

Dolomit Tuğlalı Hava Isıtmalı Güneş Kolektörünün Elma Kurutma İşlemindeki Performansının Belirlenmesi

Gizem BATTAL^{1,*}, Recep KÜLCÜ²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Mak. Tek. Müh. ABD, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Mak. Tek. Müh. Bölümü Isparta, Türkiye

*gizem_battal_@hotmail.com

ÖZET

Hava ısıtmalı güneş kolektörleri olarak adlandırılan sistemler, güneş enerjisinin yutucu plaka tarafından ısı enerjisiye dönüştürüldüğü ve bu enerjinin akışkan olarak havaya aktarıldığı sistemlerdir. Ayrıca tarımda ürün kurutma, sera ısıtma ve mekan ısıtma gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde bol miktarda bulunan dolomit mineralinden elde edilen dolomit tuğlaları kullanılarak, dolomit tuğlalı bir hava ısıtmalı güneş kolektörü tasarlanmıştır. Ön denemelerde, dolomit tuğlalarının en verimli ısı performansını verdiği kolektör tasarımı bulunmuştur. Bu tasarım elma kurutma denemelerinde kullanılmıştır. Kurutma denemelerinde, Golden Delicious elma çeşidi kullanılmış ve denemeler süresince ürünün kuruma süresi, kuruma hızı, yeniden su alma kapasitesi ve renk özelliklerindeki değişimler takip edilmiştir. Kurutma öncesinde elma örnekleri 5 mm kalınlığında dilimlenmiş ve iki tasarımda da kurutma havası hızı 4.17 m/s seviyesinde sabitlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 1000W-5T tasarımlı kolektör kurutma performansı açısından daha başarılı olmuştur ve kuruma süresini 100 dakika kısaltmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava ısıtmalı güneş kolektörü, Dolomit tuğlası, Elma kurutma.

Determination of the Performance of Solar Air Heaters with Dolomite Bricks in Apple Drying Process

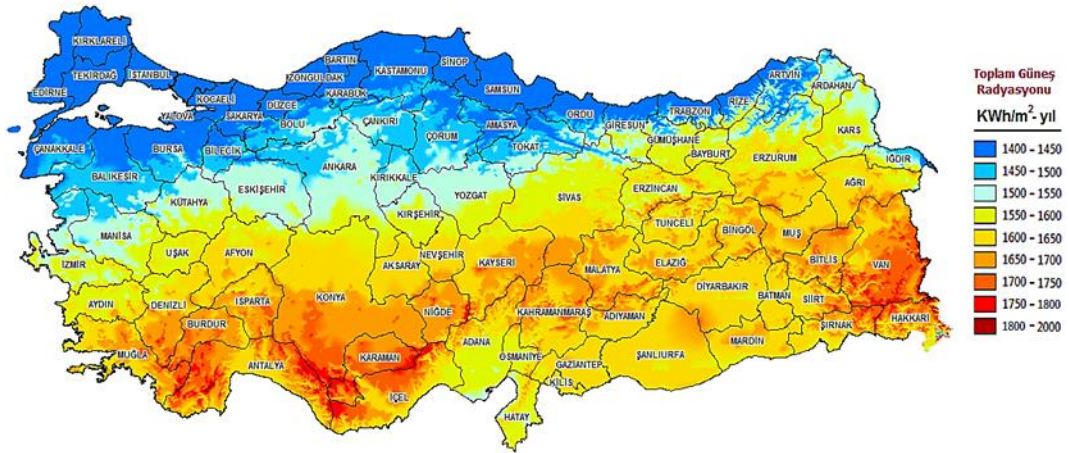
ABSTRACT

Systems have called solar air heaters, solar energy is converted into heat energy by the absorber plate and this energy is transferred to the air as a fluid. In addition, it is widely used in many areas such as crop drying, greenhouse heating and space heating in agriculture. In this study, a solar air heater with dolomite brick designed by using dolomite bricks obtained from dolomite minerals which are abundant in our country. In preliminary tests, the collector design was found where the dolomite bricks gave the most efficient thermal performance. This design has been used in apple drying experiments. In the drying experiments, the Golden delicious apple variety was used and the changes in the drying time of the product, the drying rate, the rehydration capacity and the color properties were followed during the tests. Before drying, the apples were sliced in thickness of 5 mm and in both types the drying air temperature of two different types (5T,B) solar air heaters and constant air velocity was fixed at 4.17 m s⁻¹. According to the results, the 5T design was more efficient in terms of drying performance and shortened the drying time by 100 minutes.

