

Mikrodalga ile Kurutulmuş Kereviz Yapraklarının (*Apium graveolens* L.) Kuruma Hızının ve Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

Esra KÖMÜŞ¹, Ferda SARI^{2*}

¹Sivas İl Millî Eğitim Müdürlüğü, SİVAS, ²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 58140, Sivas

¹<https://orcid.org/0000-0001-8573-2777>, ²<https://orcid.org/0000-0002-2249-3489>

✉:fesari@cumhuriyet.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada kereviz yaprakları (*Apium graveolens* L.) mikrodalga tekniği ile kurutulmuştur. Mikroalgada kurutma işlemi 180, 360, 600 ve 900 W mikrodalga çıkış gücünde yapılmıştır. Uygulanan farklı mikrodalga çıkış gücünün kereviz yapraklarının kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı üzerine etkileri incelenmiştir. Kereviz yapraklarının kuruma davranışlarını açıklamak için Page, Newton ve Weibull olmak üzere 3 farklı model test edilmiştir. Uygulanan tüm koşullarda Page modelinin kereviz yapraklarının farklı mikrodalga çıkış gücünde kurutulmasında kuruma kinetiğini açıklayan en iyi model olduğu görülmüştür. Kereviz yapraklarının kurutulması azalan hız periyodunda gerçekleşmiş olup uygulanan mikrodalga çıkış gücünün artmasıyla kuruma oranı artmış ve kuruma süresi azalmıştır. Kurutulan kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi 180, 360 ve 600 W uygulamasında taze örneğe göre azalırken 900 W'da artmıştır. Uygulanan tüm mikrodalga çıkış güçleri kereviz yapraklarının klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğinde taze yapraklara göre azalmaya neden olmuştur. Bu azalma en yüksek 180 W'da en düşük ise 900 W'da tespit edilmiştir.

Gıda Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 02.03.2022

Kabul Tarihi : 09.03.2023

Anahtar Kelimeler

Mikrodalga

Kurutma

Kereviz (*Apium graveolens* L.) yaprağı

Determination of Drying Rate and Same Quality Parameters of Celery Leaves (*Apiumgraveolens* L.) Dried by Microwave

ABSTRACT

In this study celery leaves (*Apiumgraveolens* L.) were dried by microwave technique. The microwave drying process was carried out at 180, 360, 600, and 900 W microwave output powers. The effects of different microwave output powers applied on drying kinetics, total phenolic content, antioxidant capacity, chlorophyll a, b, and total chlorophyll contents of celery leaves were investigated. In order to explain the drying behavior of celery leaves, three different drying models, namely, Page, Newton, and Weibull were tested. In all conditions applied, it was found that the Page model was the best to describe the drying kinetics in drying of celery leaves at different microwave output powers. It was observed that the drying of celery leaves took place in the falling rate period throughout the drying process. The drying rate increased, so drying time decreased as microwave output power increased. The total phenolic content and antioxidant capacity of the dried celery leaves decreased at 180, 360, 600 W, but increased at 900 W compared to the fresh sample. All the and microwave output powers caused a decrease in chlorophyll a, b, and total chlorophyll contents of celery leaves compared to fresh ones. This reduction was determined to be the highest at 180 W and the lowest at 900 W.

Food Science

Research Article

Article History

Received : 02.03.2022

Accepted : 09.03.2023

Keywords

Microwave

Drying

Celery (*Apiumgraveolens* L.) leaves

To Cite : Kömüş, E., & Sarı, F., (2023). Determination of Drying Rate and Same Quality Parameters of Celery Leaves (*Apium graveolens* L.) Dried by Microwave. *KSUJ. Agric Nat* 26 (5), 1135-1145. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1081526>

GİRİŞ

Kurutma, gıdalarda mevcut suyun büyük bir kısmının uzaklaştırılarak, su aktivitesinin mikroorganizma faaliyetini önleyecek, enzimatik ve kimyasal reaksiyonları yavaşlatacak veya durduracak seviyeye düşürülmesi işlemidir (Doymaz, 2010; Inchuen ve ark., 2010). Mikroalga ile kurutma hızlı kurutma sağlaması, enerji tüketiminin az olması ve besin içeriğinin korunması gibi nedenlerden dolayı son yıllarda yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemlerinden biri haline gelmiştir (Maskan, 2000; Soysal, 2004; Alibaş, 2007). Kurutma proseslerinde mikroalga kullanımı ısı transfer hızını artırdığından diğer kurutma yöntemlerinden daha etkilidir. Mikroalga ile kurutmada ısı yüzeyden transfer olmaz, üretilen elektromanyetik enerji materyal tarafından absorblanır. Materyal bünyesindeki polar moleküller (su) hedef alındığından, elektromanyetik alan doğrudan seçici bir ısıtma yapmaktadır. Mikroalgalar gıda maddeleri tarafından absorbe edildiği zaman ısı doğrudan materyal içerisinde oluşmakta ve gıdanın içindeki su bu ısı sayesinde kısa sürede buharlaşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı mikroalga teknolojisi ile kurutma işlemi son yıllarda diğer yöntemlere alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Zhang ve ark., 2006; Inchuen ve ark., 2010; Bejar ve ark., 2011).

Kereviz çok eskiden beri kültüre alınmış *Apiales* takımının *Apiaceae* familyasından, taze olarak tüketildiğinde tek yıllık, tohumu için üretildiğinde ise iki yıllık bir bitkidir (Bayraktar, 1981; Vural ve ark., 2000). Kerevizin besin maddesi olarak kullanılmasından çok önceleri halk arasında sinir sistemi üzerine yatıştırıcı olarak, eklem iltihabı, ses kısıklığı ve böbrek ağrısı gibi birçok hastalığa karşı ilaç olarak kullanıldığına dair bilgilere rastlanmıştır (Bayraktar, 1981). Bunların yanı sıra astım, bronşit, dalak ve karaciğer hastalıklarını tedavi etmek için kullanılan kerevizin günümüzde de kök, gövde ve yaprakları tıbbi ve aromatik bitki olarak kullanılmaktadır (Popović ve ark., 2006; Choochoteve ark., 2004). Yapılan araştırmalarda kerevizin kan basıncını düşürdüğü, kalp fonksiyonlarını düzenlemenin yanı sıra pankreası uyatarak insülin salgılamasını ve dolayısıyla kan şekerini düzenlediği belirlenmiştir (Popović ve ark., 2006; Nagella ve ark., 2012). Ayrıca kerevizin yüksek tansiyonu düzenlediği, karaciğer ve mideyi kuvvetlendirdiği ve baş ağrılarını iyi geldiği bildirilmektedir (Kızıldağ ve ark., 2016). Kereviz; antioksidan aktivitesi (Ninfali ve Bacchiocca 2003), antikanserijenik etkisi (Sultana ve ark., 2005), antihiperlipidemik etkisi (Tsi ve Tan 2000; Iyer ve Patil 2011) vb. özellikleri nedeniyle oldukça ilgi çeken bir bitki haline gelmiştir (He ve ark.,

2016). Kereviz yaprakları ise gıda üretim sektöründe taze veya kurutulmuş, garnitür olarak, et, çorba veya soslu yemeklerde dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir baharattır (Kaiser ve ark., 2013).

