



## Farklı Kurutma Uygulamalarının Armut Meyvesinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

Gökçen İzli\*

Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 16330 Bursa, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### Araştırma Makalesi

Geliş 18 Ocak 2018  
Kabul 21 Mart 2018

#### Anahtar Kelimeler:

Armut  
Mikrodalga-sıcak hava  
Renk  
Toplam fenolik madde  
Antioksidan kapasite

#### \*Sorumlu Yazar:

E-mail: gokcen.izli@btu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada; mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu kurutma yönteminin küp ve halka şeklinde hazırlanan armut meyvelerinin renk parametreleri, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi değerleri üzerine etkileri tespit edilmiştir. Laboratuvar tipi mikrodalga-sıcak hava fırını kullanılarak gerçekleştirilen denemelerde iki farklı mikrodalga gücü (90W ve 160W) ve üç farklı kurutma sıcaklığı (55, 65 ve 75°C) uygulanmıştır. Tüm kurutma koşullarından elde edilen örneklerin renk değerleri istatistiksel açıdan önemli ölçüde farklı bulunmuştur. Uygulanan mikrodalga gücü ve kurutma sıcaklığının artması ile armut örneklerinin  $L^*$  (parlaklık) değerlerinde azalma,  $a^*$  (yeşillik(-)/kırmızılık(+)) değerinde ise artış meydana gelmiştir. Taze armut örneklerinin renk parametrelerine en yakın değerler halka şeklinde hazırlanıp 160W-55°C uygulaması ile kurutulan örneklerden ( $\Delta e=9,90$ ) elde edilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı (164,75 mg GA/100g K.M.) halka kesim şekli ve 160W-65°C uygulamasında belirlenirken, en yüksek antioksidan kapasite değeri taze örnekte (5,13  $\mu\text{mol}$  trolox/g K.M.) saptanmıştır. Bu çalışmada, uygulanan kurutma parametreleri ve kesim şeklinin ürün kalitesini doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Özellikle halka şeklinde kesilerek kurutulan armut örneklerinden hem renk değerleri hem de toplam fenolik madde miktarı açısından daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(4): 479-485, 2018

### Effects of Different Drying Applications on the Some Quality Characteristics of Pear Fruit

### ARTICLE INFO

#### Research Article

Received 18 January 2018  
Accepted 21 March 2018

#### Keywords:

Pear  
Microwave-hot air  
Color  
Total phenolic content  
Antioxidant capacity

#### \*Corresponding Author:

E-mail: gokcen.izli@btu.edu.tr

### ABSTRACT

In this study; the effects of microwave-hot air combined drying method on color parameters, total phenolic content and antioxidant capacity of pear fruit cut as cubes and rings were determined. In experiments using a laboratory microwave-hot air oven have been performed with two different microwave powers (90W and 160W) and three different drying temperatures (55, 65 ve 75°C). The color values of the samples obtained from all drying conditions were found to be in statistically significant different. A decrease in  $L^*$  (brightness) values and an increase in  $a^*$  (greenness(-)/redness(+)) values of pear samples were observed with an increasing microwave power and drying temperature. The closest values to the color parameters of fresh pears ( $\Delta e=9.90$ ) were obtained from the ring-shaped samples, dried by 160W-55°C application. While the highest total phenolic content (164.75 mg GA/100g of dry weight) were determined in the ring-cut form samples dried by 160W-65°C, the highest antioxidant capacity was determined in the fresh sample (5.13  $\mu\text{mol}$  trolox/g of dry weight). It was determined that the drying parameters and the cut types immediately affected the quality of the product. Especially, the better color values and total phenolic content results were obtained from the ring-shaped dried pear samples.

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i4.479-485.1800>

## Giriş

*Rosaceae* familyasına ait olan armut (*Pyrus communis* L.) bir sıcak ve ılıman iklim meyvesidir ve ana vatanı Asya bölgesidir (Amiripour ve ark., 2015). Armut; karakteristik tadı, gevrekliği, kendine has koku ve aroması ile yaygın olarak tüketilen yumuşak çekirdekli bir meyvedir. Dünyada 2014 yılı verilerine göre 1,574,446 ha'lık alanda 25,798,644 ton armut üretilmiştir. Çin 1,796,400 tonluk üretimi ile dünyada birinci sırada yer alırken bu ülkeyi sırasıyla Arjantin, İtalya, Amerika Birleşik Devletleri ve Türkiye izlemektedir. Türkiye 462,336 tonluk armut üretimi ile Dünya armut üretiminde beşinci sırada yer almaktadır (FAO, 2017). Marmara bölgesi ülkemizde armut yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı bölgelerin başında gelmektedir ve ülkemizde daha çok “Deveci” ve “Santa Maria” çeşitleri yetiştirilmektedir (Sakaldaş, 2014).

Vitamin ve mineral kaynağı olarak meyvelerin insan beslenmesinde önemli bir yeri olduğu bilinmektedir. Bu açıdan, en önemli meyvelerden biri olan armut, diyet lifi, vitamin C, B<sub>6</sub> vitamini, magnezyum ve potasyum açısından da oldukça zengindir (Lutovska ve ark., 2016). Ayrıca armut uçucu aromatik bileşikler, şeker ve organik asit bakımından da oldukça zengin bir meyvedir. Kabuklarında bol miktarda fenolik bileşikler bulunmaktadır. Bu antioksidanlar şeker hariç önemli seviyede serbest radikal tutucu olarak etkilidirler ve özellikle kalp damar hastalıkları, kanser ve kronik hastalıklarla mücadelede önemli rol oynarlar (Guiné ve ark., 2013).

