

Portakal Kabuğunun Farklı Yöntemlerle Kurutulması ve Bazı Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesiGülce Bedis KAYNARCA^{1*}, Buket AŞKIN¹

ÖZET: Çalışmamızda, farklı sıcaklıklarda fırın kurutma ve farklı güçlerde mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulmuş portakal kabuklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla örnekler 45-65°C hava sıcaklığı aralığında, 1 m/s hava akış hızına sahip tepsili fırın kurutucuda 330 dakika süresince ve mikrodalga da kesikli olarak 400-700W güç aralığında eşit nem oranı elde edilene kadar kurutulmuşlardır. Örneklerin kuruma değerleri, renk değişimi ve rehidrasyon kapasitesi (RK) belirlenmiştir. Fırın kurutulmuş örneklerde en yüksek RK 45°C’de kurutulan örnekler için 300. dakikada elde edilirken, en kısa sürede en iyi RK değerini gösteren örnek 65°C’de kurutma ile 210. dakikada elde edilmiştir. Mikrodalga kurutmada ise en iyi RK değerinin 400W ile kurutulan örneklere ait olduğu belirlenmiştir. Renk ölçümleri albedo (iç) ve flavedo (dış) tabakaları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Her iki kurutma metodu ve her iki tabaka için, örneklerin L* ve b* değerlerinde önemli seviyede azalma belirlenmiştir. Çalışmamızda ayrıca, taze ve kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde miktarı (TFM) ve toplam karotenoid miktarları da (TKM) belirlenmiştir. TFM değerlerinde meydana gelen değişim için, kurutma işleminde uygulanan sıcaklık ve mikrodalga gücü etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. 45°C ve 55°C’de kurutulan portakal kabuklarının TFM değerlerinde önemli olmamakla (P>0.05) birlikte artış gözlenmiş (67.83 mg GA/100g, 62.85 mg GA/100g), kurutma sıcaklığının 65°C’ye çıkmasıyla ise TFM değeri önemli miktarda azalmıştır (P<0.05, 40.44 mg GA/100g). Kurutma işlemleri süresince TKM değerlerinde ise tüm örnekler için azalma meydana gelmiş ve en az TKM kaybı 400W güç uygulamasıyla mikrodalga kurutulan örnekler için gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Rehidrasyon, Renk Değişimi, Kurutma, Portakal Kabuğu, Toplam Karotenoid.

Drying of Orange Peel with Different Methods and Investigation of Its Some Technological Properties

ABSTRACT: In our study, some physical and chemical properties of dried orange peels were compared with oven drying at different temperatures and microwave drying at different power. For this purpose, samples were dried in a tray oven dryer with an air flow rate of 1 m/s at a temperature range of 45-65°C for 330 min. and intermittently in the microwave at 400-700W power range for same moisture ratio. Drying values, color changes and rehydration capacities (RC) of all samples were determined. The highest RC was determined for the samples dried at at 45 ° C in the 300th minute for oven dried samples, while the sample showing the best RC value in the shortest time was obtained in the 210th minute with drying at 65°C. In microwave drying, the best RC value was determined for the samples dried with 400W. Color measurements were evaluated for both albedo (inner) and flavedo (outer) layers. For both drying methods and both layers, a significant decrease in L* and b* values of the samples was determined. In addition, total phenolic content (TFM) and total carotenoid content (TKM) of fresh and dried samples were determined. It has been determined that the effect of temperature and microwave power applied in the drying process is important for the change in TFM values. An insignificant increase was observed in TFM values for the dried orange peels at 45 ° C (67.83 mg GA / 100g) and 55 ° C (62.85 mg GA / 100g). TFM values was significantly decreased (P < 0.05, 40.44 mg GA / 100g) when the drying temperature increased to 65 ° C. In TKM values, there were decreasing for all samples during drying processes and the highest loss of it was observed for microwave-dried samples with 400W power application.

Key words: Rehydration, Color Changes, Drying, Orange Peel, Total carotenoid

¹ Gülce Bedis KAYNARCA (Orcid ID: 0000-0001-7896-457X), Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye

² Buket AŞKIN (Orcid ID: 0000-0001-6327-0946 Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kırklareli, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Gülce Bedis KAYNARCA, e-mail: b.gulcebedis@klu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 10-02-2020

Kabul tarihi / Accepted: 15-06-2020

GİRİŞ

Türkiye’de ve dünyada en çok yetiştirilen ve tüketilen turunçgillerden biri portakaldır. Ülkemizde 2018 yılında Washington ve Yafa çeşitleri başta olmak üzere toplam 1 904 000 kg portakal hasat edilmiştir (TUİK, 2019). Dünya çapındaki mevcut yıllık narenciye üretimi ise son 5 yılda iki katına çıkmıştır. Günümüzde ise 100 milyon tonun üzerinde narenciye üretildiği tahmin edilmektedir (Allaf ve ark., 2013). Portakal (*Citrus sinensis* (L.)), dünyada en yaygın olarak yetiştirilen bir ağaç meyvesidir (Pandharipande ve Makode, 2012). Başta portakal suyu olmak üzere birçok ürünün üretiminde yaygın olarak kullanılıp işlenmektedir. Diğer turunçgiller gibi portakal da farklı ürünlere işlenirken çok fazla miktarda kabuk açığa çıkmaktadır. Evlerde bile insanlar portakalın kabuğunu tüketmedikleri için posa ve suyunu alıp kabukları çevreye atık olarak atmaktadırlar (Fakayode ve Abobi, 2018). Portakal suyunun verimi meyve ağırlığının yaklaşık yarısına tekabül ettiğinden, yılda çok büyük bir miktarda portakal yan ürün atığı ortaya çıkmaktadır (Hashmi ve ark., 2012).

Kurutulmuş portakal kabuğu, meyve suyu endüstrisi atıklarının değerlendirilmesinde önemli bir alternatif teşkil etmektedir. Son zamanlarda ticari olarak üretilmekte olan kurutulmuş portakal kabuğu, aroma ve/veya renk verici madde olarak her türlü tatlılarda, et, çorba, pilav, makarna ve sebze yemeklerinde, pasta ve sütlü tatlılarda kullanılmaktadır. Ayrıca reçel üretiminde, uçucu yağ eldesinde ve çeşitli bitki çayı karışımlarında da kullanılabilir (Yaman, 2012).

Literatürde, turunçgil ve portakalın kuruma karakteristiklerini konu alan çalışmalara çokça rastlanmıştır (Silva ve ark., 2011; Ponkham ve ark., 2012; Manjarres-Pinzon ve ark., 2013; Erdem ve ark., 2014; Kodal ve Aksu, 2017; Sankalpa ve ark., 2018). Sankalpa ve ark., (2018) 3 farklı kurutma yöntemiyle (güneş tüneli kurutma, sıcak hava kurutma ve nemi alınmış hava kurutma) portakal kabuğunu kurutmuş ve kinetik olarak değerlendirmiştir. Talens ve ark. (2016) portakal kabuğunun mikrodalga kurutmuşlar ve termodinamik modellenmesini yapmışlardır. Tasirin ve ark. (2014) turunçgil kabuklarının kurutma kinetiğini çalışmış ve inert materyallerin akışkan yatak kurutucudaki etkilerini ortaya koymuştur. Chen ve ark. (2011) ise turunçgil kabuklarının kurutulmasında sıcaklığın flavanoid, fenolik ve antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Erdem ve ark., (2014) mikrodalga kurutma ile 180, 360, 540, 720 ve 900W güç uygulayarak portakal kabuklarının kuruma hızı ve kuruma özelliklerini karşılaştırmışlardır. Manjarres-Pinzon ve ark., (2013) ise 35-55°C sıcaklıklarda hava ile kurutma (2-3 m/s) yöntemini tercih etmişlerdir. Ayrıca, son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar ise kurutulmuş portakal kabuklarının hayvan beslenmesinde değerlendirmesini konu almıştır (Alzawqari ve ark., 2016; Aletzadeh ve ark., 2016; Abbas ve ark., 2015; Erdem ve ark., 2014).