Yapılan literatür çalışmalarında kereviz yaprağının kurutulması ve kurutma kinetiği üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. O nedenle bu çalışmada mikroalga ile kereviz yapraklarının (*Apium graveolens* L.) kurutulması ve uygulanan farklı mikroalga çıkış güçlerinin kereviz yapraklarının kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi ve klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı üzerine etkileri incelenmiştir.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Çalışmada kullanılan kereviz yaprakları Sivas'ta bulunan yerel bir marketten temin edilmiştir. Kereviz yaprakları denemelerde kullanılabilecek kadar $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilmiş ve 24 saat içerisinde denemeye alınmıştır. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

Yöntem

Örnek hazırlama

Kereviz yapraklarının deneme öncesinde buzdolabı sıcaklığından oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra sapları ayrılmış ve musluk suyu ile yıkanarak yaprakların yüzeyindeki fazla su havlu kağıt ile uzaklaştırılmıştır.

Kurutma

Kurutma işlemi mikroalga fırında (HMT84M651, Bosch, Stuttgart, Almanya) 180, 360, 600 ve 900 W mikroalga çıkış güçlerinde yapılmıştır. Kereviz yapraklarının başlangıç nem içeriği kızılötesi nem tayin cihazında (Shimadzu, MOC63u) belirlenmiştir. Sağlıklı ve zedelenmemiş yaklaşık 5 g yaprak alınarak cam petri kabı içerisine tek sıra olacak şekilde dizilerek, mikroalga fırına yerleştirilmiştir. Kurutma kinetiğinin belirlenmesi için her 15 saniyede bir kurutma durdurularak tartım yapılmıştır. Tartımda 0.01 g hassasiyete sahip dijital terazi (AND GX 4000) kullanılmıştır. Her bir ağırlık ölçümünün süresi 10 saniyeyi geçmeyecek şekilde deneme üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Nem içeriğinin ve kurumalarının belirlenmesi

Kereviz yapraklarının mikroalga ile kurutulması sırasında, herhangi bir t süresindeki nem içeriği aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$Mt = \frac{m - KM}{m} \quad (1)$$

Mt: Herhangi bir t süresindeki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)
m : Numunenin kütlesi(g)
KM : Numunenin içerdiği kuru madde miktarı (g)

Kuruma hızı (g su g⁻¹ KM sn), aşağıdaki eşitlik kullanılarak, nem içeriğine karşılık kuruma süresi eğrilerinin türevlerinin alınması ile bulunmuştur.

$$\text{Kuruma Hızı} = -\frac{M_{t+dt}-M_t}{dt} \quad (2)$$

M_{t+dt} : t + dt süresindeki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)
dt : Kuruma süresi (saniye, sn)

Nem oranının hesaplanması

Örneklerin nem oranı ağırlık değişimleri üzerinden hesaplanmış ve kurutma kinetiği ile ilgili modellemelerde nem oranı değerleri kullanılmıştır. Nem oranı (MR) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (3)$$

MR: Nem oranı (birimsiz)
M_t: Herhangi bir süredeki nem miktarı(g su g⁻¹ KM),
M_o: Başlangıç nem miktarı (g su g⁻¹ KM),
M_e: Denge nem miktarı (g su g⁻¹ KM)

Gıdaların mikrodalga ile kurutulması işleminde daha önce yapılan çalışmalarda (Maskan, 2000) belirtildiği gibi Me değeri diğer ifadelerden çok daha küçük olduğu için sıfır kabul edilmiştir.

Kurutma prosesinin modellenmesi

Deneyel veriden yararlanarak nem oranı ve kuruma süresi arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla Çizelge 1'de verilen Newton, Page ve Weibull olmak üzere 3 farklı model test edilmiş ve istatistiksel olarak kıyaslanmıştır. Matematiksel modellerin deneyel verilere uyumu MINITAB (16) istatistik programında doğrusal olmayan regresyon yapılarak belirlenmiştir. En uygun modelin belirlenmesinde validasyon çalışması yapılmıştır. Modeller ile nem oranları tahmin edilirken iki tekerrür sonucunun ortalaması kullanılmış ve model uygunluğunun validasyonu 3. tekerrür sonucu ile yapılmıştır.

Validasyon için modelin kuruma eğrilerine uyumunu belirleyen parametrelerden regresyon katsayısı (R²), yanlılığı (bias) ölçmek için ortalama eğilim hatası (MBE), doğruluğu (accuracy) ölçmek için ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) ve Ki-Kare (χ²) hesaplanmıştır. RMSE, MBE ve χ² değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak saptanmıştır (Walther ve Moore 2005).

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i})^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i}) \quad (5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i})^2}{N-z} \quad (6)$$

N : Gözlem sayısı
z : Kullanılan modeldeki katsayı sayısı
MR_{den,i}: Deneysel olarak gözlenen i. düzey
MR_{tah,i}: Modellerden tahmin edilen i. düzey

Analizler

Örneklerin ekstraksiyonu

Kurutulmuş kereviz yaprakları kahve öğütücünde (Sinbo) öğütüldükten sonra gözenek aralığı 300 µm ve 150 µm olan eleklerden (RETSCH) geçirilmiş ve analizlerde bu aralıktaki örnekler kullanılmıştır. Örneklerin ekstraksiyonu için 0.2 g örnek üzerine 10 mL 50 °C'deki saf su konularak, karşım yine 50°C'ye ayarlanmış çalkalamalı su banyosunda 30 dakika tutulmuştur. Süre sonunda örnekler 1 dakika vortekste karıştırılmış ve kaba filtre kağıdından süzümüştür. Bu ekstraktlar örneklerin toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Ekstraktlar analiz edilinceye kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir.

Toplam fenolik madde analizi

Örneklerin toplam fenolik madde içeriği Obanda ve Owuor (1997) tarafından belirtilen Folin-Ciocalteu spektrofotometrik yönteminin modifiye edilmesiyle, 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. 0.5 ml ekstrakt, saf su ile 3 kez seyreltilmiş 0.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ile karıştırılmış, karışıma 5 dakika sonra 1 ml sodyum karbonat çözeltisi (%35) ilave edilip tüp içeriği hafifçe çalkalanmıştır. Son olarak karışıma 1 mL saf su ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra oluşan mavi rengin absorbansı spektrofotometrede (OPTİMA SP3000) 700 nm dalga boyunda örnek yerine saf su kullanılarak hazırlanan köre karşı okunmuştur. Sonuçlar farklı konsantrasyonlarda (0-50 ppm; R²=0.999) hazırlanmış gallik asit çözeltileri ile elde edilmiş olan kalibrasyon eğrisinin regresyon eşitliğinden hesaplanmış ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE) g⁻¹ kuru madde (KM) olarak ifade edilmiştir.

