

PÜSKÜRTMELİ KURUTMA İŞLEMİNİN MEYVE SUYU KONSANTRELERİNİN FENOLİK MADDE İÇERİĞİNE VE ANTIOKSIDAN AKTİVİTESİNE ETKİSİ

Aslı Can Karaça*, Hakan Başkaya, Önder Güzel, M. Mehmet Ak

AROMSA A.Ş. Gebze Organize Sanayi Bölgesi, Gebze, Kocaeli

Geliş / Received: 11.08.2016; Kabul / Accepted: 29.01.2017; Online baskı / Published online: 15.02.2017

Karaça, A. C., Başkaya, H., Güzel, Ö., M. Mehmet Ak, M. M. (2017). Püskürtmeli kurutma işleminin meyve suyu konsantrelerinin fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktivitesine etkisi. *GIDA* (2017) 42 (3): 297-304 doi: 10.15237/gida.GD16085

Öz

Bu çalışmada dokuz çeşit meyve suyu konsantresi püskürtmeli kurutma (PK) tekniği ile toz haline dönüştürülerek işlemin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ahududu, armut, böğürtlen, çilek, elma, kayısı, kırmızı yaban mersini, portakal ve vişne suyu konsantrelerinin toplam fenolik madde (TFM) içeriği ve DPPH ile ABTS radikallerini yakalama aktivitesi kurutma öncesi ve sonrası ölçülmüştür. Vişne, çilek ve kırmızı yaban mersini tozları yüksek TFM içeriğine (19.2–30.1 mg GAE/g meyve k.m.) sahipken; armut ve elma tozlarının TFM içeriği ise düşük (3.3-4.7 mg GAE/g meyve k.m.) bulunmuştur. Uygulanan deneysel koşullar altında PK işlemi, meyve konsantrelerinin TFM içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Meyve tozlarının DPPH radikalini yakalama aktivitesi 9.2 ila 25.0 mg TE/g meyve k.m. arasında değişirken; ABTS radikalini yakalama aktivitesi ise 5.1 ila 18.4 mg TE/g meyve k.m. arasında değişmiştir. Genel olarak vişne, çilek ve kırmızı yaban mersini tozları yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Meyve suyu konsantreleri de TFM içeriği ve antioksidan aktivite açısından meyve tozlarına benzer eğilimler göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Püskürtmeli kurutma, meyve suyu konsantresi, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite.

EFFECT OF SPRAY DRYING ON PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FRUIT JUICE CONCENTRATES

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of spray drying on total phenolic content (TPC) and DPPH and ABTS radical scavenging activities of apple, apricot, blackberry, cranberry, orange, pear, raspberry, sour cherry and strawberry juice concentrates. Spray drying was not found to result in statistically significant changes in TPC and antioxidant activity of the concentrates under the experimental conditions applied in this study. Sour cherry, strawberry and cranberry powders had high TPC (19.2–30.1 mg GAE/g fruit d.m.) whereas pear powder had the lowest TPC followed by apple powder (3.3 and 4.7 mg GAE/g fruit d.m., respectively). DPPH radical scavenging activity of fruit powders changed between 9.2 and 25.0 mg TE/g fruit d.m. while their ABTS radical scavenging activity ranged between 5.1 and 18.4 mg TE/g fruit d.m. Sour cherry, strawberry and cranberry powders showed high antioxidant activity. Similar trends for TPC and antioxidant activity were also observed in the corresponding fruit concentrates.

Keywords: Spray drying, fruit juice concentrate, total phenolic content, antioxidant activity.

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ asli.cankaraca@aromsa.com.tr, © (+90) 262 326 1111, ☎ (+90) 262 751 1390

