

FARKLI MİKRODALGA GÜÇ SEVİYELERİNDE VE FARKLI FIRIN SICAKLIKLARINDA KURUTULAN HİBİSKUS ÇANAK YAPRAKLARININ KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN VE BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Cüneyt Dinçer^{1,2*}, Ahu Çınar³, Safinaz Elmasulu⁴

¹ Akdeniz Üniversitesi, Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi, Antalya, Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi, Finike Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü, Antalya, Türkiye

³ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırmalar Merkezi, Gıda Teknolojisi ve Tıbbi, Aromatik Bitkiler Bölümü, Antalya, Türkiye

⁴ Akdeniz Üniversitesi, Korkuteli Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Antalya, Türkiye

Geliş / Received: 09.02.2021; Kabul / Accepted: 05.04.2021; Online baskı / Published online: 19.04.2021

Dinçer, C., Çınar, A., Elmasulu, S. (2021). Farklı mikrodalga güç seviyelerinde ve farklı fırın sıcaklıklarında kurutulan hibiskus çanak yapraklarının kuruma karakteristiklerinin ve bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA* (2021) 46 (3) 647-659 doi: 10.15237/gida.GD21030

Dinçer, C., Çınar, A., Elmasulu, S. (2021). Determination of drying characteristics and some physicochemical characteristics of hibiscus calyx dried at different microwave power levels and different oven temperatures. GIDA (2021) 46 (3) 647-659 doi: 10.15237/gida.GD21030

ÖZ

Bu çalışmada farklı sıcaklıklarda (60, 70, 80 °C) fırında ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde (180, 300, 450 Watt) mikrodalga fırında kurutmanın Antalya koşullarında yetiştirilen ve hasat edilen hibiskus çanak yapraklarının kuruma karakteristikleri ve bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Örneklerin kurutma karakteristiğinin değerlendirilmesinde on üç farklı model kullanılmıştır. Hibiskus çanak yapraklarının kurutma verilerine en iyi uyumu sağlayan model Midilli vd. ($R^2 \geq 0.9983$; $\chi^2 \leq 0.5156$; RMSE ≤ 0.0193) olmuştur. Mikrodalga fırında gerçekleştirilen kurutma işleminin fırında gerçekleştirilen kurutma işlemine göre kurutma süresini yaklaşık 10 kat kısalttığı belirlenmiştir. Ayrıca kurutulan örneklerin pH, iletkenlik, renk, bulanıklık, antosiyanin ve fenolik madde içeriği gibi kalite özelliklerinde de önemli farklılıklar gözlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: Hibiskus, mikrodalga kurutma, matematiksel modelleme, kalite özellikleri

DETERMINATION OF DRYING CHARACTERISTICS AND SOME PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF HIBISCUS CALYX DRIED AT DIFFERENT MICROWAVE POWER LEVELS AND DIFFERENT OVEN TEMPERATURES

ABSTRACT

In this study, the effect of drying in the oven at different temperatures (60, 70, 80 °C) and in the microwave oven at different microwave power levels (180, 300, 450 Watt) on the drying

* Yazışmalardan sorumlu yazar/ Corresponding author;

✉ cdincer@akdeniz.edu.tr

☎ (+90) 242 227 2057

☎ (+90) 242 227 2057

Cüneyt Dinçer; ORCID no: 0000-0002-9160-4242

Ahu Çınar; ORCID no: 0000-0001-7095-1192

Safinaz Elmasulu; ORCID no: 0000-0003-2794-037X

characteristics and some physicochemical properties of hibiscus calyx grown and harvested in Antalya conditions was investigated. Thirteen different mathematical models were used to describe the drying kinetics. The Midilli and others model exhibited best fit to drying data of hibiscus calyx ($R^2 \geq 0.9983$; $\chi^2 \leq 0.5156$; $RMSE \leq 0.0193$). It was determined that the drying process carried out in the microwave oven shortened the drying time approximately 10 times compared to the drying process carried out in the oven. Besides, no significant differences were observed in the quality characteristics of the dried samples such as pH, conductivity, color, turbidity, anthocyanin, and phenolic contents.

Keywords: Hibiscus, microwave drying, mathematical modeling, quality properties.

GİRİŞ

Hibiscus sabdariffa L. tropikal ve subtropikal iklimlerde yetiştirilebilen, Malvaceae familyasından, çalimsı bir bitkidir (Gedik, 2014). Ülkemizde bamyaya çiçeği, kara bamyaya, Sudan bamyası, kerkeke veya hibiskus gibi isimlerle anılmaktadır (Özdoğan, 2001; Gedik, 2014; Dinçer vd., 2020). Bitkinin ticari olarak önemli olan kısmı meyvelerin etrafını saran etli çanak yapraklarıdır (kaliksleri) (Özdoğan, 2001; Gedik, 2014; Dinçer vd., 2020).

Hibiskus çanak yaprakları karbonhidrat, protein, ham lif ve askorbik asit içermektedir. Sitrik asit, hidrokisisitrik asit, hibiskus asidi, malik asit ve tartarik asit gibi organik asitleri de farklı oranlarda içermesinin yanında ticari olarak önemi özellikle antosiyanin içeriğinden kaynaklanmaktadır. Delfinidin-3-sambiosit ve siyanidin-3-sambiosit hibiskus çanak yapraklarında bildirilen başlıca antosiyaninlerdir (Da-Costa-Rocha vd., 2014; Cid-Ortega ve Guerrero-Beltrán, 2015).

Halk arasında farklı hastalıkların tedavisinde uzun yıllardır kullanılan hibiskus ekstraktlarının, son dönemde yapılan çalışmalarda içerdiği biyoaktif maddelere bağlı olarak antioksidan, antibakteriyel, diüretik, ateş düşürücü, tansiyon düşürücü, antikolesterol ve antidiyabetik özellikler gösterdiğinin vurgulanması bu bitkilerin tüketimini ve değerini arttırmıştır (Da-Costa-Rocha vd., 2014; Cid-Ortega ve Guerrero-Beltrán, 2015). Hibiskus çanak yaprakları gıda endüstrisinde bitki çayı, sıcak ve soğuk içecekler, reçel, şekerlemeler, dondurma, çikolata, tatlandırıcılar, puding ve pasta gibi ürünlerin hazırlanmasında kullanılmaktadır (Da-Costa-Rocha vd., 2014; Cid-Ortega ve Guerrero-Beltrán, 2015). Hibiskus çanak yaprakları sayılan bu ürünlerin bazılarında, özellikle yetiştirildiği bölgelerde taze olarak kullanabildiği gibi daha çok

kurutulduktan sonra kullanılmaktadır (Wong vd., 2003; Chumsri vd., 2008).

