



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (2):353-362

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1287089>

Eylül Elif METİNER^{1*}

Seda ERSUS²

¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35040, Bornova, İzmir, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35040, Bornova, İzmir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

eemetiner162@gmail.com

Anahtar sözcükler: Antosiyaninler, *Aronia melanocarpa*, fenolik bileşikler, kurutma

Keywords: Anthocyanins, *Aronia melanocarpa*, phenolic compounds, drying

Farklı kurutma tekniklerinin kuru Aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesi ve tozunun kalitesine etkisi

The effects of different drying methods on the quality of Aronia (*Aronia melanocarpa*) fruit and its dried powder

Received (Alınış): 26.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 01.07.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, farklı kurutma teknikleriyle kurutulan aronya meyvesinin fiziksel, kimyasal ve toz ürün özelliklerinin incelenmesidir.

Materyal ve Yöntem: Dondurarak kurutma, vakum kurutma ve konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma işlemine tabi tutulan aronya meyvesinin özelliklerini belirlemek için toplam kuru madde, kül, su aktivitesi, renk, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, toplam antosiyanin miktarı ve toz ürün kalite analizleri yapılmıştır.

Araştırma Bulguları: Uygulanan tüm kurutma yöntemleri sonucunda hammaddeye göre kuru örneklerin toplam fenolik madde, gallik gave toplam antosiyanin içeriğinde azalma tespit edilmekle birlikte en yüksek besinsel içerik ve parlaklık (L^*) değeri dondurarak kurutulan örneklerde elde edilmiştir.

Sonuç: Tüm kuru ürünlerin su aktivitesi değeri 0.6'nın altında olduğu için mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilmiş, taze meyveye en yakın kalitede kuru ürünün sublimleşme ile suyun buharlaştırılmasını sağlayan dondurarak kurutma yöntemi uygulanması ile elde edildiği belirlenmiştir.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to investigate the physical, chemical and powder product properties of aronia fruit dried by different drying techniques.

Material and Methods: Total dry matter, ash, water activity (a_w), color, total phenolic content, total flavonoid content, total anthocyanin amount and powder product analyses were performed to determine the characteristics of aronia fruit subjected to three different drying processes namely freeze drying, vacuum drying and tray drying.

Results: As a result of all the applied drying methods, a decrease in the total phenolic matter, total flavonoid matter and total anthocyanin content of the dry samples according to the raw material was detected, but the highest nutritional content and brightness (L^*) value were obtained in the freeze-dried samples.

Conclusion: Since the water activity value of all dry products is below 0.6, it has been considered microbiologically safe, and it has been determined that the dry product with the closest quality to fresh fruit is obtained by applying the freeze-drying method, which allows the evaporation of water by sublimation.

GİRİŞ

Aronya (*Aronia melanocarpa*), Rosaceae familyasına ait olan ve ılıman iklime sahip bölgelerde yetiştirilen üzüksü bir meyve türüdür. Küçük ve koyu renkli bir meyve olan aronya sert, acı ve mayhoş bir tada sahiptir. Gıda endüstrisinde taze tüketiminin yanı sıra ekşi ve buruk bir tada sahip olmasından dolayı kuru meyve, sirke, dondurma, yoğurt, kek gibi ürünlere işlenmektedir. Ayrıca yüksek antosiyanin içeriği sayesinde fonksiyonel meyve suları ile çaylarda ve yüksek pektin içeriği nedeniyle reçel, sos ve marmelat üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte gıdaların tatlarını, renklerini ve antioksidan özelliklerini iyileştirmek için gıda takviyesi olarak değerlendirilmektedir (Scott & Skirvin, 2007; Wolski et al., 2007; Hao et al., 2015; Zhang et al., 2021).

Aronya meyveleri yüksek antioksidan kapasitesine sahip, polifenol bileşikler bakımından zengin meyveler arasında bulunmaktadır. Özellikle fenolik asitler, antosiyaninler, flavonoller ve diğer polifenoller dâhil olmak üzere yüksek miktarda biyoaktif bileşikler içermektedir (Skapska, 2017). Bu nedenle, kardiyovasküler sistem ve sindirim sistemi hastalıklarının tedavisinde, mide rahatsızlıkları, soğuk algınlığı ve gıda zehirlenmelerinde bitkisel ilaç olarak da tercih edilmekte ve yüksek diyet lifi sayesinde sağlıklı beslenme programlarında yer almaktadır. Birçok hastalığa çare olarak önerilen bu meyvenin kimyasal bileşimi, sağlığa yararları ve klinik etkinlikleri, son zamanlarda ülke ve dünya çapındaki popülerliğini arttırmakta ve endüstriyel işlenmesine yönelik çalışmalar yapılmasına olanak sağlamaktadır (Samotica et al., 2016; Denev et al., 2019).

Taze aronya meyvesi kısa depolama ve tüketim süresine sahip gıdalardan biridir. Aronya dahil olmak üzere taze meyvelerin raf ömrünü uzatmak, depolama sırasında besin değerleri ve kalite özelliklerini korumak, dayanıklılıklarını arttırmak için farklı işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemlerden biri olan kurutma tekniği, en eski ve en sık kullanılan meyve koruma yöntemidir. Bir dehidrasyon tekniği olan kurutma işlemi nemin ısı ve kütle aktarımı yoluyla üründen uzaklaştırılarak kurutulmuş meyvelerin uzun süre fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak bozulmadan saklanması için uygulanmaktadır. Bu yöntem ile su aktivitesi değeri düşürülerek mikroorganizmaların büyümesi durdurulmakta, enzim aktivitesi azaltılarak kimyasal bozulma engellenmektedir. Bunun yanında, meyvelerin hacminin azaltılmasıyla ürünlerin yeni pazarlara dağıtımında, taşınmasında ve depolamasında verimlilik sağlanmaktadır (Horszwald et al., 2013; Calín-Sánchez et al., 2014).