Antioksidan kapasite tayini

Örneklerin antioksidan kapasitesi, DPPH yöntemi (Türkmen ve ark. 2009) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 50 µL ekstrakt (2mg mL⁻¹), metanolde hazırlanmış 1950 µL DPPH radikali (6x10⁻⁵ M) ile karıştırılmıştır. Kontrol örneğinde ekstrakt yerine saf su kullanılmıştır. Reaksiyon karışımı vorteks karıştırıcıda karıştırılıp oda sıcaklığında 60 dakika süreyle karanlıkta bekletilmiştir. Sürenin bitiminde karışımın absorbansı spektrofotometrede 517 nm'de metanole karşı okunmuştur. Antioksidan kapasite (%AK), aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$AK(\%) = \frac{Abs_{Kontrol} - Abs_{Örnek}}{Abs_{Kontrol}} \times 100 \quad (7)$$

Abs kontrol : Örnek içermeyen DPPH çözeltilisinin absorpsiyonu,
Abs örnek : Örnek içeren DPPH çözeltilisinin absorpsiyonu

Klorofil ekstraksiyonu ve analizi

Klorofil ekstraksiyonu %80 konsantrasyonundaki soğuk aseton ile 3 tekrarlı yapılmıştır (Shivanna ve Subban 2014; Sun ve Li 2017). Havana 0.05 g örnek alınmış ve üzerine feofitinazasyon oluşumunu en aza indirmek için 0.01 g MgSO₄ ilave edilmiştir. Bu karışım üzerine 3 mL% 80'lik aseton eklenerek 30 sn ezilmiştir. Süre sonunda süpernatant falkon tüpüne aktarılmış ve havadaki kalıntı üzerine tekrar 3 mLaseton ilave edilerek ekstraksiyona devam edilmiştir. Bu işlem toplam 18 mL % 80'lik aseton ile 6 aşamada tamamlanmıştır. En son ilave edilen 3 mL % 80'lik asetonla, ezme işleminden sonra havadaki kalıntının tümü kazınarak falkon tüpüne aktarılmıştır. Falkon tüplerine toplanan ekstraktlar 1 dakika vortekste karıştırılmış ve filtre kâğıdından süzülmüştür. Elde edilen klorofil ekstraktlarının UV spektrofotometrede 645 nm ve 663 nm'de absorpsiyonları ölçülmüştür. Örneklerin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içerikleri aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak mg klorofil g⁻¹ KM cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil a (mg L}^{-1}\text{)} = 12.72 * A_{663} - 2.59 * A_{645} \quad (8)$$

$$\text{Klorofil b (mg L}^{-1}\text{)} = 22.88 * A_{645} - 4.67 * A_{663} \quad (9)$$

$$\text{Toplam klorofil a (mg L}^{-1}\text{)} = 20.29 * A_{645} - 8.05 * A_{663} \quad (10)$$

İstatistiksel analiz

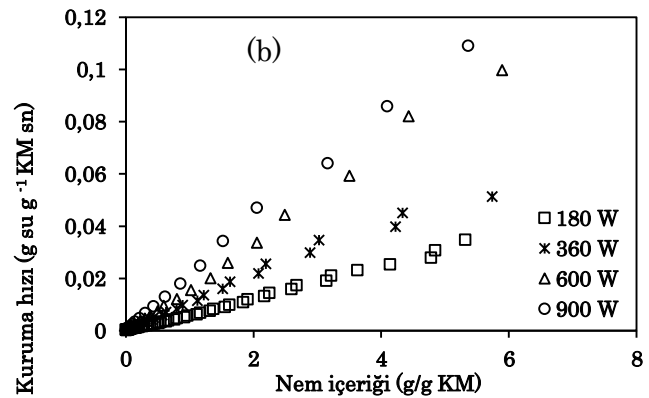
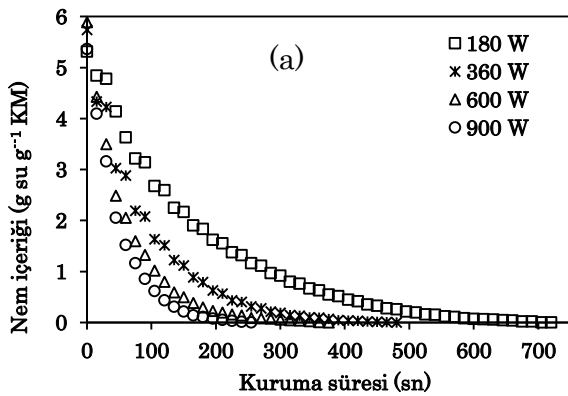
Çalışma sonucunda elde edilen verilere Statistica paket programı (1995) kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Varyans analiz sonuçlarının önemli

bulunması durumunda hangi gruplar arasında fark olduğu çoklu karşılaştırma testlerinden en küçük önemli fark (LSD) testi uygulanarak belirlenmiştir (p<0.05).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mikrodalga Çıkış Gücünün Kereviz Yapraklarının Kuruma Kinetiği Üzerine Etkisi Nemi İçeriği Değişimi

Çalışmada kullanılan kereviz yapraklarının ortalama nem miktarları 5.38 g g⁻¹ KM olarak bulunmuştur. Gıdaların mikrodalga enerjisi ile kuruma sonrası içerebilecekleri minimum nem içeriği değerinin 0.1 g su g⁻¹ KM olduğu kabul edilmektedir (Maskan, 2000). Bu nedenle test edilen her bir mikrodalga çıkış gücü, numune nem içeriği yaklaşık 0.1 g g⁻¹ KM seviyeye düşene kadar uygulanmıştır. Kereviz yapraklarının farklı mikrodalga çıkış güçlerinde (180, 360, 600 ve 900 W) kuruma süreleri sırasıyla 720, 480, 375 ve 255 sn olarak gerçekleşmiştir. Kuruma süresi en düşük 900W, en yüksek ise 180W çıkış gücünde tespit edilmiştir. Mikrodalga çıkış gücünün 180 W'tan 360, 600 ve 900 W'a çıkarılmasıyla kuruma sürelerinde sırasıyla % 33.33, % 47.92, ve % 64.58'lik bir azalma görülmüştür. Yapılan diğer çalışmalarda da benzer durum tespit edilmiştir (Funebo ve Ohlsson 1998; Soysal, 2004; Özkan ve ark., 2007; Karaaslan ve Tunçer, 2009). Kereviz yapraklarının farklı çıkış güçlerinde kuruması sırasında nem içeriklerinin zamana bağlı olarak değişimi Şekil 1 (a)'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, kuruma süresi mikrodalga çıkış gücünden etkilenmekte, çıkış gücünün artmasına bağlı olarak nem kaybı hızlanmakta ve kuruma süresi kısalmaktadır. Yapılan diğer çalışmalarda da mikrodalga çıkış gücünün artmasıyla kurutma süresinin azaldığı belirtilmiştir (Sharma ve Prasad, 2001; Özkan ve ark., 2007; Alibaş, 2012).