GİRİŞ

Meyve suyu konsantrelerinin toz hale dönüştürülmesi, uzun ticari raf ömrü, ambalaj ve taşıma avantajları ve daha önemlisi toz içecek ve puding karışımı gibi ürünlerde kullanım olanağı sağlamaktadır. Sıkça kullanılan kurutma teknikleri arasında güneş enerjisi ile kurutma, tepsili kurutma, akışkan yatakta kurutma, püskürtmeli kurutma (PK), osmotik kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma yer almaktadır. Meyve suyu konsantrelerini kurutmak için uygun tekniklerin başında PK gelmektedir zira elde edilen toz ürünü ilave bir işleme (örn., öğütme) gerek olmadan kullanmak mümkün olmaktadır. Püskürtmeli kurutmaya diğer tekniklerden ayıran önemli bir üstünlüğü ise işlem süresinin kısa olmasıdır. PK işleminde kurutulacak bulamaç (i.e., sulu çözelti, emülsiyon veya süspansiyon), bir atomizer vasıtasıyla sıcak hava ortamına damlacıklar halinde püskürtülür. Sıvının atomizasyonu, sıcak hava ile suyun uzaklaştırılması ve katı partiküllerin siklonda havadan ayrılması PK işleminin genel hatlarını oluşturmaktadır (1, 2). Damlacıkların çok küçük, dolayısıyla kurutma yüzeyinin çok büyük olması tüm sürecin saniyeler mertebesinde tamamlanmasına imkan vermektedir. Bu özelliği sayesinde PK işleminde, ürünün kalite özelliklerini önemli ölçüde korumak mümkün olmaktadır (3, 4). Ayrıca, PK işleminde ürün kalitesine genel olarak olumlu katkı yapan maltodekstrin, akasya gamı, modifiye nişasta, modifiye selüloz gibi çeşitli taşıyıcı malzemeler kullanılmaktadır (5).

Meyve ve sebzeler, fenolik maddeler, mineraller ve vitaminler gibi insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan bileşikler içerdiklerinden bazen fonksiyonel gıda olarak da nitelendirilmektedir (6-8). Meyve-sebze tüketiminin kalp hastalıkları, solunum yolu rahatsızlıkları, çeşitli kanser türleri ve diyabete yakalanma riskini azaltmada yardımcı olduğunu gösteren çalışmalar yayınlanmaktadır (9-12). Ülkemiz, coğrafi konumu, geniş tarımsal arazisi, toprak özellikleri ve iklim koşulları nedeniyle birçok tarımsal ürünün yetiştirilmesine imkan vermektedir (13, 14). Türkiye, meyve çeşidi yönünden oldukça zengindir ve birçok meyvenin üretiminde dünya ölçeğinde üst sıralarda yer almaktadır (15). Ülkemizde yetiştirilen meyvelerin önemli bir kısmı taze olarak tüketilmekte, bir kısmı dondurularak satılmakta, bir bölümü ise reçel,

marmelat, meyve suyu, konsantre ve püre gibi ürünlere işlenmektedir.

Konsantre, pulp, püre veya ekstrakt gibi farklı meyve ürünlerinin PK işlemi ile kurutulmasında proses parametrelerinin ve bulamaç kompozisyonunun optimize edilmesi çeşitli araştırmacılarca incelenmiştir (16-26). PK işlemi ile elde edilen meyve tozlarında nem içeriği, su aktivitesi, camısı geçiş sıcaklığı, yığın yoğunluğu, yığın açısı, ıslanabilirlik ve boyut gibi özellikler ölçülerek ürün karakterizasyonu yapılmaktadır. Kurutma işleminin meyvenin kalite özelliklerini ne derecede etkilediğini ortaya koyabilmek için ise toplam fenolik madde (4, 27, 28, 34, 36-38), antosiyanin (18, 28-30, 34, 37), karotenoid (31, 32) ve askorbik asit (31, 36) içeriği ile antioksidan aktivitesinin (27, 29, 30, 33, 35-37) değişimi sıkça ölçülen parametreler arasındadır. Bu çalışmanın amacı, PK işleminin ahududu, armut, böğürtlen, çilek, elma, kayısı, kırmızı yaban mersini, portakal ve vişne suyu konsantrelerinin TFM içeriği, DPPH ve ABTS radikallerini yakalama aktivitesi üzerine etkisini incelemektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada kullanılan ahududu, armut, böğürtlen, çilek, elma, kayısı, kırmızı yaban mersini, portakal ve vişne suyu konsantreleri (toplam çözünmüş madde içeriği 65 ± 5) yerli üreticilerden temin edilmiştir. Taşıyıcı malzeme olarak maltodekstrin DE12 ve akasya gamı karışımı (3:1) kullanılmıştır. Folin-Ciocalteu reaktifi, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radikali, 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radikali, Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid), sodyum karbonat ve gallik asit Sigma-Aldrich firmasından (Steinheim, Almanya) temin edilmiştir.

