



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 31 (2016)  
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: 10.7161/omuanajas.269991



**Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif yöntemleriyle kurutulması ve matematiksel modellenmesi**

Nazmi İzli

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa  
Sorumlu yazar/corresponding author: nazmiizli@gmail.com

Geliş/Received 17/03/2016

Kabul/Accepted 02/06/2016

**ÖZET**

Bu çalışmada, kayısı örneklerinin kurutma parametreleri üzerine konvektif (50 ve 75 °C) mikrodalga (90 ve 160W) ve mikrodalga-konvektif (90W-50 °C, 90W-75 °C, 160W-50 °C ve 160W-75 °C) kurutma yöntemlerinin etkisi incelenmiştir. Kurutma işlemlerinde en iyi ince tabaka kurutma modelini seçmek için 9 matematiksel model deneysel verilere uygulanmış ve bu modellerin performansları kare-kare ( $\chi^2$ ), hataların karelerinin karekök ortalaması (RMSE) ve belirtme katsayısı ( $R^2$ )'na göre karşılaştırılmıştır. İncelenen kurutma modelleri arasında, Midilli ve ark. modeli kayısı örneklerinin kurutma davranışlarının tanımlanması için en iyi model olarak bulunmuştur. Artan kurutma hava sıcaklığı ve mikrodalga güç seviyelerinin daha kısa kurutma süresine neden olduğunu deneysel sonuçlar göstermiş ve mikrodalga-konvektif birleşimi yöntem diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında en büyük zaman kazanımını sağlamıştır.

**Anahtar Sözcükler:**  
Kayısı  
Konvektif kurutma  
Mikrodalga-konvektif kurutma  
Mikrodalga kurutma  
Modelleme

**Convective, microwave and microwave-convective drying and mathematical modeling of apricot (*Prunus armeniaca* L.)**

**ABSTRACT**

In this study, the effects of convective (50 and 75 °C), microwave (90 and 160W) and microwave-convective (90W-50 °C, 90W-75 °C, 160W-50 °C and 160W-75 °C) drying treatments on the drying parameters of apricot samples were investigated. To select the best thin-layer drying models for the drying treatments, 9 mathematical models were fitted to the experimental data and the performances of these models were compared for the following statistical parameters: reduced chi-squared ( $\chi^2$ ), root mean square error (RMSE) and coefficient of determination ( $R^2$ ). Among the drying models investigated, the Midilli et al. model was found to be the best model for describing the drying behavior of apricot samples. The experimental results showed that increasing the drying temperature or microwave power level caused shorter drying time and the combined microwave-convective method provided the greatest time savings in comparison to other methods tested.

**Keywords:**  
Apricot  
Convective drying  
Microwave-convective drying  
Microwave drying  
Modeling

© OMU ANAJAS 2016

**1. Giriş**

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) Rosales takımının Rosaceae familyasının *Prunus* cinsi altında sınıflandırılmıştır (Doymaz, 2004). Ülkemiz ekonomisinde çok önemli bir yeri olan kayısının ana vatani Çin olup iyi bir A vitamini, demir ve şeker kaynağıdır. Dünyada en yaygın yetiştirilen meyvelerden biri olan kayısının 2012 verilerine göre dünya da toplam üretimi yaklaşık 3.96 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 0.796 milyon ton üretimiyle birinci sırada yer alırken ülkemizi İran (0.46 milyon ton), Özbekistan (0.365 milyon ton), Cezayir (0.269 milyon ton) ve İtalya (0.247 milyon ton) ülkeleri takip etmektedir

(FAOSTAT, 2016). Türkiye'de üretilen kayısının yaklaşık %16'sı taze, %84'ü ise kuru kayısı şeklinde değerlendirilmektedir. Özellikle ihraç ettiğimiz ürünlerin en önemlilerinden olan kuru kayısıdan 2011 yılı itibarıyla, 90,321 tonu ihracat edilmiş ve ülkemiz 361 milyon dolar gelir elde etmiştir (Alagöz ve ark., 2015). Dünyada lider kayısı üreticisi olan Türkiye'deki kayısı ihracatının büyük kısmı Malatya ili tarafından karşılanmaktadır. Malatya ilimiz tek başına dünya kayısı üretiminin %11'ni oluşturmakta olup önemli kayısı üreticisi konumundaki bir çok ülkeden daha fazla üretim sağlamaktadır (Türkyılmaz ve ark., 2014). Toplam üretimin %73'ü Hacihaliloğlu, %17'si Kabaası ve geri kalanı Soğancı, Hasanbey, Çataloğlu ve yabancı

kayısu (zerdali) türleridir (Alan ve ark., 2013).

Kayısu kısa bir hasat sezonuna sahip ve uygun şartlar altında depolama süresi sınırlı bir üründür. Bu nedenlerden dolayı ve tüketicinin yıl boyunca bu ürüne ulaşabilmesi için dondurma, konserveleme ve kurutma gibi yöntemler kullanılmaktadır (Coşkun ve ark., 2013). Kurutma en eski ve en çok kullanılan gıda muhafaza yöntemlerinden biridir. Ürünlerin kurutulmasında çeşitli kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Konvektif kurutma gıdalarda nemin uzaklaştırılmasında kullanılan en yaygın yöntemdir (Mundada ve ark., 2010). Bu yöntem, düşük yatırım ve işletim maliyeti gerektirmesi, ayrıca kolay işlem kontrolü sağlaması nedeniyle büyük avantajlar sağlamaktadır (Bondaruk ve ark., 2007; Orikasa ve ark., 2008 ve Hiranvarachat ve ark., 2011). Ancak kullanılan bu yöntemin uzun kurutma süresi gerektirmesi, yüksek sıcaklık ve hava hızı uygulamaları sonucu ürünlerin lezzet ve biyolojik bileşenlerinin zarar görmesiyle ürünlerin kalite özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Funebo ve Ohlsson, 1998; Zhang ve ark., 2006). Mikrodalga kurutma yöntemi kurutulan materyalin iç kısımlarına yüksek ısı iletimi sağlaması, temizlik, enerji kazanımı, kolay işlem kontrolü, kurutma işleminin hızlı başlatılması ve sonlandırılması gibi avantajlar sağlayan alternatif bir kurutma yöntemidir (Maskan, 2000). Ancak mikrodalga kurutma yöntemi tek başına kullanıldığında ürünler üzerinde düzensiz ısı dağılımı sağlaması, tekstürel zararlar meydana getirmesi, yüksek yatırım maliyeti gerektirmesi ve mikrodalga ışınlarının ürünler üzerinde etkisinin sınırlı olması gibi olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır (Zhang ve ark., 2006). Bu problemlerin azaltılması, daha hızlı ve daha etkin kurutma işlemlerinin sağlanabilmesi için gıdaların kurutulmasında mikrodalga ile diğer kurutma yöntemlerinin beraber uygulanması düşünülebilir (Contreras ve ark., 2008). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda mikrodalga kurutma yöntemi, konvektif kurutma (kabin, akışkan yataklı ve tünel tipi), sıcak hava püskürtmeli, vakum ve dondurarak kurutma gibi var olan kurutma yöntemlerine eklenerek denenmektedir (Sharma ve ark., 2009). Mikrodalga-konvektif kurutma uygun enerji tüketimi, kalite özellikleri ve kısa sürede kurutma gibi avantajlar sağlayabilir (Piotrowski ve ark., 2004). Mikrodalga yardımcı konvektif kurutma, konvansiyonel kurutma yöntemlerine göre daha hızlı olduğundan ve gıda maddesinde bulunan dipolar su molekülleri ile etkileşebilmesinden dolayı etkin bir kurutma işlemine olanak sağlamaktadır (Bingöl ve Devres, 2010). Gıdaların mikrodalga-konvektif kurutulması pek çok araştırmacı tarafından son yıllarda araştırılmaktadır. Literatürde bulunan kayısu kurutma çalışmaları incelendiğinde, Toğrul ve Pehlivan (2002) ve Akpınar ve ark. (2004) güneş enerjisini kullanarak yapmış oldukları kayısu kurutma çalışmalarında 14 farklı ince tabaka modelini istatistiksel parametrelere göre karşılaştırmışlardır. Doymaz (2004) kayısının kurutma kinetikleri üzerine farklı iki ön işlemin etkisini incelerken, Menges ve Ertekin (2006) ön işlem

