



Makale / Research Paper

Güneş Enerji Destekli Mikrodalga Konveyör Kurutucu Kullanılarak Kuruma Davranışının Modellenmesi

Soner ÇELEN^{1*}, Salih Oğuz ARDA¹, Mehmet Akif KARATAŞER²

¹Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çorlu/Tekirdağ

²Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Süleymanpaşa/Tekirdağ

* scelen@nku.edu.tr

Özet: Bu araştırmanın amacı güneş enerji destekli laboratuvar tipi bantlı mikrodalga kurutucuda kabak dilimlerinin kurutulması için toplam kurutma zamanını düşüren bir kontrol yapısı oluşturmaktır. Mikrodalga kurutucusu 0,245 m/dk bant hızı kullanılarak farklı üç mikrodalga gücünde (0,7, 1 ve 1,4 kW) çalıştırılmıştır. Deneysel sonuçları azaltmak için güneş enerjisinden elde edilen sıcak hava kurutma havası olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada 5 mm kalınlığındaki kabak dilimlerinin kuruma davranışlarına olan etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Page, Henderson&Pabis, Two term exponential ve Wang&Singh kurutma modelleri kullanılarak en uygun modelin tespiti için karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda tüm kuruma şartlarına göre Page Modelinin, ürünlerin kuruma davranışını açıklamada diğer modellere göre daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, kabak, kurutma, mikrodalga

Modeling of Drying Behavior Using Microwave Conveyor Dryer Assisted Solar Energy

Abstract: The purpose of this research is to create a control structure that reduces the total drying time of the zucchini slices in the laboratory type band microwave dryer assisted solar energy. The microwave dryer was operated at three different microwave powers (0.7, 1 and 1.4 kW) using a band speed of 0.245 m / min. In experiments, drying air to be success from solar energy to reduce energy consumption. In this study, the effect of 5 mm thick zucchini slices on drying behavior was investigated. The obtained results were compared for determination of the most suitable model using Page, Henderson & Pabis, Two term exponential and Wang & Singh drying models. As a result of these evaluations, it was determined that the Page Model is more suitable than the other models in describing the drying behavior of the products according to all the drying conditions.

Keywords: Solar energy, zucchini, drying, microwave

1. Giriş

Kurutma yani dehidrasyon kimyasal reaksiyonların ve mikrobiyal bozulmaların yavaşlatılması ya da durdurulması için katı halde bulunan maddenin içindeki su gibi sıvı maddelerin uzaklaştırılması işlemidir. Kurutma işlemi gıdanın raf ömrünü uzatmasının yanında nakliye ve depolama esnasında hacim ve ağırlık avantajı da sağlamaktadır. [1].

Kurutma, günümüzde birçok sektörde kullanılan bir işlemdir [2]. Bunlardan bir tanesi gıda sektörüdür. Tarımsal ürünlerin büyük bir bölümü genellikle doğal kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmaktadır. Doğal yöntemler ile kurutulan ürünler ekonomik açıdan incelendiğinde hem iç

Bu makaleye atıf yapmak için

Çelen, S., Arda, S.O., Karataşer, M.A., "Güneş Enerji Destekli Mikrodalga Konveyör Kurutucu Kullanılarak Kuruma Davranışının Modellenmesi" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(1); 267-271.

How to cite this article

Çelen, S., Arda, S.O., Karataşer, M.A., "Modeling of Drying Behavior Using Microwave Conveyor Dryer Assisted Solar Energy" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2018, 5(1); 267-271.

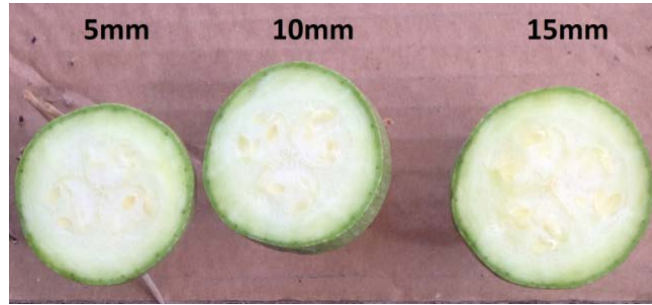
hem de dış pazarda değer kaybı ve kalite düşüklüğü gibi problemler ile karşılaşıldığı görülmektedir. Bunun yanında açık hava da yapılan kurutma işlemlerinde ürünün kurutulması için çok fazla zaman harcanmaktadır.[3]. Alternatif bir yöntem olan mikrodalga enerjisi ile kurutmada, ürünleri çabuk bir şekilde ısıtılabilme yeteneği sayesinde yaygın bir şekilde ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ise mikrodalga kurutma gıda endüstrisinde popülerlik kazanmıştır. Mikrodalga kurutma ürün içinde kurumanın daha düzgün olması, enerji verimliliği ve daha hızlı kurutma avantajları ile geleneksel kurutma yöntemleri arasından ayrılmaktadır.[4].