Püskürtmeli Kurutma İşlemi

Meyve suyu konsantresi, taşıyıcı malzeme ve distile su sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak bulamaç haline getirilmiştir. Tüm numuneler için bulamacın toplam çözünmüş madde içeriği ($40.0 \pm 1.0^\circ\text{Brix}$) ve sıcaklığı ($45 \pm 3^\circ\text{C}$) sabit tutulmuştur. PK işlemi 1 kg/saat su buharlaştırma kapasitesine sahip laboratuvar

ölçekli PK cihazı (B-290, BÜCHI, Flawil, İsviçre) ile tüm numuneler için aynı işlem koşulları altında gerçekleştirilmiştir. PK işleminin parametreleri (150°C hava giriş sıcaklığı; %30 pompa ayarı) belirlenirken grubumuzca gerçekleştirilen; vişne suyu konsantresinin PK işlemi ile kurutulduğu çalışmanın (26) sonuçları esas alınmıştır. Elde edilen toz ürün hava almayacak şekilde ambalajlanmış ve analiz edilene dek oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Nem İçeriği ve Su Aktivitesi

Meyve tozu numunelerinin nem içeriği gravimetrik yöntemle vakumlu etüvde (EV018, Nüve, Ankara, Türkiye) 70°C'de 24 saat süreyle kurutulmuş belirlenmiştir. Su aktivitesi ise AquaLab VSA (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, ABD) cihazı ile 25°C'de ölçülmüştür.

Toplam Fenolik Madde İçeriği

Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite ölçümleri öncesinde yaklaşık 1,5 g meyve tozu numunesi 100 mL suda çözündürülerek analize hazırlanmıştır.

Meyve suyu konsantresi ve meyve tozu numunelerinin TFM içeriği Folin-Ciocalteu metodu ile, Murugesan ve Orsat'ın çalışmasında (4) tarif edilen şekilde belirlenmiştir. Standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Spektrofotometre (DR5000, Hach Lange GmbH, Germany) ile 760 nm dalga boyunda absorbans değeri ölçülmüştür. Örneklerin TFM içeriği standart eğri kullanılarak belirlenip, sonuçlar miligram gallik asit eşdeğeri/gram meyve kuru maddesi (mg GAE/g meyve k.m.) şeklinde ifade edilmiştir.

Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Meyve suyu konsantresi ve meyve tozu numunelerinin antioksidan kapasitesi, DPPH ve ABTS radikallerini yakalama aktivitesi temel alınarak belirlenmiştir. DPPH radikalini yakalama aktivitesi Kumaran ve Karunakaran'ın (38) çalışmasında anlatılan şekilde belirlenmiştir. Standart olarak Trolox kullanılmıştır. Spektrofotometre'de 517 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. ABTS radikalini yakalama aktivitesi ise Miller ve Rice-Evans'ın (39) çalışmasında tarif edilen şekilde belirlenmiştir. Spektrofotometre ile 734 nm dalga boyunda

absorbans değeri ölçülmüştür. Standart olarak Trolox kullanılmıştır. Örneklerin DPPH ve ABTS radikallerini yakalama aktivitesi standart eğri kullanılarak belirlenmiş; sonuçlar miligram Trolox eşdeğeri/gram meyve kuru maddesi (mg TE/g meyve k.m.) şeklinde ifade edilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Tüm ölçümler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve ortalama \pm standart sapma şeklinde rapor edilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için, veriler SPSS yazılımı (sürüm 17.0, SPSS Inc. Chicago, IL, ABD) ile tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Numuneler arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Duncan testi kullanılmıştır ($P<0.05$).

SONUÇ ve TARTIŞMA

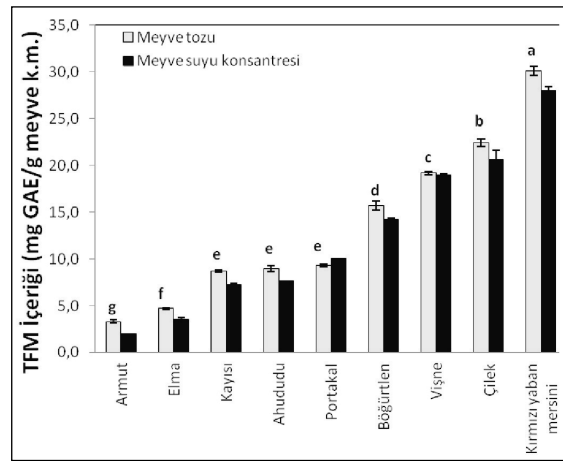
PK işlemi ile elde edilen meyve esaslı toz ürünlerde nem içeriği ve su aktivitesi kurutma işleminin performansını gösteren ve endüstriyel açıdan önem taşıyan parametrelerdir. Bu çalışmada elde edilen ürünlerin nem içeriği ve su aktivitesi sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir. İncelenen meyve tozlarının nem içeriği %0.8 ila %2.5; 25°C'deki su aktivitesi ise 0.15 ila 0.29 arasında değişmektedir. Bu sonuçlar, çalışmamızın deneysel koşulları altında üretilen meyve tozlarının, genel olarak bu tip ürünler için istenen nem spesifikasyonuna (<%5) uygun olduğunu göstermektedir (26). Benzer nem içeriği (<%4) ve su aktivitesi (<0.3) değerleri PK işlemi ile elde edilmiş açai tozu (18), karadut tozu (20) ve kuru üzüm tozu (40) numuneleri için de rapor edilmiştir.