Gıda endüstrisinde yapay kurutma yöntemleri arasında konvansiyonel hava ile kurutma dışında en çok kullanılan yöntemler arasında vakum kurutma gelmektedir. Dondurarak kurutma ise gıda endüstrisinde son yıllarda giderek yaygınlaşan bir kurutma yöntemidir. Dondurarak kurutma yöntemi, donmuş gıdalardaki suyun süblimleşmesi ve dehidrasyonu yoluyla uzaklaştırıldığı bir işlemdir. Gıda endüstrisinde kullanılan kurutma teknikleri arasında, yüksek işlem maliyetine rağmen yüksek kalite özelliklerine sahip kurutulmuş ürünler elde edilmesinden dolayı tercih edilmektedir (Marques et al., 2009). Genellikle tokoferoller, karotenoidler ve fenolikler gibi ısıya duyarlı bileşenler içeren gıdaların kurutulması için kullanılan bu teknikle taze gıdalarla aynı özelliklere sahip ürünler elde edilmektedir. Böylece ürünlerin şekil, tat, görünüm, renk, doku ve gözenekli yapıları ile besin içerikleri korunarak depolanmaktadır (Shofian et al., 2011). Bununla birlikte, geleneksel kurutma yöntemleriyle kıyaslandığında dondurarak kurutma yöntemi düşük buhar basıncı gerektirdiğinden uzun kuruma süresi ve yüksek enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu durum işletim maliyetlerini arttırmakta ve kurutma süresinin uzun sürmesi nedeniyle gıdaların yapısında bulunan antioksidan bileşiklerin içeriklerinde azalmaya yol açmaktadır (Horszwald et al., 2013; Akyıldız vd., 2017).

Vakum kurutma yöntemi, alternatif bir kurutma metodu olup, özellikle meyve ve sebzelerde kullanılan önemli bir yöntemdir. Bu yöntemde vakum yardımı ile gıdalarda bulunan suyun daha düşük sıcaklıklarda atmosferik koşullar altında daha kolay buharlaşması sağlanmaktadır. Ayrıca, kurutma ortamında hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonlarını azaltarak ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini korumaktadır. Yapılan çalışmalarda, vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerde renk, tekstür ve aroma

gibi özelliklerin daha iyi korunduğu tespit edilmiş; geleneksel kurutma ile karşılaştırıldığında ürünlerin üstün kalite özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Jaya & Das, 2003; Zhong & Lima, 2003; Motevali et al., 2011).

Konveksiyonel havayla kurutma tekniği ise yüksek sıcaklık ve uzun süreli performans gerektiren gıdaların kurutulmasında kullanılan, kurutma süresinin uzun olmasına rağmen gıda endüstrisinde ekonomik olduğu için yaygın olarak uygulanan bir tekniktir. Konveksiyonel havayla kurutmada işlem kontrolünün kolaylıkla sağlanabilmesi, ekipman bakımı ve temizliğinin kolay olması bu sistemin tercih edilmesinde önemli etkenlerdir. Ancak, bu yöntemin kurutma sırasında üründe büzülmelerin ve şekil bozukluklarının meydana gelmesi gibi dezavantajlarda bulunmaktadır (Çağdaş vd., 2011; Karam et al., 2016). Bu nedenle kurutulmuş ürünlerde genel olarak düşük gözeneklilik ve düşük kalite görülmektedir.

Literatür araştırmaları sonucunda gıda endüstrisinde aronya meyvesinin kullanılması ve değerlendirilmesi amacıyla yapılan kurutma çalışmaları olmakla birlikte farklı yöntemlerle kurutulmuş aronya meyvesinden toz ürün eldesi ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır. Bu nedenle, yapılan bu çalışmanın amacı, farklı kurutma yöntemlerinin aronya meyvesinin fiziksel, kimyasal ve toz ürün özellikleri üzerindeki etkisini araştırmaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Kurutma denemelerinde kullanılan aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesi Bursa, İnegöl'de yerel bir satıcıdan temin edilmiştir. Meyveler, kurutma denemelerinde kullanılabilecek kadar fizyolojik ve kimyasal değişime uğramaması için -25°C'de muhafaza edilmiştir.

Kurutma işlemleri

Kurutma işleminde kullanılmak üzere hazırlanan aronya meyveleri tek plaka üzerine yayılarak dondurarak kurutma, vakum kurutma ve konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Dondurarak kurutma yönteminde meyveler, dondurucu ortam sıcaklığı -25°C ve raf sıcaklığı 50°C olmak üzere liyofilizatörde (Liyolife, 253.3.6/22/194, Manisa) kurutulmuştur. Vakum kurutma yönteminde meyveler, 10 psia basınç altında 65°C'de vakumlu etüvde (Nüve, Ev018, İstanbul) kurutulmuştur. Konvektif kurutma yönteminde ise meyveler, 1.5 m/s hava hızında 65°C'de laboratuvar ölçekli döner tepsili kabin kurutucuda (Weintek, 253.3.2/15/20210, Tayvan) kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma sistemlerinde kullanılan parametreler literatürde yapılan çalışmalar ve ön denemeler dikkate alınarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi belirli zaman aralıklarında örneklerdeki ağırlık kaybı ölçülerek meyvelerin ağırlığı sabit tartıma gelene kadar devam etmiştir. Kurutulan meyveler öğütücü (Sinbo, SCM-2934) kullanılarak öğütülmüş ve meyve tozları elde edilmiştir. Elde edilen tozlar cam kavanozlara konularak analizlere kadar desikatör içerisinde muhafaza edilmiştir.