Hibiskus çanak yapraklarının biyoaktif bileşenleri ve potansiyel kullanım alanları göz önüne alındığında yıl boyunca kurutulmuş ürün olarak kullanımını daha cazip olarak görmektedir. Ayrıca kurutma işlemi ürünün nakliye ve depolama sürecinde de fayda sağlamaktadır (Zielinska ve Michalska, 2016). Hibiskus çanak yaprakları, geleneksel olarak doğrudan güneş altında kurutulmaktadır (Daniel vd., 2012). Ancak bu kurutma yönteminde koşulların kontrollü olmamasının yanında özellikle antioksidan özelliğe sahip bileşenlerde kayıplar meydana gelebilmektedir. Diğer taraftan gıda sanayinde yaygın olarak kullanılan geleneksel termal yöntemlerde de özellikle sürenin uzamasına bağlı olarak ısıya hassas bileşenlerde önemli kayıplar, renk ve aromada istenmeyen değişiklikler meydana gelebilmektedir. Bu kayıpların azaltılmasına yönelik olarak, termal yöntemle kombine olarak kullanılan sistemlerin yanı sıra alternatif kurutma yöntemleri üzerine de çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda termal yöntemle kıyasla daha kısa sürede, enerji ve kütle transferine imkân tanıyan mikrodalga kurutma gibi yöntemler ön plana çıkmaktadır (Kumar vd., 2016).

Mikrodalga ile ısıtma tekniğinde gıda maddesinde hacimsel ısıtma meydana gelmektedir. Hacimsel ısıtma, gıdaların mikrodalga enerjisini doğrudan ve dahili olarak emme ve ısıya dönüştürme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Geleneksel ısıtmada ısı genellikle yüzeyden iç kısma doğru aktarılırken, mikrodalga ısıtmada ürün boyunca ısı üretilir. Bu nedenle, bir mikrodalga işleminde ısıtma oranları genellikle geleneksel ısıtmadan daha yüksektir (Chandrasekaran vd., 2013). Diğer taraftan mikrodalga ısıtmanın sürekli modda

uygulanması aşırı ve düzensiz ısınmaya dolayısıyla ürünün kalite özelliklerinde istenmeyen bazı değişikliklere neden olabilmektedir. Araştırmalar, aralıklı mikrodalga işleminin hem enerji verimliliğini hem de ürün kalitesini artırdığını göstermektedir (Kumar vd., 2016). Bu nedenle mikrodalga uygulamaları genelde kesikli uygulama modunda tercih edilmektedir.

Değinen açıklamalar doğrultusunda bu çalışmada Antalya şartlarında yetiştirilen *Hibiscus sabdariffa* L. bitkisinin farklı mikrodalga güç seviyelerinde ve farklı sıcaklıklarda fırında kurutulması ve kurutma şartlarının kuruma karakteristikleri ve bazı fizikokimyasal özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada materyal olarak Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM) uygulama sahasında yetiştirilen *Hibiscus sabdariffa* L. bitkisinin çanak yaprakları kullanılmıştır. Hibiskus çanak yaprakları çiçeklenmenin devam ettiği Kasım ayında hasat edilmiş ve aynı gün kurutma çalışmalarının gerçekleştirileceği laboratuvara getirilmiştir. Yıkanan hibiskus numuneleri süzöldükten sonra kaba filtre kağıtları üzerinde, ezik ve çürük olanlarından arındırılmıştır. Daha sonra hibiskus çanak yaprakları iç kısımlarında yer alan tohum kapsülünden ayrılmıştır. Ardından dijital kumpas ile ölçümleri gerçekleştirilen ve ortalama aynı kalınlığa sahip (~1.5 mm) çanak yapraklar (başlangıç nem içeriği %89.93) kurutma uygulamalarında kullanılmıştır.

Yöntem

Fırında kurutma

Hibiskus örneklerinin fırında kurutma işlemi 60 (T 60), 70 (T 70) ve 80 (T 70) °C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta Memmert IN 110 (Almanya) marka fırında gerçekleştirilmiştir. Fırın sıcaklığı istenen değere ulaştıktan sonra örnekler cam petri kaplarında tartılmış ve örnekler sabit tartıma (~%15 nem içeriğine) ulaşana kadar kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Matematiksel modelleme için örneklerin ağırlığı, 60°C'de kurutulan örneklerde saatte bir, 70 ve 80 °C'de kurutulan örneklerde ise 30 dk aralıklar ile hassas

terazi (Sartorius ED224S, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür.

Mikrodalga fırında kurutma

Hibiskus örneklerinin mikrodalga fırında kurutma işlemi 180 (MW 180), 300 (MW 300) ve 450 Watt (MW 450) olmak üzere üç farklı güç seviyesinde otomatik olarak kesikli (180 W: 8 sn açık 22 sn kapalı, 300 W: 12 sn açık 18 sn kapalı, 450 W:18 sn açık 12 sn kapalı) çalışan programlanabilir mikrodalga fırında (SAMSUNG ME86V 00-800W 2450 MHz, Güney Kore) gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga güç seviyelerinin (180, 300 ve 450 W) seçiminde örneklerde ani ısınma, bölgesel yanma vb. olumsuzlukların yaşanmaması ve benzer çalışma sonuçları dikkate alınmıştır. Örnekler cam petri kaplarında tartılmış ve mikrodalga fırının içine yerleştirilmiştir. Örnekler sabit tartıma (~%15 nem içeriğine) ulaşana kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Matematiksel modelleme için 180 W gücünde kurutulan örnekler 5 dk, 300 W gücünde kurutulan örnekler 3 dk, 450 W gücünde kurutulan örnekler ise 2 dk aralıklar ile hassas terazi (Sartorius ED224S, Almanya) kullanılarak tartılmıştır.

Kurutma işleminin modellenmesi

Örneklerin kurutma karakteristiklerinin tanımlanmasında Çizelge 1'de verilen modeller kullanılmıştır.

Kurutma deneyleri sırasında hibiskus örneklerinin nem oranı (MR) Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır. Eşitlikteki denge nem içeriği (M_e) değeri, başlangıçtaki nem içeriği (M_0) ve herhangi bir zamandaki nem içeriği (M_t) değerinden çok küçük olduğu için 0 olarak kabul edilmiştir (Aykın-Dinçer vd., 2020). Tüm nem içerikleri kg su /kg kuru madde olarak ifade edilmiştir.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Doğrusal olmayan en küçük kareler regresyonu analizi SigmaPlot 14.0 (Systat Software Inc. ABD) istatistik programı kullanılarak kurutma verileri analiz edilmiş ve modellerin regresyon katsayıları (R^2) ve model sabitleri belirlenmiştir. Modellerin ki-kare (reduced chi-square, χ^2) ve hata kareler ortalamasının karekökü (Root mean square error,

RMSE) değerleri ise aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Aykın-Dinçer vd., 2020). En küçük χ^2 ve RMSE değeri ve en yüksek R^2 değerine sahip olan model, örneklerin kuruma davranışını en iyi temsil eden model olarak tespit edilmiştir

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{n-z} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2} \quad (3)$$

Eşitlik 2 ve 3'te yer alan $MR_{exp,i}$ i'nci gözlemde deneysel olarak ölçülen nem oranı, $MR_{pre,i}$ modelde i'nci gözlemde tahmin edilen nem oranı, n gözlemlerin sayısı ve z ise modeldeki sabitlerin sayısıdır.