Bu çalışmada incelenen meyve konsantrlerinin TFM içeriği üzerinde PK işleminin istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. PK işlemi ile elde edilen meyve tozlarının TFM içeriği 3.3 ila 30.1 mg GAE/g meyve k.m. arasında değişmiştir. Şekil 1'de görüleceği üzere, böğürtlen, vişne, çilek ve kırmızı yaban mersini tozları yüksek TFM içeriğine (15.7–30.1 mg GAE/g meyve k.m.) sahipken; kayısı, ahududu ve portakal tozlarının TFM içeriği 8.7 ila 9.3 mg GAE/g meyve k.m. arasında değişmiştir. İncelenen numuneler içerisinde armut ve elma tozlarının düşük TFM içeriğine (3.3 ve 4.7 mg GAE/g meyve k.m.) sahip olduğu görülmüştür. PK yöntemi ile meyve tozu eldesi üzerine yayımlanmış araştırmaların ortaya koyduğu bir

Çizelge 1. Püskürtmeli kurutma işlemi ile elde edilen meyve tozlarının nem içeriği ve su aktivitesi1.
Table 1. Moisture content and water activity of spray dried fruit powders.

Numune Sample	Nem içeriği Moisture content (%)	Su aktivitesi water activity
Vişne tozu Sour cherry powder	0.8±0.1	0.15±0.00
Çilek tozu Strawberry powder	2.1±0.3	0.20±0.00
Elma tozu Apple powder	2.5±0.2	0.21±0.01
Armut tozu Pear powder	1.3±0.2	0.15±0.00
Kayısı tozu Apricot powder	1.2±0.1	0.17±0.01
Ahududu tozu Raspberry powder	2.1±0.2	0.26±0.00
Portakal tozu Orange powder	1.5±0.1	0.26±0.01
Kırmızı yaban mersini tozu Red blueberry powder	1.7±0.2	0.29±0.01
Böğürtlen tozu Blackberry powder	1.7±0.1	0.23±0.00

¹ Veriler ortalama±standart sapma şeklinde gösterilmiştir (n = 3).
Mean±standard deviation (n= 3)



Şekil 1. Meyve suyu konsantrelerinin ve PK işlemi ile elde edilen meyve tozlarının toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/g meyve k.m.). Veriler ortalama ± standart sapma şeklinde gösterilmiştir (n = 3). Farklı harfler meyve tozu numuneleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıkları temsil etmektedir (P < 0.05).

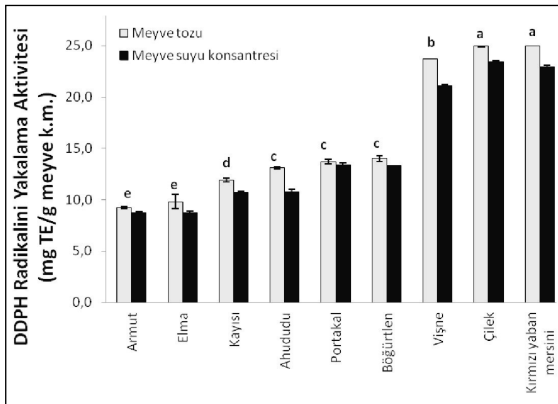
Figure 1. Total phenolic content of fruit juice concentrates and spray dried fruit powders (mg GAE/g fruit d.m.). Data represent the mean ± one standard deviation (n=3). Means in each bar followed by different letters were significantly different (P<0.05).

