

Trabzon Hurmasının Mikrodalga ile Kurutulmasında Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi

Sevil KARAASLAN¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 32260-Çünür, Isparta
Sorumlu yazar: sevilkaraaslan@sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 24.06.2013, Yayına kabul tarihi: 03.03.2014

Özet: İlk nem içeriği yaş baza göre %75,21 ($\pm 0,03$) olan 200 ($\pm 0,02$) g ağırlığındaki Trabzon hurmaları yaş baza göre nem içeriği %15 ($\pm 0,07$) oluncaya kadar 5 farklı mikrodalga güç seviyesinde kurutulmuşlardır. Kurutma işlemleri 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güç seviyelerinde gerçekleştirilmiş ve kuruma süreleri bu güç seviyelerinde sırasıyla 104, 41, 31, 25, 18 dakika sürmüştür. Bu laboratuvar kurutucusunda ürünlerin kuruma süresinin belirli bir anındaki nem içeriğini belirlemek amacıyla Newton, Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Midilli ve Küçük, Wang ve Singh, Lojistik, İki Terimli, Verma, İki terimli üstel, Difüzyon Yaklaşımı modelleri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bu modellerin performansları, gözlemlenen ve tahmini nem içeriği arasında belirtme katsayısı değeri (R^2), tahmini standart hatası (SEE) ve kalanların kareleri toplamına (RSS) göre karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm çalışma koşullarında Midilli ve Küçük modelinin ürünlerin kuruma davranışını diğerlerinden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Trabzon hurması, kuruma süresi, matematiksel modeller

Determining of a Drying Model for Microwave Drying of Trabzon Persimmon

Abstract: In this work, 200 g of persimmon leaves were dried from an initial moisture content of 75,21 ($\pm 0,03$) to %15($\pm 0,07$) (wet basis) by involving 5 different microwave powers. Drying periods were ranged from 104, 41, 31, 25, 18 min for 180, 360, 540, 720 and 900 W, respectively. The drying data were applied to nine different mathematical models, namely, Newton, Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Midilli-Kucuk, Wang and Singh, Logistic, Two Term, Verma, Two Term Exponential, Diffusion Approach Equation Models for determining moisture content. The performances of these models were compared according to the coefficient of determination (R^2), standard error of estimate (SEE) and the residual sum of squares (RSS), between the observed and predicted moisture ratios. It was found that the Midilli-Kucuk model described the drying curve better than other models for all drying methods.

Key words: Trabzon persimmon, drying time, mathematical modelling

Giriş

Trabzon hurması subtropik bir iklim meyvesidir ve başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere Karadeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde üretilmektedir. Trabzon hurmasının 190 türü bulunmaktadır, ancak ticari açıdan meyvenin üretimi için 4 türü kullanılmaktadır. Bunlar *D. Kaki L.*, *D. Lotus L.*, *D. Virginiana L.* ve *D. Oleifera Cheng. D. Kaki L.*'dir (Yönel ve ark., 2008).

Dünyanın büyük bir bölümünde "Kaki", Amerika'da ise 'Persimmon' olarak adlandırılır. Trabzon hurmasının anavatanı Çin'dir. Türkiye'ye hangi tarihte getirildiği bilinmemekle birlikte, çok eskiden beri ülkemizde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'de en çok Akdeniz Bölgesi'nde, özellikle Hatay ilinde yetiştirilmekte, bu illeri Adana ve Mersin takip etmektedir.

Türkiye’de Trabzon hurmasının yıllık üretimi 24302 ton’dur (Anonim, 2008). Trabzon hurması, taze ve kurutularak tüketildiği gibi, gıda sanayinin tatlı, sos, dondurma, marmelat, krema, muhallebi, kek, sakız, püre gibi alanlarında da kullanılmaktadır.