Kurutulmuş örnekler üzerine uygulanan analizler

Toplam kuru madde tayini

Kurutulmuş olan örnekler yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılarak 65°C'de vakumlu etüvde (Nüve, Ev018, İstanbul) sabit tartıma ulaşınca bekletilmiş, akabinde desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır.

Toplam kül tayini

Kurutulmuş olan örnekler darası alınan krozelere yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılarak 550°C'de 5 saat yakılmış, sonrasında desikatörde soğutulup toplam kül miktarı belirlenmiştir (Rannou et al., 2015).

Su aktivitesi tayini

Örneklerin su aktivitesi değerleri 20±1°C sıcaklıkta Testo marka cihaz kullanılarak belirlenmiştir. Su aktivitesi değerindeki farklılığın 0.001'den az olduğu koşulda su aktivitesi değerleri kaydedilmiştir.

Renk tayini

Meyve dış yüzeyi ve toz ürünlerin renk değerleri Hunter-Lab Colorflex renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler CIE renk skalası kullanılarak altı paralel olacak şekilde yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır. Kroma ve Hue açısı değerleri aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır (Ersus et al., 2021).

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

$$\text{Kroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

Toplam fenolik madde miktarı tayini

Toplam fenolik madde miktarı Folin Ciocalteu reaktifi ile spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. 5 g örnek 50 mL %80'lik etanol ile homojenize edilmiş ve santrifüjlenerek ekstrakt elde edilmiştir. 0.5 mL ekstrakt üzerine 2.5 mL Folin Ciocalteu reaktifi (%10 h/h) eklenerek 4 dk boyunca karanlıkta inkübe edilmiş, daha sonra üzerine 2 mL Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Örnek tüpleri 50°C su banyosunda 5 dk bekletilip soğutulduktan sonra 760 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi amacıyla 10-50 mg/L aralığındaki gallik asit çözeltileri hazırlanıp aynı işlemler bu çözeltiler için de yapılarak gallik asit standart eğrisi çizilmiştir (Bilek, 2010). İşlemler aynı koşullarda üç kez tekrarlanmış, sonuçlar kuru madde üzerinden mg gallik asit eşdeğer/100 g olarak verilmiştir.

Toplam flavonoid miktarı tayini

Toplam flavonoid miktarı tayini Kim vd.'nin (2003) yöntemine göre yapılmıştır. 1 g örnek 50 mL %80'lik etanol ile homojenize edilmiş ve santrifüjlenerek ekstrakt elde edilmiştir. 1 mL ekstrakt üzerine 0.3 mL %5'lik NaNO₂ ilave edilmiş ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Sonrasında 0.3 mL %10'luk AlCl₃.6H₂O eklenerek 5 dakika daha karanlıkta bekletildikten sonra ekstrakt karışımı üzerine 2 mL 1 M NaOH eklenmiştir. Hemen ardından karışım 10 mL'lik balonjode saf su ile tamamlanarak örneklerin 510 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Standart eğriyi hazırlamak için etanolde çözdürülmüş 100-400 ppm aralığındaki kateşin çözeltileri kullanılmıştır. Aynı koşullarda işlemler üç kez tekrarlanmış, sonuçlar kuru madde üzerinden mg kateşin eşdeğer/100 g olarak ifade edilmiştir.

Toplam antosiyanin miktarı tayini

Toplam antosiyanin miktarı tayini pH diferansiyel yöntemine göre yapılmıştır. Bu yönteme göre pH değeri 1 olan 0.025 M KCl ve pH değeri 4.5 olan 0.4 M CH₃COONa çözeltileri hazırlanmıştır. Ekstraksiyon solventi olarak %96'lık etanol ve 1.5 N HCl kullanılmış, kimyasallar 85: 15 hacim/hacim oranında karıştırılmıştır. 1 g örnek 50 mL ekstraksiyon solventi ile homojenize edilmiş ve bir gece 4°C 'de bekletildikten sonra berrak çözelti elde edilinceye kadar santrifüj edilmiştir. Sonrasında elde edilen ekstrakttan 1 mL alınarak üzerine 9 mL pH değeri 1 ve 4.5 olan çözeltiler eklenmiştir. 20 dk karanlıkta bekletildikten sonra 528 nm ve 700 nm dalga boyunda çözeltilerin absorbans değerleri ölçülünerek toplam antosiyanin miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Sonuçlar kuru madde üzerinden mg siyanidin-3-glikozit eşdeğer/100 g olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

$$A \text{ (absorbans farkı)} = (A_{528} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{528} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

$$\text{Antosiyanin miktarı (mg siyanidin - 3 - glikozit/100 g)} = \frac{A \cdot Sf \cdot 1000 \cdot Mw}{\epsilon \cdot l} \quad (3)$$

Yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğunun belirlenmesi

Öğütülerek toz haline getirilmiş örneklerin yığın ve sıkıştırılmış yoğunluğu analizi Kaur vd.'nin (2015) yöntemine göre yapılmıştır. Toz ürünlerin yapışkanlık ve akabilirlik değerleri Carr İndeks (CI) ve Hausner Ratio (HR) değerlerine göre belirlenmiştir. CI ve HR değerlerinin hesaplanması için aşağıdaki

denklemler kullanılmıştır. Çizelge 1 ise sırasıyla Carr Endeksi ve Hausner Oranına göre toz ürünün akışkanlığının ve yapışkanlığının sınıflandırmasını göstermektedir.