bulgu, işlem etkisinin kullanılan yardımcı maddelere göre değiştiğidir. Örneğin, Can Karaça ve diğerlerinin (26) vişne suyu konsantresini maltodekstrin ve akasya gamı kullanarak kuruttukları çalışmada, hava giriş sıcaklığı (130–150°C) ve bulamaç besleme hızının (%30–50 pompa ayarı) elde edilen toz ürünün TFM içeriği üzerinde etkili olmadığı; buna karşılık ürünün TFM içeriğinin kullanılan taşıyıcı malzeme türü ve meyve oranına göre değiştiği görülmüştür. Akasya gamı kullanılarak elde edilen vişne tozunun TFM içeriğinin maltodekstrin kullanılarak elde edilen vişne tozlarının TFM içeriğinden yüksek

olduğu bulunmuştur. Akkaya ve diğerlerinin (35) keçiyoynuzu pekmezini farklı dekstroz eşdeğerli (DE9, 15 ve 19) maltodekstrinler kullanarak kuruttukları çalışmada bu işlemin pekmezin TFM içeriğini olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür. PK işleminde giriş hava sıcaklığı olarak 160–210°C gibi yüksek sıcaklıklar kullanılsa da toz ürün sıcaklığının 75°C'nin üzerine çıkmaması sebebiyle ürün kalitesinin önemli ölçüde etkilenmediği ve besin öğelerinin korunduğu bildirilmiştir. Nunes ve diğerleri (41), yerba mate (*Ilex paraguariensis*) bitkisinin ekstraktını maltodekstrin kullanarak PK işlemi ile kuruttukları çalışmada fenolik maddelerin %87.5 oranında alıkondüğünü bildirmiş ve maltodekstrinin fenolik bileşenlerin enkapsülasyonunda koruyucu etkisi vurgulanmıştır. Tonon ve diğerleri (33) açai pulpunu maltodekstrin, akasya gamı ve tapyoka nişastası gibi farklı taşıyıcı malzemeler kullanarak kurutmuş ve ürünlerin çeşitli fizikokimyasal ve morfolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan açai pulpunun TFM içeriğinin PK işleminden ne ölçüde etkilendiği rapor edilmemiştir; ancak kullanılan taşıyıcı malzemenin ürünlerin TFM içeriğinde etkili olduğu görülmüştür. En yüksek TFM içeriği, akasya gamı ve maltodekstrin ile kurutulan üründe elde edilmiştir. Benzer şekilde, Murugesan ve Orsat (4) da mürver suyunu PK işlemi ile kuruttukları çalışmada, kullanılan taşıyıcı malzeme türünün elde edilen mürver tozunun TFM içeriği üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Genel olarak, akasya gamı kullanılarak elde edilen mürver tozlarının TFM içeriğinin soya proteini ve maltodekstrin gibi diğer taşıyıcı malzemelerle elde edilen numunelerin TFM içeriğinden daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Diğer yandan, PK işlemi ile elde

edilen açai tozlarının TFM içeriğinin (132–142 mg GAE/g meyve k.m.), dondurarak kurutma işlemine kıyasla (149 mg GAE/g meyve k.m.) düşük olduğu belirtilmiştir (33). Horszwald ve diğerlerinin (37) aroniya suyunu farklı tekniklerle kuruttukları çalışmada ise PK işlemi ve dondurarak kurutma işlemi ile elde edilen meyve tozlarının TFM içeriğinin benzer olduğu bulunmuştur. Çeşitli kurutma tekniklerinin kalite öğeleri üzerinde farklı etkiler yapması aslında uygulanan ısıl işlemin sıcaklık-süre kombinasyonunun bir sonucudur (42).

Çalışmamızda kullanılan deneysel koşullar altında PK işleminin meyve konsantrelerinin DPPH ve ABTS radikallerini yakalama aktivitesini etkilemediği görülmüştür. PK işlemi ile elde edilen meyve tozlarının DPPH radikalini yakalama aktivitesi 9.2 ila 25.0 mg TE/g meyve k.m. arasında değişmiştir. Şekil 2'de görüleceği üzere, vişne, çilek ve kırmızı yaban mersini tozlarının DPPH radikalini yakalama aktivitesinin yüksek (>23.7 mg TE/g meyve k.m.) olduğu belirlenmiştir. Kayısı, ahududu, portakal ve böğürtlen tozlarının DPPH radikalini yakalama aktivitesi 11.9 ila 14.0 mg TE/g meyve k.m. arasında değişirken; armut ve elma tozlarının DPPH radikalini yakalama aktivitesi



Şekil 2. Meyve suyu konsantrelerinin ve PK işlemi ile elde edilen meyve tozlarının DPPH radikalini yakalama aktivitesi (mg TE/g meyve k.m.). Veriler ortalama \pm standart sapma şeklinde gösterilmiştir (n = 3). Farklı harfler meyve tozu numuneleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıkları temsil etmektedir (P < 0.05).

