



SICAKLIK KONTROLLÜ MİKRODALGA KURUTUCU GELİŞTİRİLMESİ VE PORTAKAL KURUTMA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Hakan POLATCI*, Muhammed TAŞOVA

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Sıcaklık Kontrolü,
Mikrodalga Kurutucu,
Portakal.

Öz

Ülkemizde portakal üretimi yılda ortalama iki milyon ton ile turuncu meyveleri içerisinde birinci sırada yer alırken daha çok yaş ve meyve suyu olarak tüketilmektedir. Bu çalışmada imal edilen sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu ile 55 (± 2), 65 (± 3) ve 75 (± 4) °C kurutma sıcaklıklarında kurutulan portakal dilimlerinin kuruma performans değerleri, en uygun ince tabakalı kuruma modeli ve kalite değeri açısından en uygun renk değerleri belirlenmiştir. Kurutma işlemleri ürün nemi yaş baza göre % 10-13 seviyelerine düşene kadar kurutulmuştur. 55, 65 ve 75 °C kurutma sıcaklıklarında belirlenen ortalama kuruma süreleri sırasıyla; 390, 150 ve 65 dakika olarak belirlenmiştir. Üründen birim zamanda uzaklaşan nem oranları ince tabakalı kurutma modellerinde işlenerek kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden matematiksel model belirlenmiştir. Eğriler oluşturulurken literatürde en yaygın olarak kullanılan Page, Midilli-küçük, Yağcıoğlu ve Jane-Das modelleri seçilmiştir. Kullanılan tüm modellerin kabul edilebilir güvenilirlik değerleri $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir. Tüm kuruma modelleri içerisinde en yüksek kararlılık katsayısı olan R^2 değeri Midilli-Küçük modelinde olduğu için bu model kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden ince tabakalı kuruma modeli olarak belirlenmiştir. Son kalite değeri açısından en uygun renk değerleri 65 °C kurutma sıcaklığında belirlenmiştir. Bu kurutma sıcaklığında belirlenen renk değerleri; kroma (C): 15.47, kırmızlaşma indeksi: 1.97, hue°: 62.16, toplam renk değişim değeri: 27.02 ve kahverengileşme indeksi: 56.54 olarak belirlenmiştir.

DEVELOPMENT OF TEMPERATURE CONTROLLED MICROWAVE DRYER AND DETERMINATION OF ORANGE DRYING PERFORMANCE

Keywords

Temperature Control,
Microwave Dryer,
Orange.

Abstract

In our country, orange production is in the first place among citrus fruits with an average production amount of seven million tons per annum, but it is consumed as more fruit juices and fresh. In this study, drying performance values of dried orange slices at 55 (± 2), 65 (± 3) and 75 (± 4) °C with temperature controlled microwave drier manufactured within the scope of the thesis project, optimum thin layer drying model and quality value the most suitable color values were determined. The drying process was dried to the extent of 10-13 % relative to the wet base of the product. The average drying times determined for the drying temperatures of 55, 65 and 75 °C are respectively; 390, 150 and 65 minutes respectively. The mathematical model, which predicts the drying curves best by processing the moisture rates moving away from the unit time in thin layer drying models, has been determined. While creating the curves, Page, Midilli-Küçük, Yağcıoğlu and Jane-Das models, which are most commonly used in the literature, were chosen. Acceptable reliability values of all models used were determined as $p < 0.05$. Since the highest stability coefficient R^2 value in all the drying models is in the Midilli-Küçük model, this model is determined as the thin layer drying model that best predicts the drying curves. The most suitable color values for the final quality value are determined at the drying temperature of 65 °C. Color values determined at this drying temperature; chrome (C): 15.47,

* İlgili yazar / Corresponding author: hakan.polatci@gop.edu.tr, +90-356-252-2279

redness index: 1.97, hue°: 62.16, total color change value: 27.02 and browning index: 56.54.