Şekil 1 Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulmuş kereviz yapraklarının nem içeriği (a) ve kuruma hızı (b)
Figure 1. Moisture content (a) and drying rate (b) of celery leaves dried at different microwave output powers.

Örneklerin nem içeriğindeki azalmanın başlangıçta hızlı, sonlara doğru ise yavaş seyrettiği görülmektedir. Kurutmanın başlangıcında en hızlı kuruma 900 W'da

gerçekleşmiştir. Kuruma eğrilerinde görülen hızlı düşüşler örneklerdeki su kaybının yüksek olduğunu göstermektedir. Aynı durum maydanozun (Soysal ve

ark., 2006), mango, guava ve aonlanın (Kumar ve Sagar, 2014) ve asma yaprağının (Alibaş, 2012) kurutulması sırasında da görülmüştür. Mikrodalga çıkış gücünün artması daha yüksek ısı emilimine neden olarak ürün sıcaklığının artmasına, dolayısıyla nem transferinin hızlanmasına neden olmaktadır. Bu durumda daha hızlı kuruma oranı ve daha kısa kuruma süresi görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da benzer durum tespit edilmiştir (Soysal ve ark., 2006; Alibaş, 2012; Kumar ve Sagar, 2014; Doymaz ve ark., 2015; Hihat ve ark., 2017).

Kurumahızıdeğişimi

Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulan kereviz yapraklarının kuruma hızı değerleri Şekil 1 (b)'de verilmiştir. Kereviz yapraklarının kuruma hızları 180 W'da 0.0349 g su g⁻¹ KM sn, 360 W'da 0.0423 g su g⁻¹ KM sn, 600 W'da 0.0958 g su g⁻¹ KM sn ve 900 W'da 0.1091 g su g⁻¹ KM snolarak bulunmuştur. Mikrodalga çıkış gücü arttıkça kuruma hızının da arttığı görülmektedir. Mikrodalga güç seviyesinin kuruma hızı üzerine etkili olduğu yapılan diğer çalışmalarda da belirtilmiştir (Funebo ve Ohlsson, 1998; Maskan, 2000; Sharma ve Prasad, 2001; Soysal, 2004; Özkan ve ark., 2007). Ayrıca kuruma hızı sabit olmayıp, kuruma azalan hız periyodunda gerçekleşmiştir. Kurutmanın ilk aşamalarında örneklerin nem içeriğinin yüksek olması nedeniyle

daha fazla mikrodalga emilimi olmaktadır. Dolayısıyla daha fazla nem difüzyonu ile daha yüksek kuruma hızları gözlenmiştir. Kurutma ilerledikçe üründeki nem azaldığından mikrodalga emilimi azalarak kuruma hızında düşüşe neden olmuştur.

Kurumaeğrilerininmatematikselmodellereuygunluğu

Tarımsal ürünlerin kuruma eğrilerinin matematiksel olarak ifade edilmesinde birçok eşitlik kullanılmaktadır. Bu çalışmada kereviz yapraklarının farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulması sırasında elde edilen verilerden yararlanarak lineer olmayan regresyon analiz yöntemi yardımıyla kuruma süreleri ile nem oranı değişimi eğrilerinin matematiksel modellenmesi 3 farklı modele göre yapılmış (Çizelge 1) ve bu modellere ilişkin kinetik parametreler hesaplanmıştır. Uygulanan modellere ilişkin denklemler, model katsayıları, bu denklemlerin uygulanmasıyla elde edilen R², MBE, RMSE ve χ^2 hesaplanmış vesonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Bir modelin deneysel verilere uygunluğunun tespitinde R² değerinin yüksek olması, MBE, RMSE ve χ^2 değerlerinin mümkün olduğunca düşük olması beklenmektedir (Sarsavadia ve ark., 1999, Soysal ve ark., 2006; Özkan ve ark., 2007). Modellere ilişkin R² dikkate alınarak modeller karşılaştırıldığında test edilen üç model için hesaplanan katsayıların oldukça yüksek ve birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Kereviz yapraklarının kuruma eğrilerinin modellemesinde kullanılan eşitlikler

Table 1. Equations used for modeling of drying curves of celery leaves

Model (Model)	Eşitlik (Equation)	Kaynaklar (References)
Newton	MR = exp(-k.t)	Ayensu (1997), Roberts ve ark., (2008)
Page	MR = exp(-k.t ⁿ)	Soysal (2004)
Weibull	MR = exp(-t/α) ^β	Babalıs ve ark., (2006)

k: Kinetik sabit (sn⁻¹) t: Kuruma süresi (sn) n: Page modele ait katsayı, α ve β: sırasıyla Weibull model skala parametresi (s) ve şekil parametresi

Ortalama eğilim hatası başka bir ifadeyle ortalama yanlılık hatası (MBE) tahmin edilenin deneysel olandan ortalama sapmasını ifade eder ve ideal koşullarda MBE değeri sıfıra eşit veya yakın olmalıdır. MBE değerinin pozitif bir değer olması modelin verileri yüksek tahmin ettiğini, negatif bir değer olması ise modelin verileri daha düşük tahmin ettiğini ifade eder (Walther ve Moore 2005; Kingsly ve Singh, 2007). Çizelge 2 incelendiğinde 180 W ve 360 W uygulaması dışındaki tüm mikrodalga çıkış güçlerinde en düşük MBE değeri Page ve Weibull modellerinde elde edilmiştir. RMSE modelden elde edilen tahmini değerler ile deneysel değerler arasındaki gerçek sapmayı göstermektedir ve daima pozitiftir. Bu değerlerin sıfıra eşit veya yakın olması modelin verileri doğru tahmin ettiğini ifade eder (Walther ve Moore 2005; Kingsly ve Singh, 2007). Modellere ilişkin RMSE değerleri karşılaştırıldığında 900 W dışındaki diğer tüm mikrodalga çıkış güçlerinde en düşük RMSE

değeri Page ve Weibull modellerinde tespit edilmiştir. Modelin gözlenen değerlere uygunluğunun iyiliğini ifade eden χ^2 değerinin düşük olması uygunluğun arttığını göstermektedir. Modellere ilişkin χ^2 değerleri karşılaştırıldığında 900 W dışındaki diğer tüm mikrodalga çıkış güçlerinde en düşük χ^2 değeri Page ve Weibull modellerinde tespit edilmiştir. Nitekim her üç model için R², MBE, RMSE ve χ^2 değerleri dikkate alındığında Page ve Weibull modellerinin kereviz yapraklarının kuruma davranışlarını açıklamak için Newton modelinden daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ancak Page modeli Weibull'dan daha basit olduğundan kolay karşılaştırma sağlamakta ve tarımsal ürünlerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle kereviz örneklerinin kuruma davranışını açıklayan en uygun modelin Page modeli olduğuna karar verilmiştir. Bu model nar (Calín-Sanchez ve ark., 2014), kabak dilimleri (Alibaş, 2007), elma (Doymaz, 2010) ve ıspanağın (Özkan ve

ark., 2007) kuruma davranışını tahmin etmek için de bazı çalışmalarda kullanılmıştır. Page model parametrelerinden k, 0.00541097-0.0246278 sn⁻¹ olarak, n ise 0.921739-1.07986 arasında bulunmuştur. Uygulanan mikrodalga çıkış gücü arttıkça k değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu durum yüksek