Literatürde kurutma tiplerinin ürünlerin teknolojik özellikleri üzerine etkilerinin pek çalışılmadığı görülmüştür. Bu bağlamda çalışmamızda portakal kabuklarının kuruma karakteristiklerinin belirlenmesinin ardından örneklerin bazı teknolojik özellikleri üzerine kurutma yöntemlerinin olumlu veya olumsuz etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda çalışmamız ile hangi kurutma yönteminin gıda artığı olan portakal kabuğu için teknolojik açıdan daha uygun olduğu belirlenerek bu atığın kıymetlendirilmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada kullanılan portakallar taze, aynı olgunluk derecesine sahip olmasına dikkat edilerek Kırklareli ilinde bulunan yerel bir marketten satın alınmıştır. Numuneler, fizyolojik ve kimyasal değişimlere uğramamaları için deneylerden önce +4°C’de depolanmış ve kurutma işleminden önce soğuk hava deposundan çıkarılmıştır. Portakal kabukları el ile soyulmuş ve bıçak yardımıyla aynı kalınlıkta (1 cm × 1cm boyutunda) kesilmiştir.

Kurutma Yöntemleri

Fırın kurutucu ile kurutma

Sıcak hava kabin cihazı ile yapılan ön kurutma deneylerinde 45°C, 55°C ve 65°C olmak üzere üç farklı sıcaklık derecesi belirlenmiştir. Bu amaçla Kırklareli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında bulunan tepsili kurutucu (Atacama Pro F77000) kullanılmıştır. Numuneler kabin içerisine plastik tepsiler üzerine eşit miktar ve aralıklarda yerleştirilmiştir. Tüm sıcaklıklar için toplam kurutma süresi 330 dakika olup, her 30 dakikada bir numune alınarak numunelerin nem kayıpları belirlenmiştir (M'hiri ve ark. 2015).

Mikrodalga ile kurutma

Mikrodalga yöntemiyle kurutma için bir ön çalışma yapılmış ve uygulanacak güç ve yöntemler ön deneme sonuçlarına göre belirlenmiştir. Bu aşamada sürekli mikrodalga enerjisine maruz bırakılan portakal kabuğu örneklerinde kısa süre içerisinde yanmalar görüldüğü için mikrodalga ile kurutma işlemi kesikli olarak yapılmıştır. Her mikrodalga çıkış gücü için farklı kurutma süreleri belirlenmiş olup, kuruma performansları kaydedilmiştir.

Deneyler 400W, 560W ve 700W olmak üzere üç farklı çıkış gücü ile gerçekleştirilmiş ve güç seviyelerinde ayrı ayrı yapılmıştır.

Yine tüm denemelerde kurutma işlemi kesikli olarak gerçekleştirilmiş ve ön denemelerde elde edilen sonuçlar ışığında uygulama süreleri tespit edilmiştir. Böylece, 400W güç için 5 dakika mikrodalga uygulamasının ardından 3 dakika güç durdurulmuş ve toplam 45 dakika kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Diğer muamele grubu olan 560W güç için 2 dakika uygulama süresinin ardından 2 dakika güç durdurulmuş ve toplam 30 dakika kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Son grup olan 700W için ise 1 dakika uygulama süresinin ardından 2 dakika güç durdurulmuş ve toplam 28 dakika kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga fırının her bir kapalı bekleme süresi içinde nem değerleri belirlenmiştir.

Nem Analizi

Kurutma işleminden önce ve kurutma boyunca örneklerin % nem değerleri AOAC 20.013 metodu ile belirlenmiştir (Horwitz 1980).

Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi

Rehidrasyon kapasitesi (RK), kuru materyalin rehidrasyon sonunda kazandığı su miktarının, kuruma sırasında kaybedilmiş olan su miktarına oranıdır. Kurutulmuş bir materyalin rehidrasyon kapasitesi ona uygulanan kurutma koşullarını yansıtan bir değerdir. Kurutulmuş materyal rehidrasyon sonucunda, kururken kaybettiği kadar su kazanırsa RK değeri 1.0'a eşittir ve RK değeri 1.0'a ne kadar yakınsa kurutma koşulları veya ürün kalitesi o kadar iyi olmaktadır (Cemeroğlu 2009). RK değeri Eşitlik 1' de verildiği gibi hesaplanmıştır.

Analiz için ağırlığı belirlenen kurutulmuş portakal kabuğu üzerine 24°C'deki damıtık sudan 100 ml eklenmiş ve 20 °C'de su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda örnekler filtre kâğıdı üzerinde bekletilerek dış kısımlarındaki (absorbe edilmeyen) nem uzaklaştırılmış ve tartım işlemi yapılmıştır. Analiz 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2009; Erbay, 2009; Karataş, 2014).

$$RK = (m_2t - m_1t) / m_1t \quad (1)$$

m_1 : Kurutmanın t anında örneğin ağırlığı, g.

m_2 : Rehidrasyonun t anında örneğin ağırlığı, g.

t: Süre, dakika.

Renk Ölçümü

Turunçgil kabukları; albedo ve flavedo adı verilen iki tabakadan oluşur. Flavedo, en dıştaki, renkli olan sarıdan turuncuya kadar değişen dış tabakadır. Albedo ise beyaz kısım olup, hücreler arası boşluklardan oluşan gevşek dokuları içeren iç kısımdır (Demirel ve Demir, 2018). Portakal kabuğu örneklerinin kurutulması sırasında, kurutma koşullarının ürünler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, taze ve kurutulmuş örneklerin dış yüzeyi (flavedo) ve iç yüzeylerinin (albedo) renk ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçümleri Konica Minolta Chroma Meter CR-400 Cihazı ile yapılmıştır. Kurutma işleminden önce de portakal kabuğu örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür. Ölçümler 5 kez tekrarlanmış ve ölçülen değerlerin ortalaması alınmıştır.

L^* değeri parlaklığı temsil etmekte olup 0 ile 100 arasında değişmektedir. 0 siyahlığı, 100 beyazlığı ifade etmektedir. a^* değeri kırmızılık ve yeşilliği ve b^* değeri mavilik ve sarılığını ifade etmektedir (Demiray, 2009).

Ayrıca, ölçülen renk değerleri ile α renk tonunu (hue) ile kromayı belirten C^* değerleri de belirlenmiştir. Kroma boyutsuz bir değer olup, rengin doygunluğunu göstermektedir. Donuk renklerde kroma değerleri düşerken, canlı renklerde ise kroma değeri yükselmektedir (Polatçı ve Tarhan, 2014).