Kurutma tarımsal ürünlerde etken madde üzerine etki eden hasat sonrası işlemlerin en önemlilerinden biridir. Kurutmadaki amaç, yaş ürünlerdeki serbest suyu uzaklaştırarak ürünlerde meydana gelebilecek biyokimyasal reaksiyonları ve mikroorganizmaların gelişmesini durdurmak ve üreyemeyeceği bir orana indirerek tarımsal ürünlerin uzun süre bozulmadan dayanmalarını sağlamaktır. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında birçok kurutma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan güneş enerjisi hem bol, hem sürekli ve yenilenebilir hem de bedava bir enerji kaynağıdır. Temiz ve bedava bir enerji kaynağı olan güneşte kurutma yöntemi, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan geleneksel kurutma yöntemidir. Fakat tarımsal ürünlerin güneş enerjisiyle açıkta kurutulması, ekonomik olmasına karşın zararlılara, toz, toprak gibi istenmeyen yabancı maddelere açık olması, yağmur ve aşırı rüzgar gibi durumlarda kurutmaya ara verilmesi ve kuruma süresinin uzaması gibi olumsuz etkilere sahiptir. Diğer bir kurutma yöntemi olan sıcak havayla kurutma yöntemi ise ürünün besin içeriğinde kayıplara neden olması, enerji tüketiminin fazla olması ve kuruma süresinin uzaması gibi olumsuz etkilere sahiptir (Alibaş, 2012). Bütün bu olumsuz etkilerden dolayı son yıllarda açıkta güneşe sererek kurutmanın sakıncalarının ortadan kaldırılması, hızlı kurumanın sağlanması, birim kuru materyal başına enerji tüketiminin azaltılması ve besin içeriğinin korunması gibi olumlu etkilerden dolayı mikrodalga enerjisiyle kurutma yöntemi yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir (Alibaş, 2012; Soysal ve ark., 2009).

Mikrodalga enerjisi ile geleneksel kurutma yöntemleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Geleneksel kurutma yönteminde

sıcak yüzey ile daha soğuk olan iç kısım arasındaki sıcaklık farkından dolayı ısının materyalin yüzeyinden iç kısımlarına doğru kademeli olarak iletimi söz konusudur. Mikrodalga ile kurutmada ise elektromagnetik alan materyali bir bütün olarak etkilemekte ve materyal içerisindeki su moleküllerinin saniyede milyonlarca kez titreşmesi sağlanmaktadır. Bu titreşim ve oluşan enerji, materyalin içindeki nemin oldukça hızlı bir şekilde buharlaşmasını sağlamaktadır (Eren ve ark., 2005).

Geleneksel sıcak havayla kurutma işlemi sırasında ürün uzun süre sıcak havaya maruz kalmaktadır. Bu nedenden dolayı üründe fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinde istenmeyen değişimler meydana gelmektedir. Son yıllarda yapılan kurutma çalışmalarında ürünlerde meydana gelen bu olumsuz etkilerin önlenmesi ve daha kaliteli ürün elde edilmesi için bir takım yeni uygulamaları beraberinde getirmiştir. Birçok araştırmacı, mikrodalga ile kurutma yöntemini yaptıkları çalışmalarında ele almışlardır. Son yıllarda yapılan bu çok sayıda araştırmada mikrodalga kurutma yönteminin yüksek nem içeriğine sahip meyve ve sebzelerde başarıyla uygulandığını bildirmişlerdir. Bu araştırmalarda mikrodalga kurutma yöntemi ile kivi (Maskan, 2001), çilek (Venkatachalapathy and Raghavan, 1999), havuç (Sumnu ve ark., 2005), mantar (Torrington et al., 2001), sarımsak (Sharma and Prasad, 2001), maydanoz (Soysal, 2004; Soysal ve ark., 2006), ıspanak (Karaaslan ve Tunçer, 2008), kırmızıbiber (Karaaslan ve Tunçer, 2009) gibi pek çok meyve ve sebze kurutulmuştur.

