

Isı Pompalı Bir Kurutucuda Portakal Kabuğu Kurutulması

Mustafa AKTAŞ¹, Tayfun MENLİK¹, Kurtuluş BORAN¹, Burak AKTEKELİ²,
Zülfikar AKTEKELİ³

¹Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknikokullar, Beşevler,
06500 Ankara

²Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Teknikokullar, Beşevler, 06500 Ankara

³Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksek Okulu, Osmaniye, 11500 Bilecik

Başvuru: 28/04/2014 Kabul: 29/05/2014

ÖZET

Bu çalışmada, ısı pompalı bir kurutucuda deneysel olarak portakal kabuğu kurutulmuş ve kurutma sonucunda elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. Türkiye’de büyük bir potansiyele sahip olan portakal meyvesi genellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde yetişmektedir. Kurutucuda kurutma havası için istenilen bağıl nem, sıcaklık ve hız değerleri Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) ekranından girilmiş ve set değerlerine göre kontrol edilmiştir. Deneyde nem alma sistemi kullanılarak üfleme havası bağıl nemi %14 ila %7 aralığında tutulmuştur. Deney 45 °C kurutma havası sıcaklığı ve 1m/s hava hızında yapılmıştır. Deney sonucunda tüm sistem için performans katsayısı (COP_{ws}) değeri ortalama 3.83 olarak hesaplanmıştır. Portakal kabukları 8 saat 45 dakikada 3 g_{su}/g_{kuru madde} nem miktarından 0.09 g_{su}/g_{kuru madde} nem miktarına kadar kurutulmuştur. Bu çalışma sonucunda portakal kabuğu kurutulması değerlendirildiğinde ekonomiye ciddi katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, portakal kabuğu, ısı pompası, nem kontrolü

ABSTRACT

In this study, the orange peels were experimentally dried in a heat pump dryer and the results obtained during drying process were investigated. The orange that has a high potential in Turkey, is usually grown in Mediterranean and Aegean regions. The data related to the relative humidity of drying air, temperature and air velocity were entered from Programmable Logic Controller (PLC) screen and they were controlled according to set value. The relative humidity of drying air was maintained in the range of 7% - 14% by using dehumidification unit during the experiments. The highest coefficient of performance (COP_{ws}) of whole system was calculated as 3.83 at the end of the experiments which was carried out at 45 °C 1 m/s. The orange peels were dried from 3g_{water}/g_{dry matter} to 0.09g_{water}/g_{dry matter} in 8 hours 45 minutes. As a result of this study, it is considered that the orange peels have significant contribution to the economy when they are assessed by drying process.

Keywords: Drying, orange peels, heat pump, humidity control, dehumidification

1. GİRİŞ

Kurutmadaki temel amaç ürünlerdeki nem miktarını belli bir değere indirerek raf ömrünün uzatılmasıdır. Böylece ürün kurutulmuş mikrobiyal büyüme ve enzim aktivitesi engellenmiş olacaktır. Dünyada 9 milyon hektar alanda 130 milyon ton turuncu üretilmekte olup toplam üretimin %57’si portakal, %23 mandalin ve

%11 limondur. Dünya turuncu üretiminde Çin, Brezilya ve ABD ilk üç sırada olup, Türkiye 127.000 hektar alanda 3,7 milyon ton üretimiyle 9. sırada yer aldığı görülmektedir. 2013 yılında yapılan araştırmalar doğrultusunda Türkiye’deki portakal üretimi 1.781.258 ton olarak belirlenmiştir [1].

Türkiye’de üretilen ve ihracatı yapılan portakal, C vitamini deposu olup çok faydalı bir meyvedir. Portakalın kabuğunda bulunan citrus aurantiumun, kanser ve damar tıkanıklıkları gibi hastalıkta kullanımıyla ilgili birçok farklı bilimsel yayın mevcuttur. Ultraviyole ışınlarına karşı etkisi olduğu yapılan çalışmalardan bilindiği için kozmetik sanayinde de kullanımı mevcuttur. Vücuttaki sarkma ve kırışma sorunlarına karşı da kullanıldığı ve iştahsızlık için de portakal kabuğunun çok yararlı olduğu bilinmektedir [2].

