşdeğeri/g örnek olarak ifade edilmiştir.

### **İstatistiksel Analiz**

Tüm deneyler üç kez tekrar edilmiş ve sonuçlar ortalama  $\pm$  SD olarak sunulmuştur. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için tek yönlü ANOVA (SPSS 25.0) kullanılmış, anlamlı parametreler için Duncan testi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak kabul edilmiştir.

### **Bulgular ve Tartışma**

Analiz edilen ürünler arasında en yüksek TKM değeri %91,42 ile dondurularak kurutulmuş aronyada, en düşük değer ise %0,80 ile aronya sirkesinde saptanmıştır (Çizelge 1). TKM değerleri yüksekten düşüğe doğru sıralandığında; dondurularak kurutulmuş aronya, kurutulmuş aronya, aronya konsantresi, aronya reçeli, aronya tozu, aronya marmeladı, aronya ve aronya sirkesi şeklinde sıralanmıştır.

Literatürde, Metiner ve Ersus (2023) dondurularak kurutulmuş aronyada %98,05 TKM bildirirken, aronya meyvesi için %22,69 TKM rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Mendelova ve ark. (2025) kurutulmuş aronya ürünlerinin diğer aronya ürünlerine kıyasla daha yüksek TKM değerine sahip olduğunu ve yaklaşık %84,48 olduğunu belirtmiştir. Araştırmada incelenen aronya ve aronya bazlı ürünlerde toplam kuru madde miktarları arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılıkların nedeni, her ürünün uygulanan işleme yöntemine bağlı olarak su içeriğinin değişmesi ve buna bağlı olarak şeker ve biyoaktif bileşenlerin yoğunluğunun farklılaşmasından kaynaklı olabilir.

En yüksek pH değeri 4,43 ile aronya konsantresinde, en düşük pH ise 3,44 ile aronya reçelinde gözlenmiştir. pH değerleri yüksekten düşüğe doğru sıralandığında; aronya konsantresi, aronya tozu, aronya marmeladı, aronya sirkesi, kurutulmuş aronya, dondurularak kurutulmuş aronya, aronya reçeli ve aronya şeklindedir. Literatür de işleme yöntemlerinin aronya ürünlerinin pH değerlerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Güneş (2023) yaptığı bir çalışmada, aronya püresi için 3,42 pH değerini bildirmiş ve kurutulmuş örneklerde hafif bir artış gözlemlenmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş aronya tozu 3,58 pH gösterirken, dondurularak kurutulmuş örneklerde 3,55 pH değeri saptanmıştır.

Çizelge 1. Aronya Meyvesi ve Bazı Ürünlerinin Toplam Kuru Madde (TKM) ve pH Değerleri

Table 1. Total Dry Matter (TDM) and pH Values of Aronia Fruit and Selected Aronia Products

Örnekler/Analizler	TKM (%)	pH
Aronya	23,49±1,13e	3,44±0,01h
Dondurarak Kurutulmuş Aronya	91,42±0,88a	3,57±0,01f
Kurutulmuş Aronya	76,22±0,42b	3,72±0,01e
Toz Aronya	90,88±0,15a	3,93±0,01b
Aronya Reçeli	70,45±0,29c	3,53±0,00g
Aronya Marmeladı	33,88±0,96d	3,88±0,01c
Aronya Sirkesi	0,80±0,06f	3,76±0,01d
Aronya Konsantresi	76,28±0,88b	4,43±0,01a

a-h: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ürünler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır. \*\*: p<0,05

Çizelge 2. Aronya Meyvesi ve Bazı Ürünlerinin Toplam Fenolik Madde (TFM) ve Toplam Flavonoid Miktarları

Table 2. Total Phenolic Content (TPC) and Total Flavonoid Contents of Aronia Fruit and Selected Aronia Products