Armutlar genelde taze olarak tüketilmekle birlikte, işlenmiş formda püre, reçel, meyve suyu, meyveli yoğurt, nektar ve kurutulmuş ürün olarak da tüketilmektedirler (Doymaz ve İsmail, 2012; Santos ve ark., 2014). Kurutulmuş armutlar; sos, komposto ve unlu mamullerin üretiminde yer almaktadırlar. Diyet lif içeriği açısından zengin olan armut meyvesi, düşük glisemik indekse sahip olduğu için (Asif, 2011) kan şekerini yavaşça yükseltip düşürür ve böylece kan şekeri dengesini sağlar. Bu nedenle şeker hastalığı olan kişiler, yaşlı ve bebekler için kullanılması uygundur (Amiripour ve ark., 2015). Armut yüksek nem içeriği nedeniyle raf ömrü kısa bir üründür ve hasat sonrası üründe meydana gelen enzimatik, mikrobiyolojik ve fizikokimyasal değişiklikler duysal ve besinsel kayıplara neden olabilir (Dotto ve ark., 2017).

Gıda ve kimya endüstrisinde en yaygın muhafaza işlemlerinden birisi olan kurutma, meyvelerin ve diğer tarımsal ürünlerin depolama sırasında uzun raf ömrüne sahip olabilmeleri için uygun bir hasat sonrası işlemidir. Kurutma işleminin ana amacı; minimum maliyet ve maksimum verimlikte istenen kalitede kurutulmuş ürünü elde etmektir. Meyvelerin ve sebzelerin kurutulmasında en popüler yöntem; düşük maliyetleri ve geniş kapasiteleri nedeniyle sıcak hava kurutma yöntemidir (Michalska ve ark., 2016). Ancak bu yöntem ürünlerde tat ve besin bileşiklerinde bozulmalara neden olmasının yanı sıra sıcaklık kaynaklı olumsuz renk değişikliklerine de neden olmaktadır (Calin-Sanchez ve ark., 2014). Kurutmada kullanılan bir diğer yöntem olan mikrodalga yöntemi ise; yüksek enerji verimliliği sağlayarak, ısı kayıplarını ve kurutma süresini oldukça azaltmaktadır. Ürünler üzerinde düzensiz kurutma alanlarının oluşması,

işletme maliyetlerinin yüksek olması ve ürün kalite kayıpları gibi olumsuz özellikler içermesi vb. olumsuzluklar bu yöntemin kullanım alanını sınırlandırmaktadır (Bhattacharya ve ark., 2015). Mikrodalga ve sıcak hava kurutma yöntemlerini birleştirerek aynı anda kullanmak; iki yöntemin olumsuz yönlerini azaltarak meyve ve sebzelerin kurutulmasında ürün kalitesini ve enerji verimliliğini arttıracak yeni bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır (Kumar ve ark., 2016).

Bu çalışmanın amacı küp ve halka şeklinde kesilerek hazırlanan armut örneklerinin mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu kurutma yöntemiyle kurutulması sonrasında taze ve kurutulmuş armut örnekleri arasındaki renk, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan özelliklerinin değişiminin karşılaştırılmasıdır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Denemelerde materyal olarak Bursa'da yer alan yerel bir marketten temin edilen “Deveci” çeşidi armutlar kullanılmıştır. Taze armut örnekleri, kurutma işlemleri uygulanıncaya kadar  $+4\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  koşullarında depolanmıştır. Kurutma denemelerine alınacak armut örnekleri; yıkama işlemi sonrası kabukları soyularak temizlenmiştir. Uygulanan ön işlemleri takiben, armut örnekleri  $8\pm 0,02$  mm kenar uzunluğunda küp şeklinde ve  $3\pm 0,07$  mm kalınlığında ve  $50\pm 0,09$  mm çapında halka şeklinde olmak üzere iki farklı formda hazırlanmıştır (Nicer Dicer, Çin). Örneklerin başlangıç nem içeriği, 5 gramlık numunelerin  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki fırında (ED115 Binder, Almanya) sabit ağırlığa gelinceye kurutulması sonucu %84,8 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan taze armut örneklerinin kurutma denemeleri,  $90\text{W}-55^{\circ}\text{C}$ ,  $90\text{W}-65^{\circ}\text{C}$ ,  $90\text{W}-75^{\circ}\text{C}$ ,  $160\text{W}-55^{\circ}\text{C}$ ,  $160\text{W}-65^{\circ}\text{C}$  ve  $160\text{W}-75^{\circ}\text{C}$  olmak üzere 6 farklı kombinasyon uygulaması ile Whirlpool AMW 545 model mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu fırını (İtalya) kullanılarak 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