Alıntı / Cite

Polatçı, H., Taşova, M., (2020). Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu Geliştirilmesi e Portakal Kurutma Performansının Belirlenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(1), 131-138.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

H. Polatçı, 0000-0002-2071-2086
M. Taşova, 0000-0001-5025-0807

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	25.12.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	05.06.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	05.08.2019
Yayın Tarihi / Published Date	20.03.2020

1. Giriş (Introduction)

Portakal meyvesi Citrus cinsi bir ağaç olan Citrus sinensis' in bir meyvesidir. Dünyada portakal üretimi Portekiz ve civarında yaygın bir şekilde yetişmekle birlikte ülkemizde ise daha çok Akdeniz Bölgesi, Rize ili ve çevresinde yetişmektedir (Anonim, 2018). Dünya genelinde ortalama 9 milyon hektar alanda turuncgil yetiştirilmekte ve bu alandan ise yaklaşık 130 milyon ton ürün elde edilmektedir. Bu değer ortalama % 57' sini portakal oluşturmaktadır (GTHB, 2014). Dünyada portakal üretimi ortalama 72.3 milyon ton olup (FAO, 2017), bu değer % 26.4' ü Brezilya da yetiştirilmektedir (USDA, 2014). Ülkemizde üretilen portakal miktarı ise 1 950 000 ton olup (TÜİK, 2017), dünya portakal üretiminin yaklaşık % 2.5-3 'ünü oluşturmaktadır.

Portakal bünyesinde polifenol, karatoneid ve C vitamini gibi bir çok antioksidan özelliğe sahip önemli etken maddeleri içermektedir (Mrad ve vd., 2012; Karaslan ve Erdem, 2014). Özellikle C vitamini açısından zengin olan portakal kandaki kolesterol seviyesini düşürme (Maskan, 2000; Soysal, 2004; Karaaslan ve Erdem, 2014), kansere yakalanma riskinin azaltma ve ultraviyole ışınlarına karşı korumada etkisi olduğu bilinmektedir (Anonim, 2014). Portakal meyvesi endüstride daha çok kozmetik ürünlerin ve ilaçların yapımında kullanılmakla birlikte gıda olarak ise genelde dondurma, bisküvi, meyve suyu ve çay yapımında kullanılmaktadır.

Kurutma; tarımsal ürünlerin bünyelerindeki yüksek nemin bozulmadan saklanabileceği kritik bir nem seviyesine kadar düşürüldüğü ve bu esnada ürünün fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişikliklerin oluştuğu, kontrollü şartlar altında yapılan bir ısı ve kütle difüzyon olayıdır.

Portakal ortalama % 80-85 civarında yüksek seviyede su barındırdığından dolayı meyve suyu üretim işletmeleri tarafından yaygın olarak tercih edilmektedir. Diğer taraftan çay, kuru meyve ve gıdalara da katkı maddesi olarak kullanılmasından dolayı portakalın kurutulması gerekmektedir. Portakal meyvesi kurutulduğunda alternatif şekillerde kullanılacaksa eğer besin ve renk değerlerinin korunmasında kurutma yönteminin seçimi önemli bir kriterdir. Portakal meyvesinin kurutulması için genellikle sıcak hava ile yapılan konvektif kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak bu kurutma yöntemleri hem enerji tüketim açısından uygun olmaması hem de ürün uzun süre ısıya maruz kalmasından dolayı besin değerleri çok fazla parçalanmakta ve rengi kararmaktadır. Bu nedenle portakal kurutulurken hızlı kurutma yöntemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Mikrodalga kurutma yöntemi bunlardan biri olmasına rağmen mikrodalga enerjinin üründe oluşturduğu ısı kontrol edilememesinden dolayı kurutma işleminde sonlara doğru üründe kısmen de olsa bazı renk kararmalarına neden olmaktadır. Ancak bu etki konvektif kurutma yöntemine göre kıyasla daha azdır.