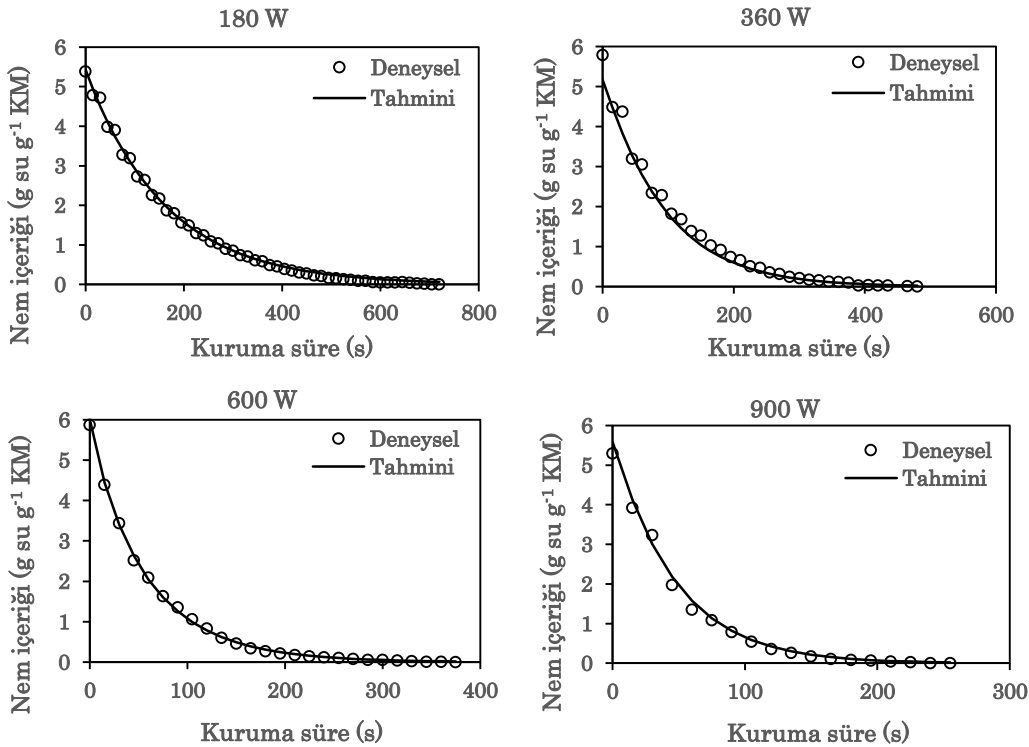
mikrodalga uygulamasının neden olduğu yüksek sıcaklıktan dolayı kurumanın kısa sürede gerçekleştiğini göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da benzer bulgular tespit edilmiştir (Soysal, 2004; Wang ve ark., 2007; Özkan ve ark., 2007).

Table 2. Parameters related to the models applied in the drying of celery leaves at different microwave output powers and data of compatibility with the models.

Çizelge 2.Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kereviz yapraklarının kurutulmasında uygulanan modellere ilişkin parametreler ve modellerle uyumluluk verileri.

Çıkış gücü (W) Out Power (W)	Model Model	Katsayılar Coefficients	R ²	RMSE	MBE	χ ²
180	Page	k:0.00541097; n:1.02165	0.9982	0.014675	0.008961	0.000225
	Newton	k:0.00607298	0.9982	0.015588	0.009437	0.000248
	Weibull	α:165.462; β:1.02165	0.9981	0.014677	0.008965	0.000225
360	Page	k:0.0169299; n:0.921739	0.9947	0.01897	0.00501	0.000383
	Newton	k:0.0117154	0.9939	0.02147	0.00276	0.000476
	Weibull	α:83.5109; β:0.921739	0.9947	0.01897	0.00501	0.000383
600	Page	k:0.0225074; n:0.939195	0.999	0.00692	0.000029	0.000051
	Newton	k:0.0173376	0.9987	0.01054	0.00197	0.000116
	Weibull	α:56.7998; β:0.939195	0.999	0.00692	0.000029	0.000051
900	Page	k:0.0246278; n:1.07986	0.9981	0.01296	0.00144	0.000189
	Newton	k:0.0203153	0.9984	0.01212	0.00370	0.000156
	Weibull	α:50.0181; β:1.07986	0.9981	0.01296	0.00144	0.000189

k: s⁻¹, α:s



Şekil 2. Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulan kereviz yapraklarının deneysel ve tahmini nem içerikleri
Figure 2. Experimental and predicted moisture contents of celery leaves dried at different microwave output powers

Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulan kereviz yapraklarına ait deneysel değerler ile Page denklemi ile tahmin edilen değerlerin karşılaştırılması Şekil

2'de verilmiştir. Buna göre deneysel değerler ile Page modeli tahmini değerleri arasında oldukça yüksek bir uyum olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar

maydanoz (Soysal, 2004), soğan (Arslan ve Özcan, 2010), şeftali (Zhu ve Shen, 2014) ve sarımsak (Demiray ve Tülek, 2014) gibi gıdaların kuruma davranışını inceleyen çalışmalarda da belirtilmiştir.

Farklı mikrodalga çıkış güçlerindeki kurutmanın kereviz yapraklarının kalite parametreleri üzerine etkisi

Farklı mikrodalga çıkış güçlerindeki kurutmanın kereviz yapraklarında toplam fenolik madde miktarı, antioksidan kapasite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. Mikrodalga çıkış güçlerinin test edilen bağımlı değişkenler üzerine etkisine ilişkin Varyans analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutmanın kereviz yapraklarının kalite parametreleri üzerine etkisine ilişkin varyans analizi

Table 3. Analysis of variance on the effect of drying at different microwave out powers on the quality parameters of celery leaves

Faktör <i>Factor</i>	Bağımlı değişken <i>Dependent variable</i>	SD ¹	Kareler Ortalaması <i>Mean of squares</i>	F değeri <i>F value</i>	p değeri <i>p value</i>
Çıkış gücü	Toplam fenolik madde		7.84	26.05	<0.001
	Antioksidan kapasite		14.44	3.52	0.048
	Klorofil a	4	59.68	326.66	<0.001
	Klorofil b		7.01	211.86	<0.001
	Toplam Klorofil		109.03	361.20	<0.001

¹ Serbestlik Derecesi

Çizelge 4. Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulan kereviz yapraklarının toplam fenolik madde miktarları (mg GA g⁻¹ KM) ve antioksidan kapasiteleri (% inhibisyon)