### Renk Ölçümü

Küp ve halka şeklinde hazırlanan taze ve kurutulan armut örneklerinin renk ölçümleri HunterLab MSEZ-4500L model renk ölçüm cihazı (ABD) kullanılarak,  $L^*$  (parlaklık, 0-100),  $a^*$  (yeşillik(-)/kırmızılık(+), 0-60) ve  $b^*$  (mavilik(-)/sarılık(+)) 0-60) değerleri okunarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 10 kez tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalamaları alınmıştır. Renk ölçüm işlemini takiben;  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinden insanların renk algısına hitap eden kroma ( $C$ ) ve hue açısı ( $\alpha^{\circ}$ ) değerleri ile taze ürünlerin kurutma sırasındaki toplam renk değişimi eğilimi hakkında bilgi veren  $\Delta E$  değeri ve esmerleşme reaksiyonlarının ürün renginde meydana getirdiği değişimleri tanımlamada kullanılan esmerleşme indeksi ( $BI$ ) değeri de hesaplanmıştır.  $C$ ,  $\alpha^{\circ}$ ,  $\Delta E$  ve  $BI$  parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda belirtilmiştir (Vega-Gálvez ve ark., 2012; Polatçı ve Taşova, 2017). Eşitlikte kullanılan  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  ve  $b_0^*$  değerleri taze armut örneklerine ait ölçülen renk değerleridir.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$\alpha^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3)$$

$$BI = \frac{[100(x-0,31)]}{0,17} \quad x = \frac{(a^* + 1,75L^*)}{(5,645L^* + a^* - 3,012b^*)} \quad (4)$$

### Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Değeri

Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerinin ölçümü için taze ve kurutulmuş armut örneklerinin metanolik ekstraktları Türkmen ve ark. (2005) tarafından belirtilen yöntem kullanılarak hazırlanmıştır. Ekstraksiyon için; 1 g armut örneği 4,5 mL %80'lik metanol ile karıştırılıp, oda sıcaklığında 140 rpm'de 2 saat süre boyunca orbital çalkalayıcıda (Biosan OS-20, Letonya) çalkalanmış ve daha sonra tüp içeriği kayıpsız olarak 4°C'de 15,000 g'de 10 dak santrifüjlenmiştir (Sigma 3K30, Almanya). Süre sonunda santrifüj tüpünün üstündeki berrak kısım falcon tüplerine alınmış, alt kısım üzerine 4,5 mL %80'lik metanol ilave edilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır. İkinci santrifüjleme işlemi sonrası elde edilen üstteki berrak kısım ilk ekstraktla birleştirilmiş ve elde edilen ekstrakt 0,45 µm'lik PTFE membran şırınga ucu filtreden geçirilerek analizlerde kullanılmıştır.

Elde edilen metanolik ekstraktların toplam fenolik madde miktarı analizleri bazı değişiklikler yapılarak; Igual ve ark. (2012) çalışmasında olduğu gibi Folin Ciocalteu metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için, 0,25 mL ekstrakt üzerine 1,25 mL Folin Ciocalteu reaktifi (Sigma-Aldrich, Almanya) ve 15 mL saf su ilave edilmiş ve karışım 15 s vorteksleme (Wise Mix VM-10, Kore) işlemi sonucu 8 dak karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda karışım üzerine 3,75 mL %7,5'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi eklenerek saf su ile 25 mL'ye tamamlanan karışım karanlıkta 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonu takiben örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrik (Optizen 3220 UV, Kore) olarak 765 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Sonuçlar, hazırlanan gallik asit (GA) (Sigma-Aldrich, Almanya) kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak değerlendirilmiş ve mg GA/100g olarak kuru madde (K.M.) üzerinden hesaplanmıştır ( $y = 0,1363x - 0,0405$ ,  $R^2 = 0,9917$ ).

Armut örneklerinin antioksidan kapasite değerleri ise; DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikalini temizleme oranının belirlenmesi şeklinde Alotman ve ark. (2009) tarafından kullanılan yöntemde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 3,9 mL 25mM metanolde çözündürülmüş DPPH çözeltisi üzerine, belirli konsantrasyonlarda seyreltilerek hazırlanan örnek ekstraktlarından 0,1 mL ilave edilmiş, karışım 15-30 s vorteksledikten (Wise Mix VM-10, Kore) sonra 30 dak oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda tüp içeriğinin absorbans değerleri 515 nm'de ölçülmüştür (Optizen 3220 UV, Kore).

Elde edilen sonuçlardan antioksidan kapasite değerleri, hazırlanan troloks standart kurvesi yardımıyla "µmol troloks/100g" olarak kuru madde (K.M.) üzerinden belirlenmiştir ( $y = 3819,2x - 2,2778$ ,  $R^2 = 0,9866$ ).

### İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde JMP Statistical Discovery Software 7.0 paket programı (SAS Institute Inc., Cary, ABD) kullanılarak varyans analizi,  $\alpha = 0,95$  güven aralığında Asgari Önemli Farklılık (LSD) çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

#### Renk Değerleri

Kurutulmuş ürünlerin renk ve parlaklığı, tüketiciler tarafından beğenilirliğini etkileyen en önemli kalite özelliklerindedir. Farklı kurutma uygulamaları ve kesim şekli kullanılarak kurutulmuş armut örneklerinin renk parametreleri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$ ,  $\alpha^\circ$  ve  $\Delta e$  değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Genel olarak uygulanan tüm kurutma işlemleri sonucu taze ürüne göre kurutulmuş küp şeklindeki armut örneklerinin  $L^*$  ve  $\alpha^\circ$  değerlerinde azalma meydana gelirken,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $C$  değerlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Halka şeklinde kurutulmuş armut örneklerinde ise sadece  $a^*$  değerinde artış gözlemlenirken, diğer renk parametrelerinde taze örneğe göre azalma belirlenmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Taze armut örneklerinin renk doyunluğu ve renk tonunun bir ölçütü olan  $C$  ve  $\alpha^\circ$  değerleri ise sırasıyla 25,73 ve 89,88 olarak hesaplanmıştır. Taze ürüne en yakın  $C$  ve  $\alpha^\circ$  değerleri halka şeklinde kurutulmuş armut örneklerinde sırasıyla 160W-75°C ve 160W-55°C mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu uygulamasıyla kurutulmuş örneklerde gerçekleşmiştir.

Kurutulmuş armut örneklerinin toplam renk değişimini ifade eden  $\Delta e$  değerleri ise 9,90 ile 34,70 arasında bulunmuş olup, artan mikrodalga gücü ve sıcaklık uygulamaları ile  $\Delta e$  değerinde meydana gelen artışların istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0,05$ ) ölçüde farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 1). En düşük  $\Delta e$  değeri ise halka şeklinde 160W-55°C uygulaması ile kurutulmuş örneklerde belirlenmiştir.

Armut örneklerinin esmerleşme indeksi (BI) değerleri incelendiğinde, taze armut örneği en düşük BI değerine (35,30) sahipken, 160W-75°C mikrodalga gücü ve sıcaklığında küp şeklinde kurutulmuş armut örneği en yüksek BI değerine (108,41) sahiptir. Armutların BI değerleri, deneylerde uygulanan üç farklı kurutma sıcaklığı açısından birbirleriyle karşılaştırıldıklarında, 75°C sıcaklık kombinasyonları ile kurutulmuş armut örneklerinin daha yüksek BI değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Armut örneklerinin kurutulması sonucu meydana gelen renk değişimlerinin; ısı işlem uygulaması ile pigmentlerin bozulması ve enzimatik ya da enzimatik olmayan (Maillard) esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Kammoun Bejar ve ark., 2011). Vadivambal ve Jayas (2007); kurutma işleminin esmerleşme reaksiyonlarının göstergesi olan  $a^*$  değerinde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Yapılan bir çalışmada;

iki farklı mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu yöntemi ile kurutulan altın çilek meyvesinde artan sıcaklık ile esmerleşme değerinin arttığı bildirilmiştir (İzli ve ark., 2014). Sacilik ve Elicin (2006) yapmış oldukları sıcak havayla kurutma çalışmalarında ise; artan sıcaklıklarla kurutmuş oldukları ürünler üzerinde esmerleşme değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Funebo ve Ohlsson (1998) ve Orsat ve ark. (2007) ise yapmış oldukları mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutma çalışmalarında uyguladıkları mikrodalga güç seviyeleri arttıkça denemiş oldukları ürünler üzerinde esmerleşme değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Elde edilen sonuçlardan artan mikrodalga güç seviyesi ve sıcaklık ile birlikte armut örneklerinin parlaklık değerlerindeki azalma ve kırmızılık değerlerindeki artış ile birlikte esmerleşme değerlerinin arttığı saptanmıştır.

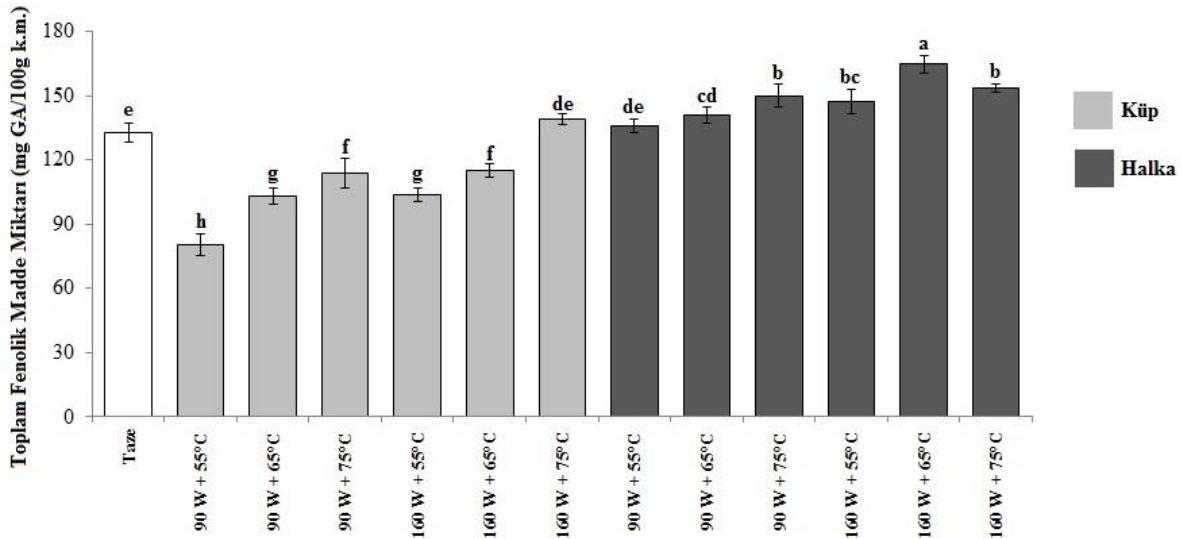
Bununla birlikte yapılan çalışmalarda, uzun kurutma süreleri ve yüksek sıcaklıkların pigmentlerin daha çok bozulmasına ve gıdaların renklerinin daha çok değişmesine neden olduğu bildirilmektedir (DeMan, 1999). Uygulanan iki farklı kesim şeklinde en az renk kaybı halka şeklinde kurutulan örneklerde gözlemlenirken, armut örneklerinin küp ve dilim şeklinde kesim uygulamasına tabi tutulmaları, ürünlerin kuruma sürelerini farklı şekillerde etkilemiştir. İnce dilim kalınlığı ve geniş yüzey alanına sahip halka şeklinde kurutulan armut örneklerinin kuruma süreleri küp şeklindeki kurutulan örneklerle göre daha kısadır. Örnek kalınlığı daha fazla ve yüzey alanı daha küçük olan küp şeklinde kurutulan örneklerde suyun ürün yüzeyinden daha yavaş buharlaşması sonucu, bu kesim şekline sahip örneklerde kurutma işlemi daha uzun sürede tamamlanmıştır.