Örnekler/Analizler	TFM (mg GAE/100g)	TFlavonoid (mg QE/100g)
Aronya	670,67±3,05b	649,10±33,51b
Dondurarak Kurutulmuş Aronya	1403,26±89,83a	1311,66±148,27a
Kurutulmuş Aronya	428,56±11,58d	363,22±7,33c
Toz Aronya	661,54±17,67b	584,18±32,43b
Aronya Reçeli	209,98±2,12e	14,64±8,31d
Aronya Marmeladı	228,95±6,31e	92,56±6,11d
Aronya Sirkesi	198,07±0,28e	5,36±2,16d
Aronya Konsantresi	516,81±6,61c	331,67±4,36c

a-e: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ürünler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır. \*\*: p<0,05

Çizelge 3. Aronya Meyvesi ve Bazı Ürünlerinin Antioksidan Kapasite Analizleri (DPPH, FRAP, CUPRAC)

Table 3. Antioxidant Capacity Analyses (DPPH, FRAP, CUPRAC) of Aronia Fruit and Selected Aronia Products

Örnekler/Analizler	DPPH (mg TE/100g)	FRAP (mg TEAC/100g)	CUPRAC (mg TEAC/100g)
Aronya	495,61±1,30 <sup>b</sup>	291,71±2,88 <sup>b</sup>	1608,16±29,28 <sup>b</sup>
Dondurarak Kurutulmuş Aronya	657,93±1,30 <sup>a</sup>	933,38±2,56 <sup>a</sup>	2068,56±2,41 <sup>a</sup>
Kurutulmuş Aronya	416,42±1,86 <sup>c</sup>	111,05±8,49 <sup>e</sup>	917,84±49,71 <sup>d</sup>
Toz Aronya	476,54±0,79 <sup>c</sup>	264,84±17,26 <sup>c</sup>	1574,47±20,35 <sup>b</sup>
Aronya Reçeli	350,29±1,57 <sup>g</sup>	20,17±0,26 <sup>g</sup>	163,45±9,82 <sup>f</sup>
Aronya Marmeladı	385,16±2,44 <sup>f</sup>	38,57±0,31 <sup>f</sup>	383,71±0,78 <sup>e</sup>
Aronya Sirkesi	333,11±1,57 <sup>h</sup>	8,23±0,02 <sup>g</sup>	81,01±5,04 <sup>g</sup>
Aronya Konsantresi	437,38±0,79 <sup>d</sup>	180,87±0,64 <sup>d</sup>	1156,72±43,23 <sup>c</sup>

a-h: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ürünler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır. \*\*: p<0,01

Toplam fenolik madde (TFM) açısından en yüksek değer 1403,26 mg GAE/100 g ile dondurularak kurutulmuş aronyada, en düşük değer ise 198,07 mg GAE/100 g ile aronya sirkesinde belirlenmiştir (Çizelge 2). Diğer ürünler TFM açısından azalan sırayla: aronya tozu, aronya konsantresi, aronya, kurutulmuş aronya, aronya reçeli, aronya marmeladı ve aronya sirkesi olarak sıralanmıştır. Özbucak ve Gümüş (2024) aronya meyvesinde 1111–1309 mg GAE/100 g TFM seviyeleri rapor etmiştir. Metiner ve Ersus (2023) farklı kurutma tekniklerinin aronya meyvesi ve tozundaki etkilerini incelemiş ve en yüksek TFM değerinin (5875,74 mg GAE/100 g kuru ağırlık) dondurularak kurutulmuş örneklerde olduğunu bulmuşlardır. Mendelová ve ark. (2025) aronya ve türetilmiş ürünlerde TFM'nin taze ağırlık bazında 1,22–3,28 g GAE/100 g, kuru ağırlık bazında ise 3,32–7,29 g GAE/100 g arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu bulgular, dondurularak kurutmanın fenolik bileşenleri korumada diğer işleme yöntemlerinden üstün olduğunu ortaya koymaktadır. Düşük sıcaklıkta süblimasyon ile suyun uzaklaştırılması ısı bozunmayı minimum düzeyde tutar ve hücre içi yapının korunmasına yardımcı olarak fenolik bileşiklerin oksidatif kaybını engellemektedir (Gaidhani ve