$$CI = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış}} - \rho_{\text{yiğın}}}{\rho_{\text{yiğın}}} * 100 \quad (4)$$

$$HR = \frac{\rho_{\text{sıkıştırılmış}}}{\rho_{\text{yiğın}}} \quad (5)$$

Çizelge 1. CI ve HR'ye göre toz ürünün akışkanlığının ve yapışkanlığının sınıflandırılması (Jinapong ve ark., 2008)

Table 1. Classification of fluidity and adhesiveness of powder product according to CI and HR (Jinapong et al., 2008)

CI (%)	Akışkanlık	HR	Yapışkanlık
<15	Çok İyi	<1.2	Düşük
15 - 20	İyi	1.2 - 1.4	Orta
20 - 35	Orta	>1.4	Yüksek
35 - 40	Kötü		
>45	Çok Kötü		

Büzülme oranı

Büzülme, kurutma esnasında gıdanın yüzeyinde meydana gelen değişimin bir göstergesidir. Büzülme oranı (%), kurutma öncesi ve sonrası meyvelerin çaplarının bir kumpas yardımıyla ölçülmesiyle hesaplanmıştır. Meyvelerin büzülme oranlarının hesaplanması için aşağıdaki denklem kullanılmıştır (Aksoy, 2019).

$$\text{Büzülme Oranı (\%)} = \frac{\text{Kurutma öncesi çap} - \text{Kurutma sonrası çap}}{\text{Kurutma öncesi çap}} * 100 \quad (6)$$

İstatistiksel analiz

Tüm analizler üç tekerrür şeklinde yapılmıştır. Deneysel sonuçlar SPSS Statistics 25.0 programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD), Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %95 güven aralığında istatistiksel olarak test edilmiş, ortalama ve standart sapma olarak kaydedilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada kurutma işleminde kullanılan aronya meyveleri dondurarak kurutma, vakum kurutma ve konvektif kurutma olmak üzere üç farklı kurutma yöntemiyle kurutulmuştur. Taze ve farklı kurutma teknikleriyle kurutulmuş meyvelerin kimyasal içeriğini belirlemek için toplam kuru madde, kül, su aktivitesi analizleri yapılmış, meyvelerin büzülme oranları belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerine ait analiz sonuçları

Table 2. Analysis results of fresh and dried aronia fruits

	Toplam kuru madde (%)	Kül (g/100 g KM)	Su aktivitesi (aw)	Büzülme oranı (%)
Taze Aronya Meyvesi	22.69±0.5 ^d	5.42±0.1 ^a	0.996±0.01 ^a	
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	98.05±0.2 ^a	3.24±0.1 ^b	0.172±0.1 ^d	14.32±2.37 ^b
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	92.77±0.1 ^c	2.94±0.3 ^b	0.327±0.1 ^b	20.45±0.64 ^a
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	94.57±0.2 ^b	3.10±0.2 ^b	0.239±0.1 ^c	21.03±0.94 ^a

^{a-d} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P <0.05).

Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerinin fiziksel analiz sonuçlarına bakıldığında taze ve kurutulmuş meyvelerin nem içeriğinin kurutma yöntemlerine ve seçilen parametrelere büyük ölçüde bağlı olduğu tespit edilmiş, bu nedenle ürünlerin değişen su içeriğine bağlı olarak sonuçlar kuru madde (KM)

bazında hesaplanmıştır. Buna göre taze meyvenin toplam kuru madde içeriği %22.69±0.5 olarak bulunurken, dondurarak kurutulan aronya meyvesinin toplam kuru madde içeriği %98.05±0.2, vakum altında kurutulan aronya meyvesinin toplam kuru madde içeriği %92.77±0.1 ve konvektif kurutucuda kurutulan aronya meyvesinin toplam kuru madde içeriği %94.57±0.2 olarak tespit edilmiştir. Meyvelerin kül tayini ile saptanan mineral madde içeriği ise kuru madde bazında taze meyvede %5.42±0.1 olarak, kurutulmuş örneklerde ise sırasıyla %3.24±0.1, %2.94±0.3 ve %3.10±0.2 olarak belirlenmiştir. Taze ve kurutulan meyvelerin toplam kuru madde ve kül değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($P<0.05$).

Meyvelerin su aktivitesi değerleri incelendiğinde taze meyvede su aktivitesi değeri çok yüksek bulunmuş, kurutma işlemi uygulanan örneklerde ise değerler 0.6'nın altında olduğu için mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilmiş, uzun süre zarar görmeden muhafaza edilebileceği sonucuna varılmıştır. Uygulanan kurutma yöntemine bağlı olarak kurutulmuş meyvelerin su aktivitesi değerlerinin 0.172 ile 0.327 arasında değiştiği belirlenmiş, en düşük su aktivitesi dondurarak kurutma uygulanan aronya meyvesinde saptanmıştır ($P<0.05$). Samoticha et al. (2016) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş, en düşük su aktivitesi değeri dondurarak kurutma yönteminde (0.126) bulunurken, en yüksek su aktivitesi değeri vakum altında kurutulan meyvelerde (0.548) tespit edilmiştir.