Çizelge 1. Hibiskus örneklerinin kurutma verilerini açıklamak için seçilmiş kurutma modelleri

Table 1. Selected drying models for describing hibiscus samples drying data

Model adı Model name	Model eşitliği Model equation	Kaynak Reference
Lewis	$MR = \exp(-k.t)$	Özdemir ve Devres 1999
Henderson ve Pabis Henderson and Pabis	$MR = a.\exp(-k.t)$	Delgado vd., 2014
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Yaldiz ve Ertekin 2001
İki-terimli Two-term	$MR = a.\exp(-k_0.t) + b.\exp(-k_1.t)$	Delgado vd., 2014
İki-terimli üssel Two-term exponential	$MR = a.\exp(-k.t) + (1-a).\exp(-k.a.t)$	Yaldiz ve Ertekin 2001
Logaritmik Logarithmic	$MR = a.\exp(-k.t) + c$	Yaldiz ve Ertekin 2001
Wang ve Singh Wang and Singh	$MR = 1 + a.t + b.t^2$	Özdemir ve Devres 1999
Modifiye Henderson ve Pabis Modified Henderson and Pabis	$MR = a.\exp(-kt) + b.\exp(-g.t) + c.\exp(-ht)$	Delgado vd., 2014
Midilli vd. Midilli and others	$MR = a.\exp(-kt^n) + b.t$	Midilli vd., 2002.
Verma Diffüzyon yaklaşımı Diffusion approach	$MR = a.\exp(-kt) + (1-a).\exp(-g.t)$ $MR = a.\exp(-kt) + (1-a).\exp(-k.b.t)$	Yaldiz ve Ertekin 2001 Swain vd., 2012.
MR'in kökü Root of B-B ₀	$MR = (n + k.t)^2$	Vega-Gálvez vd., 2008.
Modifiye Page Modified Page	$MR = \exp(-(kt)^n)$	Delgado vd., 2014

t: kurutma süresi (dk); MR: nem oranı, k, a, b, c, g, n, k₀, k₁ model sabitleri.

t: drying time (min); MR: moisture ratio, k, a, b, c, g, n, k₀, k₁ are model constants.

Analiz yöntemleri

Ekstraksiyon

Kurutulmuş örneklerin daha çok sulu ekstraktlarının kullanımı göz önüne alınarak Dinçer vd (2020)'ne göre sulu ekstraktları hazırlanmış ve ekstraktlarda analizler gerçekleştirilmiştir. Ekstraktların hazırlanması için kurutulmuş örnekler blendırda (Waring, ABD) öğütüldükten sonra elekler (Retsch, Almanya) ile

elenerek partikül büyüklüğünün 0.5-1 mm aralığında olması sağlanmıştır. Ardından 2 g örnek 100 mL'lik cam şişelere aktarılmış ardından, katı sıvı oranı 1/40 olacak şekilde üzerine ekstraksiyon sıcaklığındaki distile su ilave edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi 30 dk boyunca ultrasonik banyoda (Çalışkan Ultrasonic cleaner, Türkiye) 40 °C sıcaklıkta, 40 kHz sabit frekansta ve 0.031 W/mL akustik güç yoğunluğunda (AGY)

uygulanmıştır. AGY, Tiwari vd., (2008)'nin rapor ettiği metoda göre kalorimetrik olarak belirlenmiştir. İşlem sonunda kaba filtreden süzülen örnekler analizlere kadar 4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Suda çözünür kuru madde tayini (SÇKM)

Örneklerin suda çözünebilir kuru madde miktarı refraktometre (PAL- α ATAGO, Tokyo, Japonya) ile oda sıcaklığında ölçülmüştür.

pH ve iletkenlik ölçümü

Örneklerin pH ve iletkenlik değerleri oda sıcaklığında dijital pH metre (Orion 4-Star pH meter, Thermo Scientific, ABD) ve iletkenlik ölçer (Mettler Toledo S230, İsviçre) kullanılarak ölçülmüştür.

Renk analizi

Örneklerin renk analizi Konica-Minolta CR-400 (Japonya) renk ölçer cihazı ve sıvı kabı kullanılarak yapılmıştır. Renk, L* (koyuluk-açıklık), a* (yeşillik-kırmızılık), b* (mavilik-sarılık) renk parametreleri cinsinden ifade edilmiştir. Ayrıca Hue açısı (h) ve Chroma (C) değerleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır.

$$h^{\circ} = \frac{180}{\pi} \tan^{-1}(b/a) \quad (4)$$

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (5)$$

Bulanıklık

Örneklerdeki bulanıklık değeri ölçümü için örnek 95 mm yüksekliği ve 25 mm çapa sahip örnek kabına yerleştirilmiş ve türbidimetre (Hach 2100 N Turbidimeter, A.B.D.) kullanılarak NTU (Nephelometric Turbidity Unit) değeri cinsinden belirlenmiştir (Tajchakavit vd., 2001).

Toplam fenolik madde

Toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla, 0.5 mL örnek üzerine sırasıyla 2.5 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi (Merck, Almanya) (saf su ile 10 kat seyreltilmiş) ve (0.5 ile 2 dk arasında bekleme süresinden sonra) 2 mL %7.5'lik Na₂CO₃ (Merck, Almanya) çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışım vorteksle karıştırıldıktan sonra 50°C'deki su banyosunda 5 dk bekletilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığına

soğutulmuş spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution 160 UV-Vis, ABD) 760 nm dalga boyunda, okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit çözeltileri (20, 40, 60, 80 100 mg/L) ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi ($y=0.0108x + 0.008$, $R^2 = 0.9997$) yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri/L (mg GAE/L) ekstrakt ve g gallik asit eşdeğeri /kg (g GAE/kg) örnek olarak sunulmuştur (Şkerget vd., 2005).

Toplam monomerik antosiyanin analizi

Örneklerde toplam monomerik antosiyanin tayini pH diferansiyel metodu ile spektrofotometrik (Thermo Scientific Evolution 160 UV-Vis, ABD) olarak belirlenmiş ve sonuçlar siyanidin-3-glukozit cinsinden mg/L ve g/kg olarak sunulmuştur (Wang ve Xu, 2007).

İstatiksel analizler

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş, analizler iki paralelli olarak yürütülmüştür. Ortalamalar varyans analizine tabi tutularak, önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (SAS System for Windows V7, SAS Institute, Cary, NC, ABD) ile ortaya konulmuştur. P<0.05 olduğunda önemli farklılıklar çizelgelerde farklı harflerle gösterilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

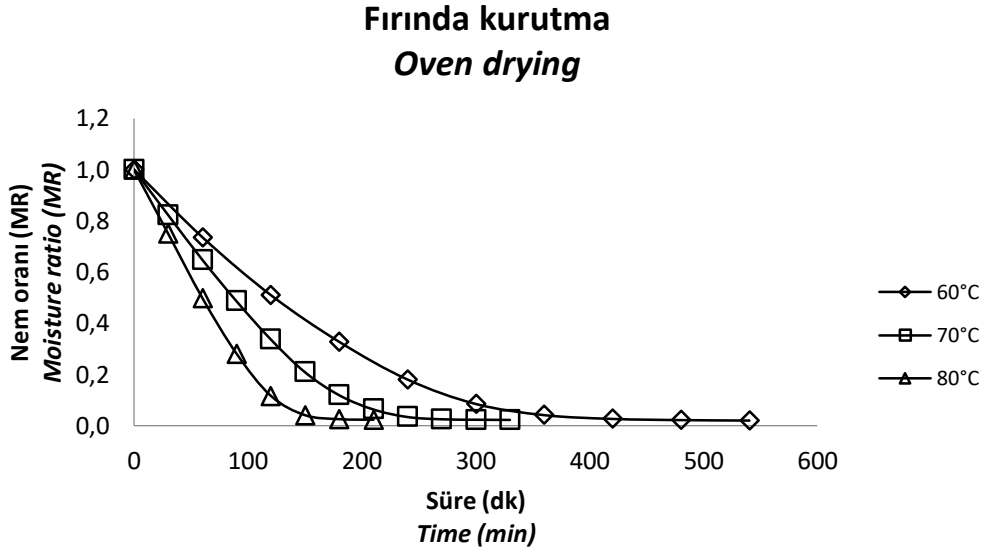
Hibiskus çanak yapraklarının kurutma kinetiği