Gıda, kozmetik, ilaç sanayi gibi sektörlerde hammadde olarak kullanılan portakalın kabuğu yurt içi piyasada alıcı bulduğu gibi Almanya, Fransa, İngiltere gibi Avrupa ülkelerine de ihraç edildiği bilinmektedir. Portakal kabuğunun portakaldan daha çok rağbet görmesi üzerine bu alanda yeni iş alanları oluşmaya

başlamıştır. Portakal kabuğunun kurutulması güneş altında 2-3 gün arasında sürmektedir ve kaliteli bir kurutma gerçekleştirilemediği bilinmektedir. Bundan dolayı enerji verimli, ilk yatırım maliyeti düşük ve kontrollü kurutma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır [3].

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde Dünya genelinde fosil yakıtların rezervlerinin azaldığı ve elektrik enerjisinin pahalı olduğu için, ısı pompalı kurutucuların hem enerji verimli olması hem de ısı pompası sistemlerinin otomatik kontrolünün kolay uygulanabilir olması, ısı pompası sistemlerinin kurutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmalarını sağlamıştır. İncelenen bazı literatür çalışmalarında ısı pompalı kurutma sistemlerinin performans katsayıları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı literatür çalışmalarından COP_{ws} ve COP_{hp} değerleri

Çalışma	COP _{ws}	COP _{hp}
Gönen, [4]	3.02	-
Best ve ark. [5]	-	5.30
Oktay ve Hepbaşlı, [6]	2.47-3.95	-
Chaturvedi ve ark. [7]	-	2.5-4.0
Söylemez, [8]	2.36	-
Huang ve ark. [9]	2.58-3.32	-
Aktaş ve ark. [10]	2.24	-
Guoying ve ark. [11]	3.98-4.32	-
Trilliant-Berdel ve ark. [12]	-	3.75
Li ve ark. [13]	5.19	-
Aktekeli [14]	5.28	5.65
Guo ve ark. [15]	2.82	-

Yapılan araştırmada, portakal kabuğunun yaygın bir kullanım alanına sahip olduğu ve ekonomik değerinin portakaldan fazla olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, üretiminin yoğun olduğu ülkemizde portakalların suyu sıkılıp veya içi yendikten sonra kabuğunun atılmasının büyük bir ekonomik kayba sebep olan portakal kabuklarının kurutulması tekrardan ekonomiye kazandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, portakal kabukları ısı pompalı kapalı devre sistemde kurutulmuş ve kuruma performansı ve enerji analizi yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Üründe, kurutma esnasında nem miktarının kontrolü için ürünün kuru ağırlığının belirlenmesi gerekir. Daha sonra kuru ağırlığa göre ürünün başlangıç nem miktarı belirlenir. Portakal kabuklarının kuru esasa göre nem miktarı;

$$MC_{KA} = \frac{YA - KA}{KA} \quad (1)$$

yağ esasa göre nem miktarı;

$$MC_{YA} = \frac{YA - KA}{YA} \quad (2)$$

eşitliklerinden hesaplanır. Deneyler sonucunda portakal kabuklarındaki nem oranı (MR);

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3)$$

eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır [16].

Deneyde alınan sonuçlara göre kurutma hızları (DR);