Kurutulmuş meyvelerin büzülme oranları değerlendirildiğinde sıcaklığın artmasıyla birlikte büzülme oranının arttığı tespit edilmiş, dondurarak kurutulmuş örneklerin büzülme oranı, vakum altında ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin büzülme oranlarına göre daha düşük çıkmıştır. Aynı sıcaklıkta vakum altında ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin büzülme oranı ise birbirine yakın bulunmuştur. Bu sonuç dondurarak kurutma yönteminin meyvelerin yapısını ve şeklini daha iyi koruduğunu ortaya koymuştur ($P<0.05$).

Taze ve kurutma işlemi uygulanan meyvelerin kalitesini ve duyu özelliklerini belirlemek için yapılan renk analizinde, meyvelerin L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik), b^* (sarılık-mavilik), Hue açısı ve Kroma değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Ayrıca farklı yöntemlerle kurutulan aronya meyvesi ve tozlarının görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.

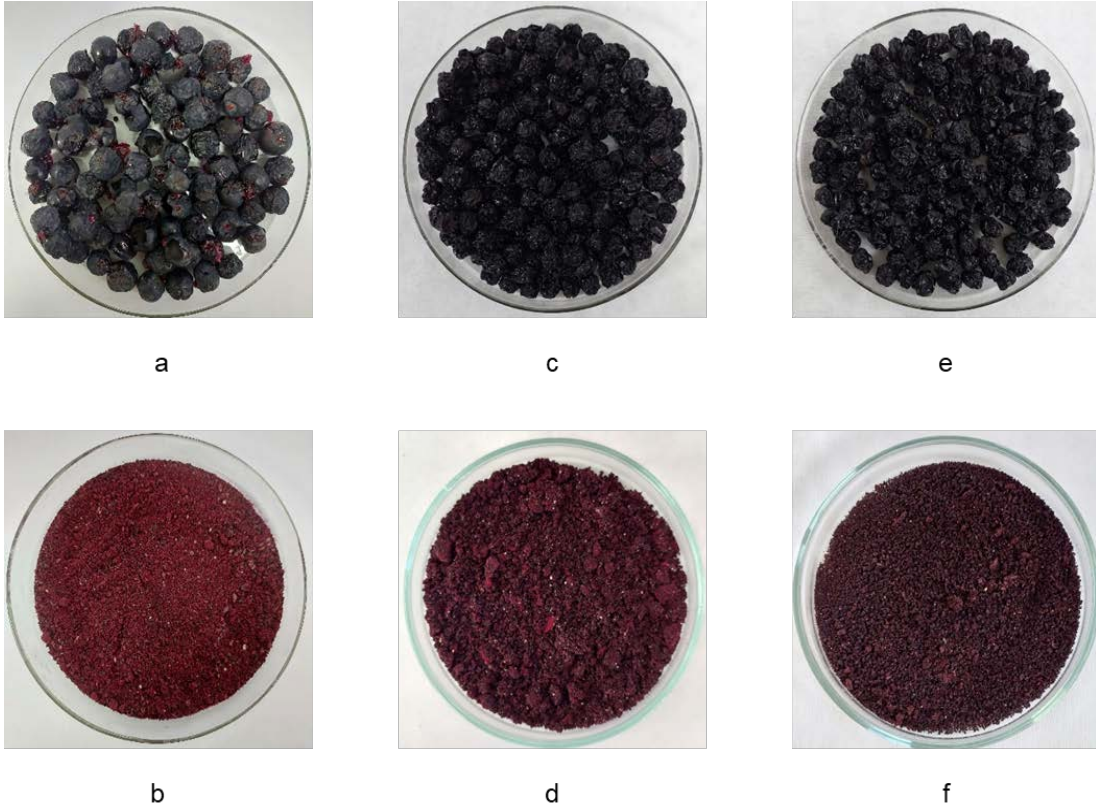
Meyvelerin renk analizi sonuçlarına bakıldığında en yüksek parlaklık (L^*) değeri dondurarak kurutma yönteminde (20.80±0.13) bulunmuş, en yüksek yüzdesel artış %33 olarak hesaplanmıştır. Meyvelerin a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) değerleri incelendiğinde ise en yüksek değerler dondurarak kurutulan meyvelerde (3.11±0.08 ve 3.78±0.08) tespit edilmiş, kırmızılık değerindeki en yüksek yüzdesel artış %76, sarılık değerindeki en yüksek yüzdesel artış %92 olarak hesaplanmıştır. Renk değerlerindeki bu farklılıklar, dondurarak kurutulan meyvelerin vakum altında ve konvektif kurutucu ile kurutulan meyvelere göre daha yüksek oranda kırmızılık ve sarılık içerdiğini göstermiştir. Meyvelerin Hue açısı ve Kroma değerlerine bakıldığında en yüksek Hue açısı (1.14±0.05) ve Kroma değeri (4.89±0.08) örneklerin kırmızılık ve sarılık değerlerine paralel olarak dondurarak kurutma yönteminde saptanmıştır. Aronya meyvelerinin renk değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 3. Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerine ait renk değerleri sonuçları

Table 3. Results of colour values of fresh and dried aronia fruits

	L^*	a^*	b^*	Hue Açısı	Kroma
Taze Aronya Meyvesi	13.87±0.07 ^d	0.72±0.13 ^c	0.30±0.11 ^d	0.04±0.03 ^c	0.78±0.15 ^d
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	20.80±0.13 ^a	3.11±0.08 ^a	3.78±0.08 ^a	1.14±0.05 ^a	4.89±0.08 ^a
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	15.18±0.13 ^c	2.85±0.09 ^b	1.54±0.16 ^c	0.09±0.04 ^c	3.24±0.09 ^c
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	17.69±0.05 ^b	2.93±0.09 ^b	2.56±0.31 ^b	0.54±0.21 ^b	3.90±0.20 ^b

^{a-d} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).