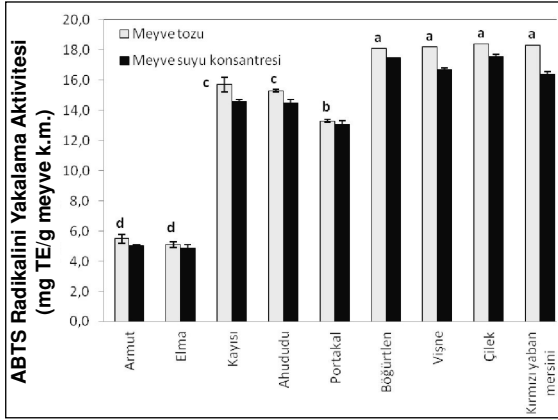
Figure 2. DPPH radical scavenging activity of fruit juice concentrates and spray dried fruit powders (mg TE/g fruit d.m.). Data represent the mean \pm one standard deviation (n=3). Means in each bar followed by different letters were significantly different (P<0.05).

diğer numunelere göre düşük bulunmuştur (~9.5 mg TE/g meyve k.m.).

Meyve tozlarının ABTS radikalini yakalama aktivitesi ise 5.1 ila 18.4 mg TE/g meyve k.m. arasında değişmiştir. Şekil 3'te görüleceği üzere, böğürtlen, vişne, çilek, kırmızı yaban mersini tozlarının ABTS radikalini yakalama aktivitesinin yüksek (18.1–18.4 mg TE/g meyve k.m.) olduğu belirlenmiştir. Portakal, ahududu ve kayısı tozlarının ABTS radikalini yakalama aktivitesi 13.3 ila 15.7 mg TE/g meyve k.m. arasında değişmiştir. Armut ve elma tozları ise, diğer numunelere kıyasla düşük antioksidan aktivite (~5.3 mg TE/g meyve k.m.) göstermiştir.

Çalışmamızda meyve konsantrelerinin antioksidan aktivitesi tıpkı TFM içeriğinde olduğu gibi, PK işleminden etkilenmemiştir. Nunes ve diğerleri (41), yerba mate bitkisinin ekstraktını maltodekstrin kullanarak PK işlemi ile kuruttuklarında elde edilen tozun DPPH radikalini yakalama aktivitesinin (23.0 μ g/mL) taşıyıcı malzeme kullanılmadan tek başına aynı koşullar altında kurutulan ekstraktın aktivitesinden (12.3 μ g/mL) yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Akkaya ve diğerleri (35) ise keçiyoynuzu pekmezini maltodekstrin kullanarak PK işlemi ile kuruttukları çalışmada pekmezin antioksidan aktivitesinin %80 oranında korunduğunu bildirmişlerdir. Açai suyunu maltodekstrin kullanarak kurutulduğu çalışmada, antioksidan aktivitenin yaklaşık %95 oranında korunduğu bildirilmiştir (43). Öte yandan, nar suyunu maltodekstrin kullanarak kurutan Horuz ve diğerleri (29), elde edilen nar tozunun antioksidan aktivitesinin %49–77 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Buna karşın bazı numunelerin antioksidan aktivitesinin nar suyunun antioksidan aktivitesinden (%62) yüksek olduğu rapor edilmiştir (29).

Meyve tozlarının TFM içeriği ve antioksidan aktivitesi arasında güçlü bir ilişki gözlenmiştir. TFM içeriğinin DPPH ve ABTS radikallerini yakalama aktiviteleri arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0.937 ve 0.781 olarak hesaplanmıştır. Çalışmamıza benzer şekilde, Gil ve diğerleri (44) nektarin, şeftali ve erikte; Gardner ve diğerleri (45) çeşitli meyve sularında; Thaipong ve diğerleri (46) ise guava meyvesinde



Şekil 3. Meyve suyu konsantrelerinin ve PK işlemi ile elde edilen meyve tozlarının ABTS radikalini yakalama aktivitesi (mg GAE/g meyve k.m.). Veriler ortalama \pm standart sapma şeklinde gösterilmiştir (n = 3). Farklı harfler meyve tozu numuneleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıkları temsil etmektedir (P < 0.05).

Figure 3. ABTS radical scavenging activity of fruit juice concentrates and spray dried fruit powders (mg TE/g fruit d.m.). Data represent the mean \pm one standard deviation (n=3). Means in each bar followed by different letters were significantly different (P<0.05).

TFM içeriği ile farklı radikallerle belirlenen antioksidan aktivite arasında yüksek korelasyon olduğunu rapor etmişlerdir. DPPH ve ABTS radikalini yakalama aktivitesi değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.739 olarak hesaplanmıştır. DPPH ve ABTS metotları arasında gözlenen farklar, kullanılan radikallerin çözünürlük ve stabilite farkları ve reaksiyon kinetiklerinin farklı olması ile açıklanmaktadır (47).