Mikrodalga kurutma yönteminde, konvektif kurutma yöntemine göre oluşan olumsuzlukları azaltabilmek için mikrodalga ışınımın ürün yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık değerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle sıcaklık veya güç kontrollü mikrodalga kurutucularda ürünlerin kurutulması son kalite değerleri açısından önemlidir. Sıcaklık kontrollü veya güç kontrollü mikrodalga kurutucularla literatürde; elma (Polatçı ve Taşova, 2017; Taşova, 2016; Zhengfeng ve vd., 2010; Cucurollo ve vd., 2012), mango (Akoy ve Höresten, 2015) tarafından yapılan çalışmalar mevcuttur. Ancak literatürde portakal meyvesinin sıcaklık veya güç kontrollü mikrodalga kurutucular kullanılarak yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu ile 0.5 cm kalınlığında daire şeklinde dilimlenerek 55 (± 2), 65 (± 3) ve 75 (± 4) °C kurutma sıcaklıklarında kurutulan portakal dilimlerinin kuruma performans değerleri, en uygun ince tabakalı kuruma modeli ve son kalite değeri açısından önemli olan en uygun renk değerleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

2.1. Kurutulacak Ürün (Product to be Dried)

Çalışma materyali Tokat' ta bulunan yerel bir marketten satın alınarak Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği kurutma laboratuvarına getirilerek kurutma işlemleri sonlanana kadar ürünler $+4 \pm 0.5$ °C sıcaklığa sahip ortamda saklanmıştır.

Çalışmada kullanılan taze portakal meyvesinin dilim hali şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Taze kurutma materyali (Fresh drying material)

2.2. Nem Tayini (Determination of Moisture)

Portakal meyvesi kurutulmadan önce nem içeriği belirlenmiştir. Nem tayini işleminde ortalama 50 ± 2 g örnek kullanılarak kurutma havası sıcaklığı 70 °C ayarlanmış etüvde ağırlık değişimi sabitlenene kadar bekletilmiştir (Yağcıoğlu, 1999). İlk ve son ağırlıkları kaydedilen ürünün yaş baza nem içeriği 1 ve 2 nolu eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$N_y = \frac{W_i - W_s}{W_i} \times 100 \quad (1)$$

$$N_k = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

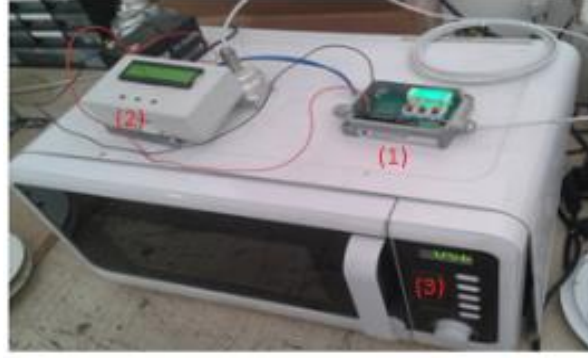
Burada; N_y : Yaş baza göre nem (%), N_k : Kuru baza göre nem (%), W_i : Ürün örneğinin ilk ağırlığı (g), W_s : Ürün örneğinin son ağırlığı (g)

2.3. Kurutma Yöntemi (Drying Method)

Kurutma işlemine başlamadan önce ± 4 °C sıcaklıkta muhafaza edilen portakal ortam sıcaklığına gelene kadar dış ortamda bekletilmiştir. Meyvelerden benzer boyut ve renklerde olanları seçilerek 0.5 cm kalınlığında daire şeklinde dilimlenmiştir. Daha sonra sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu ile 55 (± 2), 65 (± 3) ve 75 (± 4) °C kurutma havası sıcaklıklarında kurutma işlemleri yapılmıştır. Kurutma işlemleri üçer tekerrür halinde yapılarak her tekerrürde ortalama 50 ± 2 g ürün kullanılmıştır. Kurutucu içerisindeki ürünler belirli süre aralıklarında çıkartılıp % 1 g hassasiyete sahip bir terazi ile tartılarak ürün nemi yaş baza göre % 10-13 seviyesine kadar kurutulmuştur.