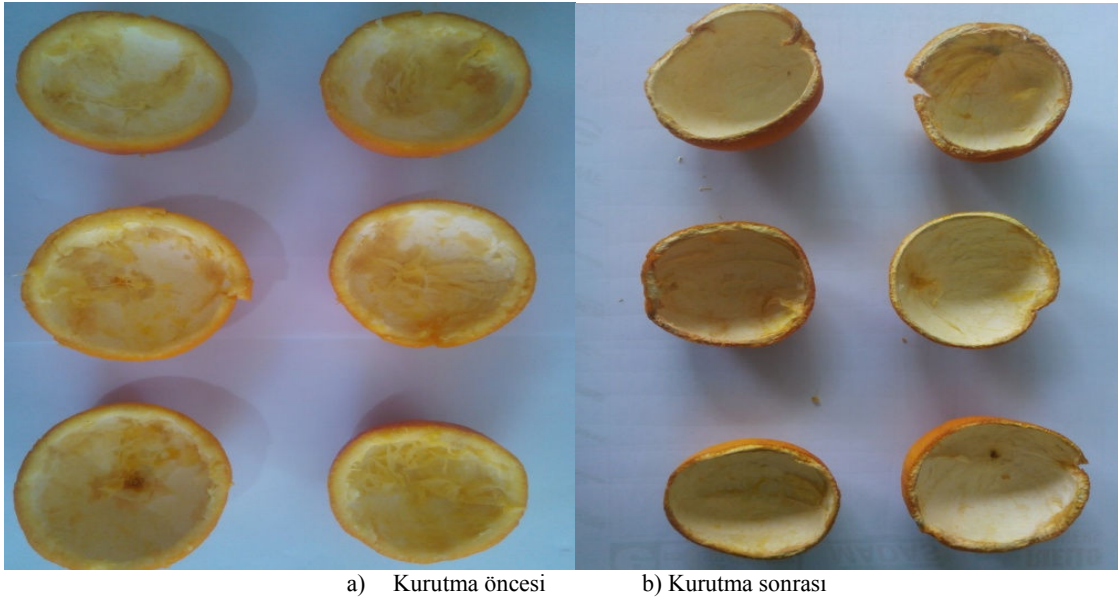
$$DR = \frac{MC_{tb} - MC_{ts}}{dt} \quad (4)$$

eşitliğinden hesaplanabilir [17]. Kurutma sistemde, yoğunlaştırıcıdan kurutma havasına verilen ısı miktarı (\dot{Q}_{KV}) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$\dot{Q}_{KV} = \dot{m}_{ia} \cdot c \cdot (T_{oa} - T_{ia}) \quad (5)$$

$$\dot{m}_{ia} = \rho_{ia} \cdot \dot{V}_i \quad (6)$$

Enerji tüketimi sistemin ısı pompasının kompresöründe ve diğer ekipmanlarında olmaktadır, örneğin fan,