Bu çalışmada Trabzon hurmasının farklı kurutma koşullarındaki kurutma davranışı, laboratuvar tipi mikrodalga kurutucusunda yapılan denemeler ile incelenmiş ve nem içeriği değişimlerine farklı mikrodalga güçlerinin etkisi 11 farklı model ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Kurutma denemelerinde *Trabzon hurması* kullanılmıştır. Trabzon hurması, Isparta şehrinde bulunan lokal bir marketten

alınmıştır. Trabzon hurması, laboratuvar ölçekli kurutma işlemlerini gerçekleştirmek üzere Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'ne getirilmiş, $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ deki buzdolabında muhafaza edilmiş ve ertesi gün kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Ürünlerin başlangıç nem içerikleri, laboratuvar koşullarında kurutma dolabında (etüv) kurutularak ölçülmüştür. Trabzon hurması meyvesi, kurutma işlemine başlamadan önce yıkanmış ve kabukları soyulmadan 5 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Başlangıç nem içeriği %75,21 (y.b.) olan hurma örnekleri daha sonra tartılmış ve darası alınmış alüminyum folyo üzerine 50'şer gram konularak 105°C sıcaklığındaki etüvde 24 saat bırakılmıştır. Bu işlem 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve ortalaması alınmıştır.

Kurutma denemelerinde kullanılan ürünlerin nem içeriği yaş baza (y.b.) göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M = \frac{m_w}{m_w + m_d} \times 100 \quad [1]$$

Burada;

M: Nem içeriği (%y.b.),

m_w =Su miktarı (g),

m_d =Kuru madde miktarı (g).

Mikrodalga ile kurutma denemeleri, 180 W, 360 W, 540 W, 720 W ve 900 W olmak üzere toplam 5 farklı güç seviyesinde çalışabilen Arçelik MD-824 model mikrodalga fırın kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan mikrodalga fırın, fan ve ızgara pişirme özelliklerinin de bulunduğu çok fonksiyonlu bir fırındır. Yapılan denemelerde Trabzon hurmasının kütlesi 200 gram olarak belirlenmiştir. Örnekler 20x20mm ölçülerinde tel teflon malzeme üzerine koyularak fırın döner cam tepsisinin tam ortasına yerleştirilmiştir. 1 dakikalık zaman aralıklarında kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve her 1 dakika sonunda hassas terazi ile ürünün ağırlığı ölçülerek nem kaybı bulunmuştur (Soysal ve ark., 2006).

Kurutma Denemeleri

Denemelerde her üç ürün için 5 farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Mikrodalga ile kurutmada güç seviyeleri 180 W, 360 W,

540W, 720 W ve 900 W olarak alınmıştır. Her mikrodalga gücünde nem içeriği değerleri ölçülmüştür.

Trabzon hurmasının kuruma kinetiği kuruma zamanına bağlı olarak değişen nem içeriği ile karakterize edilebilmektedir.

Ürünün kurumadan önceki ve sonraki nem değerlerinden yola çıkılarak kuruma sırasında ortaya çıkan nem kaybı bulunmuştur. Nem kayıpları, kurutma eğrilerini oluşturmak için kurutma işlemi süresince 1'er dakikalık aralıklarla hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür (Maskan, 2001). Trabzon hurması denge nem içeriğine ulaşana kadar kurutulmuştur.

Kurutma Eğrilerinin Matematiksel Modellenmesi

Deneysel verilerden yararlanarak nem içeriği ile kuruma süresi arasında bir ilişki sağlanması amacıyla Newton (Ayensu, 1997), Page (Agrawal and Singh, 1977), Henderson ve Pabis (Akpınar ve ark., 2006), Logaritmik (Yaldız ve ark., 2001), Midilli ve Küçük (Sacılık ve Eliçin, 2006), Wang ve Singh (Wang and Singh, 1978), Lojistik (Soysal ve ark., 2009), İkiterimli (Henderson, 1974), Verma (Verma et al., 1985), İki Terimli Üstel (Sharaf-Elden et al., 1980), Difüzyon Yaklaşımı (Toğrul ve Pehlivan, 2003.) olmak üzere toplam onbir model istatistiksel olarak kıyaslanmıştır (Çizelge 1).