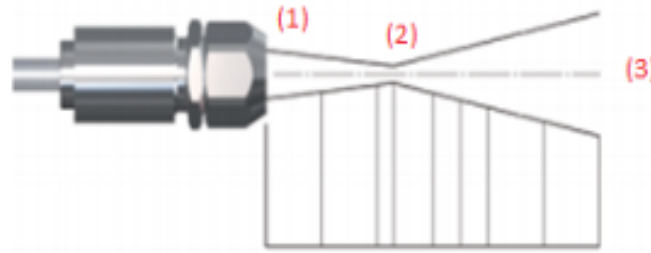
2.4. Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu (Temperature Controlled Microwave Dryer)

Çalışmada kullanılan kurutucu, sıcaklık kontrollü bir mikrodalga fırın olup içerisinde bulunan cam tepsi üzerine konulan kurutma materyalinin yüzey sıcaklığı temassız kızılötesi sıcaklık sensörü (1) ile ölçülmektedir. Ölçülen değerler kontrol paneline (2) iletilmektedir (Şekil 2,3).



Şekil 2. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu (Temperature controlled microwave dryer)

Ürünün yüzey sıcaklığı kontrol panelinde ayarlanan kurutma sıcaklığına ulaştığında mikrodalga fırın otomatik olarak durmakta ve kontrol panelinde belirlenen dinlenme süresi kadar beklemektedir. Ürün sıcaklığı dinlenme süresi sonunda belirlenen kurutma sıcaklığının altına düştüğünde mikrodalga fırın (3) tekrara otomatik olarak çalışmaya başlamaktadır. Eğer bu süre içerisinde ürün sıcaklığı kurutma sıcaklığının alt değerine düşmediği durumda belirlenen süre kadar daha kurutucu çalışmadan beklemektedir. Kurutma işlemi, ürün nem içeriği belirlenen kritik nem değerine düşene kadar bu şekilde devam etmektedir (Taşova, 2016; Polatçı ve Taşova, 2017).



Şekil 3. Sensörün ölçüm biçimi (Sensor measurement form)

Kurutucu üzerinde bulunan temassız kızılötesi sıcaklık sensörü ürünün yüzey sıcaklığını okumaya başladığı andan (1) itibaren sürekli daralmaya gider en dar olduğu nokta (2) artık buradan sonra mikrodalğanın iç kısımlarını görmeye başlamaktadır. Sensörün okuma şeklinin en geniş olduğu (3) kısma kadar yelpaze şeklinde açılmaktadır.

Çalışmada Optris marka CT LT modeli temassız kızılötesi sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Sensör -50 °C ile 975 °C arasında ölçüm yapabilmekte olup, ideal çalışma aralığı ise -20 °C ile 180 °C arasındaki sıcaklık değerleridir. Temassız kızılötesi sıcaklık sensörünün çalışma için gerekli olan güç ihtiyacı 8 - 36 V DC 'dir. Sıcaklık sensörünün bir adet giriş bir adet çıkış noktası bulunmaktadır. Giriş nokta, sıcaklık ölçümü yapan okuma başlığının bulunduğu nokta olup çıkış noktası ise ölçülen sıcaklık değerinin bilgisayar ortamına aktaracak elmanın olduğu yeridir. Ayrıca temassız kızılötesi sıcaklık sensörü 0/4 - 20 mA, 0 - 5 V, 0 - 10 V seçilebilir analog değerleri vardır.

2.5. Renk Ölçümü (Color Measurement)

Portakal dilimlerinin kuruma öncesi ve sonrasındaki renk değerleri Minolta marka CR300 model renk ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Cihaz ile taze ve kurutma şartları altında değişen ürünün Hunter Lab Chromameter renk değerleri (L, a, b) değerleri ölçülmüştür.