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumun içinde dalga boyları ve frekansları açısından radyo dalgaları ile kızılötesi ışınlar arasında bulunan elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalgaların dalga boyları 1 mm ile 1 m, frekansları ise 300 MHz ile 300 GHz arasında yer almaktadır. Mikrodalgalar gıda, metalürji, kimya gibi alanlarda kullanılmaktadır [5].

Bu çalışmada yeni tasarlanan mikrodalga güneş enerji kombinasyonlu kurutucuda 5 mm kabağın, 0,245 m/dk bant hızında, 0,7, 1 ve 1,4 kW farklı güçlerde ve değişken kurutma havası sıcaklığında kuruma denemeleri yapılmıştır. Amacımız kuruma zamanını azaltmak ve literatürde var olan dört kuruma modeline uygunluğuna bakılarak modellemesini yapmaktır. Deneylerde enerji sarfiyatını azaltmak için güneş enerjisinden elde edilen sıcak hava kurutma havası olarak kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Türkiye 'de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan kabak (*Cucurbita pepo* L.) Tekirdağ ilinden, yerel marketten temin edilerek kurutma işlemine tabi tutulana kadar +4°C deki buzdolabında bekletilmiştir. Şekil 1 de kabak dilimlerinin örnek fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 1. Farklı kalınlıklardaki kabak örnekleri

Kabak dilimlerinin kurutulacağı mikrodalga bantlı kurutucu; kurutma tüneli, iki adet mikrodalga güç ünitesi, teflon bant, elektrik motoru ve kontrol panosundan oluşmaktadır. Kurutma tünelinin uzunluğu 3,5 m genişliği 0,5 m'dir. Her bir mikrodalga güç ünitesi 700 W gücünde olup (toplam kurutucu gücü 1400 W) kontrol panosu vasıtası ile ısıtma güçleri 90, 120, 350, 500, 700 W değerleri arasında ayarlanabilmektedir. Bantın ilerleme hızı ve dönüş yönü, elektrik motorunu kontrol eden ve kontrol panosu içinde bulunan invertör ile ayarlanabilmektedir. Sıcak hava üretmek amacıyla kullanılan güneş kolektörü akrilik malzemeden 1,5 m çapında yapılmıştır. Kolektörü kurutucu tüneline bağlayan kanal silindirik yapıda olup bir fan yardımıyla üretilen ısının taşınmasını sağlar. Kabak dilimlerinin ağırlıklarının ölçülmesi için deneyler süresince 0,001 g hassasiyetinde Precisa marka XB 620M model elektronik terazi kullanılmıştır.



Şekil 2. Deney düzeneği [6]

Ürünlerde tazelik, renk, doku vb. kayıpların olmaması açısından deneylerde kabak tek tek kullanılarak 5 mm olarak dilimlenmiştir. Kurutma öncesi ön işlem olarak sadece yıkama gerçekleştirilmiştir. Ürünlerin başlangıç nem değerlerinin belirlenebilmesi için deneyler öncesinde ürünler etüv de 24 saat süre ile 105 °C de tutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen ürünlerin başlangıç nem değeri %85±0.5 (y.b) olarak hesaplanmıştır.

Mikrodalga enerjisinden daha iyi yararlanmak, nem çıkışını kolaylaştırmak ve homojen bir yüzey teması amacıyla, dilimler belirli bir yüksekliğe konulmuştur. Deneyler toplamda 0,7 kW, 1 kW ve 1,4 kW güç seviyelerinde yapılmıştır. Çalışmalar boyunca bant hızı 0,245 m/dk olmak üzere ayarlanmıştır. Kolektörde üretilen sıcak hava saat 11:00 ile 12:00 arası sabit bir değere gelene kadar beklendi ve sabit hızda tünele aktarılmıştır.. Deneyler süresince kurutma işlemi 5 dk lık periyotlar ile yapılmış ve her periyot arasında ürün ağırlıkları hassas terazi ile ölçülerek nem kaybı hesaplanmıştır. Deneyler kabak için nem içeriği %10±0.7 (y.b.) seviyesine kadar sürdürülmüş ve 3 kez tekrarlanarak ortalama veriler kullanılmıştır.