ark., 2015). Ayrıca aronya sirkesinin fenolik madde miktarının düşük olmasının nedeni fermentasyon sırasında polifenollerin parçalanmış olması veya oksidasyona uğramasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Toplam flavonoid madde (TFlavonoid) açısından en yüksek değer 1311,66 mg QE/100 g ile dondurularak kurutulmuş aronyada, en düşük değer ise 5,36 mg QE/100 g ile aronya sirkesinde ölçülmüştür (Çizelge 2). TFlavonoid açısından ürünler, azalan sırayla: dondurularak kurutulmuş aronya, aronya, aronya tozu, kurutulmuş aronya, aronya konsantresi, aronya reçeli, aronya marmeladı ve aronya sirkesi şeklindedir. Güneş ve ark. (2023), dondurularak kurutulmuş aronya tozu metanolik özütlerinde 5198,98 mg QE/100 g gibi yüksek TFlavonoid değerleri bildirmiştir. Metiner ve Ersus (2023) da dondurularak kurutulmuş aronya örneklerinin diğer kurutma tekniklerine göre en yüksek TFlavonoid seviyesine sahip olduğunu belirtmişlerdir (2822,90 mg kateşin/100 g DW). Bu bulgular, termal işlemlerin flavonoid içeriğini azalttığını, dondurularak kurutmanın ise flavonoid bileşenlerini etkili şekilde koruduğunu göstermektedir.

DPPH analizi, en yüksek antioksidan aktiviteyi (657.93 mg TE/100g) dondurarak kurutulmuş aronya, en düşük antioksidan aktiviteyi (333.1 mg TE/100g) ise aronya sirkesinde olduğunu göstermiştir (Çizelge 3). Ürünlerin antioksidan aktivitesini yüksekten düşüğe doğru: dondurarak kurutulmuş aronya, aronya, toz aronya, aronya konsantresi, kurutulmuş aronya, aronya marmeladı, aronya reçeli ve aronya sirkesi şeklinde sıralanmıştır. Kapci ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada aronya, kuru aronya, aronya suyu, aronya konsantresi, reçeli ve şurubunda sırası ile DPPH radikal aktivite giderme kapasitelerini 11,3 g TE/kg, 30,5-36,3 g TE/kg, 5,7-6,2 g TE/kg, 10,8 g TE/kg ve 5-8,7 g TE/kg olarak bulmuşlardır. Bu bulgulara göre bizim örneklerimizin DPPH antioksidan kapasitesinin düşük çıkması aronya meyvesinin tür, çeşit, yetiştirme koşulları, ekstraksiyon yöntemi ve çeşitli ısıl işleme bağlı olarak değişebileceği düşünülmektedir.

FRAP analizinde en yüksek değer 933,38 mg TE/100 g ile dondurularak kurutulmuş aronyada, en düşük değer ise 8,23 mg TE/100 g ile aronya sirkesinde saptanmıştır (Çizelge 3). Tolić ve ark. (2015), çeşitli aronya ürünlerinde FRAP değerlerinin 13,50–68,60 mmol Fe<sup>2+</sup>/100g kuru madde arasında değiştiğini ve toz formülasyonlarının en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu bildirmiştir. Yikilkan ve ark. (2025) dondurularak kurutulmuş ürünlerin konveksiyonla kurutululara kıyasla anlamlı şekilde daha yüksek FRAP değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda literatür değerlerinde gözlenen farklılıklar, işleme tekniklerindeki ve hammadde bileşimindeki değişikliklerden kaynaklanıyor olabilir. Genel olarak, bazı farklılıklara rağmen, dondurularak kurutmanın antioksidan kapasiteyi korumada etkili bir yöntem olduğu doğrulanmıştır.