uygulanmamış ve sülfürdioksit ön işleminin uyguladıkları kayısu kurutma çalışmalarında 14 farklı ince tabaka modelini kıyaslamışlardır. İhns ve ark. (2011) iki farklı kayısu çeşidinin kurutma karakteristikleri, renk, antioksidan ve betakaroten özellikleri üzerine sıcaklığın etkisini araştırırken, Alagoz ve ark. (2015) güneşle kurutulan kayısu örneklerinin depolama süresince kimyasal ve mikrobiyal kaliteleri üzerine farklı sorbik asit uygulamalarının etkisini incelemiştir.

Bu çalışmanın amacı kayısu örneklerinin konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif birleşimi kurutma yöntemleriyle kurutulmasında kurutma kinetiklerinin belirlenmesi, kurutulan ürünlerden deneysel olarak elde edilen nem oranı değerleriyle bu çalışmada kullanılan 9 farklı ince tabaka kurutma modeliyle tahmini olarak elde edilen nem oranı değerlerinin karşılaştırılması ve deneysel verileri en iyi açıklayan modelin belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Kurutma ekipmanları ve kurutma işlemi

Deneylerde kullanılan taze kayısu (*Prunus armeniaca* L.) örnekleri yerel bir marketten alınmış ve deneyler bitene kadar  $4\pm 0.5$  °C sıcaklık koşullarında muhafaza edilmiştir (Abano ve ark., 2014). Numunelerin ilk nem içeriklerinin hesaplanabilmesi için 30 gramlık numuneler 105 °C sıcaklıktaki fırında (ED115 Binder, Tuttlingen, Germany) 24 saat kurutulmuştur (Cetin, 2007). Daha sonra elde edilen sonuçların ortalamaları alınarak kayısu örneklerinin ilk nem içeriği belirlenmiştir. Kurutma deneylerinden önce kayısu örnekleri bir adet küp dilimleyici (Börner, Almanya) yardımıyla örnekler arasında homojenliği sağlamak için küp şekline (9x9x9 mm) getirilmiş ve örnekler bu şekilde kurutulmuştur.

Kurutma deneyleri mikrodalga-konvektif fırın (Whirlpool, AMW 545, İtalya) ile gerçekleştirilmiştir. Her bir kurutma deneyi için 250 g kayısu örneği kullanılmış ve ürünlerin ağırlık ya da nem kayıpları mikrodalga-konvektif fırının altına özel olarak yerleştirilmiş 0.01 g hassasiyetinde bir adet terazi (Baster, Turkey) ile 10 dakika aralıklarla belirlenmiştir (Giri ve Prasad, 2007). Bu şekilde kurutma deneyleri hiçbir kesintiye uğramamış ve elde edilen sonuçların doğru olması sağlanmıştır.

Kayısu örneklerinin kurutulması çalışmalarında konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif birleşimi kurutma yöntemleri kullanılmıştır. Konvektif kurutma yönteminde 50 ve 75 °C sıcaklıklar, mikrodalga kurutma yönteminde 90 ve 160W mikrodalga güçleri ve mikrodalga-konvektif birleşimi yönteminde 90W-50 °C, 90W-75 °C, 160W-50 °C ve 160W-75 °C mikrodalga güçleri ve sıcaklıkları uygulanmıştır. Konvektif kurutma deneylerinde kullanılan sıcak hava hızı 1 m/s olarak tespit edilmiştir. Tüm kurutma deneyleri 3 tekrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

## 2.2. Matematiksel modelleme

Kurutma deneyleri sonunda kuruma eğrilerinin oluşturulabilmesi ve kurutma işleminin modellenmesi için denemelerde alınan ağırlık azalmaları verilerinin nem içeriği ve boyutsuz nem içeriği değerlerine dönüştürülmesi gerekir (Dadalı, 2007). Modellemede boyutsuz nem içeriği olan nem oranı ( $MR$ ) belirlenirken  $M_e$  değeri,  $M_t$  ya da  $M_o$  değerleriyle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu için Eşitlik 1' sadeleştirilerek, Eşitlik 2 elde edilmiş ve hesaplamalar bu eşitliğe göre yapılmıştır (Xiao ve ark., 2010).

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

$$MR = \frac{M_t}{M_o} \quad (2)$$

$MR$  : Nem oranı (birimsiz)

$M_t$  : Herhangi bir t anındaki nem içeriği (g su. g kuru madde<sup>-1</sup>)

$M_e$  : Denge anındaki nem içeriği (g su. g kuru madde<sup>-1</sup>)

$M_o$  : Başlangıçtaki nem içeriği (g su. g kuru madde<sup>-1</sup>) olarak tanımlanmıştır.