Yapılan denemelerde elde edilen veriler literatürde bulunan on bir farklı ayrılabilir nem oranı modellerinden elde edilen değerlere göre karşılaştırılmış, belirtme katsayısı (R^2), kalanların kareleri toplamı (RSS) ve tahminin standart hatası (SEE) değerlerine göre değerlendirilerek en uygun model bulunmuştur. Değerlendirme aşamasında;

- Kalanların kareleri toplamı (RSS) en küçük,
- Tahminin standart hatası (SEE) en küçük,
- Belirtme katsayısı değeri (R^2) 1,000'a en yakın model en uygun model olarak nitelendirilir.
- Belirtme katsayısı değeri 0,00 değerine yaklaştıkça modelin verileri temsil etme yeteneği de kötüleşir.
- Belirtme katsayısı değerinin %95 gibi yüksek bir değerde olması arzu edilir.

Çizelge 1. Trabzon hurmasının kuruma eğrilerinin modellenmesinde kullanılan model eşitlikler

Table 1. Mathematical models tested for the moisture ratio values of the Trabzon Persimmon

No	Model	Model adı	Kaynak
1	MR=exp(-kt)	Newton	Ayensu(1997)
2	MR=exp(-kt ⁿ)	Page	Agrawal ve Singh (1977)
3	MR=a exp(-kt)	Henderson ve Pabis	Akpınar ve ark.(2006)
4	MR=a exp(-kt)+c	Logaritmik	Yaldız ve ark.(2001)
5	MR=a exp(-k(t ⁿ))+bt	Midilli ve Küçük	Sacilik ve Eliçin (2006)
6	MR=1+at+bt ²	Wang ve Singh	Wang ve Singh (1978)
7	MR=b[1+aexp(kt)]	Lojistik	Soysal ve ark.(2009)
8	MR=a exp(-kt)+bexp(-k ₁ t)	İki terimli	Henderson (1974)
9	MR=a exp(-kt)+(1-a)exp(-gt)	Verma	Verma ve ark.(1985)
10	MR=a exp(-kt)+(1-a)exp(-kat)	İki terimli üssel	Sharaf-Elden ve ark.(1980)
11	MR=a exp(-kt)+(1-a)exp(-kbt)	Difüzyon Yaklaşımı	Toğrul ve Pehlivan (2003)

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Kuruma sabitleri ve katsayıların hesaplanmasında doğrusal olmayan regresyon analizi yapan SIGMAPLOT ve EXCEL gibi bilgisayar programları kullanılmıştır.

Ayrılabilir nem oranı (ANO) belirli bir t anında materyalde bulunan alınabilir nem miktarını gösterir. Boyutsuz bir terim olan ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilen ayrılabilir nem oranı (ANO) genel kurutma denklemlerinin sol tarafında yer alan oransal bir ifadedir (Yağcıoğlu,1999).

$$ANO = \frac{M_1 - M_e}{M_0 - M_e} \quad [2]$$

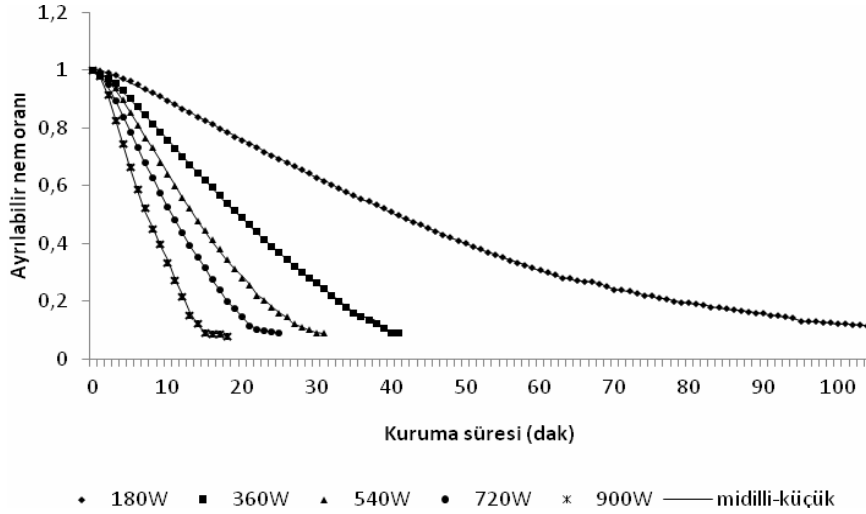
Burada M (kg su/kg kuru madde) herhangi bir andaki su miktarını, Mo (kg su/kg kuru madde) kurutmaya başlamadan önceki ürünün içerdiği su miktarını, Me kurutulan ürünün denge nem içeriğidir ve