CUPRAC analizinde en yüksek değer 2068,56 mg TE/100 g ile dondurularak kurutulmuş aronyada, en düşük değer ise 81,01 mg TE/100 g ile aronya sirkesinde ölçülmüştür (Çizelge 3). Diğer ürünlerin sıralaması: dondurularak kurutulmuş aronya, aronya, aronya tozu, aronya konsantresi, kurutulmuş aronya, aronya marmeladı, aronya reçeli ve aronya sirkesi şeklindedir. Duysak ve ark. (2024), aronya özlerinin farklı konsantrasyonlardaki antioksidan aktivitelerini 8,76–67,42 µg/mL (etanol özütleri) ve 10,72–43,34 µg/mL (metanol özütleri) aralığında rapor etmişlerdir. Kapci ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada aronya ürünlerinin CUPRAC değerlerini 3-257,2 g TE/kg yaş ağırlık olarak tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada aronya meyvesinin CUPRAC değerini 7,16 µM TE/g olarak tespit etmişlerdir (Arancibia-Avila ve ark., 2012). Elde edilen yüksek CUPRAC değerleri, yöntemin hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanları ölçme kapasitesinden kaynaklanmakta olup, dondurularak kurutmanın kapsamlı antioksidan kapasiteyi etkin biçimde koruduğunu göstermektedir.

## Sonuç

Bu çalışma, yerel firmadan temin edilen aronya meyvesi ve ürünlerinin fenolik madde içeriği, flavonoid seviyeleri ve antioksidan kapasitelerinin dikkate değer düzeyde olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, aronya ve aronya bazlı ürünlerin fonksiyonel gıdalar arasında değerlendirilebilecek potansiyel bir kaynak

olduğunu göstermektedir. Düzenli tüketiminin sağlıklı beslenmeye katkı sağlayabileceği ve oksidatif stresle ilişkili olumsuz etkilerin azaltılmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, işleme süreçlerinin etkisini tam olarak anlamak için, aynı ham maddeden başlanarak ısı uygulamaları, kurutma teknikleri ve fermantasyon gibi farklı işlem basamaklarını kapsayan daha kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, elde edilen bu bulguların gerçek biyolojik öneminin anlaşılabilmesi için in vivo ve klinik çalışmalarla biyoyararlanım ve biyo erişilebilirlik açısından desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

İleride yapılacak araştırmalarda farklı işleme ve kurutma yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak ele alınması, aronya ürünlerinin besin değerini en iyi şekilde koruyacak ve endüstriyel ölçekte uygulanabilir uygun teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

## Beyanlar

### Etik Beyan

Çalışmada insan veya hayvanlarla ilgili herhangi bir deney yapılmadığından etik kurul onayı alınmasına gerek yoktur.

### Yazar Katkıları

*Burak Erim:* Proje yönetimi, denetim, kavramsallaştırma, metodoloji, metnin gözden geçirilmesi ve düzenlenmesi

*Hansenur Özyur:* Veri toplama, araştırma, orijinal taslağın yazılması

*Halil İbrahim Binici:* Veri toplama, araştırma, resmi analiz, orijinal taslağın yazılması

### Yaratıcı Yapay Zeka ve Yapay Zeka Destekli Teknolojilerin Yazım Sürecinde Beyanı

Bu çalışma hazırlanırken, yazar içerik okunabilirliğini ve dilbilgisini geliştirmek amacıyla ChatGPT'den yararlanmıştır. Araç kullanımı sonrasında yazar, tüm içeriği gözden geçirmiş, gerekli düzenlemeleri yapmış ve çalışmanın nihai versiyonundan tamamen sorumludur.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması bulunmadığını beyan etmişlerdir.

### Teşekkür

Bu araştırma, İstanbul Kent Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde yürütülen Ms. Hansenur Özyurt'un yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## Kaynaklar

- Negru, V. C., Oprea, E., Nicola, C., Marinescu, M., & Popa, C. V. (2022, June). Antioxidant Capacity of Some Extracts from Aronia and Lonicera Fruits. In *Chem. Proc* (Vol. 7, p. 83). s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.
- Arancibia-Avila, P., Namiesnik, J., Toledo, F., Werner, E., Martinez-Ayala, A. L., Rocha-Guzmán, N. E., ... & Gorinstein, S. (2012). The influence of different time durations of thermal processing on berries quality. *Food Control*, 26(2), 587-593.