Şekil 1. Farklı yöntemlerle kurutulan aronya meyvesi ve tozları (a) dondurarak kurutulan aronya meyvesi; (b) dondurarak kurutulan aronya meyvesi tozu; (c) konvektif kurutucuda kurutulan aronya meyvesi; (d) konvektif kurutucuda kurutulan aronya meyvesi tozu; (e) vakum altında kurutulan aronya meyvesi; (f) vakum altında kurutulan aronya meyvesi tozu.

Figure 1. Aronia fruit and powders dried by different methods (a) freeze-dried aronia fruit; (b) freeze-dried aronia fruit powder; (c) aronia fruit dried in a tray dryer; (d) aronia fruit powder dried in a tray dryer; (e) aronia fruit dried under vacuum; (f) aronia fruit powder dried under vacuum.

Aronya (*Aronia melanocarpa*), çok zengin polifenol, flavonol ve antosiyanin kaynağı olarak bilinen bir meyvedir. Bu nedenle yapılan çalışmada taze ve kurutulmuş meyvelerdeki toplam fenolik, flavonoid ve antosiyanin içeriği belirlenmiştir, sonuçlar Çizelge 4'te gösterilmiştir. Çalışma bulgularına göre ham maddedeki toplam fenolik madde içeriği kuru madde bazında 8147.53 mg gallik asit eşdeğer/100 g, toplam flavonoid içeriği kuru madde bazında 7972.99 mg kateşin eşdeğer/100 g ve toplam antosiyanin içeriği kuru madde bazında 6695.15 mg siyanidin-3-glikozit eşdeğer/kg olarak bulgulanmıştır. Bu değerler, Horszwald et al. (2013), Oszmiański & Wojdyło (2005) ile Samoticha et al. (2016) tarafından bildirilen sonuçlara benzer bulunmuştur.

Uygulanan tüm kurutma yöntemleri sonucunda fenolik madde içeriğinde %28-60'lık bir azalma meydana gelmiş, bu da nihai içeriklerinin kuru madde bazında 3261.08-5875.74 mg gallik asit eşdeğer/100 g aralığında değiştiğini göstermiştir. Dondurarak kurutma yöntemi aronya meyvesindeki fenolik madde içeriğini en yüksek düzeyde korurken (%28'lik kayıp), vakum altında kurutma yöntemi en düşük düzeyde (%60'lık kayıp) korumuştur ($P < 0.05$). Bu sonuçlar Samoticha et al. (2016) tarafından bildirilen sonuçlara yakın bulunurken, Horszwald et al. (2013) tarafından bildirilen sonuçlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma işlemi sonucunda meyvelerdeki toplam flavonoid içeriği değerlendirildiğinde, kurutma işleminin büyük ölçüde flavonoidlerin bozulmasına yol açtığı ve bunun sonucunda flavonol içeriğinde %65-86'lık bir azalma meydana geldiği saptanmıştır. En yüksek toplam flavonoid içeriği kuru madde bazında 2822.90 mg kateşin eşdeğer/100 g bulunurken, en düşük toplam flavonoid içeriği kuru madde

bazında 1104.64 mg kateşin eşdeğer/100 g olarak ölçülmüştür. Kurutma tekniği, kuruma sıcaklığı ve kuruma süresine bağlı olarak meyvelerdeki toplam flavonoid içeriğinin önemli düzeyde değiştiği tespit edilmiş, kurutma tekniğinin flavonoid içeriği üzerinde güçlü bir etkisi olduğu görülmüştür ($P < 0.05$).

Farklı kurutma işlemleri uygulanan meyvelerin antosiyanin içerikleri incelendiğinde antosiyanin miktarlarında azalma olduğu tespit edilmiş, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içeriklerine benzer sonuçlar kaydedilmiştir. Sonuçlara göre meyvelerin antosiyanin içerikleri 4057.72-5811.79 mg siyanidin-3-glukozit eşdeğer/kg aralığında hesaplanmıştır. En yüksek antosiyanin madde içeriği dondurarak kurutma yönteminde tespit edilirken (%13'lük kayıp), en düşük antosiyanin içeriği vakum altında kurutulan meyvelerde tespit edilmiş ve meyvelerin antosiyanin içeriğinde %39'luk kayıp meydana gelmiştir. Kurutma yöntemleriyle birlikte, kuruma süresi ve kuruma sıcaklığının antosiyanin içeriğini etkilebileceği sonucuna ulaşılmıştır ($P < 0.05$). Yapılan çalışma sonuçları literatürdeki çalışmalar ile kıyaslandığında Horszwald et al. (2013) ve Samoticha et al. (2016) tarafından bildirilen sonuçlara göre yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4. Taze ve kurutulmuş aronya meyvelerine ait kimyasal analiz sonuçları

Table 4. Chemical analysis results of fresh and dried aronia fruits

	Toplam fenolik madde içeriği (mg gallik asit/100 g KM)	Toplam flavonoid içeriği (mg kateşin/100 g KM)	Toplam antosiyanin içeriği (mg siyanidin-3-glukozit/kg KM)
Taze Aronya Meyvesi	8147.53±27.15 ^a	7972.99±31.21 ^a	6695.15±35.33 ^a
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	5875.74±19.77 ^b	2822.90±8.73 ^b	5811.79±58.29 ^b
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	3261.08±20.90 ^d	1104.64±9.23 ^d	4057.72±24.79 ^d
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	4585.41±16.96 ^c	1670.99±9.05 ^c	5183.04±47.37 ^c