## 2.3. İstatistiksel değerlendirmeler

Modelleme çalışmalarında MATLAB 2008a (MathWorks Inc., Natick, MA) paket programı kullanılmıştır. En iyi modelin belirlenmesinde ki-kare ( $\chi^2$ , Eşitlik 3), hataların karelerinin karekök ortalaması ( $RMSE$ , Eşitlik 4) ve belirtme katsayısı ( $R^2$ ) istatistiksel kriterleri uygulanmıştır (Goyal ve ark., 2006).

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MR_{\text{pre},i} - MR_{\text{exp},i})^2}{N}} \quad (4)$$

$MR_{\text{exp},i}$ ,  $i$ . Deneysel nem oranı,

$MR_{\text{pre},i}$ ,  $i$ . Tahmin edilen nem oranı,

$N$  gözlemlenen deneysel veri adedi,

$n$  modelde yer alan bağımsız değişken sayısıdır.

Deneysel olarak elde edilen nem oranı değerlerinin zamanla değişiminin modellenmesi için Çizelge 1'de verilen 9 farklı ince tabaka kurutma modeli kullanılmıştır.

Çizelge 1. Kayısı örneklerinin matematiksel modellenmesi için kullanılan ince tabaka kurutma modelleri

No	Model Adı	Model	Kaynak
1	Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Westerman ve ark. (1973)
2	Newton	$MR = \exp(-kt)$	Ayensu (1997)
3	Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Agrawal ve Singh (1977)
4	Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	Yagcioglu ve ark. (1999)
5	İki Terimli	$MR = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	Madamba ve ark. (1996)
6	İki Terimli Ekspansiyonel	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$	Sharaf-Eldeen ve ark. (1980)
7	Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Wang ve Singh (1978)
8	Diffusion Yaklaşımı	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$	Kassem (1998)
9	Midilli ve ark.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli ve ark. (2002)

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Kurutulan kayısı örneklerinin nem içeriklerinin değişimi

Farklı yöntemler kullanılarak kurutulan kayısı örnekleri son nem içeriği 0.1 (g su. g kuru madde<sup>-1</sup>) değerine ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Şekil 1a'da konvektif kurutma yöntemiyle 2 farklı sıcaklıkta kurutulan kayısı küplerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi sunulmuştur. Deneysel sonuçlar incelendiğinde 50 °C sıcaklık ile kurutulan örnekler için 610 dakika ve 75 °C sıcaklık ile kurutulan örnekler için ise 300 dakika

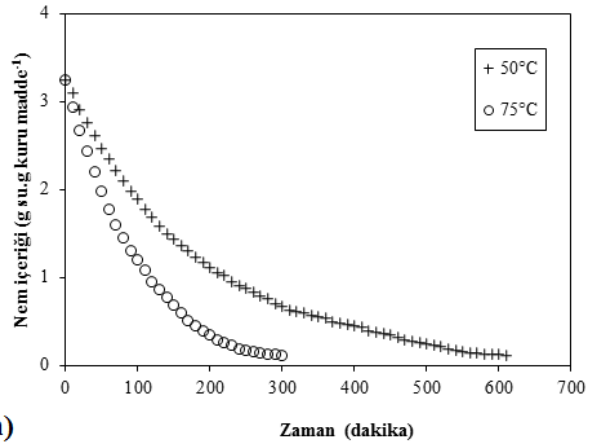
ortalama toplam kuruma süreleri belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 75 °C sıcaklık ile kurutulan kayısı örneklerinin toplam kuruma süresi 50 °C sıcaklık ile kurutulan örneklere göre %50.82 daha azdır. Sonuç olarak konvektif kurutmada uygulanan sıcaklıklar arttıkça kurutulan örneklerin kuruma sürelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Daha önce yapılan kayısı kurutma çalışmalarında benzer sonuçlar elde edilmiştir (Bozkır, 2006; İhns ve ark., 2011). Ayrıca Doymaz (2011) 40, 50 ve 60 °C sıcaklıklarıyla yapmış olduğu hurma kurutma çalışmasında toplam kurutma süresi açısından 60 °C uygulamasının 50 °C'ye göre 1.5 kat,

40 °C'ye göre ise 4.12 kat süre kazanımı sağladığını belirlemiştir.

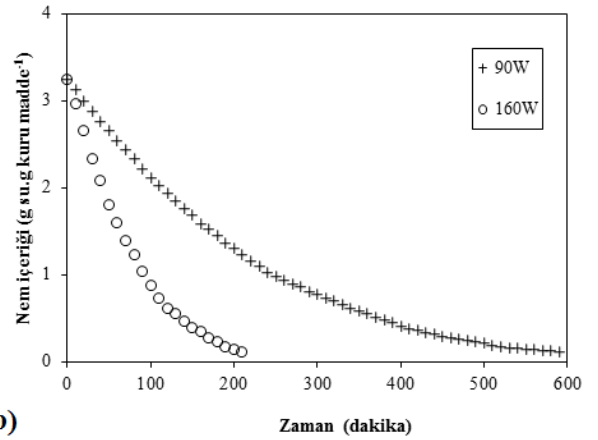
Mikrodalga kurutma yöntemiyle farklı mikrodalga güçleriyle kurutulan kayısı küplerinin toplam kuruma süreleri dikkate alındığında, 90W mikrodalga gücüyle kurutulan kayısı örnekleri için 590 dakika, 160W mikrodalga gücüyle kurutulan örnekler için ise 210 dakika kuruma süreleri belirlenmiştir (Şekil 1b). Sonuçlar incelendiğinde, deneylerde uygulanan mikrodalga güç seviyelerinin artmasıyla kayısı örneklerinin kuruma sürelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar mikrodalga kurutma yönteminin farklı ürünler için kullanıldığı çalışmalardan da elde edilmiştir (Özbek ve Dadalı, 2007; Inchuen ve ark., 2008 ve Celen ve Kahveci, 2013).

Şekil 1c'de mikrodalga-konvektif birleşimi kurutma yöntemiyle kurutmada 2 farklı mikrodalga gücü ve 2 farklı sıcaklık kombinasyonu ile kurutulan kayısı örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi sunulmuştur. Kayısı örneklerinin mikrodalga-konvektif kombinasyonu yöntemiyle kurutulmasında toplam kuruma süreleri dikkate alındığında 90W-50 °C, 90W-75 °C, 160W-50 °C ve 160W-75 °C mikrodalga gücü ve sıcaklıklarıyla kurutulan kayısı örnekleri için sırasıyla 320, 220, 190 ve 120 dakika kuruma süreleri meydana gelmiştir. Deneysel sonuçlara göre uygulanan mikrodalga güç ve sıcaklıkların artmasıyla kurutulan ürünlerin toplam kuruma sürelerinin azaldığı belirlenmiştir. Mikrodalga-konvektif kombinasyonu yöntemiyle kurutulan kayısıların kuruma süreleri karşılaştırıldığında, en kısa kuruma süresinin beklenildiği gibi 160W-75 °C mikrodalga gücü ve sıcaklığında kurutulan örneklerden elde edilirken, en uzun kuruma süresi 90W-50 °C mikrodalga gücü ve sıcaklığında kurutulan örneklerden elde edilmiştir.