Hibiskus çanak yaprakları için farklı yöntem ve koşullar kullanılarak elde edilen kurutma eğrileri (MR değerlerine karşı zaman), Şekil 1 ve Şekil 2'de sunulmuştur. Kurutma eğrileri incelendiğinde hibiskus örneklerinin nem oranının (MR) önceki çalışmalarla uyumlu olarak kuruma süresi arttıkça azaldığı görülmektedir (Saeed, 2010; Evin, 2011).

Örneklerin kurutulması için gerekli süre, T60, T70 ve T80 örnekleri için sırasıyla 540, 330 ve 210 dk olarak belirlenirken, MW180, MW300 ve MW450 örnekleri için ise sırasıyla 45, 33 ve 20 dk olarak belirlenmiştir. Hedeflenen nem değerine ulaşmak için gerekli sürenin sıcaklık (60°C'den 80°C'ye) ve mikrodalga gücü (180W'tan 450W'a) artışıyla tahmin edilebileceği üzere azaldığı görülmektedir.

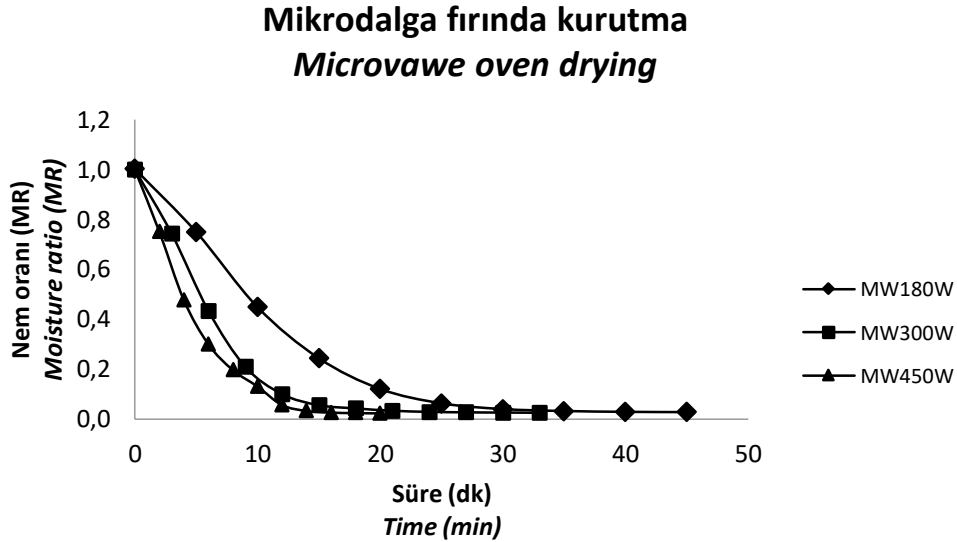
Tekgül ve Çalışkan Koç (2020)'un arapsaçı otu ve Özkan vd (2007)'nin ıspanakta yaptıkları çalışmalarda da benzer şekilde sıcaklık ve

mikrodalga güç seviyesinin artışıyla kurutma süreleri önemli düzeyde azalmıştır.



Şekil 1. Fırında farklı sıcaklıklarda kurutulan hibiskus örneklerinin nem oranlarının kurutma süresi ile değişimi.

Figure1. The change of the moisture ratio (MR) of hibiscus samples dried in oven at different temperatures with drying time



Şekil 2. Mikrodalga fırında farklı güç seviyelerinde kurutulan hibiskus örneklerinin nem oranlarının kurutma süresi ile değişimi

Figure2. The change of the moisture ratio (MR) of hibiscus samples dried in microwave oven at different temperatures with drying time.

Modellerin hibiskus çanak yapraklarının kurutulmasında elde edilen verilere (Çizelge 1) uygunluğunu belirlemek için hesaplanan regresyon katsayıları (R^2), azaltılmış ki-kare (χ^2) ve hata kareler ortalaması (RMSE) değerleri, Çizelge 2’de sunulmuştur. Fırında kurutulan hibiskus örneklerinde modellerin hesaplanan R^2 değerleri

0.9708 ile 0.9986 arasında belirlenirken, χ^2 ve RMSE değerleri ise sırasıyla 0.0002 ile 0.0041 ve 0.0138 ile 0.0641 arasında tespit edilmiştir. Mikrodalga yöntemiyle kurutulan örnekler için R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri ise sırasıyla 0.9400 ile 1.0000, 0.0001 ile 0.5156 ve 0.0022 ile 0.0844 arasında hesaplanmıştır.

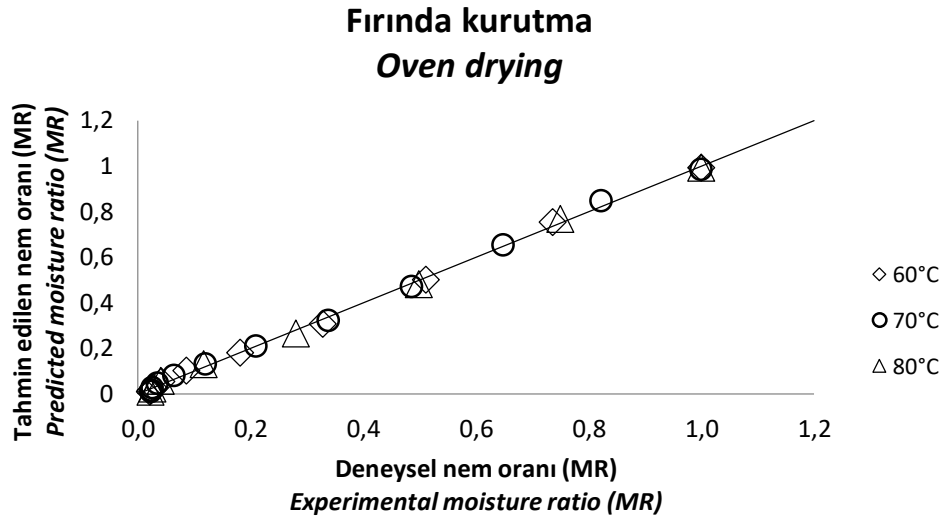
Çizelge 2. Çeşitli kurutma teknikleriyle kurutulan hibiskus örneklerinin kurutma verileri için kullanılan kinetik modellerin parametreleri.

Table 2. Parameters of kinetic models used for drying data of hibiscus samples dried by various drying techniques.