Bu değerler; " L " ürünün parlaklık değerini ifade etmekte olup 0-100 arasında bir değer almaktadır. " a " kırmızı-yeşil, " b " ise sarı-mavi renkleri ifade etmektedir. Bu değerler + işaretli olursa "a" kırmızıyı "b" sarı renkte olduğunu - işaretli değerler alırsa "a" yeşil ve "b" mavi renkte olduğunu ifade etmektedir (McGuire, 1992). Ölçülen L, a ve b değerleri ürün hakkında tek başına bir anlam ifade etmezken bu değerler kullanılarak hesaplanan kroma, kırmızılık indeksi, hue açısı, toplam renk değişimi ve kahverengileşme indeks değerleri belirlenmiştir. Bu değerler;

Kroma Değeri: Portakal dilimlerine ait rengin tonunu ifade etmekte olup solgun renklerde kroma değeri düşük canlı renklerde ise yüksek değerler almaktadır. Kavdır ve vd. (2007), ürünlerin kroma değerlerini belirlerken 1 nolu eşitliği kullanarak hesapladıklarını ifade etmişlerdir.

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3)$$

Burada; a: kırmızılığı, b: sarılığı ifade etmektedir.

Hue Değeri: Üründe ölçülen "a" ve "b" değerlerinin 360° lik bir renk dairesinde konumlandırılarak her açıya karşılık gelen renk ve tonlarının ne olduğu anlaşılmaktadır. Hue renk açısı değeri belirlenirken 2 nolu eşitlik kullanmıştır.

$$h^{\circ} = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (4)$$

Burada; a: kırmızılığı, b: sarılığı, \tan^{-1} : oranın arctanjant değerinin hesaplanmasını ifade etmektedir.

Toplam Renk Değişim Değeri: Taze ürünün renk değerlerine göre kurutma şartlarının etkilediği toplam renk farklılığını belirlemek için kullanılmaktadır. Garau ve vd. (2007), toplam renk farklılık değerini belirlemek için 3 nolu eşitliği kullanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_t - L_k)^2 + (a_t - a_k)^2 + (b_t - b_k)^2} \quad (5)$$

Burada; L_t , a_t ve b_t değerleri sırasıyla taze posanın parlaklık, kırmızı-yeşillik ve sarılık-mavilik renk değerlerini ifade ederken, L_k , a_k ve b_k değerleri ise kurutulmuş ürüne ait sırasıyla aynı renk değerlerini ifade etmektedir.

Kahverengileşme İndeks Değeri: Ürünün kahverengileşme indeks değerini ifade eden simge " BI " ve bu değer hesaplanmasında ise " x " katsayısı değeri kullanılmaktadır. Plou ve vd. (1999)' na göre "BI" ile "x" katsayısı değerlerinin belirlenmesi için 4 ve 5 nolu eşitlikleri kullanmıştır.

$$BI = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,17} \quad (6)$$

$$x = \frac{a + (1,75xL)}{[(5,645xL) + (a - (3,012xb))]} \quad (7)$$

Burada; x: katsayı, a: kırmızılık, L: parlaklık, b: sarılık değerlerini ifade etmektedir.

2.6. Kuruma Modeli (Drying Model)

Kurutulan ürünün zamana bağlı ayrılan nem oranı değerlerini belirlemek için 6 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (8)$$

Burada; ANO: Ayrılabilir nem oranı, M: Ürünün anlık nem içeriği, M_e : Ürüne ait verilen durumdaki denge nemi, M_0 : Ürünün başlangıç nem içeriğini ifade etmektedir.