Kurutulan ürünlerde taze ürüne göre renk değişiminin belirlenmesinde toplam renk değişimi (ΔE), renk parlaklığı değişimi (ΔL), kırmızı renk değişimi (Δa) ile sarı renk değişimi (Δb) indisleri de Eşitlik 2, 3, 4 ve 5'e göre belirlenmiştir (Demiray, 2009).

$$\Delta L = L^*_{\text{taze}} - L^* \quad (2)$$

$$\Delta a = a^*_{\text{taze}} - a^* \quad (3)$$

$$\Delta b = b^*_{\text{taze}} - b^* \quad (4)$$

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2} \quad (5)$$

Toplam Fenolik Madde Miktarının (TFM) Belirlenmesi

Örneklere bulunan TFM'ini belirlemek için öncelikle portakal kabuğundan ekstraksiyon yapılmıştır. Kurutulmuş portakal kabukları öğütülmüş ve 5 g örnek tartılarak 100 mL aseton içerisinde 72 saat 25°C'de bekletilmiştir. Hazırlanan örnek Whatman No:1 filtre kağıdından süzülüş ve ekstraksiyon solventi rotary evaporator yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstrakt metanol:su:HCl (70:29.5:0.5, v:v:v) ile 20 mg/mL olacak şekilde çözdürülmüştür. Hazırlanan ekstrakt bekletilmeden TFM tayininde kullanılmıştır (Park ve ark., 2014).

Portakal kabuğu ekstraktlarının madde miktarları, 2N Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı kullanılarak Singleton ve Rossi, (1965) tarafından tanımlanan yöntemin modifiye edilmesi ile belirlenmiş ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiştir. 2N Folin- Ciocalteu fenol ayırıcı (100 μ L), örnek (100 μ L) veya standart gallik asit çözeltileri (100 μ L), 2.3 mL saf su ve 1 mL %7'lik sulu sodyum karbonat çözeltisi karıştırılarak oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiş ve ardından 750 nm dalga boyundaki absorbansları spektrofotometre yardımıyla (Shimadzu UV/Vis spektrofotometre) ölçülmüştür. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE) /g kabuk olarak hesaplanmıştır.

Toplam Karoten Değerinin Belirlenmesi

Öğütülmüş portakal kabuklarının toplam karotenoid değerleri Luterotti ve Kljak, (2010) ve Güzel ve Akpınar, (2017)'a göre belirlenmiştir. Öncelikle 2 g örnek 20 mL %75'lik aseton çözeltisinde oda sıcaklığında bir gece bekletilmiştir. Ardından örneklere, 5 mL hekzan ilave edilmiş ve 5 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra 30 mL hekzan/aseton/etanol (2:1:1) karışımı ilave edilerek, sırasıyla önce 5 dakika karıştırılmış sonra 30 dakika çalkalanmıştır. Organik tabakanın ayrışmasını sağlamak için, 5 mL su ilave edilerek karışım 5 dakika daha karıştırılmış, ardından 10 dakika 3000 rpm'de santrifüjlenmiştir. İlk hekzan fazı ayrılıp, 15 mL hekzan geri kalan materyale ilave edilmiş ve karışım sırasıyla önce 5

dakika karıştırılmış, daha sonra 30 dakika çalkalanmıştır. İkinci prosedür iki kez daha tekrarlanarak toplam dört kez ekstraksiyon gerçekleştirilmiş ve ekstraktların absorpsiyon değerleri spektrofotometrede (Shimadzu UV/Vis spektrofotometre) 450 nm dalga boyunda heksana karşı okunmuştur. Toplam karotenoid miktarı $\epsilon_{1\text{cm}}^{1\%}=2000 \text{ dL g}^{-1}\text{cm}^{-1}$ heksanda karotenoid karışımı için absorpsiyon katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır.

İstatiksel Analiz

Araştırmada, analiz sonuçları için varyans homojenlik testleri yapılmış olup, sonuçlar homojen bulunduğu için ortalamaların karşılaştırılmasında parametrik test olan varyans analizi uygulanmıştır. İstatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunan gruplar arasındaki ikili karşılaştırmalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile değerlendirilmiştir. TKM ile a* değeri değişkenleri arasındaki ilişkinin önemlilik düzeyini test etmek için korelasyon katsayısı tahmin edilmiştir. İstatistiksel analizlerde SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

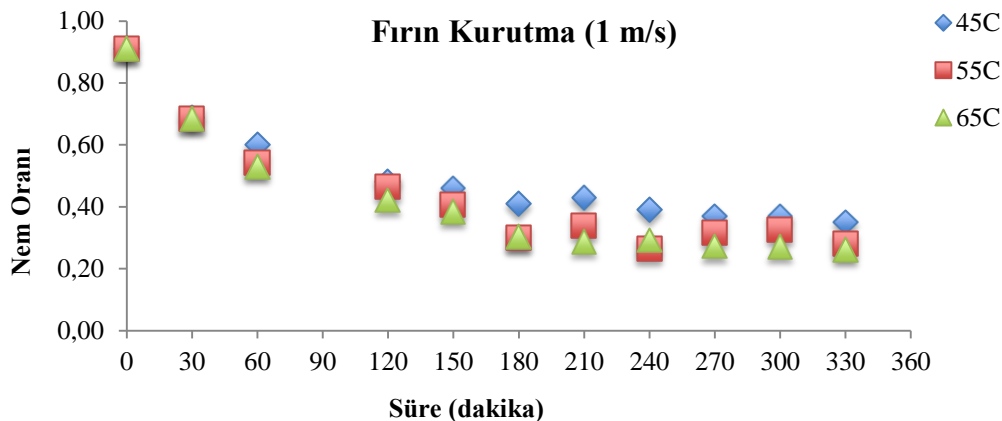
Örneklerin Kuruma Performanslarının Karşılaştırılması

Kurutma yöntemine bakılmaksızın, tüm muamele gruplarında, kuruma başlangıcında nem içeriğinin hızla azaldığı görülmüştür. Kurutma devam ederken, portakal kabuğundaki nem kaybı kuruma süresi ile birlikte azalma göstermiştir.

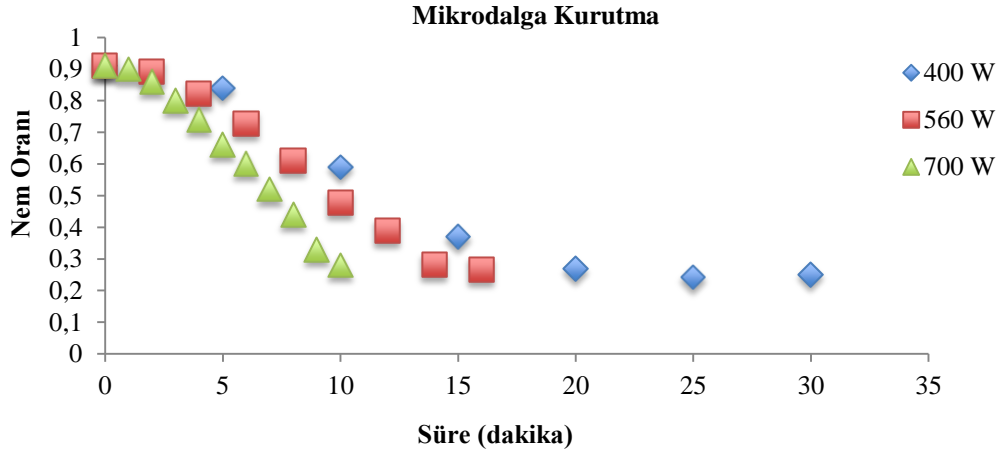
Portakal kabuğu numunelerinin başlangıç, ortalama nem içeriği %91 olarak bulunmuştur. Fırın kurutma ile üç farklı kurutma sıcaklığında 330 dakika boyunca kurutulan portakal kabuğu numunelerinin zamana bağlı olarak nem içeriğindeki değişimler Şekil 2’de verilmiştir. Mikrodalga kurutma ile üç farklı güç kullanılarak (400W, 560W ve 700W) kurutulan portakal kabuğu örneklerinin nem içeriklerindeki zamana bağlı değişimler ise Şekil 3’de sunulmuştur.