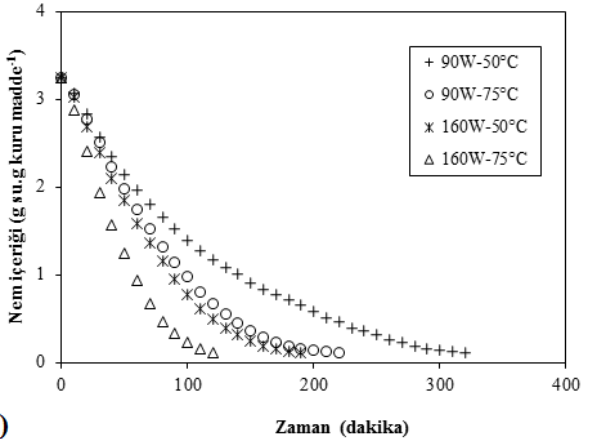
Bu çalışmada kullanılan konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif kombinasyonu yöntemleriyle kurutulan kayısı örneklerinin toplam kuruma süreleri karşılaştırıldığında, mikrodalga-konvektif kombinasyonu kurutma yönteminin yalnızca mikrodalga ve yalnızca konvektif kurutma yöntemine göre büyük oranda zaman kazanımı sağladığı belirlenmiştir. Örneğin, 90W-50 °C mikrodalga gücü ve sıcaklığın kullanıldığı mikrodalga-konvektif kombinasyonu yöntemiyle kurutulan örneklerin kuruma süresinin 90W mikrodalga gücünün kullanıldığı yalnızca mikrodalga yöntemiyle kurutulan örneklerden %45.76 ve 50 °C sıcaklığın kullanıldığı yalnızca konvektif yöntemiyle kurutulan örneklerden ise %47.54 kısa sürdüğü belirlenmiştir. Benzer sonuçlar diğer kurutma şartları için de geçerlidir. Workneh ve ark. (2011) yapmış olduğu domates dilimlerini kurutma çalışmasında mikrodalga ve sıcak hava yöntemlerinin birlikte kullanılmasının yalnızca sıcak hava uygulamasına göre yaklaşık %84 kuruma süresini azalttığını belirlemiştir. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Orsat ve ark., 2007; Contreras ve ark., 2008; Dev ve ark., 2011 ve Chayjan ve ark. 2015).



a)



b)



c)

Şekil 1. Konvektif (a), mikrodalga (b) ve mikrodalga-konvektif (c) yöntemleriyle kurutulan kayısı örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi

### 3.2. Kuruma eğrilerinin modellenmesi

Kayısı küplerinin konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif kombinasyonu kurutma yöntemleriyle kurutulması sırasında elde edilen nem oranı değerlerinin kuruma zamanları ile değişimi Çizelge 1'de verilen 9 adet ince tabaka kurutma modeli

Çizelge 2. Kayısı örneklerinin farklı sıcaklıklarla kurutulmasında uygulanan modellerden elde edilen katsayı ve istatistiksel analiz sonuçları