Kuruma eğrilerini oluşturmak için yaygın olarak kullanılan Page, Midilli-Küçük, Yağcıoğlu ve Jane-Das kuruma modelleri seçilmiştir. Modellere ait eşitlikler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. İnce tabaka matematiksel kuruma modelleri (Thin layer mathematical drying models)

No	Model ismi	Eşitlik
1	Page	$MR = \exp(-h \cdot (t^k))$
2	Midilli-Küçük	$MR = h \cdot \exp(-j \cdot (t^k)) + (1-t)$
3	Yağcıoğlu	$MR = k \cdot \exp(-h \cdot t) + j$
4	Jane-Das	$MR = k \cdot \exp(-h \cdot t + j \cdot (t^{1/2}) + m)$

Burada; MR: Nem oranı, h,t,j,i,k,l,m: modellere ait katsayıları ifade etmektedir.

Tablo 1'de verilen ince tabakalı kurutma modellerinden Page modelini Page, (1949), Midilli-Küçük modelini Midilli

ve vd. (2002), Yağcıoğlu modelini Polatcı ve Taşova, (2017) ve Jane-Das modelini ise Yıldız ve vd. (2015) yapılan çalışmalarda kullanılmıştır.

3. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

3.1. Kurutma Verileri (Drying Data)

Kurutulan portakal dilimlerinin yaş baza göre ortalama nem içeriği % 83.40 olarak belirlenmiştir. Ürün yapılan sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma şartları altında göstermiş olduğu ortalama kuruma süreleri belirlenmiştir.

Mikrodalga kurutma sıcaklıkları ürünün kuruma performansını etkilediği ve sıcaklık değerlerinin artmasıyla kuruma sürelerinin büyük oranda azaldığı belirlenmiştir (Tablo 2). Akoy ve Hörösten (2015), sıcaklık kontrollü bir kurutucu ile yaptıkları mango dilimleri kurutma çalışmalarında sıcaklık değerinin yükselmesiyle kuruma sürelerinde önemli seviyede azalmanın olduğunu belirlemişlerdir. Cucurullo ve vd. (2012), sıcaklık kontrollü kurutucu ile 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kuruttukları elma dilimlerinin kuruma süreleri ile sıcaklık değerleri arasında ters bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

Tablo 2. Örneklerin kuruma performans değerleri (Drying performance values of the samples)

Kurutma sıcaklıkları	Son nem (%)	Kurutma süreleri (dk)
55 °C	9.53	390
65 °C	12.01	150
75 °C	13.62	65

3.2. Kuruma Modellerine Ait Katsayılar ve "R²" Değerleri (Coefficients and "R²" Values of Drying Models)

Yapılan sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma şartları altında belirlenen portakal dilimlerine ait süreye bağlı ayrılabilir boyutsuz nem oran değerleri kullanılarak ince tabakalı kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Belirlenen kuruma eğrilerine ait katsayı, varyans analizi (p) ve kararlılık değerleri (R²) belirlenmiştir (Tablo 3, 4, 5 ve 6). Seçilen kuruma modelleri içerisinde en yüksek R² değeri 65 °C kurutma koşulunda Midilli-Küçük modelinde belirlenmiştir. Tüm kurutma sıcaklıkları için oluşturulan kuruma eğrilerinin güvenilirlik değerlerinin p<0.001 olarak belirlendiği yani kullanılmalarının uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Page modeline ait hesaplanan değerler (Calculated values for the Page model)

Kurutma sıcaklıkları	k	h	R ²
55 °C	0.2448	1.2766	0.992
65 °C	0.7697	1.5703	0.999
75 °C	0.0144	1.3296	0.997

Tablo 4. Midilli-Küçük modeline ait hesaplanan değerler (Calculated values for the Midilli-Küçük model)

Kurutma sıcaklıkları	k	h	j	m	R ²
55 °C	0.997	1.003	0.221	-0.035	0.999
65 °C	1.510	0.999	0.738	-0.011	0.999
75 °C	1.336	1.017	0.015	0.001	0.998

Tablo 5. Yağcıoğlu modeline ait hesaplanan değerler (Calculated values for the Yağcıoğlu model)

Kurutma sıcaklıkları	k	h	j	R ²
55 °C	1.469	0.170	-0.469	0.999
65 °C	1.488	0.466	-0.466	0.993
75 °C	1.156	0.036	-0.098	0.990