Kurutma işleminin esas olarak üç kurutma periyodundan oluştuğu, yani sıcaklık artışı, sabit hız ve düşme hızı periyodundan oluştuğu görülebilmektedir. Beklendiği gibi, kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma hızı da artmakta ve aynı sürede daha düşük nem oranına ulaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, portakal kabuğunun sıcak hava ile kurutulmasıyla ilgili önceki çalışmalarla uyumlu olduğunu göstermektedir (Ghanem ve ark., 2012; Sankalpa ve ark. 2018).

Mikrodalgada kurutma ile çıkış gücü arttıkça kuruma süresinin kısaldığı görülmüştür. Ayrıca, uygulanan tüm güçlerde kuruma hızı belli bir süre artmış ve sonrasında azalmıştır. Bu sonuç ile paralellik gösteren birçok farklı çalışma bulunmaktadır (Figiel, 2009; Karaarslan ve ark., 2013; Erdem ve ark., 2014).



Şekil 2. Fırın kurutucuda kurutulan portakal kabuğu numunelerine ait nem içeriği değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi.



Şekil 3. Mikrodalga kurutucuda kurutulan portakal kabuğu numunelerine ait nem içeriği değerlerinin kuruma zamanı ile değişimi.

Portakal kabuklarının başlangıç nem oranı 0.91 olarak tespit edilmiş, 45°C’de fırın kurutma ile kurutulan örneklerin nem oranı 330 dakika sonunda 0.35 olarak tespit edilirken, 55°C ve 65°C’de sırasıyla 0.28 ve 0.26 olarak belirlenmiştir. Kuruma hızları mukayese edildiğinde, 45°C’de kurutma hızının daha yavaş olduğu ve özellikle 150. dakikadan itibaren 55°C ve 65°C için kuruma hızının önemli oranda arttığı görülmektedir. Mikrodalga ile kurutmada ise aynı nem oranlarına çok daha kısa sürede ulaşıldığı görülmüştür; 0.27 nem oranı 400W, 560W ve 700W için sırasıyla 20., 16. ve 10. dakikadan sonra elde edilmiştir. Fırın kurutma ile benzer şekilde, 400W için kuruma hızının 560W ve 700W güçleri ile mukayese edildiğinde çok daha yavaş olduğu görülmektedir.

Beklendiği gibi her iki kurutma yöntemi için de kurutma sıcaklığı ve gücünün artışıyla kuruma süresinin kısaldığı ve dolayısıyla kuruma hızının arttığı anlaşılmaktadır. Kurutma prosesinde seçilecek yöntemin ve koşulların belirlenmesi için kuruma süresi ve hızının dışında ki diğer parametreler de etkili olmaktadır.

Rehidrasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Kurutulmuş gıdaların önemli kalite karakteristiklerinden bir diğeri de hızlı ve tamamen rehidre olabilme kapasitesinin göstergesi olan rehidrasyon kapasitesidir (RK). Örneklerin 20°C’de göstermiş oldukları rehidrasyon kapasiteleri arasında önemli bir fark tespit edilmiştir ($P < 0.05$) ve sonuçlar Tablo 1 ve 2’de verilmiştir. Fırın kurutmada farklı sıcaklıklara göre en yüksek RK değerleri 45°C, 55°C ve 65°C için sırasıyla 300., 270. ve 210. dakikalarda olmuştur. Örneklerin bütünü mukayese edildiğinde 65°C’de kurutulan örneklerin en kısa sürede en yüksek RK değerine ulaştığı, en yüksek RK değerinin ise 45°C’de 300 dakika kurutulan örneklerde olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Fırın Kurutma ile kurutulan örneklerin rehidrasyon özellikleri.

SÜRE (dak)	45°C	55°C	65°C
	RK	RK	RK
0	0.0000	0.0000	0.0000
30	0.3104	0.2549	0.3364
60	0.3594	0.3788	0.4282
120	0.4885	0.3766	0.4193
150	0.4941	0.4623	0.4892
180	0.6752	0.5868	0.7760
210	0.7924	0.7303	0.8123
240	0.8000	0.8020	0.7566
270	0.8432	0.8285	0.7643
300	0.8516	0.8153	0.6960
330	0.7473	0.7269	0.7101

Tablo 2. Mikrodalga Kurutma ile kurutulan örneklerin rehidrasyon özellikleri.

400 W		560 W		700 W	
Süre (dakika)	Rehidrasyon Katsayısı	Süre (dakika)	Rehidrasyon Katsayısı	Süre (dakika)	Rehidrasyon Katsayısı
0	0	0	0	0	0
5	0.3868	2	0.2336	1	0.1724
10	0.4195	4	0.2254	2	0.2585
15	0.4636	6	0.225	3	0.2535
20	0.6036	8	0.2224	4	0.2553
25	0.6375	10	0.3018	5	0.2770
30	0.7311	12	0.3784	6	0.2823
		14	0.4444	7	0.2884
		16	0.5095	8	0.3652
				9	0.3946
				10	0.4354

Kurutmanın 5. ve 6. dakikaları karşılaştırıldığında 400W güç ile kurutulan örneklerin RK değerleri 0.3868 iken, 560W ve 700W ile kurutulan örneklerin RK değerlerinin sırasıyla 0.2250 ve 0.2823 olduğu görülmüştür.

Yapmış olduğumuz çalışmada daha düşük sıcaklık ve güçlerde kurutulan portakal kabuklarının daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızda, belirli mikrodalga güç aralıklarında (400W-700W) çıkış gücü arttıkça kuruma işleminin hızlandığı görülmüştür. Mikrodalga kurutma ile portakal kabuğunun kuruma süresinde en az %90 oranında azalmayla sonuçlanmış ve kurutulmuş ürünlerin, konvektif havayla kurutmaya kıyasla daha iyi rehidrasyon özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Giri ve Prasad, (2007) de yapmış oldukları çalışmada, mikrodalga kurutma ile kuruma süresindeki önemli azalma ve rehidrasyon özelliklerindeki iyileşmeye dikkat çekmiştir.

Ruiz Diaz ve ark., (2003) tarafından portakal dilimlerinin rehidrasyon davranışı Peleg ve Weibull denklemleriyle modellenmiştir. Uygulanan mikrodalga gücünün bir fonksiyonu olarak rehidrasyon davranışında farklılık gözlenmediği belirtilmiş ve bu nedenle, numunenin kızarmasını önlemek için sınırlandırılmış en yüksek seviyenin kuruma süresini kısaltması önerilmiştir.

Alibaş, (2001) yapmış olduğu çalışmada, bazı meyve ve sebzeleri sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonlu bir kurutucuda kurularak kuruma karakteristiklerini ve kurutucunun enerji tüketim değerlerini belirlemiştir. Çalışmamızla benzer şekilde, yüksek güç seviyelerinde mikrodalgada bırakılan sebze ve meyvelerin, diğer kurutma yöntemlerine göre oldukça kısa sürelerde kuruma gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca, renk, koku ve tat gibi özelliklerini kaybetmediğini, uzun süre bozulmadan kalabildiğini ve morfolojik açıdan herhangi bir değişime uğramadığını ileri sürmüştür.