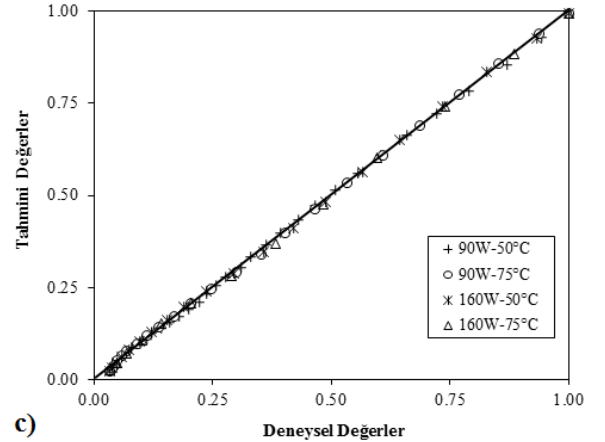
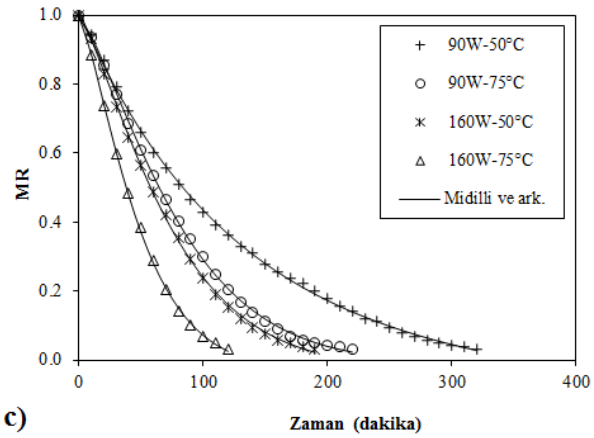
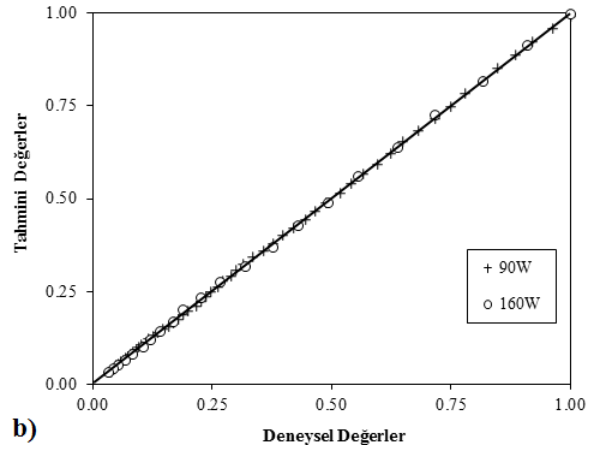
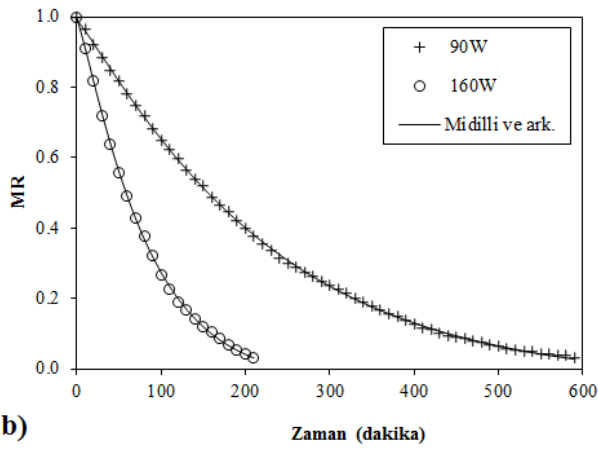
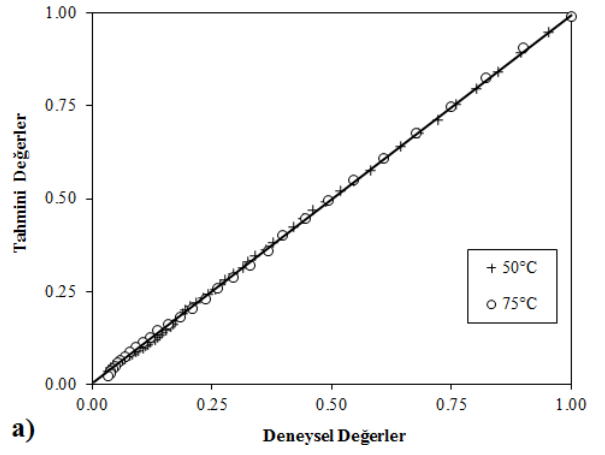
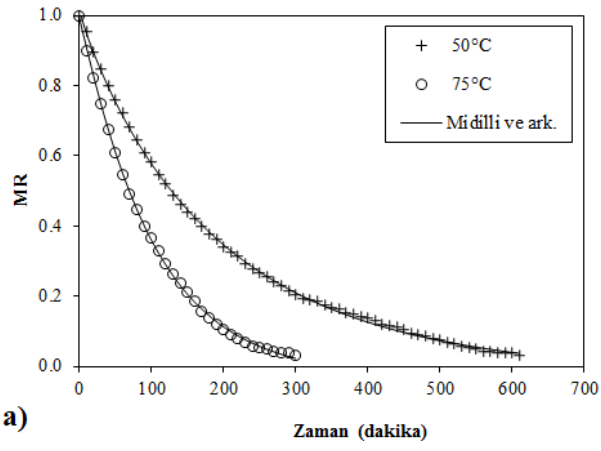
No	50°C				75°C			
	Model coefficients	$R^2$	$RMSE$	$\chi^2(10^{-4})$	Model coefficients	$R^2$	$RMSE$	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=0.9875 k=0.005238	0.9989	0.0087	0.6684	a=1.02 k=0.01067	0.9977	0.0135	1.7814
2	k=0.005307	0.9987	0.0093	0.7883	k=0.01046	0.9974	0.0147	2.1103
3	k=0.00642 n=0.9649	0.9992	0.0073	0.4565	k=0.007269 n=1.077	0.9991	0.0085	0.6669
4	a=1.104 k=0.005356 c=0.007199	0.9990	0.0084	0.6307	a=1.043 k=0.009585 c=-0.03943	0.9994	0.0069	0.4110
5	a=-9.493 k <sub>o</sub> =0.007558 b=10.31 k <sub>1</sub> =-0.007167	0.9724	0.0436	18.8740	k <sub>o</sub> =0.004217 b=-48.67 k <sub>1</sub> =-0.004172	0.9159	0.0827	68.3114
6	a=0.6104 k=0.006503	0.9991	0.0077	0.5104	a=1.53 k=0.0126	0.9993	0.0074	0.5003
7	a=-0.003911 b=0.0000403 a=0.07921	0.9689	0.0462	21.2295	a=-0.007705 b=0.00001548 a=-0.6272	0.9902	0.0282	7.8259
8	k=0.01435 b=0.3476 a=1.014	0.9993	0.0071	0.4160	k=0.01189 b=0.9237 a=0.9925	0.9974	0.0146	2.0164
9	k=0.008005 n=0.9224 b=-0.000247 2	0.9994	0.0066	0.3501	k=0.007824 n=1.053 b=-0.0006447	0.9995	0.0066	0.3699

ile incelenmiştir. Tüm kurutma şartları için uygulanan modellerin kurutma katsayıları,  $R^2$ ,  $\chi^2$  ve  $RMSE$  istatistiksel parametreleri hesaplanarak analiz edilmiş ve tablolar halinde sunulmuştur (Çizelge 2-4).

Çizelge 2 incelendiğinde kayısı küplerinin konvektif kurutma yönteminde 50 ve 75 °C sıcaklıklarla kurutulmasında elde edilen nem oranı değerlerinin zamanla değişimini istatistiksel parametrelere göre uygulanan modeller arasında en iyi açıklayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğu görülmektedir. Bu modele göre 50 °C sıcaklık uygulaması için  $R^2=0.9994$ ,  $RMSE=0.0066$  ve  $\chi^2=0.3501 \times 10^{-4}$  değerleri elde edilirken, 75 °C sıcaklık uygulaması için  $R^2=0.9995$ ,  $RMSE=0.0066$  ve  $\chi^2=0.3699 \times 10^{-4}$  değerleri elde edilmiştir. Şekil 2a'da görüldüğü gibi farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan kayısı örneklerinden deneysel olarak elde edilen nem oranı değerlerinin zamanla değişim sonuçlarının Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini sonuçlarla birbirine oldukça yakın oldukları görülmektedir. Ayrıca, Şekil 3a'da Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri ile deneysel olarak elde edilen nem oranı değerlerinin karşılaştırılması görülmekte olup verilerin 45° açıyla çizilmiş bir çizginin etrafında toplandığı görülmektedir. Sonuç olarak kayısının konvektif kurutma yöntemiyle farklı sıcaklıklarla kurutulmasında elde edilen bu değerler Midilli ve ark. modelinin literatürde bulunan ve

bu çalışmada kullanılan diğer modellere göre kayısı örneklerinin nem oranı değerlerinin zamana göre değişimini en iyi açıklayan model olduğunu göstermiştir. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, Akpınar (2006) 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarla patates, elma ve kabak dilimlerini kurutarak elde ettiği deneysel sonuçları uygulamış olduğu 13 farklı model arasında en iyi açıklayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğunu tespit etmiştir. Cihan ve ark. (2007) çeltik, Taheri-Garavanda ve ark. (2011) domates, Doymaz (2013) armut ve Chayjan ve ark. (2013) mısır örneklerini farklı sıcaklıklarla kurutarak elde ettikleri deneysel sonuçları uygulamış oldukları farklı modeller arasında en iyi açıklayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğunu bildirmişlerdir.