kurutma koşullarındaki havanın içerdiği su miktarı ile belirtilebilir. Bunu ya bir higrometre ile ya da kurutma dolabındaki yaş ve kuru termometre sıcaklıkları yardımıyla psikometri diyagramından bulunur. Genelde diğer nem miktarlarına göre küçük olduğundan dolayı birçok çalışmada ihmal edilmiştir (Doymaz, 2005).

Bulgular ve Tartışma

Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutulması yönteminin kurumaya etkisi incelenmiştir. 5 farklı mikrodalga gücü ile Trabzon hurmasının kurutulması konusunda çalışılmış ve bu güçler birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Mikrodalga ile gerçekleştirilen kuruma işlemi, 180 W, 360W, 540W, 720 W ve 900 W mikrodalga güçlerinde sırasıyla 104, 41, 31, 25 ve 18 dakika sürmüştür. Mikrodalga güçlerinin artmasıyla kuruma süreleri kısalmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Farklı mikrodalga güç seviyelerinde elde edilen ayrılabilir nem oranı ve Midilli ve Küçük model eşitlik ile tahmin edilen ayrılabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi

Figure 1. Variation of experimental and predicted moisture ratio by Midilli and Kucuk model with drying time at selected microwave output powers

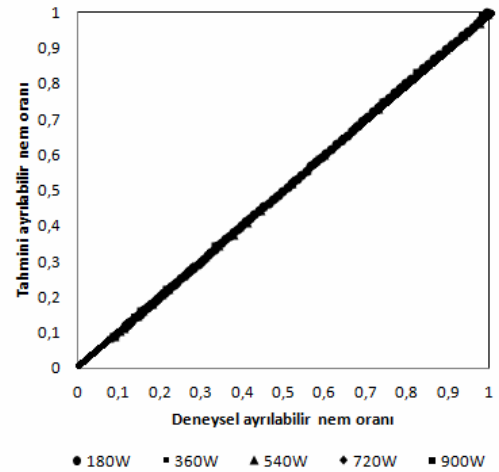
Trabzon hurmasıyla yapılan kurutma denemeleri sonucu oluşan kuruma olayı azalan hızda kuruma evresinde meydana gelmektedir. Bu olayı açıklamak için kullanılan 11 modele ait istatistiksel veriler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre belirtme katsayısı (R^2) en yüksek bulunan **Midilli ve Küçük** modelinde ayrılabilir nem oranının zamana göre değişimi,

$MR = a \cdot \exp(-kt^m) + b \cdot t$ eşitliği ile saptanmıştır.

Model katsayıları ile hesaplanan değerlerle deneysel veriler arasındaki belirtme katsayıları incelendiğinde en yüksek belirtme katsayısı (R^2), Midilli ve Küçük modelinde sağlanmış olup **0,9995–0,9999** düzeyindedir (Çizelge 2). Bu, modelin denemenin gerçekleştiği koşullarda tahmin için pratikte kullanılabileceğini göstermektedir.