Maskan, (2014) muz dilimlerini konveksiyon (60°C, 1.45 m/s), mikrodalga (350, 490 ve 700W) ve mikrodalga destekli konveksiyon (350W, 4.3 mm kalınlıktaki örnek dilim) kurutma sistemi kullanarak kurutmuştur. konvektif kurutmanın daha uzun sürdüğü ifade edilmiştir. Mikrodalga kurutma için ise en yüksek kuruma oranlarının en yüksek güç seviyesinde elde edildiği vurgulanmıştır. Konvektif kurutmaya mikrodalga desteğinin eklenmesi ile kuruma süresinin %64.3 oranında azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca, mikrodalga kurutma yapılan muz dilimlerinin en yüksek rehidrasyon seviyelerine sahip olduğu da belirtilmiştir.

Konveksiyonel kurutma ile mikrodalga kurutmayı farklı meyve ve sebzeler için uygulayarak ürün özelliklerini karşılaştıran birçok araştırmacı çalışmamızla ve belirtmiş olduğumuz diğer çalışmalar ile benzer şekilde, mikrodalga kurutmanın kuruma süresini önemli oranda azalttığını ve rehidrasyon özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir (Özgen, 2014; Yoğurtçu, 2014).

Renk Değerlendirmesi

Renk, gıda endüstrilerinde önemli bir kalite özelliğidir ve tüketicinin tercihini etkilemektedir. Gıda rengi, büyüme, olgunlaşma, hasat sonrası depolama ve işleme sırasında meydana gelen kimyasal, biyokimyasal, mikrobiyal ve fiziksel değişikliklerden etkilenmektedir. Gıda ürünlerinin renk ölçümü, lezzet gibi diğer kalite özelliklerinin dolaylı bir göstergesi olarak kullanılmaktadır, çünkü daha basit ve daha hızlı gerçekleştirilebilmekle birlikte diğer fizikokimyasal özellikler ile iyi bir ilişki içindedir (Pathare ve ark., 2013).

Kurutulmuş meyvelerde renk, genellikle Maillard reaksiyonu ile ilişkilendirilen esmerleşme oluşumuna bağlı olarak değişmektedir ve bu ürünlerde renk değişiminden genellikle Maillard reaksiyonu sorumludur (Baini ve Langrish, 2009).

Çalışmamızda, kurutulmuş portakal kabuklarının L*, a*, b*, C*, h ve ΔE renk özellikleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Portakal kabuklarının belirtilen renk özellikleri taze ve kurutulmuş örneklerde kabuğun dış (flavedo) yüzeyi ve iç (albedo) yüzeyi için ayrı ayrı ölçülmüştür. Kabuğun dış ve iç yüzeyine ait renk özellikleri Tablo 3.'te ve 4'te sunulmuştur. Ürünlerin renk değişim tablolarında görüldüğü üzere kurutma yöntemlerinin hepsi farklı oranlarda renk değişimine neden olmuştur ve bu değişimler portakal kabuğu bünyesindeki flavonoid ve karotenlerin kurutma sırasında tahribata uğraması ile açıklanabilir (Contreras ve ark., 2008). Portakal kabuklarının dış yüzey renkleri incelendiğinde, en az renk değişiminin fırın kurutma yönteminde olduğu görülmüştür.

İki kurutma metodu da göz önünde bulundurulduğunda örneklerin parlaklık (L*) ve sarılık değerleri (b*) taze örneğe göre istatistiksel olarak önemli seviyede azalma göstermiştir (P<0.05). Ancak, mikrodalga ile kurutulan örneklerin L* ve b* değerlerinin fırın kurutmaya göre daha yüksek oranda azaldığı görülmektedir (Tablo 3).

Renk sonuçları incelendiğinde, mikrodalga kurutmanın süresinin kısa olmasına karşın renk değişiminin en fazla bu örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçların yer aldığı Polatçı ve Tarhan, (2014)'in çalışmasında bu durum, mikrodalgada ürün sıcaklıklarının anlık yükselmesi sonucunda renk maddelerinin parçalanması şeklinde açıklanmıştır.

Tablo 3. Taze ve Kurutulmuş Portakal Kabuklarının Dış (Flavedo) Yüzey Renk Değerleri.

	Örnek	L*	a*	b*	C*	h	ΔE
	Taze Örnek	60.73 ^a ±0.78	27.34 ^a ±0.10	59.03 ^a ±0.17	65.05 ^a ±0.19	65.04 ^a ±0.12	–
Fırın Kurutma (°C)	45°C	41.54 ^c ±0.93	17.54 ^{ab} ±0.93	37.29 ^b ±1.31	41.26 ^b ±1.46	64.84 ^a ±0.95	30.61
	55°C	48.06 ^b ±3.15	20.55 ^{ab} ±2.31	31.77 ^c ±2.21	36.05 ^{bc} ±2.40	57.92 ^b ±2.34	30.81
	65°C	51.57 ^b ±1.01	20.08 ^{ab} ±1.57	39.14 ^b ±2.72	41.98 ^b ±3.31	63.02 ^a ±0.48	23.07
Mikrodalga Kurutma (W)	400W	36.40 ^{cd} ±3.77	28.05 ^a ±1.66	27.59 ^{cd} ±1.77	28.61 ^d ±3.22	58.11 ^b ±0.81	36.22
	560W	31.93 ^d ±0.73	19.28 ^{ab} ±0.44	23.66 ^d ±0.77	30.53 ^{cd} ±0.87	50.48 ^c ±0.26	41.38
	700W	31.17 ^d ±1.27	12.47 ^b ±0.78	13.42 ^e ±0.51	18.34 ^e ±0.89	47.43 ^d ±0.87	50.43

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Mikrodalga kurutma yapılması durumunda ürün sıcaklığının aşırı yükselmemesi için uygulanan kurutma metodunun çok iyi optimize edilmesi gerektiği birçok çalışmada vurgulanmıştır (Şahin, 2010; Polatçı ve Tarhan, 2014; Özsoy, 2015). Bu amaçla, mikrodalga kurutma işleminde ısıtma süresi ve sıcaklığın yükselmemesi için ısıtma işlemine ara verme süreleri çok iyi belirlenerek uygulanmalıdır. Aksi halde, örneklerde homojen kurutma sağlanamamakla birlikte yüzeysel yanıklar oluştuğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Taze ve Kurutulmuş Portakal Kabuklarının İç (Albedo) Yüzey Renk Değerleri.