Mikrodalga kurutma yöntemiyle 90 ve 160W mikrodalga güçlerinde kurutulan kayısı küplerinden deneysel olarak elde edilen nem oranı değerleri ile 9 farklı modelden elde edilen tahmini nem oranı değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. İstatistiksel sonuçlara göre kullanılan modeller arasında en uygun değerlerin Midilli ve ark. modelinden elde edildiği görülmektedir. Midilli ve ark. modeline göre 90W uygulaması için  $R^2=0.9997$ ,  $RMSE=0.0050$  ve  $\chi^2=0.1500 \times 10^{-4}$  değerleri elde edilirken, 160W sıcaklık uygulaması için  $R^2=0.9997$ ,  $RMSE=0.0050$  ve  $\chi^2=0.2665 \times 10^{-4}$  değerleri elde edilmiştir.



Şekil 2. Konvektif (a), mikrodalga (b) ve mikrodalga-konvektif (c) yöntemleriyle kurutulan kayısı örneklerinden deneysel olarak elde edilen nem oranı değerlerinin zamanla değişiminin Midilli ve ark. modeli ile karşılaştırılması

Şekil 3. Konvektif (a), mikrodalga (b) ve mikrodalga-konvektif (c) yöntemleriyle kurutulan kayısı örneklerinden elde edilen deneysel nem oranı değerleri ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 3. Kayısı örneklerinin farklı mikrodalga güçleriyle kurutulmasında uygulanan modellerden elde edilen katsayı ve istatistiksel analiz sonuçları

No	90W				160W			
	Model coefficients	$R^2$	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model coefficients	$R^2$	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1.043 k=0.004975	0.9956	0.0187	3.1979	a=1.051 k=0.01352	0.9936	0.0242	5.3885
2	k=0.004766	0.9935	0.0229	5.0169	k=0.01285	0.9905	0.0294	8.0524
3	k=0.002237 n=1.138	0.9992	0.0082	0.4878	k=0.005577 n=1.186	0.9994	0.0071	0.4244
4	a=1.088 k=0.004158 c=-0.07283	0.9993	0.0073	0.4474	a=1.116 k=0.01093 c=-0.09242	0.9987	0.0108	1.1968
5	a=52.58 k <sub>o</sub> =0.001922 b=-51.79 k <sub>i</sub> =-0.0019	0.9338	0.0728	53.1342	a=30.81 k <sub>o</sub> =0.008693 b=-29.99 k <sub>i</sub> =-0.008639	0.9187	0.0863	73.0346
6	a=1.649 k=0.006148	0.9993	0.0074	0.3942	a=1.722 k=0.0173	0.9994	0.0073	0.4381
7	a=-0.0036 b=0.000003429	0.9963	0.0173	2.9323	a=-0.009721 b=0.00002493	0.9980	0.0135	1.8401
8	a=2.779 k=0.004519 b=0.9709	0.9935	0.0229	4.9289	a=1.564 k=0.01262 b=0.968	0.9896	0.0308	8.4061
9	a=0.9921 k=0.002534 n=1.106 b=-0.0004292	0.9997	0.0050	0.1500	a=0.9986 k=0.006377 n=1.147 b=-0.0001046	0.9997	0.0050	0.2665

Şekil 2b'de deneysel olarak elde edilen sonuçlar ile Midilli ve ark. modelinden elde edilen sonuçların zamanla değişimlerinin birbirleriyle karşılaştırılması verilmiştir.

Şekil 3b'de ise Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri ile deneysel olarak elde edilen nem oranı değerlerinin bir çizginin etrafında toplandığı ve değerlerin birbirlerine ne kadar yakın oldukları görülmektedir. Daha önce yapılan mikrodalga kurutma çalışmaları incelendiğinde, Darvishi (2012) 5, 10, 15 ve 20 W/g mikrodalga gücü yoğunluklarıyla patates dilimlerini kurutarak elde ettiği deneysel sonuçları uygulamış olduğu 6 farklı model arasında en iyi açıklayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğunu bildirmiştir. Murthy ve ark. (2012) 315, 455, 595 ve 800W mikrodalga güçleriyle yapmış olduğu mango dilimlerinin kurutulması çalışmasında kullandığı 15 farklı model arasında en iyi sonuçların Midilli ve ark. modelinden elde edildiğini bildirmiştir. Literatürde daha önce mikrodalga yöntemi kullanılarak yapılmış kurutma çalışmalarında farklı araştırmacılar tarafından Midilli ve ark. modeli en iyi model olarak tespit edilmiştir (Evin, 2012 ve Harish ve ark., 2014).

Çizelge 4'de mikrodalga-konvektif kombinasyonu kurutma yöntemiyle 90W-50 °C, 90W-75 °C, 160W-50 °C ve 160W-75 °C mikrodalga güç ve sıcaklıkları kullanılarak kurutulan kayısı örneklerinden elde edilen nem oranı değerlerini açıklamada kullanılan farklı ince tabaka kurutma modellerinden elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Kullanılan modeller arasında en uygun istatistiksel parametrelerin Midilli ve ark. modelinden sağlandığı belirlenmiştir. Midilli ve ark. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri ile deneysel olarak elde edilen değerlerin birbirleriyle karşılaştırılması Şekil 2c'de sunulmuştur. Bununla birlikte Şekil 3c'de deneysel olarak elde edilen sonuçlarla Midilli ve ark. modelinden sağlanan tahmini sonuçların uyum içerisinde oldukları görülmektedir. Bhattacharya ve ark. (2015) mantar ve Chayjan ve ark. (2015) alıç örneklerinin mikrodalga konvektif kombinasyonu yöntemiyle kurutulması çalışmalarında uygulamış oldukları farklı modeller arasında elde ettikleri deneysel sonuçlara en yakın değerlerin Midilli ve ark. modelinden sağlandığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Kayısı örneklerinin farklı mikrodalga-konvektif kombinasyonlarıyla kurutulmasında uygulanan modellerden elde edilen katsayı ve istatistiksel analiz sonuçları