Çizelge 1 Mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan armut örneklerinin renk değerleri  
Table 1 Color values of cube and ring shaped pear samples dried by microwave-hot air combined method

Uygulamalar	Renk parametreleri							
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha^\circ$	$\Delta e$	$BI$	
K	Taze Örnek	84,80±0,43 <sup>a</sup>	0,07±0,03 <sup>1</sup>	25,73±0,40 <sup>f</sup>	25,73±0,40 <sup>f</sup>	89,88±0,08 <sup>a</sup>	-	35,30±0,69 <sup>j</sup>
	90W+55°C	65,47±0,32 <sup>g</sup>	7,93±0,04 <sup>e</sup>	32,12±0,16 <sup>b</sup>	33,09±0,17 <sup>b</sup>	76,16±0,03 <sup>de</sup>	21,82±0,22 <sup>f</sup>	74,30±0,09 <sup>d</sup>
	90W+65°C	61,00±1,30 <sup>h</sup>	8,43±0,62 <sup>cde</sup>	30,71±1,53 <sup>c</sup>	31,85±1,63 <sup>c</sup>	74,69±0,44 <sup>ef</sup>	25,77±0,87 <sup>e</sup>	77,95±3,63 <sup>c</sup>
	90W+75°C	53,49±0,41 <sup>k</sup>	9,11±0,01 <sup>bc</sup>	28,97±0,14 <sup>d</sup>	30,37±0,13 <sup>d</sup>	72,59±0,07 <sup>gh</sup>	32,75±0,38 <sup>b</sup>	87,64±0,42 <sup>b</sup>
	160W+55°C	59,58±0,37 <sup>i</sup>	8,65±0,01 <sup>bcd</sup>	29,35±0,10 <sup>d</sup>	30,60±0,09 <sup>d</sup>	73,61±0,08 <sup>fg</sup>	26,89±0,33 <sup>d</sup>	76,52±0,37 <sup>c</sup>
	160W+65°C	58,33±0,81 <sup>j</sup>	9,31±0,10 <sup>b</sup>	32,18±0,31 <sup>b</sup>	33,50±0,33 <sup>b</sup>	73,91±0,05 <sup>fg</sup>	28,77±0,65 <sup>c</sup>	88,80±0,55 <sup>b</sup>
	160W+75°C	52,56±1,26 <sup>k</sup>	10,38±1,11 <sup>a</sup>	33,20±0,64 <sup>a</sup>	34,79±0,94 <sup>a</sup>	72,70±1,42 <sup>gh</sup>	34,70±0,69 <sup>a</sup>	108,41±0,57 <sup>a</sup>
H	90W+55°C	77,38±1,98 <sup>b</sup>	3,81±0,09 <sup>h</sup>	18,52±1,29 <sup>j</sup>	18,91±1,27 <sup>i</sup>	78,37±0,88 <sup>bc</sup>	11,17±0,87 <sup>j</sup>	36,14±2,10 <sup>ij</sup>
	90W+65°C	75,16±0,40 <sup>c</sup>	4,97±1,22 <sup>g</sup>	21,24±0,23 <sup>i</sup>	21,84±0,33 <sup>h</sup>	76,91±3,13 <sup>cd</sup>	11,75±0,72 <sup>j</sup>	37,46±1,37 <sup>hi</sup>
	90W+75°C	69,04±0,30 <sup>e</sup>	6,98±0,12 <sup>f</sup>	27,65±0,31 <sup>e</sup>	28,51±0,33 <sup>e</sup>	75,88±0,08 <sup>de</sup>	17,32±0,21 <sup>h</sup>	57,49±0,60 <sup>e</sup>
	160W+55°C	76,58±0,34 <sup>b</sup>	4,53±0,14 <sup>g</sup>	22,53±0,67 <sup>h</sup>	22,98±0,68 <sup>g</sup>	78,67±0,23 <sup>b</sup>	9,90±0,38 <sup>k</sup>	38,52±1,32 <sup>h</sup>
	160W+65°C	72,15±0,86 <sup>d</sup>	6,50±0,73 <sup>f</sup>	22,29±0,95 <sup>h</sup>	23,24±0,71 <sup>g</sup>	73,73±2,37 <sup>fg</sup>	14,62±1,29 <sup>i</sup>	42,94±0,50 <sup>g</sup>
	160W+75°C	67,72±0,88 <sup>f</sup>	8,10±0,09 <sup>de</sup>	24,00±0,02 <sup>g</sup>	25,33±0,03 <sup>f</sup>	71,38±0,20 <sup>h</sup>	18,96±0,75 <sup>g</sup>	51,79±0,72 <sup>f</sup>