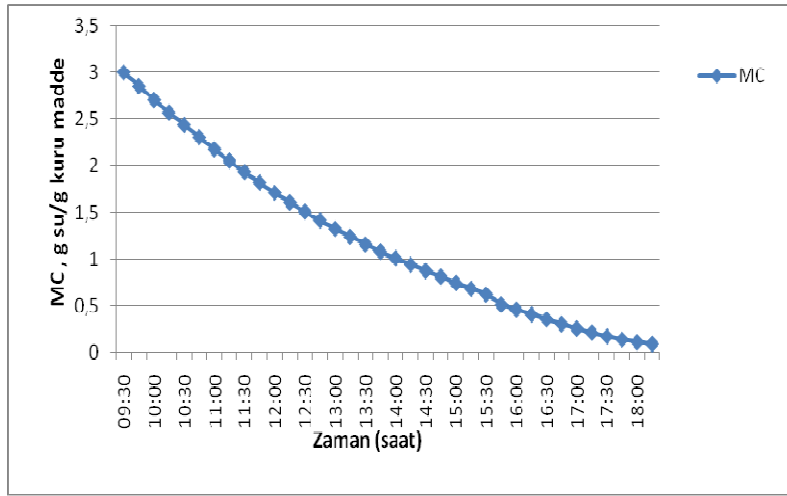


Şekil 3. Portakal kabuklarına ait resimler

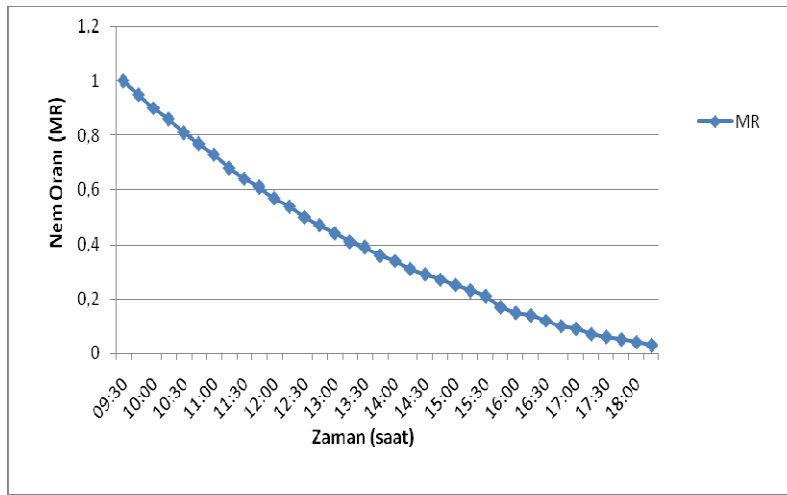
4. DENEY SONUÇLARI

Portakal kabuklarının kurutma işlemine başlamadan önce başlangıç nem miktarları kuru baza göre Eş. 1'den hesaplanarak $3 \frac{g_{su}}{g_{kuru\ madde}}$ olarak bulunmuştur. Kuru ağırlıkları belirlenen portakal kabukları ısı pompalı kurutma sisteminde kurutulmuştur.

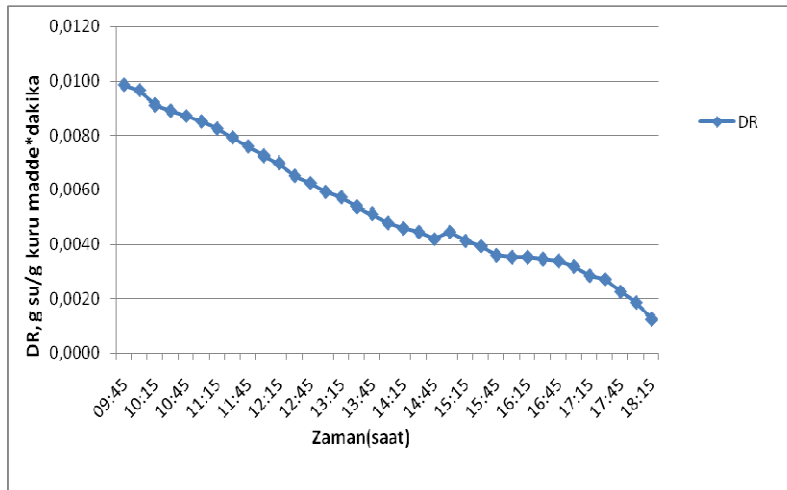
Şekil 4'te görüldüğü üzere yapılan deneyler sonucunda portakal kabuklarının kuru esasa göre nem miktarı değişimi nem oranının (MR) kurutma süresine göre değişimleri, kuruma hızlarının zamana göre değişimi ve zamana bağlı enerji tüketimi görülmektedir. Isı pompalı kondenzasyonlu kurutma sisteminde yapılan deneylerde harcanan enerjinin büyük bir çoğunluğu kurutma sisteminin ısıtılmasında ve portakal kabuklarının içerisindeki nemin buharlaştırılmasında harcanmıştır.