Yapılan deneme sonuçlarına göre gözlemlenen ayrılabilir nem oranı ile Midilli ve Küçük modeli ile elde edilen tahmini ayrılabilir nem oranı değerlerinin zamana bağlı olarak değişimleri Şekil 1’de görülmektedir. Ayrıca Trabzon hurması için farklı mikrodalga güç seviyelerinden elde edilen deneysel ve tahmini ayrılabilir nem oranı değerlerinin dağılımı da Şekil 2’de

gösterilmiş ve bu noktaların eğrinin üzerinde veya eğrinin çok yakınında bulunduğu saptanmıştır. Bu da modelin bir uyum içerisinde deneysel verileri açıklayabildiğinin bir göstergesidir.



Şekil 2. Deneysel ve tahmini ayrılabilir nem oranı değerlerinin değişimi

Figure 2. Experimental and predicted moisture ratio at different drying conditions.

Çizelge 2. Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutma işlemlerine ilişkin kullanılan model eşitliklerin non lineer analiz sonuçları; SEE, tahminin standart hatası; R^2 , belirtme katsayısı değerleri; RSS, kalanların kareleri toplamı

Table 2. Non-linear regression analysis results for microwave drying of Trabzon Persimmon; SEE, Standard error of estimate; R^2 , coefficient of determination; RSS, residual sum of square

Model No	180W			360W			540W			720W			900W		
	R^2	SEE(\pm)	RSS	R^2	SEE(\pm)	RSS	R^2	SEE(\pm)	RSS	R^2	SEE(\pm)	RSS	R^2	SEE(\pm)	RSS
1	0,9712	0,0375	0,0870	0,9570	0,0489	0,0717	0,9456	0,0580	0,0707	0,9558	0,0488	0,0357	0,9532	0,0511	0,0261
2	0,9998	0,0031	0,0006	0,9994	0,0056	0,0009	0,9994	0,0061	0,0007	0,9996	0,0048	0,0003	0,9988	0,0083	0,0006
3	0,9882	0,0241	0,0355	0,9784	0,0353	0,0360	0,9746	0,0407	0,0330	0,9784	0,0353	0,0174	0,9752	0,0392	0,0138
4	0,9991	0,0065	0,0025	0,9984	0,0095	0,0025	0,9968	0,0147	0,0041	0,9970	0,0136	0,0024	0,9948	0,0189	0,0029
5	0,9999	0,0020	0,0002	0,9997	0,0038	0,0004	0,9996	0,0052	0,0005	0,9997	0,0043	0,0002	0,9995	0,0067	0,0003
6	0,9972	0,0117	0,0083	0,9966	0,0139	0,0056	0,9925	0,0220	0,0097	0,9940	0,0186	0,0048	0,9915	0,0229	0,0047
7	0,9997	0,0034	0,0007	0,9994	0,0058	0,0009	0,9988	0,0087	0,0014	0,9988	0,0085	0,0009	0,9974	0,0135	0,0015
8	0,9882	0,0245	0,0355	0,9784	0,0365	0,0360	0,9746	0,0428	0,0330	0,9784	0,0381	0,0174	0,9752	0,0444	0,0138
9	0,9996	0,0040	0,0010	0,9991	0,0071	0,0014	0,9993	0,0069	0,0009	0,9995	0,0051	0,0003	0,9994	0,0053	0,0002
10	0,7816	0,1041	0,6612	0,7808	0,1124	0,3663	0,9446	0,0600	0,0720	0,9547	0,0511	0,0366	0,9526	0,0542	0,0264
11	0,9713	0,0381	0,0870	0,9991	0,0071	0,0014	0,9993	0,0066	0,0008	0,8116	0,1082	0,1522	0,9532	0,0571	0,0261

Sonuç

Sonuç olarak, mikrodalga güç seviyelerinin Trabzon hurmasının kuruması üzerine önemli bir etkisi vardır. Trabzon hurmasının mikrodalga güç seviyelerine göre nem içeriğindeki değişiminin belirlenmesinde kullanılacak olan Midilli ve Küçük modeli yüksek bir modelleme yeterliliğine sahiptir. Bu nedenle Midilli ve Küçük modeli ile deneysel verilere yakın sonuçların elde edilmesi mümkündür.