Eşitlik 1 yardımı ile kurutma yapılan ürünlerin yaş baza göre nem içeriği hesaplanmış, denge nem içeriği mikrodalga fırın içinde sıfır olarak kabul edilmiştir.[7].

$$MR = m / m_0 \quad (1)$$

Çizelge 1' de belirtilen dört model içinden bizim ürünümüz için en uygun modelin tespiti yapılmıştır. İstatistiksel yöntemler ile elde edilen veriler değerlendirilmiş ve doğrusal olmayan regresyon analizi yapabilen bir bilgisayar programı yardımı ile de kurutma sabitleri hesaplanmıştır.

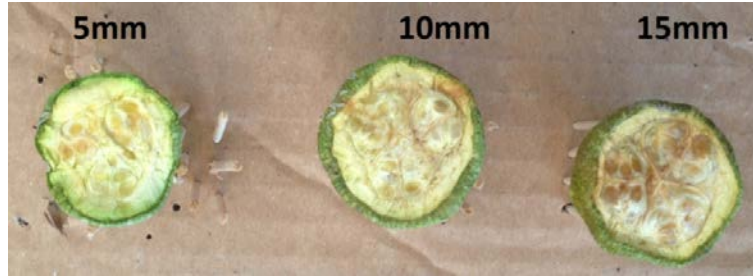
Tablo 1. Kurutma modelleri [8]

<u>Model</u>	<u>Model denklemi</u>
Page	$MR = \exp(-kt^n)$
Henderson&Pabis	$MR = a \exp(-kt)$
Wang&Singh	$MR = 1 + at + bt^2$
Two term exponential	$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$

3. Sonuçlar ve Tartışma

Kurutma sonucunda kabakta meydana gelen şekil ve renk değişimlerinin homojen olduğu Şekil 3' de görülmektedir. Çizelge 2' de 1 kW için kurutma parametreleri ve elde edilen sonuçlar görülmektedir [6]. Kurutma havası sıcaklığının önemi 1 kW' lık kurutmada görülmüştür. Kurutma

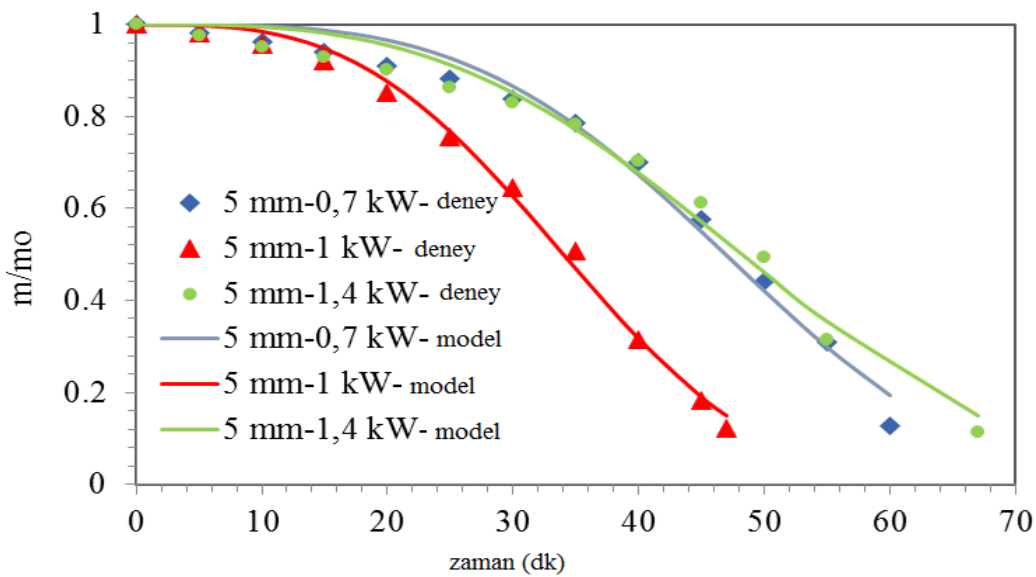
havasının sıcaklığının yüksekliğinden dolayı en kısa kuruma bu güçte olmuştur. Çünkü kuruma süresince kollektör içindeki sıcak hava miktarı hava şartlarına göre değişmektedir ve bu havayı tünele aktarırken sıcaklıkta farklılıklar olabilmektedir.