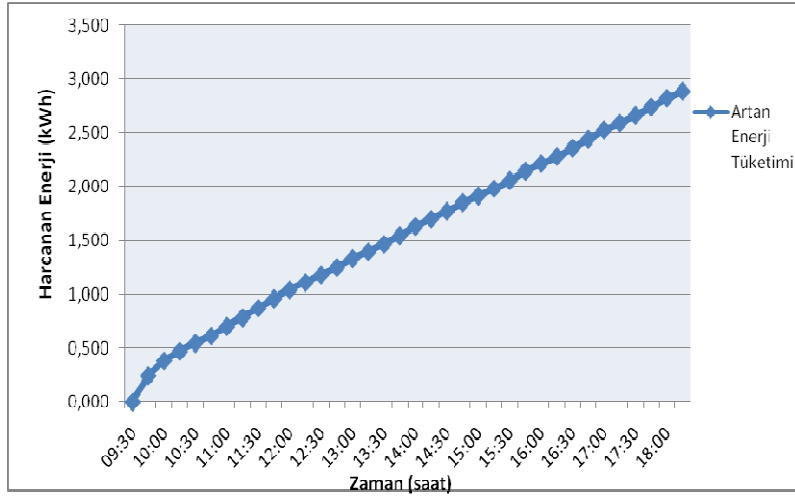
a. MC'nin zamana göre değişimi



b. MR'nin zamana göre değişimi



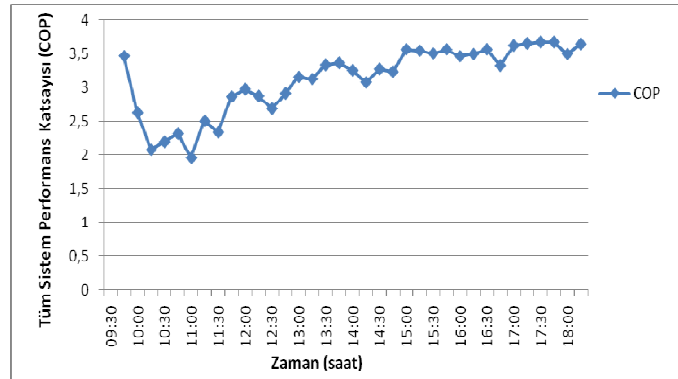
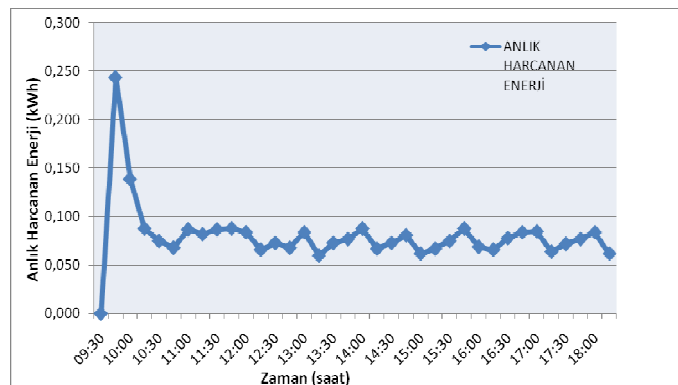
c. DR'nin zamana göre değişimi



d. Zamana bağlı artan enerji tüketim miktarı

Şekil 4. MC, MR, DR ve enerji tüketim grafikleri

45 °C sıcaklık ve 1 m/s hava hızında alınan sonuçlar doğrultusunda yapılan hesaplamalarda tüm sistem performans katsayısı (COP_{ws}) değerleri ile anlık enerji tüketim değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Enerji tüketiminin zamana bağlı olarak dalgalanması PLC'de set edilen kurutma havası değerlerine göre, kompresörün ve pompanın devreye girip çıkmasından kaynaklanmaktadır.

a. COP_{ws} 'nin zamana göre değişimi

b. Anlık enerji tüketimleri

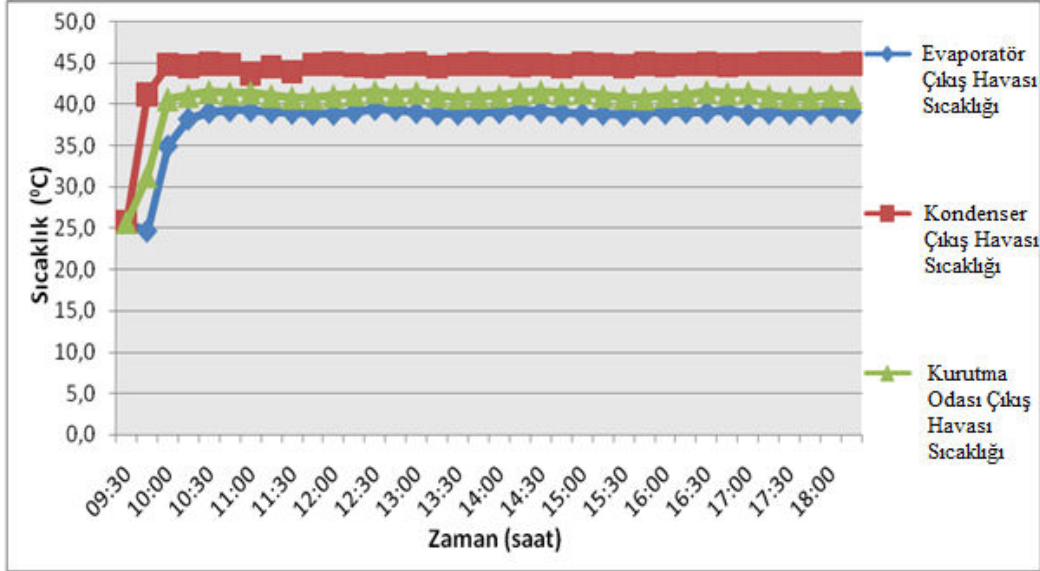
Şekil 5. COP_{ws} ve anlık enerji tüketim değerleri