Matematiksel model <i>Mathematical model</i>	Parametreler <i>Parameters</i>	Kurutma metodu <i>Drying method</i>					
		T60	T70	T80	MW 180	MW 300	MW 450
Lewis	R^2	0.9856	0.9739	0.9708	0.9825	0.9812	0.9916
	χ^2	0.0017	0.0031	0.0040	0.0021	0.0020	0.0009
	RMSE	0.0416	0.0558	0.0636	0.0461	0.0450	0.0306
Henderson ve Pabis <i>Henderson and Pabis</i>	R^2	0.9876	0.9790	0.9746	0.9852	0.9836	0.9931
	χ^2	0.0017	0.0028	0.0041	0.0020	0.0019	0.0009
	RMSE	0.0409	0.0525	0.0641	0.0450	0.0441	0.0292
Page	R^2	0.9986	0.9982	0.9983	0.9983	0.9965	0.9988
	χ^2	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0004	0.0002
	RMSE	0.0138	0.0155	0.0165	0.0154	0.0205	0.0124
İki-terimli <i>Two-term</i>	R^2	0.9953	0.9902	0.9923	0.9985	0.9972	0.9992
	χ^2	0.0008	0.0016	0.0019	0.0003	0.0004	0.0001
	RMSE	0.0291	0.0401	0.0432	0.0162	0.0205	0.0116
İki-terimli üssel <i>Two-term exponential</i>	R^2	0.9981	0.9965	0.9963	0.999	0.9974	0.9989
	χ^2	0.0003	0.0005	0.0006	0.0001	0.0003	0.0001
	RMSE	0.0162	0.0214	0.0246	0.0119	0.0175	0.0117
Logaritmik <i>Logarithmic</i>	R^2	0.9928	0.9893	0.9879	0.9871	0.9837	0.9947
	χ^2	0.0011	0.0016	0.0024	0.0020	0.0021	0.0007
	RMSE	0.0332	0.0396	0.0486	0.0449	0.0463	0.0272
Wang ve Singh <i>Wang and Singh</i>	R^2	0.9970	0.9980	0.9968	0.9861	0.9467	0.9861
	χ^2	0.0004	0.0003	0.0005	0.0019	0.0063	0.0017
	RMSE	0.0200	0.0164	0.0228	0.0434	0.0795	0.0416
Modifiye Henderson ve Pabis <i>Modified Henderson and Pabis</i>	R^2	0.9953	0.9902	0.9923	0.999	0.9986	0.9992
	χ^2	0.0013	0.0021	0.0037	0.0003	0.0003	0.0002
	RMSE	0.0356	0.0463	0.0611	0.0164	0.0168	0.0137
Midilli vd. <i>Midilli and others</i>	R^2	0.9986	0.9983	0.9984	1.0000	0.9997	0.9991
	χ^2	0.0002	0.0003	0.0004	0.0505	0.5156	0.0001
	RMSE	0.0156	0.0166	0.0199	0.0022	0.0072	0.0121
Verma	R^2	0.9953	0.9902	0.9923	0.9985	0.9972	0.9992
	χ^2	0.0007	0.0014	0.0015	0.0002	0.0004	0.0001
	RMSE	0.0269	0.0378	0.0386	0.0150	0.0193	0.0108
Difüzyon yaklaşımı <i>Diffusion approach</i>	R^2	0.9953	0.9902	0.9883	0.9873	0.9836	0.9992
	χ^2	0.0007	0.0014	0.0023	0.0020	0.0022	0.0001
	RMSE	0.0269	0.0378	0.0477	0.0445	0.0465	0.0108
MR’ın kökü <i>Root of MR</i>	R^2	0.9972	0.9982	0.9973	0.9844	0.9400	0.9874
	χ^2	0.0004	0.0002	0.0004	0.0021	0.0071	0.0016
	RMSE	0.0195	0.0156	0.0209	0.0460	0.0844	0.0396
Modifiye Page <i>Modified Page</i>	R^2	0.9986	0.9982	0.9983	0.9983	0.9965	0.9988
	χ^2	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0004	0.0002
	RMSE	0.0138	0.0155	0.0165	0.0154	0.0205	0.0124

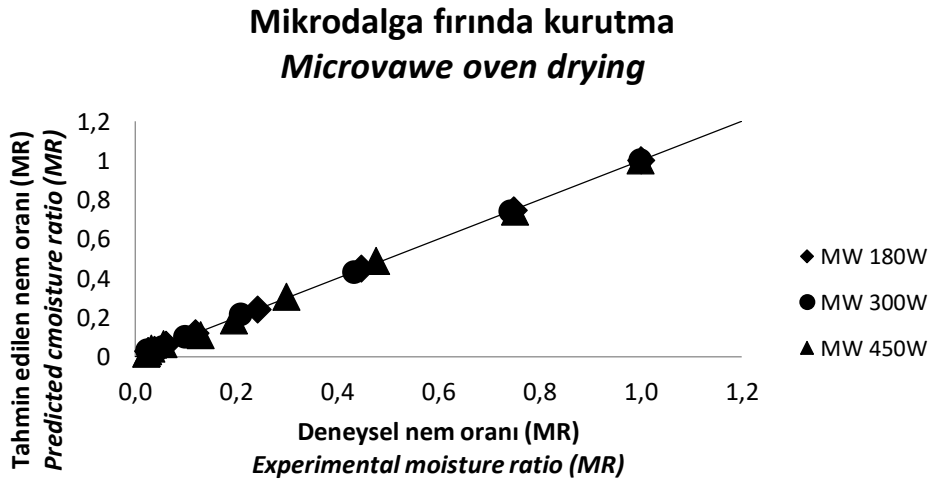
Yüksek R^2 ile düşük χ^2 ve RMSE değerleri, modellerin verilere uygunluğunu ifade etmektedir. Bu nedenle hem fırında ($R^2 \geq 0.9983$; $\chi^2 \leq 0.0004$; $RMSE \leq 0.0199$) hem de mikrodalga yöntemiyle ($R^2 \geq 0.9991$; $\chi^2 \leq 0.5156$; $RMSE \leq 0.0193$) kurutulan örneklerde verilere en iyi

uyumu Midilli vd. modeli sergilemiştir (Çizelge 2). Nitekim Şekil 3 ve Şekil 4'te sunulan deneysel veriler ile tahmin edilen veriler karşılaştırıldığında, Midilli vd. modelinin hibiskus örneklerinin kurutma karakteristiğini tahmin etmede oldukça başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Farklı sıcaklıklarda fırında kurutulan örneklerin nem oranı değişimlerinin Midilli vd. modeli için deneysel ve tahmin edilen değerleri

Figure 3. Experimental and predicted values of moisture content changes of samples dried in the oven at different temperatures for the Midilli and others model



Şekil 4. Farklı güç seviyelerinde mikrodalga fırında kurutulan örneklerin nem oranı değişimlerinin Midilli vd. modeli için deneysel ve tahmin edilen değerleri.

Figure 4. Experimental and predicted values of moisture content changes of samples dried in microwave oven at different power levels for the Midilli and others model.