- Broncel, M., Koziróg, M., Duchnowicz, P., Koter-Michalak, M., & Sikora, J. i Chojnowska–Jeziarska, J.(2010). Aronia melanocarpa extract reduces blood pressure, serum endothelin, lipid, and oxidative stress marker levels in patients with metabolic syndrome. *Medical Science Monitor*, 16(1), 34.
- Cemeroğlu, B. (2010). Gıda Analizleri. Genişletilmiş 2. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34. Bizim Grup Basımevi. Ankara, Türkiye, 657s
- Duysak, L., Şekeroğulları, M., & Baygutalp, N. K. (2024). Total phenolic content and antioxidant activity of different extracts of Aronia melanocarpa L. fruit. *Pharmata*, 4(1), 1-6.
- Gaidhani, K. A., Harwalkar, M., Bhambere, D., & Nirgude, P. S. (2015). Lyophilization/freeze drying—a review. *World J. Pharm. Res*, 4(8), 516-543.
- Gülçin İ. Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Arch Toxicol*. 2012 Mar;86(3):345-91. doi: 10.1007/s00204-011-0774-2. Epub 2011 Nov 20. PMID: 22102161.
- Güneş, R. (2023). Quality assessment of chokeberry fruit powders obtained by convective hot air and freeze drying methods. *Gıda*, 48(5), 1109–1122. <https://doi.org/10.15237/gida.GD23075>
- Hwang, E. S., & Do Thi, N. (2016). Effects of different growing regions on quality characteristics, bioactive compound contents, and antioxidant activity of aronia (Aronia melanocarpa) in Korea. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(3), 255.
- Jurendić, T., & Ščetar, M. (2021). Aronia melanocarpa products and by-products for health and nutrition: A review. *Antioxidants*, 10(7), 1052.
- Kapci, B., Neradová, E., Čížková, H., Voldřich, M., Rajchl, A., & Capanoglu, E. (2013). Investigating the antioxidant potential of chokeberry (Aronia melanocarpa) products. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52(4), 219–229
- Kaya, Ç. (2025). Süper Meyve Aronya (Aronia melanocarpa L.)'nin Biyokimyasal Bileşimi, Sağlık Yararları ve Gıda Sanayinde Kullanım Potansiyeli. *Neşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14(1), 1-15.
- King, E. S., & Bolling, B. W. (2020). Composition, polyphenol bioavailability, and health benefits of aronia berry: A review. *Journal of Food Bioactives*, 11.
- Koçak, E., Demircan, E., & Özçelik, B. (2018). Antioxidant Capacities and Phenolic Profiles of Ottoman Strawberry Fruit and Ottoman Strawberry Jam. *Ecological Life Sciences*, 13(3), 119-130.
- Köse, L. P. (2020). Mısır İpeği'nin (*Zea Mays* L.) antioksidan ve antiradikal özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(1), 402-412.
- Lachner, A., Backfisch, I., Hoogerheide, V., van Gog, T., & Renkl, A. (2020). Timing matters! Explaining between study phases enhances students' learning. *Journal of Educational Psychology*, 112(4), 841–853. <https://doi.org/10.1037/edu0000396>
- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., & Fang, Z. (2020). Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 218-246.
- Mendelova, A., Mendel, E., Solgajová, M., Golian, J., & Kolesárová, A. (2025). Process changes in polyphenolic substances after processing aronia into various food products. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 14(6), e12131. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.12131>
- Metiner, E. E., & Ersus, S. (2023). Farklı kurutma tekniklerinin aronya (Aronia melanocarpa) meyvesi ve tozunun kalitesine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(2), 353–362. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1287089>
- Molole, G. J., Gure, A., & Abdissa, N. (2022). Determination of total phenolic content and antioxidant activity of Commiphora mollis (Oliv.) Engl. resin. *BMC chemistry*, 16(1), 48.
- Noreen, H., Semmar, N., Farman, M., & McCullagh, J. S. (2017). Measurement of total phenolic content and antioxidant activity of aerial parts of medicinal plant Coronopus didymus. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 10(8), 792-801.