Sistemde A, B, C ve D noktalarında ölçülen sıcaklık değerlerine bakıldığında B noktasında kurutma havasının soğuduğu, C noktasında kurutma havasının

ısındığı ve D noktasında ise kurutma havasının üründen aldığı nem ile havanın soğuduğu görülmüştür. A noktasında yapılan ölçümün D noktasında ki ölçüm

değerleriyle çok yakın olduğu bundan dolayı kurutma odasından çıkan havanın yalıtımlı kanalda ihmal

edilecek kadar az ısı kaybettiği görülmüştür. Bu ölçüm noktalarında ki sıcaklık değerleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Buharlaştırıcı, yoğuşturucu ve kurutma odası çıkış havası sıcaklık değerleri

Yapılan deneyin sonuçlarına göre Eş. 10'dan $SMER_{ws}$ 100.87 g/kWh olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada portakal kabuklarının hijyenik ve enerji verimli bir sistemde kurutulması hedeflenmiş ve yapılan deneyin sonucunda kurutulan portakal kabuklarına yapılan duyu analizlerin sonucunda portakal kabuklarının renginde, kokusunda ve tadında herhangi bir değişim olmadığı görülmüştür. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilerek bazı öneriler sunulmuştur.

- Kurutulmuş portakal kabukları kuru baza göre $3 \text{ g}_{su}/\text{g}_{kuru \text{ madde}}$ miktarından $0,09 \text{ g}_{su}/\text{g}_{kuru \text{ madde}}$ miktarına 8 saat 45 dakikaya indirilmiştir.
- Portakal kabuklarının klasik yöntemlerle 2-3 günde kurutulduğu göz önünde bulundurulduğunda bu çalışma ile kurutulan portakal kabuklarından daha kaliteli ürün elde edilebilmekte ve yılın

12 ayı kurutma yapılabilmesi sağlanmıştır.

- Bu çalışmada ortalama COP_{ws} Eş. 8'den 3.83 olarak hesaplanmış ve literatür çalışmalarında ki COP_{ws} değerleriyle karşılaştırılması sonucunda ısı pompalı nem kontrollü kurutma sisteminin enerji verimli bir sistem olduğu görülmüştür.
- Elde edilen veriler ışığında portakal kabuğunun kurutularak yeniden bir ürüne yönelik değerlendirilmesi mümkündür. Kurutulmuş portakal kabukları birçok faaliyette kullanılmakla beraber özelliklerinden dolayı yapılabilecek birçok proje çalışmasına konu olacaktır.
- Yapılan bu teknik kurutma ile daha kaliteli bir ürünün ortaya çıkmasından dolayı kurutulan portakal kabuklarının piyasa değeri yükselebilecektir.

Simgeler**c****dt** **\dot{m}** **\dot{m}_d** **T****t** **\dot{V}** **\dot{W}_C** **\dot{Q}_E** **\dot{Q}_K** **\dot{Q}_{KV}** **MC_{KA}****MC_{YA}****COP_{ws}****COP_{hp}****SMER_{ws}****SMER_{hp}** **\dot{W}_f** **\dot{W}_p** **Kısaltmalar****DR****GTHB****hp****M_e****M_o****MC****MC_s****MC_t****MC_{tb}****MC_{ts}****MR****i****ia****KA****mp****o****oa****PLC****YA****ws****Açıklama**

Havanın özgül ısısı (kJ/kg °C)

Dakika

Kütleli debi (kg/s)

Buharlaştırılan su miktarı (kg/h)

Sıcaklık (°C)

Zaman (s)

Hava debisi (m³/h)

Kompresör gücü (kW)

Buharlaştırıcı kapasitesi (kW)

Yoğuşturucu gücü (kW)

Yoğuşturucudan kurutma havasına birim zamanda verilen enerji (kW)

Ürünlerdeki kuru ağırlığa göre nem miktarı (kg su/ kg kuru madde)

Ürünlerdeki yaş ağırlığa göre nem miktarı (kg su/ kg yaş madde)

Bütün sistemin performans katsayısı

Isı pompasının performans katsayısı

Tüm sistemin özgül nem çekme oranı (kg/kWh)