Saeed (2010) hibiskus çanak yapraklarını güneş kolektörlü sistemde farklı sıcaklık (35, 45, 55, 60, ve 65°C) ve hava hızlarında (1.5 ve 3.0 m/s) kuruttuğu çalışmada örneklerin kurutma karakteristiğini tahmin etmede (Newton, Page, Modified Page, Modified Page II, Henderson ve Pabis, Modifiye Henderson and Pabis, Logarithmic, basitleştirilmiş Fick'in difüzyonu, iki terimli ve iki terimli üssel) on iki model değerlendirmiştir. Değerlendirilen modeller arasında en iyi uyumu Logaritmik modelin gösterdiği rapor edilmiştir.

Diğer taraftan Ismail vd., (2019) hibiskus tohumlarını fırında farklı sıcaklıklarda (35, 45, 55, 60 ve 65°C) kuruttukları çalışmalarında beş matematiksel modelin (Newton, Page, Henderson ve Pabis, difüzyon yaklaşımı ve Logarithmic) kurutma verilerine uyumunu araştırmışlardır. Çalışmada 240 dk kurutma süresi ile 65 °C

sıcaklığın en uygun kurutma sıcaklığı olduğu ve difüzyon yaklaşımının kurutma verilerine en uyumlu model olduğu rapor edilmiştir.

Çizelge 3'te en uyumlu model olarak belirlenen Midilli vd. modeline ait kinetik parametreler sunulmuştur. Fırında kurutulan hibiskus örneklerinde Midilli vd. modeli için hesaplanan k değerinin 0.0011 ile 0.0016 arasında değiştiği belirlenirken mikrodalga yöntem ile kurutulan örneklerde Midilli vd. modeli için hesaplanan k değeri ise 0.0288 ile 0.1292 arasında belirlenmiştir.

Mikrodalga yöntemiyle kurutulmuş örneklerde k değeri, mikrodalga gücün artışıyla artmıştır. Bununla birlikte, fırında 60 ve 70 °C'de kurutulan örneklerin k değeri birbirlerine oldukça yakın değerlerde (sırasıyla 0.0012 ve 0.0011) belirlenirken 80 °C'de kurutulan örneklerde k değeri 0.0016 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Farklı yöntemler ile kurutulmuş hibiskus örnekleri için Midilli vd. modelinin kinetik parametreleri.

Table 3. Kinetic parameters of Midilli and others model for hibiscus samples dried by different drying techniques.

Matematiksel model <i>Mathematical Model</i>	Kurutma metodu Drying methods	Model sabitleri Model constants			
		a	k	n	b
<i>Midilli vd.</i>	60°C	0.9933	0.0012	1.3201	6.4902x10 ⁻⁶
<i>Midilli and others</i>	70°C	0.9859	0.0011	1.4450	6.9995x10 ⁻⁶
	80°C	0.9930	0.0016	1.4921	6.2470x10 ⁻⁷
	MW 180W	1.0014	0.0288	1.4513	0.0006
	MW 300W	1.0010	0.0588	1.4953	0.0010
	MW 450W	1.0027	0.1292	1.2429	0.0007

Saeed, (2010) hibiskus çanak yapraklarını güneş kolektörlü sistemde kuruttuğu çalışmada Newton, Page, Modified Page, Modified Page II, Henderson ve Pabis, Modifiye Henderson and Pabis, basitleştirilmiş Fick'in difüzyonu ve iki terimli üssel model için hesaplanan k değerlerini 0.00077 ile 0.00618 arasında rapor etmiştir.

Fizikokimyasal özellikler

Kurutulmuş örneklerin daha çok sulu ekstraktlarının kullanımı göz önüne alınarak hazırlanmış ekstraktlarda gerçekleştirilen renk ve bulanıklık ölçüm sonuçları Çizelge 4'te

sunulmuştur. Örneklerin renk değerlerinin uygulanan kurutma yöntemlerine göre önemli bir değişim göstermediği L*, a*, b* C ve h değerlerinin sırasıyla 15.10-15.22, 3.38-3.63, 4.64-4.88, 5.75-6.08 ve 52.94-54.21 arasında değiştiği belirlenmiştir. Wong vd., (2003) taze hibiskus çanak yapraklarında sıcak su ekstraksiyonu, vidalı pres, blendırda sıcak (100 °C) ve soğuk (27 °C) su ekstraksiyonu olmak üzere farklı ekstraksiyon yöntemlerinin kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında örneklerin L değerinin 22.5-29.8, a değerinin 13.3-18.5 ve b değerinin 4.08-5.47 arasında değiştiğini

bildirmişlerdir. Ramirez-Rodrigues vd. (2011) ise farklı sıcaklık ve sürelerde gerçekleştirdikleri ekstraksiyon çalışmasında hibiskus örneklerinin L, a, b renk değerlerini sırasıyla 35.26-54.18, 63.93-67.65 ve 45.39-68.76 arasında rapor etmişlerdir.

Antosiyanince zengin hibiskus ekstraktlarının farklı içeceklerde kullanımı göz önüne alındığında, kurutma işleminin antosiyaninler ve ekstraktlardaki bulanıklık değerleri üzerine etkisi bu kapsamda önem arz etmektedir. Nitekim

mikrodalga yöntemiyle kurutulmuş örnekler ile hazırlanan ekstraktların bulanıklık değerlerinin (4.24-5.46 NTU) fırında kurutulmuş örneklerin ekstraktlarından (6.78-7.43 NTU) genel olarak daha düşük değerlerde ölçüldüğü görülmektedir (Çizelge 4). Dinçer vd., (2020)'nin aktardan temin edilen hibiskus örneklerini termal ve ultrases yöntemi ile ekstrakte ettikleri çalışmada, 1.1 °Bx seviyesindeki ekstraktların bulanıklık değerlerinin 10.31 ile 18.23 NTU aralığında değişim gösterdiği rapor edilmiştir.

Çizelge 4. Farklı yöntemler ile kurutulmuş örneklerden hazırlanan ekstraktların renk ve bulanıklık değerleri

Table 4. Color and turbidity values of extracts prepared from samples dried by different methods

Kurutma metodu Drying methods	L*	a*	b*	C	h	NTU
60°C	15.22 ^a ±0.07	3.60 ^a ±0.11	4.85 ^a ±0.07	6.04 ^a ±0.12	53.41 ^a ±0.43	7.05 ^a ±0.99
70°C	15.10 ^a ±0.04	3.39 ^a ±0.09	4.64 ^a ±0.07	5.75 ^a ±0.11	53.91 ^a ±0.41	7.43 ^a ±0.45
80°C	15.10 ^a ±0.05	3.43 ^a ±0.02	4.70 ^a ±0.02	5.82 ^a ±0.01	53.88 ^a ±0.24	6.78 ^{ab} ±1.21
MW180W	15.10 ^a ±0.04	3.38 ^a ±0.06	4.68 ^a ±0.03	5.77 ^a ±0.03	54.21 ^a ±0.55	4.68 ^{bc} ±0.21
MW300W	15.17 ^a ±0.00	3.60 ^a ±0.06	4.77 ^a ±0.06	5.98 ^a ±0.02	52.94 ^a ±0.76	5.46 ^{abc} ±0.13
MW450W	15.10 ^a ±0.05	3.63 ^a ±0.13	4.88 ^a ±0.12	6.08 ^a ±0.17	53.21 ^a ±0.48	4.24 ^c ±0.23