Sonuç olarak, çalışmamızda uygulanan koşullar altında, meyve suyu konsantrelerinin TFM içeriği ve antioksidan aktivitesi PK işleminden etkilenmemiştir. PK tekniğinde ürünün sıcak hava ile temas süresinin saniyeler düzeyinde olması antioksidan aktivitenin korunması açısından avantaj sağlamıştır. PK işleminin bu çalışmada incelenen 9 çeşit meyve suyu konsantresinin sağlık üzerinde faydalı etkileri olduğu bilinen antioksidan bileşenlerinin korunarak kurutulması için elverişli bir metot olduğu görülmüştür. Meyve tozlarının stabilitesi için kullanılan taşıyıcı malzemelerin TFM gibi kalite nitelikleri üzerinde koruyucu etki yapması endüstriyel açıdan önemli bir bulgudur. PK işleminin meyve tozlarında kalite niteliklerini koruyucu olması bu tozların gıdalarda daha yaygın kullanılmasını teşvik edecektir.

KAYNAKLAR

- Masters K. 1985. Spray Drying Handbook. Ch 1. Introduction. S. 1-18. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Sagar VR, Kumar SK. 2010. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. *J Food Sci Technol* 47: 15-26.
- Medeiros MFD, Souza JS, Alsina OLS, Rocha SCS. 2010. Drying of tropical fruit pulps: An alternative spouted-bed process. M. L. Passos ve C. P. Ribeiro (Ed.). In *Innovation in Food Engineering: New Techniques and Products*. CRC Press, Boca Raton, s: 361-388.
- Murugesan R, Orsat V. 2011. Spray drying of elderberry (*Sambucus nigra* L.) juice to maintain its phenolic content. *Drying Technol* 29: 1729-1740.
- Rocha SCS, Souza JS, Alsina OLS, Medeiros MFD. 2011. Drying of tropical fruit pulps: Spouted bed process optimization as a function of pulp composition. *Drying Technol* 29: 1587-1599.
- Yılmaz E. 2002. Turunçgil meyvelerinin insan sağlığına etkileri. *Gıda Müh Derg*, 6: 47-52.
- Pehlivan M, Güleriyüz M. 2004. Ahududu ve böğürtlenlerin insan sağlığı açısından önemi. *Bahçe*, 33: 51-57.
- Nizamlioğlu NM, Nas S. 2010. Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Gıda Teknoloji Elektrik Derg*, 5: 20-35.
- Liu RH. 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am Clin Nutr* 78: 517S-520S.
- Lin BH. 2004. Fruit and vegetable consumption - looking ahead to 2020. *USDA Agricultural Information Bulletin* 792: 1-4.
- Knai C, Pomerleau, J, Lock K, McKee M. 2006. Getting children to eat more fruit and vegetables: A systematic review. *Prev Med* 42: 85-95.
- Nantz MP, Rowe CA, Nieves Jr. C, Percival SS. 2006. Immunity and antioxidant capacity in humans is enhanced by consumption of a dried, encapsulated fruit and vegetable juice concentrate. *J Nutr* 136: 2606-2610.
- Akbay C, Candemir S, Orhan E. 2005. Türkiye'de yaş meyve ve sebze ürünleri üretim ve pazarlanması. *KSÜ Fen Müh Derg* 8: 96-107.