Isı pompasının özgül nem çekme oranı (kg/kWh)

Buharlaştırıcı fanı tarafından yapılan iş (kJ)

Pompada yapılan iş (kJ)

Açıklama

Kurutma hızı

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı

Isı pompası

Denge nemi

Başlangıçtaki ürün kütlesi

Nem miktarı

Son nem miktarı

“t” anındaki ürün kütlesi

“t” anındaki başlangıç nem miktarı

“t” anındaki son nem miktarı

Nem oranı

Giriş

Giriş havası

Kuru ağırlık

Nem üretimi

Çıkış

Çıkış havası

Programlanabilir lojik kontrol

Yaş ağırlık

Tüm sistem

KAYNAKLAR

1. GTHB, "Turunçgil, zeytin incir ve diğer subtropik meyveler araştırmaları çalışma gurubu", www.tarim.gov.tr, (2014).
2. İnternet, "Portakal kabuğunun faydaları", <http://www.bilgido.com/2012/01/portak-kabugundan-sifa.html#.U0IY3VV> vs, 1 (2014).
3. İnternet, "Portakal kabuğu", <http://www.haber200.com/kabugu-meyvesinden-pahali-haberi-24774.html>, 1 (2014).
4. Gönen E., "Isı pompası destekli PLC kontrollü bir kurutucuda defne yaprağı kurutulması", *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Bölümü*. 1-85 (2012).
5. Best R., Soto W., Pilatowsky I. ve Gutierrez L. J., "Evaluation of a rice drying system using a solar assisted heat pump", *Renew Energy*, 5(1-4): 465-8 (1994).
6. Oktay Z., Hepbaşlı A., "Performance evaluation of a heat pump assisted mechanical opener dryer", *Energy Conversion and Management*, 44: 1193-1207 (2003).
7. Chaturvedi S. K., Chen D. T. ve Kheireddne A., "Thermal performance of a variable capacity direct expansion solar-assisted heat pump", *Energy Convers Manage*, 39(3/4):181-91 (1998).
8. Söylemez, M.S., "Optimum heat pump in drying systems with waste heat recovery", *Journal of Food Engineering*, 74: 292-298 (2006).
9. Huang B.J., Lee J.P. ve Chyng J.P., "Heat-pipe enhanced solar-assisted heat pump water heater", *Sol Energy*, 78:375-81 (2005).
10. Aktaş M., Aktekeli Z., Doğan H. ve Ceylan İ., "Güneş enerjisi destekli, ısı pompalı kırmızı biber kurutucusunun tasarımı, imalatı ve performans deneyleri", *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 30: 1, 111-120 (2010).
11. Guoying X., Xiaosong Z. ve Shiming D. A., "Simulation study on the operating performance of a solar air source heat pump water heater", *Appl Therm Eng*, 26:1257-65 (2006).
12. Trilliant-Berdal V, Souyri B, Fraise G., "Experimental study of ground-coupled heat pump combined with thermal solar collectors", *Energy Buildings*, 38:1477-84 (2006).
13. Li H., Dai Y., Dai J., Wang X. ve Wei L., "A solar assisted heat pump drying system for grain in-store drying", *Front Energy Power Eng*, 4(3):386-91 (2010).
14. Aktekeli B., "Isı Pompalı Kurutucu İle Bayat Ekmeğin Geri Dönüşüm Tekniklerinin Deneysel Analizi", *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Bölümü*. 1-85 (2014).
15. J.J. Guo, J.Y. Wufu, R.Z. Wang, S. Li., "Experimental research and operation optimization of an air-source heat pump water heater", *Applied Energy*, 88: 4128-4138 (2011).
16. Aktaş M., "Isı pompası destekli fındık kurutma fırınının tasarımı, imalatı ve deneysel incelenmesi", *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 60 (2007).
17. Aktaş M., Şevik S., Doğan H. ve Öztürk M., "Fotovoltaik ve termal güneş enerjili sürekli bir kurutucuda domates kurutulması", *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences* 18: 287-298 (2012).
18. Ceylan İ., Aktaş M. ve Doğan H., "Isı pompalı destekli bir kurutucuda kerestelerin kurutma süresinin belirlenmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4):847-854 (2007).