Kaynaklar

- Agrawal YC, Singh RP. 1977. Thin layer drying studies on short grain rough rice. ASAE Paper No 3531. St. Joseph MI:ASAE.
- Akpınar EK, Biçer Y, Çetinkaya F. 2006. Modeling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. *Journal of Food Engineering*, 75, 308-315.
- Alibaş İ. 2012. Asma yaprağının (*Vitis vinifera* L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18:43-53.
- Anonim, 2008. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), Ankara.
- Ayensu A. 1997. Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*, 59 (4-6), 121-126.
- Diamente LM, Munro PA. 1993. Mathematical modelling of the thin layer solar drying of sweet potato slices. *Solar Energy*. 51(4):271-276.
- Doymaz İ. 2005. Drying characteristics and kinetics of okra. *Journal of Food Engineering*. 69: 275-279.
- Eren Ö, Soysal Y, Öztekin S, Doğantan ZS. 2005. Mikrodalga sistemi ile donatılmış bir bantlı kurutucuda maydanoz kurutulması. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Antalya, 2-4 Mayıs, 13-25.
- Henderson SM. 1974. Progress in developing the thin-layer drying equation. *Transactions of the ASAE*. 17:1167-1172.
- Karaaslan S, Tunçer İK. 2008. Development of a drying model for combined microwave-fan assisted convection drying of spinach. *Biosystems Engineering*, 100: 44-52.
- Karaaslan S, Tunçer İK. 2009. Kırmızıbiberin fan destekli mikrodalga ile kurutulmasında kuruma karatersitiklerinin incelenmesi ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *KSU Doğa Bil. Dergisi* 12(2):9-16.
- Maskan M. 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- Sacılık K, Eliçin AK. 2006. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering*, 73, 281-289.
- Sharaf-Elden YI, Blaisdell JL, Hamdy MY. 1980. A model for ear corn drying. *Transactions of the ASAE*, 5, 1261-1265.
- Sharma GP, Prasad S. 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*. 50, 99-105.
- Soysal Y. 2004. Microwave drying Characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*. 89:167-173.
- Soysal Y, Öztekin S, Eren, Ö. 2006. Microwave drying of parsley: Modelling, kinetics, and energy aspects. *Biosystems Engineering*, 93(4) 403-413
- Soysal Y, Ayhan Z, Eştürk O. 2009. Mikrodalga ile meyve ve sebze kurutmada enerji kullanım verimliliği ve ürün kalitesinin artırılmasında ileri kurutma tekniklerinin uygulanması üzerine araştırmalar. Tübitak-Tovag Proje No: 105 O 547 .
- Sumnu G, Turabi E, Öztöp M. 2005. Drying of carrots in microwave and halogen lamp-microwave combination ovens. *LWT*. 38, 549-553.
- Toğrul İT, Pehlivan D. 2003. Modeling of drying kinetics of single apricot. *Journal of Food Engineering*. 58, 23-32.
- Torrington E, Esveld E, Scheewe I, Van der Berg R, Bartels P. 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot air drying of

- mushrooms. Journal of Food Engineering,49,185-191.
- Venkatachalapathy K, Raghavan GSV. 1999. Combined osmotic and microwave drying of strawberries. Drying Technology, 17(4&5), 837-853.
- Verma LR, Bucklin RA, Endan JB, Wratten FT. 1985. Effects of drying air parameters on rice drying models. Transactions of the ASAE, 28, 296-301.
- Wang CY, Singh RP. 1978. A single layer drying equation for rough rice. ASAE Paper No:78-3001,ASAE, St.Joseph,MI.
- Yağcıoğlu A. 1999. Tarım ürünleri kurutma tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Yayın No:536, İzmir.
- Yaldız O, Ertekin C, Uzun HI. 2001. Mathematical modelling of thin layer solar drying of Sultana grapes. Energy, 26, 457-465.
- Yönel SP, Uylaşer V, Yonak S.2008. Trabzon hurmasının bileşimi ve besleyici değeri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum,Türkiye,339-342.