14. Gül M, Akpınar MG. 2006. Dünya ve Türkiye meyve üretimindeki gelişmelerin incelenmesi. *Akdeniz Üniv Ziraat Fak Derg* 19: 15-27.
15. FAO. 2016. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
16. Cano-Chauca, M, Stringheta PC, Sardagna LD, Cal-Vidal J. 2004. Mango juice dehydration spray drying using different carriers and functional characterization. Drying 2004 – Proceedings of the 14th International Drying Symposium, s: 2005-2012.
17. Chegini GR, Ghobadian B. 2007. Spray dryer parameters for fruit juice drying. *World J Agric Sci* 3: 230-236.
18. Tonon RV, Brabet C, Hubinger MD. 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *J Food Eng* 88: 411-418.
19. Moreira GEG, Costa MGM, de Souza ACR, de Brito ES, Medeiros MFD, de Azeredo HMC. 2009. Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. *LWT - Food Sci Tech* 42: 641-645.
20. Fazaeli M, Emam-Djomeh Z, Ashtari AK, Omid M. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food Bioprod Process* 90: 667-675.
21. Vardın H, Yaşar M. 2012. Optimisation of pomegranate (*Punica Granatum* L.) juice spray-drying as affected by temperature and maltodextrin content. *Int J Food Sci Tech* 47: 167-176.
22. Zareifard MR, Niakousari M, Shokrollahi Z and Javadian SA. 2012. Feasibility study on the drying of lime juice: The relationship between the key operating parameters of a small laboratory spray dryer and product quality. *Food Bioprocess Tech* 5: 1896-1906.
23. Bakar J, Ee SC, Muhammad K, Hashim DM, Adzahan N. 2013. Spray-drying optimization for red pitaya peel (*Hylocereus polyrhizus*). *Food Bioprocess Tech* 6: 1332-1342.
24. Borrmann D, Pierucci APTR, Leite SGF, Leão MHMR. 2013. Microencapsulation of passion fruit (*Passiflora*) juice with n-octenylsuccinate-derivatised starch using spray-drying. *Food Bioprod Process* 91: 23-27.
25. Patil V, Chauhan AK, Singh RP. 2014. Optimization of the spray-drying process for developing guava powder using response surface methodology. *Powder Technol* 253: 230-236.
26. Can Karaca A, Guzel O, Ak MM. 2016. Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *J Sci Food Agric* 96: 449-455.
27. Mishra P, Mishra S, Mahanta CL. 2014. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Embllica officinalis*) juice powder. *Food Bioprod Process* 92: 252-258.
28. Ferrari CC, Germer SPM, Alvim ID, Vissotto FZ, de Aguirr, JM. 2012. Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. *Int J Food Sci Tech* 47: 1237-1245.
29. Horuz E, Altan A, Maskan M. 2012. Spray drying and process optimization of unclarified pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Dry Technol* 30: 787-798.
30. Silva PI, Stringheta PC, Teófilo RF, de Oliveira IRN. 2013. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. *J Food Eng* 117: 538-544.
31. Santana AA, Kurozawa LE, de Oliveira RA, Park KJ. 2013. Influence of process conditions on the physicochemical properties of pequi powder produced by spray drying. *Dry Technol* 31: 825-836.
32. Quek SY, Chok NK, Swedlund P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chem Eng Process* 46: 386-392.
33. Tonon RV, Brabet C, Pallet D, Brat P. Hubinger MD. 2009. Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. *Int J Food Sci Tech* 44: 1950-1958.
34. Yousefi S, Emam-Djomeh Z, Mousavi SM. 2011. Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum* L.). *J Food Sci Tech* 48: 677-684.

35. Akkaya Z, Schröder J, Tavman S, Kumcuoglu S, Schuchmann HP, Gaukel V. 2012. Effects of spray drying on physical properties, total phenolic content and antioxidant activity of carob molasses. *Int J Food Eng* 8: 1-13.
36. Lee KH, Wu TY, Siow LF. 2013. Spray drying of red (*Hylocereus polyrbizus*) and white (*Hylocereus undatus*) dragon fruit juices: physicochemical and antioxidant properties of the powder. *Int J Food Sci Tech* 48: 2391-2399.
37. Horszwald A, Julien H, Andlauer W. 2013. Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chem* 141: 2858-2863.
38. Kumaran A, Karunakaran RJ. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chem* 97: 109-114.
39. Miller NJ, Rice-Evans CA. 1997. Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS.+ radical cation assay. *Free Radic Res* 26:195-199.
40. Papadakis SE, Gardeli C, Tzia C. 2006. Spray drying of raisin juice concentrate. *Dry Technol* 24: 173-180.
41. Nunes GL. 2015. Microencapsulation of freeze concentrated *Ilex paraguariensis* extract by spray drying. *J Food Eng* 151: 60-68.
42. Wojdylo A, Figiel A, Lech K, Nowicka P, Oszmianski J. 2014. Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food Bioprocess Technol* 7: 829-841.
43. Tonon RV, Brabet C, Hubinger MD. 2010. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Res Int* 43: 907-914.
44. Gil MI, Tomas-Barberan FA, Hess-Pierce B, Kader AA. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *J Agric Food Chem* 50: 4976-4982.
45. Gardner PT, White TAC, McPhail DB, Duthie GG. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chem* 68: 471-474.
46. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos, L, Byrne DH. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Comp Anal* 19: 669-675.
47. Çapanoğlu E, Beekwilder J, Boyacıoğlu D, De Vos RCH, Hall RD. 2010. The effect of industrial food processing on potentially health-beneficial tomato antioxidants. *Crit Rev Food Sci* 50: 919-930.