^{a-d}Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

Toz ürünlerin stabilitesi hakkında bilgi edinmek için yapılan yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu analizi öğütülen meyve tozlarına uygulanmış, bulgular Çizelge 5'te gösterilmiştir. Meyve tozlarının yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu özellikleri değerlendirildiğinde vakum altında kurutulan aronya meyvesi tozunun, diğer kurutma yöntemleriyle kurutulan aronya meyvesi tozlarına göre daha yüksek yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerine sahip olduğu bulunmuştur. En yüksek yığın yoğunluğu değeri 431.92±0.01 kg/m³, en düşük yığın yoğunluğu değeri 340.71±0.01 kg/m³ olarak ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri ise 517.49±0.01 kg/m³ ve 376.69±0.01 kg/m³ olarak belirlenmiştir ($P < 0.05$). Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde yüksek sıcaklık ve uzun kuruma sürelerinin gıda ürünlerinin büzülme oranını etkilediği için kütle yoğunluğunu arttırdığı ve daha fazla iç hücre tahribatına neden olduğu sonucu ulaşılmıştır (Yemmireddy et al., 2013). Bu ifade yığın yoğunluğu değerleri arasındaki farklılığı açıklamaktadır. Yemmireddy et al. (2013) yaptığı çalışmada en yüksek yığın yoğunluğu değerini sıcak basınçlı hava ile kurutulan örneklerde bulurken; Calín-Sánchez et al. (2014) yaptığı çalışmada ise en yüksek yığın yoğunluğu değerini konvektif kurutma yönteminde tespit etmiştir.

Toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık davranışlarının belirlenmesi için hesaplanan Carr Endeksi ve Hausner Oranı sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiş, dondurarak ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin çok iyi düzeyde akabilirlik ve düşük düzeyde yapışkanlık davranışı sergilediği belirlenmiştir. Vakum altında kurutulan örneklerin ise iyi düzeyde akabilirlik ve orta düzeyde yapışkanlık gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak toz ürünlerin akabilirlik değerleri 9.55±0.16 ile 16.54±0.09 aralığında bulunurken, yapışkanlık değerleri 1.11± 0.01 ile 1.20 ± 0.01 aralığında saptanmıştır ($P < 0.05$).

Çizelge 5. Kurutulmuş aronya meyvelerine ait yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, Carr Endeksi ve Hausner Oranı sonuçları

Table 5. Results of bulk density, compressed bulk density, Carr Index and Hausner Ratio of dried aronia fruits

	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Carr Endeksi (CI) (%)	Hausner Oranı (HR)
Dondurarak Kurutulan Aronya Meyvesi	340.71±0.01 ^b	376.69±0.01 ^c	9.55±0.16 ^c (Çok İyi)	1.11±0.01 ^c (Düşük)
Vakum Altında Kurutulan Aronya Meyvesi	431.92±0.01 ^a	517.49±0.01 ^a	16.54±0.09 ^a (İyi)	1.20±0.01 ^a (Orta)
Konvektif Kurutucuda Kurutulan Aronya Meyvesi	359.27±0.02 ^b	404.45±0.02 ^b	13.39±0.08 ^b (Çok İyi)	1.15±0.01 ^b (Düşük)

^{a-c} Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P <0.05).

SONUÇ

Farklı tekniklerle kurutulan aronya meyvelerinin fiziksel kimyasal ve toz ürün analiz sonuçları değerlendirildiğinde kurutulmuş örneklerin toplam kuru madde içeriklerinin %92-98 arasında, kül tayini ile belirlenen mineral içeriklerinin %2-3 arasında, kurutma sonrası büzülme oranlarının ise %14-21 arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. En yüksek parlaklık (L^*), kırmızılık-yeşillik (a^*) ve sarılık-mavilik (b^*) değerleri dondurarak kurutma yönteminde saptanmıştır. Uygulanan tüm kurutma yöntemleri sonucunda örneklerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve toplam antosiyanin içeriğinde azalma tespit edilmiş, taze meyveye en yakın değerler dondurarak kurutma yönteminde bulunmuştur. Örneklerin su aktivitesi değeri 0.6'nın altında olduğu için mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilmiş, dondurarak ve konvektif kurutucu ile kurutulan örneklerin çok iyi düzeyde akabilirlik ve düşük düzeyde yapışkanlık davranışı sergilediği için ambalajlama ve depolama gibi işlemlerde kolaylık sağlayabileceği düşünülmüştür. Sonuç olarak taze örneklerle en yakın besinsel değerler dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilmiş ve bu yöntemde meyvelerin büzülme oranı daha düşük olduğu için tazeye en yakın hacimsel boyutlarda ürün elde edilmesi mümkün olmuştur. Yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen son 5 yılda dondurarak meyve kurutulması ülkemizde oldukça yaygın hale gelmiştir, hali hazırda kurulu büyük kapasitede 7 farklı firma üretimlerini sürdürürken, 150 kg'lık taze ürün kapasiteli kurutucularda üretim yapan firmaların sayısı giderek artmaktadır.