	Örnek	L*	a*	b*	C*	h	ΔE
	Taze Örnek	69.72 ^a ±0.19	3.12 ^b ±0.45	36.74 ^a ±0.48	36.87 ^a ±0.48	84.75 ^b ±0.41	–
Fırın Kurutma (°C)	45°C	65.43 ^{ab} ±1.22	-0.38 ^d ±0.29	28.76 ^d ±0.85	28.77 ^c ±0.85	90.68 ^a ±0.58	9.72
	55°C	63.74 ^{bc} ±1.38	1.77 ^c ±0.54	23.33 ^c ±0.91	23.46 ^d ±0.90	85.45 ^b ±1.37	14.74
	65°C	66.47 ^{ab} ±0.81	1.77 ^c ±0.19	23.71 ^e ±0.70	24.08 ^d ±0.64	85.70 ^b ±0.55	13.50
Mikrodalga Kurutma (W)	400W	54.82 ^d ±1.82	3.50 ^b ±0.16	24.13 ^e ±0.63	24.39 ^d ±0.64	81.77 ^c ±0.29	17.82
	560W	60.15 ^c ±0.19	6.56 ^a ±0.09	32.42 ^c ±0.20	33.57 ^b ±0.57	78.66 ^d ±0.12	13.05
	700W	64.15 ^{bc} ±3.51	7.20 ^a ±0.26	34.54 ^b ±0.47	35.39 ^{ab} ±0.48	78.74 ^d ±0.46	10.90

^{a-f} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Ürünün görsel kalitesini en iyi tanımlayan renk parametreleri olan kroma (doygunluk) ve hue açısı değerleri incelendiğinde ise kurutma fırınından çıkan örneklerin mikrodalgaya göre canlılığını daha iyi muhafaza ettiği görülmüştür. Dolayısıyla fırın kurutucuda kurutulan örneklerin kroma ve hue değerlerinin taze ürün değerlerine daha yakın sonuçlar verdiği ayrıca 3 farklı sıcaklıkta kurutulan örneklere ait değerlerin de istatistik olarak önemli farklılık olmadığı görülmüştür. Mikrodalga da kurutulan örnekler incelendiğinde ise, taze örneklere göre çok düşük değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Taze ve kurutulmuş tüm örnekler baz alındığında ise en düşük kroma ve hue değerine sahip örnek mikrodalga da 700W ile kurutulan örneklerdir.

Portakal kabuklarının dış yüzey renkleri için hesaplanan toplam renk değişimi (ΔE) değerleri buraya kadar yorumlanan sonuçları özetlemektedir. Kurutulmuş örneklerin toplam renk değişimi fırında kurutulmuş örneklerde daha az bulunmuştur. Özellikle 560 ve 700W ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimi (ΔE) değerlerinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kurutulmuş örnekler arasında en az toplam renk değişimi (ΔE) ve diğer renk değerlerini en iyi muhafaza eden örnek 65°C’de fırın da kurutulan örnek olmuştur.

Meyve eti ayrılan portakal kabuğunun dış yüzeyi turuncu renkli ekzokarp iken, iç yüzeyi beyaz renkli mezokarp yapıdan oluşmaktadır (Tamer, 2017). Dolayısıyla kurutulan portakal kabuğunun kurutma şartları karşısında gösterdiği davranış farklılık göstermektedir. Renk özellikleri de bunlardan biridir. Kurutma işlemi dilimlenen portakal kabuklarının iç yüzeyinde de değişime neden olacağı için dış yüzey renklerinin yanı sıra iç yüzey renk değerleri de ölçülmüştür ve Tablo 4’te sunulmuştur. Kurutma şartlarına bağlı olarak daha fazla renk koyulaşması gözlenmiş, bu nedenle kırmızılık değerinde (a*) artış görülmüştür. En yüksek a* değeri mikrodalgada 700W ile kurutulmuş örneklerde bulunmuştur. ΔE değerinde en yüksek farklılık gösteren örnekler ise 400 ve 560W gücünde mikrodalgada kurutulmuş örneklere ait olduğu görülmüştür. 45°C’de fırında kurutulan örnekler ise en az toplam renk değişimine sahiptir.

Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM)

Taze ve farklı kurutma uygulamaları ile kurutulan örneklerin TFM miktarları Tablo 5’te verilmiştir. Taze portakal kabuğu örneğinin TFM 60.81 mg GA/100g olarak bulunmuştur. Kurutulmuş örneklerin TFM, uygulanan kurutma yöntemine göre istatistik olarak önemli derecede farklılık göstermiştir (P<0.05). En yüksek değer 76.57 mg GA/100g ile 560W uygulamasında belirlenirken, en düşük TFM 40.44 mg GA/100g ile 65°C uygulamasında olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Mikrodalga ile kurutulan örneklerin TFM sonuçları fırın kurutulan örneklerden daha başarılı bulunmuştur. Mikrodalga kurutulan örneklerin fenolik madde içerikleri 400W uygulaması hariç ve fırın kurutulan örneklerin 65°C uygulaması

hariç, taze portakal kabuğu örneğine göre artış göstermiştir ($P < 0.05$). Kurutma metoduna bağlı olarak örneklerin kurutma sürelerinin farklılık göstermesinin bu sonuçların elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Kurutma işleminin fenolik bileşikler üzerine etkisinin incelendiği farklı çalışmalarda farklı değişimler gözlemlendiği görülmektedir. Yapılan bir kısım çalışmalar; kuruma süresinin uzamasına bağlı olarak kurutulan ürünlerin TFM ve antioksidan kapasite değerlerinde düşüşlerin meydana geldiğini (Dewanto ve ark., 2002; Kwok ve ark., 2004; Wojdylo ve ark., 2009; Vega-Galvez ve ark., 2012; İzli, 2018), bazılarında ise artma gözlemlendiği bildirilmiştir (Corronza-Concha ve ark., 2012; Sultana ve ark., 2012). Kurutma ile uygulanan ısı işlem sonucunda bazı fenolik bileşiklerde kayıplar meydana gelirken, bazıları ise serbest hale geçebilmektedir. Bu nedenle farklı ürünler üzerinde kurutma işleminin TFM üzerinde aynı etki göstermediği söylenebilir (Sultana ve ark., 2012). Kurutma işlemi ile TFM meydana gelen artışların çözünmez polimerler ile kovalent bağlı formda bulunan fenolik bileşenlerin sıcaklık etkisi ile serbest hale geçerek yeni serbest fenolik fraksiyonların oluşumu sebebi ile olduğu düşünülmektedir (Choi ve ark., 2006; İzli, 2018). Ayrıca, hücre duvarı matriksinde meydana gelen bozulma sonucu ile hücre duvarının ve bağların yıkımı ile fenolik bileşiklerin daha iyi ekstrakte edilebilmesi de TFM artışına neden olabilmektedir (Kamiloğlu, 2012). Bunun yanında meydana gelebilecek Maillard reaksiyonu sonucu yeni fenolik bileşiklerin oluşumuna bağlı olarak da TFM’ında artış meydana gelebilmektedir (Francisco ve Resuireccion, 2009; İzli, 2018).

Toplam Karotenoid Miktarı (TKM)

Taze ve kurutulmuş portakal kabuğu örneklerine ait TKM değerleri Tablo 5’te sunulmuştur. Genel olarak kurutma işlemi ile birlikte örneklerin TKM azalma göstermiştir. Karotenoidler ısı, ışık, oksijen gibi faktörlerden olumsuz etkilenmekte ve bunlardan birine veya birkaçına maruz kaldığında bozulmaktadır. Bu nedenle kurutma işlemi ile TKM miktarında meydana gelen azalma beklenen bir sonuç olmakla birlikte, süre ve kurutma metodu azalma oranını etkileyen önemli iki faktördür (Koca ve ark., 2007; Demirhan ve Özberk, 2010). Ancak yapılan bazı çalışmalarda farklı ürünlerin karotenoid miktarında kurutma işlemi ile birlikte artış görülmüştür (Takeoke ve ark., 2001; Giovanelli ve ark., 2002; Arslan ve Özcan, 2011).

Isıl işlem biyolojik olarak kullanılabilir karotenoidlerin içeriğini önemli ölçüde arttırabilmektedir. Bu artış ısı ile birlikte hücre duvarında meydana gelen değişiklikler ve bağlarda ki parçalanmalar ile açıklanabilmektedir (Moreno ve ark., 2017). Kurutma sırasında, enzimatik olmayan reaksiyonlar ve karotenoidlerin bozulması nedeniyle renk değişiklikleri meydana gelmektedir. Açık sarıdan koyu kırmızıya varan farklı tonlarda renk oluşumundan sorumlu, aynı zamanda proteinlerle kompleks oluşturduklarında da yeşil ve mavi renk veren karotenoidlerin günümüzde yaklaşık olarak 600 kadarının yapısı tespit edilebilmiştir (Ötleş ve Atlı, 1997).