Table 4. Total phenolic content (mg GA g⁻¹DM) and antioxidant capacity (inhibition %) of celery leaves dried at different microwave output powers

Çıkış gücü (W) <i>Out power (W)</i>	Toplam fenolik madde <i>Total phenolics</i>	Antioksidan kapasite <i>Antioxidant capacity</i>
Taze	16.47 ± 0.21 ^b	73.60 ± 0.87 ^a
180	13.50 ± 0.33 ^d	68.94 ± 4.14 ^b
360	15.43 ± 0.64 ^c	70.94 ± 0.70 ^{ab}
600	16.42 ± 0.84 ^{bc}	71.72 ± 1.11 ^{ab}
900	17.87 ± 0.48 ^a	74.48 ± 0.94 ^a

*: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Kurutulmuş kereviz yapraklarında en düşük toplam fenolik madde içeriği çıkış gücü 180 W uygulandığında elde edilmiştir (Çizelge 4). Bu düzey taze örnekte ve diğer uygulanan çıkış güçlerinden önemli düzeyde farklılaşmıştır (p<0.05). En yüksek toplam fenolik madde içeriği ise 900 W uygulamasında saptanmıştır. Mikrodalga çıkış gücü 900 W'ın altına düşürüldüğünde ise kuru örneklerin toplam fenolik madde içeriklerinin taze örneklerinkinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (p<0.05). 180, 360 ve 600 W mikrodalga uygulaması toplam fenolik madde miktarında sırasıyla % 18, % 6.31, % 0.30 azalmaya neden olurken; 900 W uygulaması % 8.5'lik bir artışa neden olmuştur. Görülen azalma düşük mikrodalga çıkış gücünde kurutma işleminin uzun sürmesi nedeniyle fenolik bileşiklerin zarar gördüğü, artış ise yüksek mikrodalga çıkış gücünde kurutmada lifli

Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite üzerine etkisi

Yapılan varyans analizine göre (Çizelge 3) mikrodalga çıkış gücünün, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla p<0.001 ve p=0.048). Taze kereviz yapraklarının toplam fenolik madde miktarı 16.47 mg GA/g KM olarak bulunmuştur (Çizelge 4). He ve ark. (2016) kereviz yapraklarının toplam fenolik madde miktarını oldukça geniş bir aralıkta, 8.7-25.1 mg GAE g⁻¹ KM olarak, tespit etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan taze kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriği bu değerler arasındadır.

yapının gevşeyerek fenolik maddelerin ekstraksiyon çözeltilisine geçişinin kolay olması ile açıklanabilir (İzli ve ark., 2017; Bejar ve ark., 2011; Akbaş ve ark., 2018). Düşük mikrodalga çıkış güçleri fenolik bileşikleri parçalayan oksidatif enzimlerin inaktivasyonu için yeterli olmadığından ve kurutmanın uzun sürmesine neden olmasından dolayı örneklerin daha fazla ısıya maruz kalmasına ve fenolik bileşiklerde kayba neden olmaktadır (Ancos ve ark., 1999; Al Juhaimi ve ark., 2016). Çalışmada kullanılan 180 ve 360 W uygulamasının hücre duvarının parçalanmasına ve enzim inaktivasyonuna yetersiz geldiği, mikrodalga çıkış gücünün 600 W ve özellikle 900 W olması durumunda ise hücre yapısının bozulması ve enzim inaktivasyonu için kısmen yeterli olduğu söylenebilir.

Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulan kereviz

yapraklarının antioksidan kapasiteleri taze örnekte % 73.60 olarak bulunmuştur (Çizelge 4). He vd.'nin (2016) yaptıkları çalışmada farklı ekstraksiyon koşullarında kereviz yapraklarının antioksidan kapasitesini % 48-82 arasında bulmuşlardır.Çalışmada kullanılan taze kereviz yapraklarının antioksidan kapasitesi bu değerler arasındadır.Kurutulmuş kereviz yapraklarında ise antioksidan kapasite %68.94-%74.48 arasında saptanmıştır (Çizelge 4). En düşük antioksidan kapasite 180 W uygulamasında elde edilmiştir. Bu güç seviyesi taze ve diğer uygulanan çıkış güçlerinden önemli düzeyde farklılaşmıştır (p<0.05). Taze örneklerin antioksidan kapasitesi 180, 360 ve 600 W mikrodalga uygulamasıyla azalmıştır. Mikrodalga çıkış gücü 900 W olduğunda ise antioksidan kapasitede artış tespit edilmiştir. Ancak 360, 600 ve 900 W uygulamaları ile taze örnekler arasında antioksidan kapasite yönünden saptanan farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Benzer bulgular Akbaş ve ark.,(2018), Inchuen ve ark., (2010) ve İzli ve ark., (2017) tarafından da tespit edilmiştir.Daha önce yapılan çalışmalarda bitkisel materyallerin toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasiteleri arasında ilişki olduğu belirtilmiştir (Velioglu ve ark.,1998; Inchuen ve ark.,

2010). Örneklerin antioksidan kapasitesindeki değişim fenolik bileşiklerde görülen eğilimle aynı olmuştur.

Klorofil a, klorofil b ve toplamklorofilüzerineetkisi

Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutmanın kereviz yapraklarının, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarları üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.05) (Çizelge 3.). Taze kereviz yapraklarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içerikleri sırasıyla 17.49, 5.57, 23.05 mg g⁻¹ KM olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Beklenildiği gibi ve bu konuda diğer birçok materyalde yapılan birçok araştırma sonuçları (Shivanna ve Subban, 2014; Kumar ve ark., 2015; Rubinskiene ve ark., 2015;Jinasena ve ark., 2016) ile de uyumlu olarak klorofil a miktarı klorofil b'den fazla bulunmuştur. Literatürde kereviz yapraklarının klorofil miktarına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mikrodalga uygulaması klorofil bileşiklerinde azalmaya neden olmuştur. Benzer bulgular hibiskus yapraklarının (Kumar ve ark., 2015), nane yapraklarının (Rubinskiene ve ark., 2015) ve köri yapraklarının (Shivanna ve Subban 2014) kurutulmasında da tespit edilmiştir.