Tablo 6. Jane-Das modeline ait hesaplanan değerler (Calculated values for the Jane-Das model)

Kurutma sıcaklıkları	k	h	j	m	R ²
55 °C	1.026	0.579	0.458	0.021	0.980
65 °C	1.029	0.866	-0.115	0.025	0.964
75 °C	1.039	0.426	0.763	0.036	0.985

3.3. Renk Değerleri (Color Values)

Taze ve kurutulmuş portakal dilimlerine ait ölçülen ve hesaplanan ortalama renk değerleri belirlenmiştir (Tablo 7 ve 8). Tablo 7' ye göre kurutulmuş ürünlerde ölçülen a ve b değerleri tazeye göre çok fazla uzaklaşmıştır. Kuru ürünlere ait ölçülen L değerleri arasında ise sadece 55 ve 65 °C sıcaklarda belirlenen değerler tazeye en yakın olarak belirlenmiştir.

Tablo 7. Ölçülen renk değerleri (Measured color values)

Kurutma şartları	L	a	b
Taze	42.09 ^a	-0.25 ^b	18.33 ^a
55 °C	38.44 ^{ab}	7.32 ^a	12.76 ^b
65 °C	38.74 ^{ab}	7.09 ^a	13.68 ^b
75 °C	35.17 ^b	7.29 ^a	10.67 ^b

Tablo 8' e göre kurutulmuş ürünlere ait hesaplanan kroma, toplam renk farklılığı, hue ve kahverengileşme indeks gibi renk değerlerinin hepsi tazeye göre farklı olduğu belirlenmiştir. Kurutulmuş ürünlerin son kalite değerleri hakkında kroma değeri önemli bir fikir vermektedir. Kroma değeri açısından kurutulmuş ürünler kendi aralarında kıyaslandığında tazeye en yakın değer 65 °C kurutma koşulunda olduğu belirlenmiştir.

Tablo 8. Hesaplanan renk değerleri (Calculated color values)

Kurutma şartları	C	H°	ΔE	BI
Taze	18.34	53.27	-	-
55 °C	14.84	58.88	27.06	53.60
65 °C	15.47	62.16	27.02	56.54
75 °C	13.26	52.00	25.04	50.04

Garau ve vd. (2014)' na göre sıcak havalı konvektif bir kurutucu ile farklı kurutma koşullarında yaptıkları portakal kabuğu kurutma çalışmalarında uyguladıkları normal seviyedeki sıcaklık değerlerinde belirlenen L değerleri tazeye göre daha yakın olduğunu belirlemişlerdir. Taşova (2016)' ya göre sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu ile 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda yaptığı elma kurutma çalışmasında kroma değeri açısından tazeye göre en yakın değerleri 50 ve 60 °C kurutma koşullarında aldığını belirlemiştir. Polatçı ve Taşova (2017)' ye göre sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda farklı kurutma sıcaklıklarında yaptığı alıç meyvesi kurutma çalışmasında kurutulmuş ürünlerin a değerleri tazeye göre çok fazla uzaklaştığını ifade etmişlerdir.

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Portakal meyvesi bünyesinde barındırdığı temelde C vitamini olmak üzere diğer besin değerlerince de zengin olmasıyla insan sağlığı açısından çok önemli bir turuncu meyvedir. Çalışmada kapsamında tasarlanıp imal edilen sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu ile 55, 65 ve 75 °C kurutma koşullarında kurutulmuş portakal dilimlerinin kuruma performans, renk ve en uygun ince tabakalı kuru modeli belirlenmiştir. Belirlenen değerlere göre;

- 1) Mikrodalga ışımının ürün yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık değerleri ürünün kuruma süresi ve renk değerlerinde etkili olduğu belirlenmiştir.
- 2) En uzun kuruma süresi 55 °C sıcaklıktaki kuruma koşulunda belirlenirken ortalama kuruma süresinin 6.5 saat sürdüğü belirlenmiştir. En kısa kuruma süresi ise 75 °C sıcaklıktaki kuruma koşulunda ortalama kuruma süresinin ise 65 dakika sürdüğü belirlenmiştir.