Tablo 5. Taze ve Kurutulmuş Portakal Kabuklarına ait Toplam Fenolik Madde (TFM) ve Toplam Karotenoid (TKM) Miktarları.

	Örnek	TFM (mg GAE/g)	TKM (mg/kg DW)
	Taze Örnek	60.81 ^b ±1.37	18.19 ^a ±0.016
Fırın Kurutma (°C)	45°C	67.83 ^{ab} ±0.59	5.35 ^d ±0.005
	55°C	62.85 ^b ±0.61	8.08 ^c ±0.001
	65°C	40.44 ^d ±1.84	4.30 ^f ±0.004
Mikrodalga Kurutma (W)	400W	54.11 ^c ±1.46	10.35 ^b ±0.004
	560W	76.57 ^a ±0.44	2.96 ^e ±0.004
	700W	74.26 ^a ±0.68	4.32 ^e ±0.006

^{a-f} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$)

Karotenoidler organik pigmentlerdir ve meyvelerden, sebzelerden ve diğer fotosentetik bitkilerden sentezlenen biyoaktif bileşiklerdir (Onwude ve ark., 2016). İçermiş oldukları α -karoten, β -karoten, likopen ve lutein gibi bileşikler ile sağlık üzerine olumlu katkılarının yanı sıra, gıdaların rengini de zenginleştiren moleküllerdir (Dumbrava ve ark., 2010). Dolayısıyla TKM'larında meydana gelen azalma, örneklerin turuncu-kırmızı renginde bir değişime sebep olmasıyla sonuçlanacaktır. Bu nedenle kuruma süresinde artış ile birlikte kızarıklık değerinde bir azalma gözlemlenmektedir. Nitekim Tablo 3'te görüldüğü üzere kurutma işlemi ile a^* değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu durum en etkin şekilde mikrodalgada kurutulmuş örneklerde görülmüş ve kurutma gücünün artmasıyla hem a^* değerlerinde hem de TKM değerlerinde azalma görülmüştür. Kurutulmuş örneklerin TKM ve a^* değerlerindeki değişim arasındaki korelasyon incelenmiş ve aralarındaki korelasyonun önemli seviyede olduğu tespit edilmiştir ($r=0.769$, $P<0.05$). Sonuçlarımızla benzer veriler domates için Onwude ve ark., (2016) kırmızıbiber için Vegagalvez ve ark., (2008) ve havuç için Koca ve ark., (2007) tarafından da bulunmuştur.

SONUÇ

İki farklı kurutma yönteminin portakal kabuklarının kurutulması üzerindeki etkileri, nem içeriği, nem oranı analizi gibi kurutma parametreleri temelinde değerlendirilmiştir. Yüksek mikrodalga gücü ve sıcaklığı, daha kısa kuruma süresi ile sonuçlanmıştır. Ürüne etki eden sıcaklık ve süre arttıkça fiziksel ve kimyasal özelliklerde ki kayıpların arttığı görülmüştür.

Önemli bir ekonomik değeri olmayan turuncu kabukları gerek gıda endüstrisinde, gerekse diğer endüstri kollarında (kozmetik, eczacılık, parfümeri ve kimya endüstrisi) kullanılabilir, önemli oranda katma değeri yüksek fitokimyasal bileşiklerin üretimi için zengin bir kaynaktır. Bu nedenle kurutma için seçilecek olan yöntemin iyi optimize edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbasi H, Seidavi A, Liu WY, Asadpour L, 2015. Investigation on the effect of different levels of dried sweet orange (*Citrus sinensis*) pulp on performance, carcass characteristics and physiological and biochemical parameters in broiler chicken. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 22(2), 139-146.
- Alefzadeh T, Bouyeh M, Van den Hoven R, Seidavi A, Laudadio V, Tufarelli V, 2016. Effect of Dietary Dried Orange (*Citrus sinensis*) Peel Powder and Exogenous Multi-Enzymes on Growth and Carcass Traits and Heal Microflora of Broiler Chickens. *Pakistan Journal of Zoology*. 48(6), 1891-1897
- Alibaş İ, 2001. Bazı Sebze ve Meyvelerin Mikrodalga Işımlarla Kurutulmasında Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Allaf T, Tomao V, Besombes C, Chemat F, 2013. Thermal and mechanical intensification of essential oil extraction from orange peel via instant autovaporization, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 72: 24–30.
- Alzawqari MH, Al-Baddany AA, AlBaadani HH, Alhidary IA, Khan RU, Aqil GM, Abdurab A, 2016. Effect of feeding dried sweet orange (*Citrus sinensis*) peel and lemon grass (*Cymbopogon citratus*) leaves on growth performance, carcass traits, serum metabolites and antioxidant status in broiler during the finisher phase. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(17), 17077-17082.
- Arslan D, Özcan MM, 2011. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum L.*): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4): 504-513.
- Baini R, Langrish TAG, 2009. Assessment of colour development in dried bananas—measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*, 93(2): 177-182.
- 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 and Bioproducts Processing*, 90(2): 243-248.

- Cemeroğlu B, 2009. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi.1.Cilt. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2009.
- Chen ML, Yang DJ, Liu SC, 2011. Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. International Journal of Food Science and Technology, 46(6), 1179-1185.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J, 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food chemistry, 99(2): 381-387.
- Contreras C, Martín-Esparza ME, Chiralt A, Martínez-Navarrete N, 2008. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. Journal of Food Engineering, 88(1):55-64.
- Demiray E, 2009. Kurutma İşleminde Domatesin Likopen, β -Karoten, Askorbik Asit ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Demirel H, Demir MK, 2018. Farklı Turunçgillerden Elde Edilen Albedoların Bisküvi Üretiminde Kullanımı. Gıda 43(3): 501-511.
- Demirhan E, Özberk B, 2010. Microwave-drying characteristics of basil. Journal of Food Processing and Preservation, 34(3): 476-494.
- Dewanto V, Xianzhong W, Adom KK, Liu RH, 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 3010-3014.
- Dumbravă DG, Hădăruță NG, Hădăruță DI, Moldovan C, Raba D, 2010. Determination by RP-HPLC of β -carotene concentration from orange (*Citrus sinensis* L.) fruits peel extracts. Journal of Agro alimentary Processes and Technologies, 16(2): 242-246.
- Erbay B., Kivrak E, Orhan H, Küçüköner E, 2009. Dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin renk, rehidrasyon özellikleri ve bazı duyuşal özellikleri üzerine farklı antioksidan çözeltilerin etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 13(3): 229-236.
- Erdem T, Karaaslan S, Öztekin S, Şahan Z, Çiftçi H, 2014. Microwave Drying of Orange Peels and Its Mathematical Models. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 10 (4): 329-333.
- Erdem T, Karaaslan S, Öztekin S, Şahan Z, Çiftçi H, 2014. Microwave Drying of Orange Peels as an Alternative Animal Feed and Its Mathematical Models. Journal of Agricultural, Machinery Science, 10(4), 329-333.
- Fakayode OA, Abobi KE, 2018. Optimization of oil and pectin extraction from orange (*Citrus sinensis*) peels: a response surface approach. Journal of Analytical Science and Technology, 9(20):1-16.
- Figiel A, 2009. Drying kinetics and quality of vacuum-microwave dehydrated garlic cloves and slices. Journal of Food Engineering, 94: 98-104.
- Francisco MLLD, Resurreccion AVA, 2009. Total phenolics and antioxidant capacity of heat-treated peanut skins. Journal of food composition and analysis, 22(1): 16-24.
- Ghanem N, Mihoubi D, Kechaou N, Mihoubi NB, 2012. Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. Industrial Crops and Products, 40: 167-177.
- Giovanelli G, Zanoni B, Lavelli V, Nani R, 2002. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. Journal of Food Engineering, 52(2): 135-141.
- Giri SK, Prasad S, 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. Journal of Food Engineering, 78: 512-521.
- Güzel M, Akpınar Ö, (2017). Turunçgil kabuklarının biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2): 153-167.
- Hashmi SH, Ghatge P, Machewad GM, Pawar S, 2012. Studies on extraction of essential oil and pectin from sweet orange. Journal of Food Processing & Technology (Open Access), 1(5):1-3.
- Horwitz W, 1980. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13. Eddition, Washington DC: AOAC.