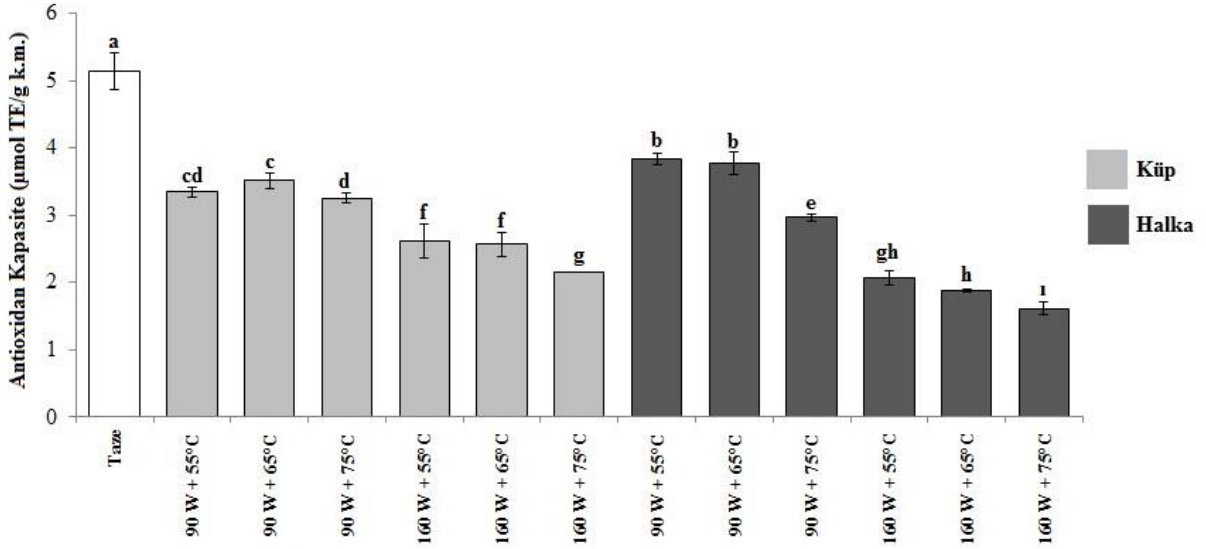
K: Küp, H: Halka, <sup>a-k</sup>: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir ( $P \leq 0,05$ ).

K: Cube, H: Ring, a-k: Means superscript with different alphabets in the same column differ significantly ( $P \leq 0,05$ ).



Şekil 1 Mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan armut örneklerinin toplam fenolik madde miktarları (mg GA/100g K.M.) (a-i: Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir ( $P \leq 0,05$ )).

Figure 1 Total phenolic content of cube and ring shaped pear samples dried by microwave-hot air combined method (mg GA/100g of dry weight) (a-i: Bars that display different letters are shown as significantly different ( $P \leq 0,05$ ))



Şekil 2 Mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan armut örneklerinin antioksidan kapasite değerleri (µmol troloks/100g K.M.) (a-ı: Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir ( $P \leq 0,05$ )).

Figure 2 Antioxidant capacity of cube and ring shaped pear samples dried by microwave-hot air combined method (µmol trolox/g of dry weight) (a-i: Bars that display different letters are shown as significantly different ( $P \leq 0,05$ )).

#### Toplam Fenolik Madde Miktarı

Taze ve farklı kurutma uygulamaları ile kurutulan örneklerin toplam fenolik madde miktarları Şekil 1’de verilmiştir. Taze armut örneğinin toplam fenolik madde miktarı 132,80 mg GA/100g K.M. olarak bulunmuştur. Kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde miktarı, uygulanan kurutma yöntemi ve kesim şekline göre istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermiştir ( $P \leq 0,05$ ). En yüksek değer 164,75 mg GA/100g K.M. (halka) ile 160W-65°C uygulamasında belirlenirken, en düşük toplam fenolik madde miktarı 80,34 mg GA/100g K.M. (küp) ile 90W-55°C uygulamasında belirlenmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Halka şeklinde kurutulan örneklerin toplam fenolik madde sonuçları küp şeklinde kurutulan armut örneklerinden daha başarılı bulunmuştur. Diğer taraftan küp şeklinde kurutmaya tabi tutulan örneklerin fenolik madde içerikleri 160W-75°C uygulaması hariç, taze armut örneğine göre azalma göstermiştir ( $P \leq 0,05$ ). Halka şeklindeki armut örneklerinin ise toplam fenolik madde içerikleri taze ürüne göre artış göstermiştir. Kesim şekline bağlı olarak örneklerin kurutma sürelerinin farklılık göstermesinin bu sonuçların elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar; kuruma süresinin uzamasına bağlı olarak kurutulan ürünlerin toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan kapasite değerlerinde düşüşlerin meydana geldiğini bildirmiştir (Kwok ve ark., 2004; Wojdylo ve ark., 2009; Vega-Gálvez ve ark., 2012).