3) Uygulanan ince tabakalı kuruma modelleri içerisinde en yüksek R^2 değeri $65\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığında belirlenen boyutsuz nem oranı değerleri ile Midilli-Küçük modelinde belirlenmiştir. Bu model seçilen kuruma modelleri içerisinde kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden model olarak belirlenmiştir.

4) Kurutulmuş portakal dilimlerine ait kroma renk değerleri ürünün ticari değeri için önemli bir kriter olarak ön plana çıkmaktadır. Kurutulmuş son ürünlerin kroma değerleri açısından uygun kurutma koşulunun $65\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Agudo, J.E., Pardo, P.J., Sánchez, H., Pérez, A.L., Suero, M.I., 2014. A Low Cost Real Color Picker Based on Arduino”, *Sensors*, 14 (7), 11943-11956.
- Akoy, E.O.M., Hörösten, D.V., 2015. Microwave Drying of Mango Slices at Controlled Temperatures. ISSN 2028-9324, 12 (2), 374-383.
- Anonim,2018. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Portakal> (Erişim Tarihi: 22.05.2018).
- Cucurullo, G., Giordano, L., Albanese, D., Cinquanta, L., Matteo, D.M., 2012. Infrared thermography assisted control for apples microwave drying. *Journal of Food Engineering* 112, 319-325.
- FAO, 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations Production Statistics, <http://www.fao.org> (Erişim Tarihi: 22.05.2018).
- Gara, M.C., Simal, S., Femenia, A., Rosello, C., 2006. Drying of orange skin: drying kinetics modelling and functional properties. *Journal of Food Engineering* 75, 288-295.
- GTHB, 2014. Turunçgil, zeytin incir ve diğer subtropik meyveler araştırmaları çalışma gurubu. www.tarim.gov.tr.
- Karaaslan, S., Erdem, T., 2014. Mathematical Modelling of Orange Slices during Microwave, Convection, Combined Microwave and Convection Drying, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(2), 143-149.
- Kavdır, İ., Kocabıyık, H., Biyükcen, C.K., 2007. Farklı Renk Sistemlerinin Elmanın Hasat Sonrası Değerlendirmesindeki Etkinlikleri. *Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi*, 5-6 Eylül, Kahramanmaraş.
- Maskan, M., 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering* 48, 177-182.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27, 1254 - 1255.
- Mrad, N.D., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F., Bonazzi, C., 2012. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioproducts Processing* 90 (3), 433-441.
- Plou, E., Lopez, M.A., Barbosa C.G.V., Welti C.J., Swanson, B.G., 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64, 42-45.
- Sarıkulak, N., 2017. Kirazın farklı kurutucularda kurutulması ve kalite parametrelerinin belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Soysal, Y., Oztekin, S., Eren, O., 2006. Microwave drying of parsley: Modelling, kinetics, and energy aspects. *Biosystems Engineering* 93(4), 403-413.
- Polatci, H., Taşova, M., 2017. Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutma Yönteminin Alıç (*Crataegus* spp. L.) Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri ve Renk Değerleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(10): 1130-1135.
- Taşova, M., 2016. Sıcaklık Kontrollü Bir Mikrodalga Kurutucu Geliştirilmesi Ve Performansının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- TÜİK, 2017. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 22.05.2018).
- United States Department of Agriculture, 2014. <http://www.turktob.org.tr> (Erişim Tarihi: 22.05.2018).
- Yağcıoğlu, A., 1999. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi ziraat fakültesi yayınları No: 536. Bornova, İzmir.
- Zhengfeng, L., Raghavan G.S.V., Orsat, V., 2010. Temperature and power control in microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 97;478-483.