Çizelge 5.Farklı mikrodalga çıkış güçlerinde kurutulan kereviz yapraklarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları (mg g⁻¹ KM)

Table 5. Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll contents (mg g⁻¹DM)of celery leaves dried at different microwave output powers

Çıkış gücü (W) Out power (W)	Klorofil a Chlorophyll a	Klorofil b Chlorophyll b	Toplam klorofil Total chlorophyll
Taze	17.49 ± 0.87 ^a	5.57 ± 0.25 ^a	23.05 ± 1.11 ^a
180	7.14 ± 0.21 ^c	1.96 ± 0.09 ^c	9.10 ± 0.30 ^c
360	7.43 ± 0.23 ^{bc}	2.06 ± 0.11 ^c	9.49 ± 0.34 ^{bc}
600	7.51 ± 0.14 ^{bc}	2.23 ± 0.08 ^{bc}	9.62 ± 0.06 ^{bc}
900	8.09 ± 0.15 ^b	2.43 ± 0.28 ^b	10.18 ± 0.22 ^b

*: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak farklılık olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Kereviz yapraklarına uygulanan farklı çıkış güçlerinin klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğine etkisi karşılaştırıldığında ise genel olarak çıkış gücü arttıkça klorofil miktarında istatistiki olarak önemli olmamakla beraber, daha düşük bir azalma olduğu görülmektedir. 900 W'da diğer güç uygulamalarından daha yüksek miktarda klorofil saptanmıştır(Çizelge 5). Kuru yaprakta en düşük klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği 180 W çıkış gücünde tespit edilmiştir. Ancos ve ark., (1999) 285, 570 ve 850 W gibi farklı mikrodalga çıkış güçleri uyguladıkları kivi klorofil a ve b miktarlarını taze örneklerden düşük bulurken,bu çalışmadan elde edilen sonuçlara benzer şekilde çıkış gücünün artmasıyla daha fazla klorofil a ve b tespit etmişlerdir.Kereviz yapraklarının klorofil içeriğinin 180 W uygulamasında düşük olmasının, kuruma süresinin uzun olmasından dolayı klorofillerin daha uzun süre ısıya maruz kalarak degradasyona

uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir.Ayrıca çıkış gücü arttıkça klorofilde daha az kaybın meydana gelmesinin yüksek çıkış güçlerinde hücre duvarında daha fazla zararın oluşması nedeniyle klorofillerin serbest kalması ve dolayısıyla ekstraksiyon çözeltilisine geçişinin kolaylaşmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada mikrodalga fırında 180, 360, 600 ve 900 W çıkış güçlerinde kurutulan, kereviz yapraklarının kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite ve klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı üzerine mikrodalga çıkış güçlerinin etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kuruma eğrilerinin kinetiğini açıklayan en iyi modelin Page model olduğu ortaya konmuştur. Kereviz

yapraklarının incelenen kalite parametreleri, uygulanan mikrodalga çıkış gücüne bağlı olarak azalma göstermiştir. Bu azalma 900 W uygulamasında daha az olmuştur. Ancak denemelerin yapılması sırasında 900 W uygulamasında kısa sürede yüksek sıcaklıkların oluşması kurutmanın kontrolünü zorlaştırmış ve üründe yanmalara neden olabileceği tespit edilmiştir. Kalite parametrelerine bakıldığında 600 W uygulamasında da 900 W'a yakın sonuçlar tespit edilmiştir. Bu nedenle kereviz yapraklarının mikrodalga fırında kurutulmasında 600 W uygulaması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir parçasıdır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Akbaş, Ü. G., Uslu, N., Juhaimi, F. A., Özcan, M. M., Ghafoor, K., Babiker, E. E. & Hussain, S. (2018). The effect of drying on phenolic compound, antioxidant activity, and mineral contents of leaves of different olive varieties. *Journal of Food Processing and Preservation* 42(5). e13606. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13606>
- Al Juhaimi, F., Uslu, N., Bozkurt, D., Ghafoor, K., Babiker, E. E. & Özcan, M. M. (2016). Effects of oven and microwave drying on phenolic contents and antioxidant activities in four apple cultivars. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* 8(1), 51-55. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0468>
- Alibas, I. (2007). Microwave, air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT-Food Science and Technology* 40(8), 1445-1451. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.09.002>
- Alibaş, İ. 2012. Asma Yapraklarının (Vitis Vinifera L.) Mikrodalga Enerjisiyle Kurutulması ve Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 18 (1), 43-53. DOI: 10.1501/Tarimbil_0000001191
- de Ancos, B., Cano, M. P., Hernandez, A. & Monreal, M. (1999). Effects of microwave heating on pigment composition and colour of fruit purees. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79(5), 663-670. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199904\)79:5<663::AID-JSFA232>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199904)79:5<663::AID-JSFA232>3.0.CO;2-L)
- Arslan, D. & Özcan, M. M. (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion

- slices. *LWT-Food Science and Technology* 43(7), 1121-1127. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.019>
- Ayensu, A. (1997). Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy* 59(4-6), 121-126. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(96\)00130-2](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(96)00130-2)
- Babalıs, S. J., Papanicolaou, E., Kyriakis, N. & Belessiotis, V. G. (2006). Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). *Journal of Food Engineering* 75(2), 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.008>
- Bayraktar, K. (1981). *Sebze Yetiştirme II*. EÜ Ziraat Fakültesi Yay, (169).
- Kammoun Bejar, A., Kechaou, N. & Boudhrioua Mihoubi, N. (2011). Effect of microwave treatment on physical and functional properties of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. *Journal of Food Processing & Technology* 2(2), 109-116. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000109>
- Calin-Sanchez, A., Figiel, A., Wojdyło, A., Szarycz, M. & Carbonell-Barrachina, A. A. (2014). Drying of garlic slices using convective pre-drying and vacuum-microwave finishing drying: kinetics, energy consumption, and quality studies. *Food and Bioprocess Technology* 7, 398-408. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1062-3>
- Choochote, W., Tuetun, B., Kanjanapothi, D., Rattanachanpichai, E., Chaithong, U., Chaiwong, P. & Pitasawat, B. (2004). Potential of crude seed extract of celery, *Apium graveolens* L., against the mosquito *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology* 29(2), 340-346.
- Demiray, E. & Tulek, Y. (2014). Drying characteristics of garlic (*Allium sativum* L) slices in a convective hot air dryer. *Heat and Mass Transfer* 50, 779-786. <https://doi.org/10.1007/s00231-013-1286-9>
- Doymaz, İ. (2010). Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples. *Food and bioprocesses processing* 88(2-3), 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.09.003>
- Doymaz, I., Kipcak, A. S. & Piskin, S. (2015). Microwave drying of green bean slices: drying kinetics and physical quality. *Czech Journal of Food Sciences* 33(4), 367-376. <https://doi.org/10.17221/566/2014-CJFS>
- Erol, N. T., Sari, F., Çalikoğlu, E. & Velioglu, Y. S. (2009). Green and roasted mate: phenolic profile and antioxidant activity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33(4), 353-362. <https://doi.org/10.3906/tar-0901-4>
- Funebo, T. & Ohlsson, T. (1998). Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering* 38(3), 353-367. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00131-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00131-9)