- İzli G, 2018. Effects of different drying applications on the some quality characteristics of pear fruit. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 6(4): 479-485.
- Kamiloğlu S, 2012. Effect of sun-drying on polyphenols and in vitro bioavailability of Sarılop and Bursa siyahi figs (*Ficus carica l.*). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Karaarslan M, Yıldırım A, Vardin H, 2013. Farklı Kurutma Teknikleri ve Ön İşlem Uygulamaları ile Kurutulmuş Soğanların Rehidrasyon Kapasitelerinin Artırılması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20(3):192-203.
- Karataş N, 2014. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Bazı Kayısı Çeşitlerinin Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Koca N, Burdurlu HS, Karadeniz F, 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. Journal of Food Engineering, 78(2): 449-455.
- Kodal SP, Aksu Z. (2017). Phenolic pigment extraction from orange peels: kinetic modeling. In 15th International Conference on Environmental Science and Technology. Rhodes, Greece, August, 31: 798-803.
- 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.*). Journal of Food Science, 69(3);122-126.
- Luterotti S, Kljak K, 2010. Spectrophotometric estimation of total carotenoids in cereal grain products. Acta Chimica Slovenica, 57:781-787.
- M'hiri N, Ioannou I, Mihoubi Boudhrioua N, Ghoul M, 2015. Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel. Food and Bioproducts Processing, 96: 161–170.
- Manjarres-Pinzon K, Cortes-Rodriguez M, Rodríguez-Sandoval E, 2013. Effect of drying conditions on the physical properties of impregnated orange peel. Brazilian Journal Chemical Engineering, 30 (3):667 – 676.
- Maskan M, 2014. Microwave/air and microwave finish drying of banana. Journal of Food Engineering, 44: 71-78.
- Moreno G, Catalina D, Díaz-Moreno AC, 2017. Effect of air drying process on the physicochemical, antioxidant, and microstructural characteristics of tomato cv. Chonto. Agronomía Colombiana, 35(1): 100-106.
- Onwude DI, Hashim N, Janius R, Nawi NM, Ebdan K, 2016. Color Change Kinetics and Total Carotenoid Content of Pumpkin as Affected by Drying Temperature. Italian Journal of Food Science, 29(1).
- Onyenwoke CA, Ojo CC, Omodamiro RM, Egesi CN, Simonyan KJ, 2015. Effect of Drying Methods on Total Carotenoids Content Retention in Pro- Vitamin A High Quality Cassava Flour. Umudike Journal of Engineering and Technology, 1(2):1-9.
- Ötleş S, Atlı Y, 1997. Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. Journal of Engineering Sciences, 3(1):249-254.
- Özgen F, 2014. Elma Kurutulmasında Kullanılan Konvektif Tip Bir Kurutma Sisteminin Tasarımı. Mühendis ve Makina, 55(656):42-49.
- Özsoy E, 2015. Mikrodalga Bantlı Kurutucuda Elma (Gala) Dilimlerinin Kuruma Davranışı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (Basılmış).
- Pandharipande S, Makode H, 2012. Separation Of Oil And Pectin From Orange Peel And Study Of Effect Of Ph Of Extracting Medium On The Yield Of Pectin. Journal of Engineering Research And Studies, 3(2): 6-9.
- Park JH, Lee M, Park E, 2014. Antioxidant Activity of Orange Flesh and Peel Extracted with Various Solvents. Prev. Nutrition and Food Science, 19(4):291-298.
- Pathare PB, Opara UL, Al-Said FAJ, 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. Food and Bioprocess Technology, 6: 36-60.
- Polatçı H, Tarhan S, 2014. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine Ve Kalitesine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1): 61-70.
- Ponkham K, Meeso N, Soponronnarit S, Siriamornpun S, 2012. Modeling of combined far-infrared radiation and air drying of a ring shaped-pineapple with/without shrinkage. Food and Bioproducts Processing, 90:155-164.

- Ruíz Díaz G, Martínez-Monzó J, Fito P, Chiralt A, 2003. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Food Science & Emerging Technologies*, 4(2): 203-209.
- Sankalpa KB, Ramachandra CT, Udaykumar Nidoni, Sharanagouda Hiregoudar, Beladhadi RV, Dinesha BL, 2018. Drying characteristics of sweet orange peel. *International Journal of Science and Nature*, 9(2):171–175.
- Silva EM, Da Silva JS, Pena RS, Rogez H, 2011. A combined approach to optimize the drying process of flavonoid-rich leaves (*Inga edulis*) using experimental design and mathematical modelling. *Food and Bioproducts Processing*, 89: 39-46.
- Singleton VL, Rossi J, 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic. *American journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Sultana B, Anwar F, Ashraf M, Saari N, 2012. Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (1): 161-167.
- Şahin FH, 2010. Domates Kurutmada Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Takeoka GR, Dao L, Flessa S, Gillespie DM, Jewell WT, Huebner B, Ebeler SE, 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8): 3713-3717.
- Talens C, Castro-Giraldez M, Fito PJ, 2016. A thermodynamic model for hot air microwave drying of orange peel. *Journal of Food Engineering*, 175, 33-42.
- Tamer C, 2017. Kurutmanın Portakal Kabuğunun Fiziksel Özelliklerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (Basılmış).
- Tasirin SM, Puspasari I, Sahalan AZ, Mokhtar M, Ghani MKA, Yaakob Z, 2014. Drying of citrus sinensis peels in an inert fluidized bed: kinetics, microbiological activity, vitamin C, and limonene determination. *Drying Technology*. 32(5), 497-508.
- TUİK, 2019. Erişim Tarihi: 01.10.2019.
- Vega-Gálvez A, Ah-Hen K, Chacana M, Vergara J, Martínez-Monzó J, García-Segovia P, 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 Chemistry*, 132(1): 51-59.
- Vega-Gálvez A, Lemus-Mondaca R, Bilbao-Sainz C, Yagnam F, Rojas A, 2008. Mass transfer kinetics during convective drying of red pepper var. Hungarian (*Capsicum annuum L.*): mathematical modeling and evaluation of kinetic parameters. *Journal of food process engineering*, 31(1): 120-137.
- Wojdyło 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4): 1337-1343.
- Yaman K, 2012. Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 12 (2): 339-348.
- Yoğurtçu H, 2014. Mikrodalga Fırında Limon Kurutma: Kinetiği ve Modellenmesi. *Journal of Engineering*, 26(1):27-33.