TEŞEKKÜR

Araştırmamız kapsamında bize hammadde temini sağlayarak destek olan By Aronia Gıda Ltd. Şti.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aksoy, A., 2019. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kıymanın Kurutma Kinetiği, Mikroyapısı, Rengi Ve Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi, (Basılmamış) Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 115 s.
- Akyıldız, A., S. Polat & E. Ağçam, 2017. Konveksiyonel ve dondurarak kurutma yöntemlerinin karpuzun bazı kalite özelliklerine etkisi. *Gıda*, 42 (2): 169-176.
- Calín-Sánchez, A., A. Kharaghani, K. Lech, A. Figiel, A.A. Carbonell-Barrachina & E. Tsotsas, 2014. Drying kinetics and microstructural and sensory properties of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as Affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology*, 8: 63-74.
- Cemeroğlu, B., 2010. Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi: Ankara, 480 s.
- Çağdas, E., S. Kumcuğlu & Ş. Tavman, 2011. Mikroalga destekli vakum kurutma tekniği ve gıdaların kurutulmasında kullanımı. *Akademik Gıda*, 9 (1): 40-48.
- Denev, P., M. Číž, M. Kratchanova & D. Blazheva, 2019. Black chokeberry (*Aronia Melanocarpa*) polyphenols reveal different antioxidant, antimicrobial and neutrophil-modulating activities. *Food Chemistry*, 284: 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.108>

- Ersus Bilek, S., 2010. The effects of time, temperature, solvent: solid ratio and solvent composition on extraction of total phenolic compound from dried olive (*Olea europaea L.*) leaves. *Gıda/The Journal of Food*, 35: 411-416.
- Ersus, S., M. Çetiner., N. Hayatioğlu & A.Z. Hepçimen, 2021. Production of pomegranate snacks as affected by different pre-treatments. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 58 (1): 17-24. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.723460>
- Hao, M.L., N. Pan, Q.H. Zhang & X.H. Wang, 2015. Therapeutic efficacy of chlorogenic acid on cadmium-induced oxidative neuropathy in a murine model. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 9: 1887-94. <https://www.spandidos-publications.com/10.3892/etm.2015.2367>
- Horszwald, A., H. Julien & W. Andlauer, 2013. Characterisation of Aronia Powders Obtained by Different Drying Processes. *Food Chemistry*, 141 (3): 2858-2863. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.103>
- Jaya, S. & H. Das, 2003. A vacuum drying model for mango pulp. *Drying Technology*, 21: 1215-1234. <https://doi.org/10.1081/DRT-120023177>
- Jinapong, N., M. Suphantharika & P. Jamnong, 2008. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration. spray drying and fluidized bed agglomeratio. *Journal of Food Engineering*, 84: 194-205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>
- Karam, M.C., J. Petit, D. Zimmer, E.B. Djantou & J. Scher, 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: a review. *Journal of Food Engineering*, 188: 32-49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>
- Kaur, P., S.K. Singh, V. Garg, N. Gulati & Y. Vaidya, 2015. Optimization of spray drying process for formulation of solid dispersion containing polypeptide-k powder through quality by design approach. *Powder Technology*, 284: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.06.034>
- Kim, D.O., S.W. Jeong & C.Y. Lee, 2003. Antioxidant capacity of phenolic phyto chemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81 (3): 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)
- Marques, L.G., M.M. Prado & J.T. Freire, 2009. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 42 (7): 1232-1237. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.012>
- Motevali, A., S. Minaei & M.H. Khoshtagaza, 2011. Evaluation of energy consumption in different drying methods. *Energy Conversion and Management*, 52: 1192-1199. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.09.014>
- Rannou, C., D. Queveau, V. Beaumal, E. David-Briand, C. Le Borgne, A. Meynier, M. Anton, C. Prost, P. Schuck & C. Loisel, 2015. Effect of spray-drying and storage conditions on the physical and functional properties of standard and n3 enriched egg yolk powders. *Journal of Food Engineering*, 154: 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.002>
- Samoticha, J., A. Wojdyło & K. Lech, 2016. The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT-Food Science and Technology*, 66: 484-489. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.073>
- Scott, R.W. & R.M. Skirvin, 2007. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* Michx.): A semi-edible fruit with no pests. *Journal of the American Pomological Society*, 61 (3): 135.
- Shofian, N.M., A.A. Hamid, A. Osman, N. Saari , F. Anwar, M.S. Pak Dek & M.R. Hairuddin, 2011. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 12 (7): 4678-4692. <https://www.mdpi.com/1422-0067/12/7/4678>
- Skapska, S., K. Marszalek, L. Wozniak & Z. Katarzyna, 2017. Aronia dietary drinks fortified with selected herbal extracts preserved by thermal pasteurization and high pressure carbon dioxide. *LWT - Food Science and Technology*, 85: 423-426. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.001>
- Wolski, T., O. Kalisz, M. Prasał & A. Rolski. 2007. Black chokeberry- *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot- The rich source of antioxidants. *Post. Fitoter*, 3: 145-154. DOI: [10.1155/2018/9574587](https://doi.org/10.1155/2018/9574587)
- Yemmireddy, V.K., M.S. Chinnan, W.L. Kerr & Y.C. Hung, 2013. Effect of drying method on drying time and physico-chemical properties of dried rabbiteye blueberries. *LWT--Gıda Bilimi ve Teknolojisi*, 50: 739-745. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.011>
- Zhang, Y., Y. Zhao, X. Liu, X. Chen, C. Ding, L. Dong, J. Zhang, S. Sun, Q. Ding, S. Khatoon, Z. Cheng, W. Liu, L. Shen & F. Xiao, 2021. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as a new functional food relationship with health: an overview. *Journal of Future Foods*, 1-2: 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.01.006>
- Zhong, T. & M. Lima, 2003. The effect of ohmic heating on vacuum drying rate of sweet potato tissue. *Bioresource Technology*, 87: 215-220. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00253-5)