Aynı sütündeki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğunu gösterir. Ortalama değer ± standart hata

Different letters on the same column represent that the difference between the samples is statistically significant ($P<0.05$). Mean values ± standard error

Ekstraktların pH ve iletkenlik ölçümleri Çizelge 5'te sunulmuştur. Örneklerin pH değerlerinin (2.35-2.37) de uygulanan kurutma yöntemlerine göre önemli bir değişim göstermediği belirlenmiştir. Chumsri vd., (2008) taze ve kurutulmuş hibiskus çanak yapraklarını farklı sıcaklık (50, 60 °C), süre (30, 60 dk) ve katı/çözücü oranlarında (1/5, 1/10) suda ekstrakte ettiği çalışmada, örneklerin pH değerinin 2.79 ile 2.95 arasında belirlendiğini bildirmişlerdir. Ramirez-Rodrigues vd. (2011) ise katı/çözücü oranı 1/40 ve 25 °C'de 30, 60, 120 ve 240 dk ile 90 °C'de 2, 4, 8, 16 dk olmak üzere farklı sıcaklık ve sürelerde gerçekleştirdikleri çalışmada hibiskus örneklerinin sulu ekstraktlarının pH değerlerini, sunulan çalışmanın sonuçlarıyla oldukça uyumlu olarak, 2.31-2.37 arasında rapor etmiştir. Dinçer vd., (2020)'de termal ve ultrases yöntemi ile 1.1 °Bx seviyesine kadar ekstrakte ettikleri hibiskus örneklerinde pH değerlerini 2.41-2.42 aralığında bildirmişlerdir. Örneklerin iletkenlik değerlerinin (2.35-2.46 ms/cm) ise

istatistiki açıdan farklılık ortaya koyduğu ($P<0.05$) ancak bu farklılığın kurutma yöntemi ve şartlarına göre net bir eğilim yansıtmadığı görülmektedir. Diğer taraftan sıvı gıdaların iletkenliğinin vitaminler, mineraller, yağ asitleri ve proteinler gibi besin maddelerinden kaynaklandığı ifade edilmekle birlikte (Aadil vd., 2013) iletkenliğin, ohmik ısıtma, ultrason, darbeli elektrik alanları, radyo frekanslı ısıtma veya mikrodalga ısıtma ile gıdaların işlenmesi açısından önem arz ettiği bildirilmektedir (Siguemoto ve Gut, 2016).

Hibiskus ekstraktlarının ve ekstraktların hazırlandığı kurutulmuş örneklerin antosiyanin ve fenolik madde içerikleri de Çizelge 5'te sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde farklı kurutma şartlarının örneklerin antosiyanin ve fenolik madde içeriğinde de önemli bir değişime neden olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte kurutulmuş hibiskus örneklerinin antosiyanin içeriğinin 2.72 ile 3.19 siyanidin-3glikozid g/kg kuru madde, fenolik madde içeriğinin ise 18.53 ile

20.78 g GAE/kg kuru madde arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Çizelge 5). Borrás-Linares vd., (2015) Meksikada yetişen 25 farklı *Hibiscus sabdariffa* varyetesi ile gerçekleştirdikleri çalışmada örneklerin fenolik madde içeriğinin

2400-10000 mg GAE/100g km (24-100 g GAE/kg km) antosiyanin içeriğinin ise 0-4408 mg/100g km (0-44.08 g/kg) arasında değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 5. Hibiskus örneklerinin pH ve iletkenlik değerleri ve antosiyanin ve toplam fenolik madde içerikleri

Table 5. pH and conductivity values and anthocyanin and total phenolic contents of hibiscus samples

Kurutma medtodu Drying methods	pH	İletkenlik Conductivity (ms/cm)	Antosiyanin	Antosiyanin	Fenolik	Fenolik
			(siyanidin-3- glikozid mg/L) Anthocyanin content (cyanidine-3- glucoside mg/L)	(siyanidin-3- glikozid g/kg km) Anthocyanin content (cyanidine-3- glucoside mg/L dm)	madde miktarı (mg GAE/L) Phenolic content (mg GAE/L)	madde miktarı (g GAE/kg km) Phenolic content (g GAE/kg dm)
60°C	2.36 ^a ±0.01	2.38 ^{bc} ±0.01	23.43 ^a ±0.92	2.78 ^a ±0.11	156.18 ^a ±4.97	18.53 ^a ±0.59
70°C	2.36 ^a ±0.01	2.41 ^{abc} ±0.02	25.61 ^a ±1.43	3.03 ^a ±0.15	157.41 ^a ±5.01	18.64 ^a ±0.57
80°C	2.36 ^a ±0.01	2.41 ^{ab} ±0.02	25.99 ^a ±1.16	3.11 ^a ±0.14	164.35 ^a ±3.74	19.71 ^a ±0.45
MW180W	2.35 ^a ±0.01	2.35 ^c ±0.02	25.91 ^a ±0.89	3.19 ^a ±0.11	171.60 ^a ±3.64	20.78 ^a ±0.72
MW300W	2.37 ^a ±0.01	2.46 ^a ±0.02	24.66 ^a ±0.98	3.04 ^a ±0.12	167.90 ^a ±0.16	20.33 ^a ±0.36
MW450W	2.36 ^a ±0.01	2.36 ^{bc} ±0.02	22.74 ^a ±0.52	2.72 ^a ±0.06	166.05 ^a ±2.27	19.89 ^a ±0.27

Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli (P<0.05) olduğunu gösterir.

Ortalama değer ± standart hata, km: kuru madde

Different letters on the same column represent that the difference between the samples is statistically significant (P<0.05). Mean values ±standard error, dm:dry basis

SONUÇ

Çalışma kapsamında kesikli mikrodalga fırında farklı güç seviyelerinde ve fırında farklı sıcaklıklarda kurutulan hibiskus çanak yapraklarının kurutma verilerine en iyi uyumu sağlayan modelin Midilli vd. olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mikrodalga fırında kesikli olarak 180-450 W gücünde gerçekleştirilen kurutma işleminin (45-20 dk) fırında 60-80 °C’de gerçekleştirilen kurutma işlemine (540-210 dk) göre kurutma süresini yaklaşık 10 kat kısalttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte mikrodalga fırında 180, 300 ve 450W’ta ve geleneksel yöntemi temsilen 60, 70 ve 80 °C’de fırında kurutulan örneklerin pH, iletkenlik, renk, bulanıklık, antosiyanin ve fenolik madde içeriği gibi kalite özelliklerinde de önemli farklılıklar tespit edilmemiştir. Mikrodalga fırındaki işlem sürelerinin geleneksel fırına kıyasla önemli düzeyde kısa olması ve bu işlemin kalite özelliklerinde önemli bir değişime neden olmaması kullanımını cazip kılmaktadır. Özellikle *Hibiscus sabdariffa*’nın gıda sanayisindeki kullanım

potansiyeli ve biyoaktif bileşenlerine bağlı olarak sağlık açısından faydaları göz önüne alındığında, Antalya şartlarında yetiştirilen bitkinin geleneksel fırınların yanında mikrodalga fırın ile de başarıyla kurutulabileceği ve kurutma karakteristiklerinin tanımlanmasında Midilli vd. modelinin başarıyla kullanılabilceği ifade edilebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar tarafından bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZARLARIN KATKISI

Ahu ÇINAR bitkilerin yetiştirilmesi, hasat edilmesi, denemenin kurulması ve makalenin yazım sürecinde, Safınaz ELMASULU, bitkilerin hasat edilmesi, denemenin kurulması, kurutma işlemleri, analizler ve makalenin yazım sürecinde, Cüneyt DİNÇER denemenin kurulması, kurutma işlemleri, analizler, istatistik değerlendirme ve makalenin yazım sürecinde görev almıştır.