Bununla birlikte halka kesim şekline sahip armut örneklerinde, uygulanan kurutma işlemi ile hücre duvarı matrisinde meydana gelen bozulma sonucu hücre duvarında bağlı halde bulunan fenolik bileşiklerin serbest hale geçmesi ve/veya Maillard reaksiyonu sonucu yeni fenolik bileşiklerin oluşumu ile toplam fenolik madde miktarında artış meydana geldiği düşünülmektedir (Chang ve ark., 2006; Sultana ve ark., 2012). Kurutma işleminin

fenolik bileşikler üzerine etkisinin incelendiği farklı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar; kurutma işleminin toplam fenolik madde içeriğinde azalma meydana getirdiğini (Zanoelo ve ark., 2006), bazıları önemli değişmelerin belirlenmediğini (Dewanto ve ark., 2002), bazıları ise artma gözlemlendiğini bildirmiştir (Sultana ve ark., 2012; Carranza-Concha ve ark., 2012). Çünkü uygulanan ısı işlem sonucunda bazı fenolik bileşiklerde kayıplar meydana gelirken, bazıları ise serbest hale geçebilmektedir. Bu nedenle farklı ürünler üzerinde kurutma işleminin toplam fenolik madde içeriği üzerinde aynı etki göstermediği söylenebilir.

#### Antioksidan Kapasite

Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu kurutma yöntemiyle kurutulan armut örneklerinin antioksidan kapasite değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Beklenildiği gibi en yüksek antioksidan kapasite taze örnekte elde edilmiştir (5,13 µmol troloks/g K.M.) ve bu değer uygulanan tüm kurutma şartlarından elde edilen değerlerden istatistiksel açıdan önemli ölçüde farklıdır ( $P \leq 0,05$ ). Uygulanan farklı kurutma uygulamaları arasında en fazla kayıp halka şeklinde ve 160W-75°C (1,61 µmol troloks/g K.M.) kombinasyonunda, en az kayıp ise halka şeklinde ve 90W-55°C (3,84 µmol troloks/g K.M.) uygulamasında gerçekleşmiştir. Kurutma işlemi sonucu antioksidan kapasite değerinin düştüğü birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Wojdylo ve ark., 2009; Sultana ve ark., 2012; Santos ve ark., 2014).

Fenolik bileşikler, meyve ve sebzelerin antioksidan aktivitelerine katkıda bulunan başlıca önemli bileşikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim yapılan bazı araştırmalarda toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasitesi arasında pozitif yönde bir ilişki bulunduğu bildirilmiştir (Inchuen ve ark., 2008; Sultana ve ark., 2012). Armut örneklerinin toplam fenolik madde

miktarı ve antioksidan kapasite değerleri arasında pozitif yönde ancak düşük düzeyde ( $R^2=0.113$ ) bir ilişki belirlenmiştir. Bu durumun, kurutma işlemi sırasında antioksidan bileşikler ya da diğer bileşikler arasında meydana gelebilecek antagonistik ya da sinerjik etkilerin sonucu olduğu düşünülmektedir (Di Scala ve ark. 2011).

## Sonuç

Bu çalışmada, iki farklı mikrodalga güç seviyesi (90W ve 160 W) ve üç farklı kurutma sıcaklığı (55°C, 65°C ve 75°C) kullanılarak uygulanan mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu kurutma yönteminin küp ve halka şeklinde dilimlenmiş armut örneklerinin renk, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite değerleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Tüm deneylerde kurutulmuş armut örneklerinin  $L^*$  değerlerinde azalma meydana gelirken,  $a^*$  değerleri artmıştır. Taze örneklerin renk değerlerine en yakın değerler 160W-55°C ( $\Delta e=9,90$ ) kurutma uygulamasında belirlenmiştir. Kurutulmuş armut örneklerinde, en yüksek toplam fenolik madde miktarı halka şeklinde kesilen ve 160W-65°C uygulaması ile kurutulmuş örneklerde belirlenirken, en yüksek antioksidan kapasite ise taze örnekte saptanmıştır. Bu durumun, kurutma işleminin antioksidan özellikteki gıda bileşenleri üzerinde farklı derecelerde olumsuz etki oluşturmamasından kaynaklanabileceği ve bununla birlikte kurutma işleminin armut meyvesinde fenolik bileşiklerin serbest hale geçmesi ve/veya Maillard reaksiyonu sonucu yeni fenolik bileşiklerin oluşmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

Alothman M, Bhat R, Karim AA. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia extracted with different solvents. *Food Chem*, 115 (3): 785-788.

Amiripour M, Habibi-Najafi MB, Mohebbi M, Emadi B. 2015. Optimization of osmo-vacuum drying of pear (*Pyrus communis* L.) using response surface methodology. *J. Food Meas Charact*, 9(3): 269-280.

Asif M. 2011. The role of fruits, vegetables, and spices in diabetes. *Int J Nutr Pharmacol Neurol Dis*, 1(1): 27-35.