Şekil 3. Kurutulan kabak diliminin resmi

Tablo 2. 1 kW güçte kurutulan kabağın kuruma sonuçları

Zaman (dak)	my(gsu/gyaş madde)	Kollektör içi sıcaklık (°C)		Kurutma sıcaklığı ve hızı		Tünel içi sıcaklık (°C)
		Çıkış (°C)	Merkez (°C)	Sıcaklık (°C)	Hız (m/s)	
0	0,85002	36	39	32,4	3,26	36
5	0,834284	36	39,2	36	3,03	37
10	0,812468	34,9	38,6	36,4	2,9	35
15	0,782463	38,1	42,3	34,7	2,41	36
20	0,723655	35,8	38,9	33	2,6	34
25	0,642834	40,2	36,4	35,5	2,6	36
30	0,54717	42	37,5	37,1	2,33	35
35	0,430928	39	35,3	31,1	2,45	34
40	0,267419	36,9	33,5	31,8	2,49	32
45	0,154023	38	34,7	31,4	2,34	31
47	0,102439	37,5	34	31,1	2,86	31



Şekil 4. Deneysel veriler ile Page modelinin uyumluluğunu gösteren kuruma eğrileri

Sonuçlarda incelendiğinde deneysel veriler ile en iyi uygunluğu gösteren model R^2 değerleri 0,7 kW için 0,984; 1 kW için 0,996; 1,4 kW için 0,985 ve MSE değerleri 0,7 kW için 0,002; 1 kW için 0,001; 1,4 kW için 0,002 ve RMSE değerleri 0,7 kW için 0,044; 1 kW için 0,026; 1,4 kW için 0,042 olduğu görülen Page modelidir. Model sonuçları ve deney sonuçlarının karşılaştırıldığı kuruma eğrilerinin uygunluğu Şekil 4' de verilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada 1 kW mikrodalga gücü ve 0,245 m/dk bant hızı ile yapılan deneyde 5 mm dilim kalınlığındaki kabak diliminin $\%10 \pm 0,7$ (y.b.) seviyelerine kadar kurutulması için kuruma süresi 47 dk da tamamlanmış ve en iyi sonuç bu şartlarda sağlanmıştır. 1 kW güçte yapılan denemelerde kurutma tüneline taşınan havanın sıcaklığı fazla olduğundan kuruma hızlı olmuştur. Eğrilerdeki düzensizliğin sebebi bu yüzdendir.

Ayrılabilir nem oranının tahmin edilmesinde incelenen kuruma modellerinin katsayılarını mikrodalga gücü ve dilim kalınlığına bağlı olarak istatistiksel sonuçlara göre tüm deney koşullarında kuruma kinetiklerini en iyi tahminleyen model "Page" kuruma modeli olarak seçilmiştir.

Sonuç olarak bantlı mikrodalga kurutucu ile yapılan kurutma işlemlerinde düşük bant hızları ile çalışmanın ürünlerin kalite kriterleri açısından yararlı olacağı ayrıca kurutma işleminin güneşin etkili olduğu hava şartlarında yapılması durumunda da enerji tüketiminin azalacağı söylenebilir. Ayrıca magnetron sayısı da arttırıldığında kuruma zamanında da azalma olacaktır.

Kaynaklar

- [1] Bingöl, G. ve Devres, Y.O. Üzümlerin mikrodalga kurutma eğrilerinin ve sıcaklık değişiminin matematiksel modellenmesi, itüdergisi/d mühendislik 2010, Cilt:9, Sayı:4, 63-71.
- [2] Durmuş, M., Bilen, K., Uzun, İ. "Isı Pompalı Tekstil Kurutma Makinelerinde Kurutma Havası Debisinin Kurutucu Performansına Etkisinin Deneysel Analizi," Mühendis ve Makina, 2012, cilt 53, sayı 635, s. 40-50.
- [3] Tarhan S, Ergüneş G, Güneş M, Mutlu A. Farklı Kurutma Koşullarının Amasya Elmasının Kuruma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2009, 2(2): 1-6.
- [4] Haghi A. K., Amanifard N. Analysis of Heat and Mass Transfer During Microwave Drying of Food Products. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 2008, 25(3): 491-501.
- [5] Çelen, S.; Kahveci, K.; Akyol, U. ve Haksever A. Drying Behavior of Cultured Mushrooms, Journal of Food Processing and Preservation, 2010, 34(1), 27-42.
- [6] Arda, S. O. Mikrodalga ve güneş enerjisi kombinasyonlu kurutucu kullanılarak kurutma davranışının deneysel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2016.
- [7] Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S.S., ve Akyıldız, A., Drying Behaviour of Prina (Crude Olive Cake) Using Different Type of Dryers, Drying Technology, 2016, 34(7), 843-853.
- [8] Kahveci K ve Cihan A. Drying of food materials: transport phenomena. Hauppauge, NY: Nova Science, 2008.