No	90W-50°C				90W-75°C			
	Model coefficients	$R^2$	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model coefficients	$R^2$	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1.028 k=0.008904	0.9970	0.0156	2.3961	a=1.087 k=0.01322	0.9850	0.0389	15.2119
2	k=0.008652	0.9961	0.0178	3.2298	k=0.01219	0.9769	0.0482	23.2519
3	k=0.005776 n=1.082	0.9982	0.0120	1.3979	k=0.002722 n=1.33	0.9995	0.0070	0.4897
4	a=1.065 k=0.007697 c=-0.05832 a=-10.92	0.9993	0.0075	0.5390	a=1.188 k=0.009824 c=-0.1395 a=24.47	0.9952	0.0219	4.8029
5	k <sub>0</sub> =0.007002 b=11.71 k <sub>1</sub> =-0.006989	0.9118	0.0845	71.9719	k <sub>0</sub> =0.009888 b=-23.62 k <sub>1</sub> =-0.009868	0.9034	0.0986	96.9854
6	a=1.538 k=0.01049	0.9983	0.0119	1.3737	a=1.883 k=0.01788	0.9988	0.0109	1.2193
7	a=-0.006548 b=0.00001142	0.9909	0.0271	7.1718	a=-0.009113 b=0.00002146	0.9985	0.0124	1.3977
8	a=-0.5954 k=0.01168 b=0.8247 a=1.013	0.9969	0.0159	2.4771	a=2.635 k=0.009618 b=0.8669 a=0.994	0.9810	0.0437	18.1725
9	k=0.008933 n=0.9788 b=-0.0001647	0.9994	0.0070	0.4727	k=0.002731 n=1.324 b=-0.0003831	0.9996	0.0065	0.4086
No	160W-50°C				160W-75°C			
	Model coefficients	$R^2$	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$	Model coefficients	$R^2$	RMSE	$\chi^2(10^{-4})$
1	a=1.082 k=0.01472	0.9838	0.0406	16.3536	a=1.072 k=0.02221	0.9806	0.0463	21.2343
2	k=0.01363	0.9766	0.0488	23.8901	k=0.02075	0.9753	0.0522	27.2552
3	k=0.003185 n=1.329	0.9990	0.0100	0.8211	k=0.005032 n=1.355	0.9992	0.0092	0.8284
4	a=1.204 k=0.01054 c=-0.1632 a=55.35	0.9957	0.0210	4.3380	a=1.232 k=0.01518 c=-0.1977 a=-35.62	0.9949	0.0237	5.4460
5	k <sub>0</sub> =0.006745 b=-54.48 k <sub>1</sub> =-0.006679	0.9344	0.0817	67.0547	k <sub>0</sub> =0.01644 b=36.5 k <sub>1</sub> =-0.01649	0.9108	0.0993	99.1318
6	a=1.875 k=0.01994	0.9981	0.0140	1.7495	a=1.899 k=0.03078	0.9982	0.0142	1.9925
7	a=-0.01019 b=0.00002678	0.9986	0.0117	1.3243	a=-0.01548 b=0.0000614	0.9982	0.0141	1.9749
8	a=-14.03 k=0.02628 b=0.947 a=0.9944	0.9986	0.0120	1.1658	a=1.92 k=0.01898 b=0.9081 a=0.9957	0.9719	0.0557	28.2224
9	k=0.003453 n=1.301 b=-0.0001002	0.9992	0.0088	0.5971	k=0.005529 n=1.32 b=-0.0001734	0.9995	0.0077	0.5699



#### 4. Sonuç

Deneyleerde uygulanan 3 farklı kurutma yöntemi ile kurutulan kayısı örneklerinin kuruma süreleri açısından birbirleriyle karşılaştırıldıklarında, mikrodalgakonvektif kombinasyonu yöntemiyle kurutulan örneklerin, yalnızca mikrodalgayla ve yalnızca sıcak havayla kurutulan örneklere göre daha kısa sürede kurudukları tespit edilmiştir. Ayrıca artan sıcaklık ve mikrodalg güçlerinin kuruma sürelerinin azalmasında en önemli etken oldukları saptanmıştır. Çalışmada değerlendirilen 9 farklı ince tabaka kurutma modeli arasında istatistiksel değerlendirmelere göre Midilli ve ark. modeli kayısı örneklerinden deneysel olarak elde edilen nem oranı değerlerine en yakın sonuçları sağlamıştır. Sonuç olarak Midilli ve ark. modeli bu çalışmada kullanılan tüm kurutma şartlarında kayısı örneklerinin kuruma eğrilerini en iyi açıklayan model olarak belirlenmiştir.

#### Kaynaklar

- Abano, E.E., Ma, H., Qu, W., 2014. Optimization of drying conditions for quality dried tomato slices using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3): 996-1009.
- Agrawal, Y.C., Singh, R.P., 1977. Thin layer drying studies on short grain rough rice. *ASAE*, No: 3531, St. Joseph MI.
- Akpınar, E.K., Sarsılmaz, C., Yıldız, C., 2004. Mathematical modelling of a thin layer drying of apricots in a solar energized rotary dryer. *International Journal of Energy Research*, 28(8): 739-752.
- Akpınar, E.K., 2006. Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. *Journal of Food Engineering*, 73: 75-84.
- Alagöz, S., Türkyılmaz, M., Tağı, Ş., Özkan, M., 2015. Effects of different sorbic acid and moisture levels on chemical and microbial qualities of sun-dried apricots during storage. *Food chemistry*, 174: 356-364.
- Alan, Y., Atalan, E., Erbil, N., Zorver, F., Kiyacak, G., Çiçek, A.İ., 2013. Malatya kayısı (*Prunus armeniaca* L.) ve kayısı çekirdeklerinin antimikrobiyal aktivitesi. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2): 60-69.
- Ayensu, A., 1997. Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*, 59(4-6): 121-126.
- Bhattacharya, M., Srivastav, P.P., Mishra, H.N., 2015. Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Science and Technology*, 52(4): 2013-2022.
- Bingöl, G., Devres, Y.O., 2010. Üzümlerin mikrodalgakurutma eğrilerinin ve sıcaklık değişiminin matematiksel modellenmesi. *Mühendislik İTÜ Dergisi/d*, 9(4): 63-71.
- Bondaruk, J., Markowski, M., Blaszcak, W., 2007. Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 81: 306-312.
- Bozkır, O., 2006. Thin-layer drying and mathematical modelling for washed dry apricots. *Journal of food engineering*, 77(1): 146-151.
- Celen, S., Kahveci, K., 2013. Microwave drying behaviour of tomato slices. *Czech Journal of Food Science*, 31(2): 132-138.
- Cetin, M., 2007. Physical properties of barbania bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Barbania') seed. *Journal of Food Engineering*, 80: 353-358.
- Chayjan, R.A., Kaveh, M., Khayati, S., 2015. Modeling drying characteristics of hawthorn fruit under microwave-convective conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(3): 239-253.
- Chayjan, R.A., Parian, J.A., Esna-Ashari, M., 2011. Modeling of moisture diffusivity, activation energy and specific energy consumption of high moisture corn in a fixed and fluidized bed convective dryer. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(1): 28-40.
- Cihan, A., Kahveci, K., Hacıhafızoğlu, O., 2007. Modelling of intermittent drying of thin layer rough rice. *Journal of Food Engineering*, 79: 293-298.
- Contreras, C., Martin-Esparza, M.E., Chiralt, A., Martinez-Navarrete, N., 2008. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. *Journal of Food Engineering*, 88(1): 55-64.
- Coşkun, A.L., Türkyılmaz, M., Aksu, Ö.T., Koç, B.E., Yemiş, O., Özkan, M., 2013. Effects of various sulphuring methods and storage temperatures on the physical and chemical quality of dried apricots. *Food chemistry*, 141(4): 3670-3680.
- Dadalı, G., 2007. Bamy ve ıspanağın mikrodalg tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Darvishi, H., 2012. Energy consumption and mathematical modeling of microwave drying of potato slices. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(1): 94-102.
- Dev, S.R.S., Geetha, P., Orsat, V., Gariépy, Y., Raghavan, G.S.V., 2011. Effects of microwave-assisted hot air drying and conventional hot air drying on the drying kinetics, color, rehydration, and volatiles of *Moringa oleifera*. *Drying Technology*, 29: 1452-1458.
- Doymaz, I., 2004. Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. *Biosystems Engineering*, 89(3): 281-287.
- Doymaz, I., 2004. Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. *Biosystems Engineering*, 89(3): 281-287.
- Doymaz, I., 2011. Drying of thyme (*Thymus Vulgaris* L.) and selection of a suitable thin-layer drying model. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(4): 458-465.
- Doymaz, I., 2013. Experimental study on drying of pear slices in a convective dryer. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(9): 1909-1915.
- Evin, D., 2012. Thin layer drying kinetics of *Gundelia tournefortii* L. *Food and Bioproducts Processing*, 90: 323-332.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of United Nations). FAOSTAT statistical database 2016. <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> Erişim 03.01.2016.
- Funebo, T., Ohlsson, T., 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering*, 38: 353-367.