- Odunkiran, A. Zor, M., Şengül, M.2021. Edirne’de Geleneksel Olarak Üretilen Badem Ezmesinin Bazı Kalite Özellikleri. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 2051-2061.
- Özbucak, T., & Gümüş, A. F. (2024). Aronya Meyvesinin Ekolojik ve Fitokimyasal Varyasyonlarının Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(4), 1035-1045.
- Sánchez-Salcedo, E. M., Mena, P., García-Viguera, C., Hernández, F., & Martínez, J. J. (2015). (Poly) phenolic compounds and antioxidant activity of white (Morus alba) and black (Morus nigra) mulberry leaves: Their potential for new products rich in phytochemicals. *Journal of Functional Foods*, 18, 1039-1046.
- Schmid, V., Steck, J., Mayer-Miebach, E., Behnslian, D., Briviba, K., Bunzel, M., ... & Emin, M. A. (2020). Impact of defined thermomechanical treatment on the structure and content of dietary fiber and the stability and bioaccessibility of polyphenols of chokeberry (Aronia melanocarpa) pomace. *Food research international*, 134, 109232.
- Sidor, A., & Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry Aronia melanocarpa L.—A qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential. *Molecules*, 24(20), 3710.
- Sidor, A., Drożdżyńska, A., & Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry (Aronia melanocarpa) and its products as potential health-promoting factors-An overview. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 45-60.
- Skocznyńska, A., Jędrychowska, I., Poręba, R., Affelska-Jercha, A., Turczyn, B., Wojakowska, A., & Andrzejak, R. (2007). Influence of chokeberry juice on arterial blood pressure and lipid parameters in men with mild hypercholesterolemia. *Pharmacol Rep*, 59(Suppl 1), 177-82.
- Spada, P. D. S., de Souza, G. G. N., Bortolini, G. V., Henriques, J. A. P., & Salvador, M. (2008). Antioxidant. mutagenic. *Journal of Medicinal Food*, 11(1), 144–151.
- Szopa, A., Kokotkiewicz, A., Kubica, P., Banaszcak, P., Wojtanowska-Krośniak, A., Krośniak, M., ... & Ekiert, H. (2017). Comparative analysis of different groups of phenolic compounds in fruit and leaf extracts of Aronia sp.: A. melanocarpa, A. arbutifolia, and A.× prunifolia and their antioxidant activities. *European Food Research and Technology*, 243(9), 1645-1657.
- Tokatlı, K., & Küpcü, I. H. (2024). Ekstra Geleneksel Aronya Reçeli ve Geleneksel Marmelatının Bazı Fizikokimyasal ve Fitokimyasal Özellikleri. *Akademik Gıda*, 22(2), 125-132. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1543528>
- Tolić, M. T., Landeka Jurčević, I., Panjkota Krbavčić, I., Marković, K., & Vahčić, N. (2015). Phenolic content, antioxidant capacity and quality of chokeberry (Aronia melanocarpa) products. *Food technology and biotechnology*, 53(2), 171-179.
- Wójtowicz, A., Combrzyński, M., Biernacka, B., Różyło, R., Bąkowski, M., Wojtunik-Kulesza, K., ... & Kowalska, I. (2023). Fresh chokeberry (Aronia melanocarpa) fruits as valuable additive in extruded snack pellets: Selected nutritional and physicochemical properties. *Plants*, 12(18), 3276.
- Yikilkan, Y., Redha, A. A., Kaba, B., Pasazadeh, H., & Koca, I. (2025). Production of chokeberry pulp powder by convective and freeze-drying foam-mat techniques: effects on physicochemical properties, bioactive content, and antioxidant activity. *Sustainable Food Technology*.
- Youssef, K. M., & Mokhtar, S. M. (2014). Effect of drying methods on the antioxidant capacity, color and phytochemicals of Portulaca oleracea L. leaves. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 4(6), 1.
- Zor, M. (2024). Investigation of using natural deep eutectic solvents (NADES) for extraction of bioactive compounds from Aronia melanocarpa fruit. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 48(4), 567-579.