Bhattacharya M, Srivastav PP, Mishra HN. 2015. Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *J Food Sci Tech*, 52(4): 2013-2022.

Calin-Sanchez A, Figiel A, Wojdyło A, Szarycz M, Carbonell-Barrachina AA. 2014. Drying of garlic slices using convective pre-drying and vacuum-microwave finishing drying: kinetics, energy consumption, and quality studies. *Food Bioprocess Tech*, 7(2): 398-408.

Carranza-Concha J, Benlloch M, Camacho MM, Martínez-Navarrete N. 2012. Effects of drying and pretreatment on the nutritional and functional quality of raisins. *Food Bioprod Process*, 90(2): 243-248.

DeMan JM 1999. Principles of Food Chemistry. Aspen Publication, New York, 520s.

Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agr Food Chem*, 50(10): 3010-3014.

Di Scala K, Vega-Gálvez A, Uribe E, Oyanadel R, Miranda M, Veragara J, Quispe I. 2011. Changes of quality characteristics of pepino fruit (*Solanum muricatum* Ait) during convective drying. *Int J Food Sci Tech*, 46(4): 746-753.

Dotto GL, Souza TB, Simões MR, Morejon CF, Moreira, MFP. 2017. Diffusive-convective model considering the shrinkage applied for drying of pears (*pyrus spp.*). *J Food Process Eng*, 40:e12503.

Doymaz İ, İsmail O. 2012. Experimental characterization and modelling of drying of pear slices. *Food Sci Biotechnol*, 21(5): 1377-1381.

FAO (Food and Agricultural Organization Statistica Database) 2017. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim: 26.10.2017).

Funebo T, Ohlsson T. 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *J Food Eng*, 38: 353-367.

Guiné RPF, Barroca MJ, Silva V 2013. Mass transfer properties of pears for different drying methods. *Int J Food Prop*, 16(2): 251-262.

Igual M, García-Martínez E, Martín-Esparza ME, Martínez-Navarrete N. 2012. Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Res Int*, 47(2): 284-290.

Inchuen S, Narkrugsa W, Pornchaloempong P, Chanasinchana P, Swing T. 2008. Microwave and hot-air drying of Thai red curry paste. *Mj Int J Sci Tech*, 1: 38-49.

İzli N, Yıldız G, Ünal H, Işık E, Uylaşer V. 2014. Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *Int J Food Sci Technol*, 49:9-17.

Kammoun Bejar A, Kechaou N, Boudhrioua Mihoubi N. 2011. Effect of microwave treatment on physical and functional properties of orange (*Citrus Sinensis*) peel and leaves. *J Food Process Technol*, 2: 109-116.

Kumar C, Joardder MUH, Farrell TW, Karim MA. 2016. Multiphase porous media model for intermittent microwave convective drying (IMCD) of food. *Int J Therm Sci*, 104: 304-314.

Kwok BHL, Hu C, Durance T, Kitts DD. 2004. Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt). *J Food Sci*, 69: 122-126.

Lutovska M, Mitrevski V, Pavkov I, Mijakovski V, Radojčin M. 2016. Mathematical modelling of thin layer drying of pear. *Chem Ind Chem Eng*, 22 (2): 191-199.

Michalska A, Wojdyło A, Lech K, Łysiak GP, Figiel A. 2016. Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food Chem*, 207: 223-232.

Orsat V, Yang W, Changrue V, Raghavan GSV. 2007. Microwave-assisted drying of biomaterials. *Food Bioprod Process*, 85: 255-263.

Polatçı H, Taşova M. 2017. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma yönteminin alıç (*Crataegusspp.* L.) meyvesinin kuruma karakteristikleri ve renk değerleri üzerine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(10): 1130-1135.

Sacilik K, Elicin AK. 2006. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *J Food Eng*, 73: 281-289.

Sakaldaş M. 2014. Çanakkale yöresinde yetiştirilen “Deveci” armut çeşidinde hasat sonrası 1-methylcyclopropane uygulamalarının depolama süresince kaliteye olan etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU Journal of Agriculture Faculty)*, 2(1): 109-116.

Santos SC, Guiné RP, Barros A. 2014. Effect of drying temperatures on the phenolic composition and antioxidant activity of pears of Rocha variety (*Pyrus communis* L.). *J Food Meas Charact*, 8(2): 105-112.

- Sultana B, Anwar F, Ashraf M, Saari N. 2012. Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *J Med Plants Res*, 6(1): 161-167.
- Türkmen N, Sari F, Velioglu S. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem*, 93(4): 713-718.
- Vadivambal R, Jayas DS. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products – A review. *Biosyst Eng*, 98: 1-16.
- Vega-Gálvez A, Ah-Hen K, Chacana M, Vergara J, Martínez-Monzó J, García-Segovia P, Lemus-Mondaca R, Di Scala K. 2012. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics antioxidant capacity total phenolic content colour texture and microstructure of apple (var. *Granny Smith*) slices. *Food Chem*, 132(1): 51-59.
- Wojdylo A, Figiel A, Oszmianski J. 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *J Agric Food Chem*, 57(4): 1337-1343.
- Zanoelo EF, Cardozo-Filho L, Cardozo-Junior EL. 2006. Superheated steam drying of mate leaves and effect of drying conditions on the phenol content. *J Food Process Eng*, 29(3): 253-268