- Giri, S.K., Prasad, S., 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78: 512-521.
- Goyal, R.K., Kingsly, A.R.P., Manikantan, M.R., Ilyas, S.M., 2006. Thin-layer drying kinetics of raw mango slices. *Biosystems Engineering*, 95: 43-49.
- Harish, A., Rashmi, M., Krishna Murthy, T.P., Blessy, B.M., Ananda, S., 2014. Mathematical modeling of thin layer microwave drying kinetics of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*). *International Food Research Journal*, 21(3): 1081-1087.
- Hiranvarachat, B., Devahastin, S., Chiewchan, N., 2011. Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying. *Food and Bioproducts Processing*, 89: 116-127.
- Ihns, R., Diamante, L. M., Savage, G. P., Vanhanen, L., 2011. Effect of temperature on the drying characteristics, colour, antioxidant and beta-carotene contents of two apricot varieties. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(2): 275-283.
- Ihns, R., Diamante, L.M., Savage, G.P., Vanhanen, L., 2011. Effect of temperature on the drying characteristics, colour, antioxidant and beta-carotene contents of two apricot varieties. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(2): 275-283.
- Inchuen, S., Narkruga, W., Pornchaloempong, P., Chanasinchana, P., Swing, T., 2008. Microwave and hot-air drying of Thai red curry paste. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 1: 38-49.
- Kasem, A.S., 1998. Comparative studies on thin layer drying models for wheat. 13th International Congress on Agricultural Engineering, 2-6 February, 1998, Morocco.
- Madamba, P.S., Driscoll, R.H., Buckle, K.A., 1996. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, 29: 75-97.
- Maskan, M., 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*, 44: 71-78.
- Menges, H.O., Ertekin, C., 2006. Modelling of air drying of Hacıhaliloglu-type apricots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2): 279-291.
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z., 2002. A new model for single layer drying. *Drying Technology*, 20(7): 1503-1513.
- Mundada, M., Hathan, B.S., Maske, S., 2010. Convective dehydration kinetics of osmotically pretreated pomegranate arils. *Biosystems Engineering*, 107: 307-316.
- Murthy, K., Pandurangapp, T., Manohar, B., 2012. Microwave drying of mango ginger (*Curcuma amada* Roxb): prediction of drying kinetics by mathematical modelling and artificial neural network. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(6): 1229-1236.
- Orikasa, T., Wu, L., Shiina, T., Tagawa, A., 2008. Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 85: 303-308.
- Orsat, V., Yang, W., Changrue, V., Raghavan, G.S.V., 2007. Microwave-assisted drying of biomaterials. *Food and Bioproducts Processing*, 85: 255-263.
- Özbek, B., Dadalı, G., 2007. Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. *Journal of Food Engineering*, 83: 541-549.
- Piotrowski, D., Lenart, A., Wardzynski, A., 2004. Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries. *Journal of Food Engineering*, 65: 519-525.
- Sharaf-Elden, Y.I., Blaisdell, J.L., Hamdy, M.Y., 1980. A model for ear corn drying. *Transactions of the ASAE*, 5: 1261-1265.
- Sharma, G.P., Prasad, S., Chahar, V.K., 2009. Moisture transport in garlic cloves undergoing microwave-convective drying. *Food and Bioproducts Processing*, 87: 11-16.
- Taheri-Garavanda, A., Rafiee, S., Keyhania, A., 2011. Mathematical modeling of thin layer drying kinetics of tomato influence of air dryer conditions. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 2(2): 147-160.
- Toğrul, İ.T., Pehlivan, D., 2002. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering*, 55(3): 209-216.
- Türkyılmaz, M., Özkan, M., Güzel, N., 2014. Loss of sulfur dioxide and changes in some chemical properties of Malatya apricots (*Prunus armeniaca* L.) during sulfuring and drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12): 2488-2496.
- Wang, C.Y., Singh, R.P., 1978. A single layer drying equation for rough rice. ASAE Paper No: 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.
- Westerman, P.W., White, G.M., Ross, I.J., 1973. Relative humidity effect on the high temperature drying of shelled corn. *Transactions of the ASAE*, 16: 1136-1139.
- Workneh, T.S., Raghavan, V., Garipey, Y., 2011. Microwave assisted hot air ventilation drying of tomato slices. *International Conference on Food Engineering and Biotechnology*, 28-30 September, Singapore.
- Xiao, H.W., Pang, C.L., Wang, L.H., Bai, J.W., Yang, W.X., Gao, Z.J., 2010. Drying kinetics and quality of Monukka Seedless grapes dried in an air-impingement jet dryer. *Biosystems Engineering*, 105(2): 233-240.
- Yagcioglu, A., Degirmencioglu, A., Cagatay, F., 1999. Drying characteristics of the laurel leaves under different drying conditions. In: *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Congress on Agricultural Mechanization and Energy*. Adana, Turkey, pp. 565-569.
- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A., Wang, S., 2006. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 524-534.