KAYNAKLAR

- Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z., Sun, D. W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chem.*141(3), 3201-3206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.008>
- Aykın-Dinçer, E., Kılıç-Büyükkurt, Ö., Erbaş, M. (2020). Influence of drying techniques and temperatures on drying kinetics and quality characteristics of beef slices. *Heat and Mass Transfer*, 56(1), 315-320. <https://doi.org/10.1007/s00231-019-02712-z>
- Borrás-Linares, I., Fernández-Arroyo, S., Arráez-Roman, D., Palmeros-Suárez, P. A., Del Val-Díaz, R., Andrade-González, I., ... Segura-Carretero, A. (2015). Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Ind. Crops Prod.* 69, 385-394. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.053>
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T. (2013). Microwave food processing—A review. *Food Res. Int.* 52(1), 243-261. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.033>
- Chumsri, P., Sirichote, A., Itharat, A. (2008). Studies on the optimum conditions for the extraction and concentration of roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) extract. *Songklanakarın J. Sci. Technol.* 30(1), 133-9.
- Cid-Ortega, S., Guerrero-Beltrán, J. A. (2015). Roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*), an alternative to the food and beverages industries: a review. *J. Food Sci. Technol.* 52(11), 6859-6869. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1800-9>
- Da-Costa-Rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., Heinrich, M. (2014). *Hibiscus sabdariffa* L.—A phytochemical and pharmacological review. *Food Chem.* 165, 424-443. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002>
- Daniel, D. L., Huerta, B. B., Sosa, I. A., Mendoza, M. V. (2012). Effect of fixed bed drying on the retention of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Ind. Crops Prod.* 40, 268-276. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.03.015>
- Delgado, T., Pereira, J. A., Baptista, P., Casal, S., Ramalhosa, E. (2014). Shell's influence on drying kinetics, color and volumetric shrinkage of *Castanea sativa* Mill. fruits *Food Res. Int.* 55, 426-435. doi:10.1016/j.foodres.2013.11.043
- Dinçer, C., Tongur, T., Erkeymaz, T. (2020). Farklı ekstraksiyon yöntemlerinin hibiskus ekstraktlarının kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *Gıda*, 45(3), 409-420. <https://doi.org/10.15237/gida.GD19155>
- Evin, D. (2011). Microwave drying and moisture diffusivity of white mulberry: experimental and mathematical modeling. *J.Mech. Sci. Technol.*, 25(10), 2711. <https://doi.org/10.1007/s12206-011-0744-x>
- Gedik, S. (2014). Çukurova koşullarında farklı ekim zamanlarının kerkede (*Hibiscus sabdariffa* L.) bitkisinin çanak yaprak verimi ve kalitesine etkisi. Çukurova Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Y.lisans Tezi.116s.
- Ismail, N. F., Nawi, H. M., Zainuddin, N. (2019, November). Mathematical modelling of drying kinetics of oven dried *Hibiscus Sabdariffa* seed. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1349, No. 1, p. 012144). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012144>
- Kumar, C., Joardder, M. U. H., Farrell, T. W., Millar, G. J., Karim, M. A. (2016). Mathematical model for intermittent microwave convective drying of food materials. *Drying Technol.* 34(8), 962-973. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1087408>
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z. (2002). A new model for single-layer drying. *Drying Technol.* 20(7), 1503-1513. <https://doi.org/10.1081/DRT-120005864>
- Özdemir, M., Devres, Y. O. (1999). The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *J.Food Eng.*, 42(4), 225-233. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00126-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00126-0)
- Özdoğan F. P. (2001) *Hibiscus sabdariffa*'nın fitoterapi açısından değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Eczacılık ve Farmakoloji. Yüksek Lisans175s,

- Ramirez-Rodrigues, M. M., Plaza, M. L., Azeredo, A., Balaban, M. O., Marshall, M. R. (2011). Physicochemical and phytochemical properties of cold and hot water extraction from *Hibiscus sabdariffa*. *J. Food Sci.*, 76(3), C428-C435. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02091.x>
- Saeed, I. E. (2010). Solar drying of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Effects of drying conditions on the drying constant and coefficients, and validation of the logarithmic model. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 12(1):167-181.
- Siguemoto, É. S., Gut, J. A. W. (2016). Dielectric properties of cloudy apple juices relevant to microwave pasteurization. *Food Bioprocess Technol.* 9(8), 1345-1357. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1723-0>
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M., Knez, Ž. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chem.* 89(2), 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.025>
- Swain, S., Samuel, D. V. K., Bal, L. M., Kar, A., Sahoo, G. P. (2012). Modeling of microwave assisted drying of osmotically pretreated red sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Food Sci. Biotechnol.* 21(4), 969-978. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0127-9>
- Tajchakavit, S., Boye, J.I., Belanger, D. Couture, R. 2001. Kinetics of haze formation and factors influencing the development of haze in clarified apple juice. *Food Res. Int.* 34 (5): 431-440. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00188-5)
- Tekgül, Y., Koç, G. Ç. (2020). Arapsacı otunun (*Foeniculum vulgare*) kuruma kinetiğinin incelenmesi ve kuruma davranışının modellenmesi. *Gıda*, 45(4), 676-688. <https://doi.org/10.15237/gida.GD20044>
- Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P., Cullen, P. J. (2008). Effects of sonication on the kinetics of orange juice quality parameters. *J. Agric. Food. Chem.*, 56(7), 2423-2428. <https://doi.org/10.1021/jf073503y>
- Özkan, I. A., Akbudak, B., Akbudak, N. (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *J. Food Eng.* 78(2), 577-583. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.026>
- Vega-Gálvez, A., Puente-Díaz, L., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., Torres, M. J. (2014). Mathematical Modeling of Thin-Layer Drying Kinetics of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *J. Food Process. Preserv.* 38(2), 728-736. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12024>
- Wang, W.D. Xu, S.Y. 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *J. Food Eng.* 82 (3): 271-275. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.018>
- Wong, P. K., Yusof, S., Ghazali, H. M., & Man, C. (2003). Optimization of hot water extraction of roselle juice using response surface methodology: a comparative study with other extraction methods. *J. Sci. Food Agric.*, 83(12), 1273-1278. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1416>
- Yaldiz, O., Ertekin, C. (2001). Thin layer solar drying of some vegetables. *Drying Technology*, 19(3-4), 583-597. <https://doi.org/10.1081/DRT-100103936>
- Zielinska, M., Michalska, A. (2016). Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture. *Food Chem.*, 212, 671-680. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.003>