- He, Q., Li, Y., ZHANG, P., ZHANG, A. & Wu, H. (2016). Optimisation of microwave-assisted extraction of flavonoids and phenolics from celery (*Apium graveolens* L.) leaves by response surface methodology. *Czech Journal of Food Sciences* 34(4), 341-349. <https://doi.org/10.17221/266/2015-CJFS>
- Hihat, S., Remini, H. & Madani, K. (2017). Effect of oven and microwave drying on phenolic compounds and antioxidant capacity of coriander leaves. *International Food Research Journal* 24(2), 503-509.
- Inchuen, S., Narkrugsa, W. & Pornchaloempong, P. (2010). Effect of drying methods on chemical composition, color and antioxidant properties of Thai red curry powder. *Agriculture and Natural Resources* 44(1), 142-151.
- Iyer, D. & Patil, U. K. (2011). Effect of chloroform and aqueous basic fraction of ethanolic extract from *Apium graveolens* L. in experimentally-induced hyperlipidemia in rats. *Journal of Complementary & Integrative Medicine* 8(1), PMID: 22718672. DOI: 10.2202/1553-3840.1529
- Izli, N., Izli, G. & Taskin, O. (2017). Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods. *Journal of Food Measurement and Characterization* 11, 64-74. DOI 10.1007/s11694-016-9372-6
- Jinasena, M. A. M., Amarasinghe, A. D. U. S., Amarasinghe, B. M. W. P. K. & Prashantha, M. A. B. (2016). Extraction and degradation of chlorophyll a and b from *Alternanthera sessilis*. *Journal of the National Science Foundation* 44(1), 11-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.4038/jnsfsr.v44i1.7977>
- Kaiser, A., Hartmann, K. I., Kammerer, D. R. & Carle, R. (2013). Evaluation of the effects of thermal treatments on color, polyphenol stability, enzyme activities and antioxidant capacities of innovative pasty celeriac (*Apium graveolens* L. var. rapaceum (Mill.) DC.) products. *European Food Research and Technology* 237, 353-365. <https://doi.org/10.1007/s00217-013-1998-6>
- Karaaslan, S. & Tunçer, İ. K. (2009). Kırmızıbiberin Fan Destekli Mikrodalga ile Kurutulmasında Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi ve Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 12(2), 9-16.
- Kızıldağ N., Darıcı C. & Öztürk A.B. (2016). Some Medicinal and Aromatic Plants in the Campus of Çukurova University (Adana). *Turkish Journal of Life Sciences* 1(2), 70-74.
- Kingsly, A. R. P. & Singh, D. B. (2007). Drying kinetics of pomegranate arils. *Journal of Food Engineering* 79(2), 741-744. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.033>
- Kumar, P. S. & Sagar, V. R. (2014). Drying kinetics and physico-chemical characteristics of Osmo-dehydrated Mango, Guava and Aonla under different drying conditions. *Journal of Food Science and Technology* 51, 1540-1546. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0658-3>
- Kumar, S. S., Manoj, P., Shetty, N. P. & Giridhar, P. (2015). Effect of different drying methods on chlorophyll, ascorbic acid and antioxidant compounds retention of leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95(9), 1812-1820. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6879>
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of food engineering* 44(2), 71-78. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00167-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00167-3)
- Nagella, P., Ahmad, A., Kim, S. J. & Chung, I. M. (2012). Chemical composition, antioxidant activity and larvicidal effects of essential oil from leaves of *Apium graveolens*. *Immunopharmacology and immunotoxicology* 34(2), 205-209. <https://doi.org/10.3109/08923973.2011.592534>
- Ninfali, P. & Bacchiocca, M. (2003). Polyphenols and antioxidant capacity of vegetables under fresh and frozen conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(8), 2222-2226. <https://doi.org/10.1021/jf020936m>
- Obanda, M., Owuor, P. O. & Taylor, S. J. (1997). Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 74(2), 209-215. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199706\)74:2<209::AID-JSFA789>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199706)74:2<209::AID-JSFA789>3.0.CO;2-4)
- Ozkan, I. A., Akbudak, B. & Akbudak, N. (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering* 78(2), 577-583. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.026>
- Popovie, M., Kaurinovie, B., Trivie, S., Mimica-Dukie, N. & Bursae, M. (2006). Effect of celery (*Apium graveolens*) extracts on some biochemical parameters of oxidative stress in mice treated with carbon tetrachloride. *Phytotherapy Research* 20(7), 531-537. <https://doi.org/10.1002/ptr.1871>
- Roberts, J. S., Kidd, D. R. & Padilla-Zakour, O. (2008). Drying kinetics of grape seeds. *Journal of Food Engineering* 89(4), 460-465. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.05.030>
- Rubinskiene, M., Viškelis, P., Dambrauskienė, E., Viškelis, J. & Karklelienė, R. (2015). Effect of drying methods on the chemical composition and colour of peppermint (*Mentha× piperita* L.) leaves. *Zemdirbyste-Agriculture* 102(2), 223-228. DOI 10.13080/z-a.2015.102.029
- Sarsavadia, P. N., Sawhney, R. L., Pangavhane, D. R., & Singh, S. P. (1999). Drying behaviour of brined onion slices. *Journal of Food Engineering*, 40(3), 219-226. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00058-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00058-8)

- Sharma, G. P. & Prasad, S. (2001). Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering* 50(2), 99-105. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00200-4)
- Shivanna, V. B. & Subban, N. (2014). Effect of various drying methods on flavor characteristics and physicochemical properties of dried curry leaves (*Murraya koenigii* L. Spreng). *Drying Technology* 32(8), 882-890. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.871727>
- Soysal, Y., Öztekin, S. & Eren, Ö. (2006). Microwave drying of parsley: modelling, kinetics, and energy aspects. *Biosystems Engineering* 93(4), 403-413. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.01.017>
- Soysal, Y. (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering* 89(2), 167-173. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.07.008>
- Sultana, S., Ahmed, S., Jahangir, T. & Sharma, S. (2005). Inhibitory effect of celery seeds extract on chemically induced hepatocarcinogenesis: modulation of cell proliferation, metabolism and altered hepatic foci development. *Cancer Letters* 221(1), 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.07.030>
- Sun, Y. & Li, W. (2017). Effects the mechanism of micro-vacuum storage on broccoli chlorophyll degradation and builds prediction model of chlorophyll content based on the color parameter changes. *Scientia Horticulturae* 224, 206-214. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.040>
- Tsi, D. & Tan, B. K. (2000). The mechanism underlying the hypocholesterolaemic activity of aqueous celery extract, its butanol and aqueous fractions in genetically hypercholesterolaemic RICO rats. *Life Sciences* 66(8), 755-767. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(99\)00646-3](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(99)00646-3)
- Velioglu, Y., Mazza, G., Gao, L. & Oomah, B. D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117. <https://doi.org/10.1021/jf9801973>
- Vural H, Eşiyok D. & Duman İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İzmir, 105 syf.
- Walther, B. A. & Moore, J. L. (2005). The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography* 28(6), 815-829. <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04112.x>
- Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X. & Hu, X. (2007). Mathematical modelling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air predrying. *Journal of Food Engineering* 80(2), 536-544. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.019>
- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S. & Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* 17(10), 524-534. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011>
- Zhu, A. & Shen, X. (2014). The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 72, 345-351. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.01.001>