Keywords: Solar air heater, Dolomite brick, Apple drying.

GİRİŞ

Türkiye, güneş enerjisi açısından global ışınım radyasyonu ve güneşli gün sayısı açısından oldukça avantajlı konumdadır. Güneş ışınım değerlerine bakıldığında, ülkemizin yılda metrekare başına 1100 kWh'lik güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğunu görülmektedir (Altın, 2004). Yenilenebilir enerji alanında Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. 36° ve 42° kuzey enlemleri arasındaki güneş kuşağında bulunan, yıllık ortalama güneş ışınımı 3.6 kWh/(m² gün) olan ve yıl boyunca toplam güneşlenme süresi yaklaşık olarak 2640 saat olan ülkemizde, su ısıtma kolektörleri hariç güneş enerjisi yaygın olarak kullanılmamaktadır. Sıcak su üretiminde kullanılan bu kolektörler genellikle güneşli bölgeler olarak bilinen Akdeniz ve Ege kıyı bölgelerinde ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygın olarak bulunmaktadır (Kaygusuz, 2002) (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA)

Hava ısıtılmalı güneş kolektörleri, güneş enerjisinin yutucu plaka tarafından ısıl enerjiye dönüştürüldüğü ve bu enerjinin akışkan olarak havaya aktarıldığı sistemlerdir. Kolektörden elde edilen yararlı ısı, kolektörden geçirilen havanın giriş ve çıkış entalpilerinin farkına eşit olmaktadır. Hava ısıtılmalı güneş kolektörlerinde ısıl verimliliği arttırmak amacıyla farklı yutucu yüzey tasarımları ve dolgu malzemeleri geliştirilerek yeni sistemler elde edilmektedir. Yutucu yüzey ile hava arasındaki ısı transfer katsayısının yüksek olması ve yutucu yüzeyin pürüzlü yapıya sahip olması ısıl verimi olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca kolektörlerde kullanılan dolgu malzemelerinin toplam ısı transferi yüzey alanı, ısı sığası ve ısı transfer katsayılarının yüksek olması kolektörlerin ısıl verimini olumlu etkilemektedir. Hava ısıtılmalı güneş kolektörleri birçok alanda kullanılmakta olup özellikle son yıllarda tarımsal ürün kurutulması, sera ya da bina ısıtılmasında kullanılmaktadır (Tırıs, 1997).

Dolomit, başta demir-çelik sanayi olmak üzere cam, seramik, boya, gübre, tuğla, çimento ve inşaat sanayilerinde, ayrıca tarımda toprak ıslahı gibi çok geniş uygulama alanlarına sahiptir. Dünya'da ve Türkiye'de rezerv problemi olmayan bir mineraldir. Dünya üretiminin yaklaşık olarak yarısı ABD'de gerçekleşmekte olup bu miktar 120 milyon tonu bulmaktadır. Dünya'da 3 milyon tonun üzerindeki ihracatın 2 milyon tonunu Belçika ve Kanada yapmaktadır. İki milyon ton civarındaki ithalatın ise 1,3 milyon tonu Japonya tarafından yapılmaktadır. Türkiye'nin ise yıllık üretimi yaklaşık olarak 950 bin ton olurken, yıllık tüketimi yaklaşık olarak 600 bin ton kadardır (DPT, 2007) (Şekil 2).



Şekil 2. Dolomit tuğlaları

Dünyada 2014 yılında elma üretimi 84 630 275 ton olurken Türkiye’de ise 2 480 444 ton olmuştur ve ülkemizin üretimdeki payı %3 olduğu belirlenmiştir. Ülkemizin 2015 yılında elma üretimi 2 569 759 ton, 2016 yılında ise 2 925 828 tondur (FAO, 2017 ve TUIK, 2017). Kökeni ABD olan Golden delicious çeşidi 1890 yılında bulunmuştur. Ağacı dik, yarı dik ve orta kuvvette gelişmekte ve çok verimlidir. Bu elma iri, sarı renkte, silindirik-konik şekilli ve kalitelidir (Anon vd., 1991).

Günümüzde gıda ürünlerinin çoğu doğal çevre koşulları altında kurutulmaktadır. Bu geleneksel kurutma yöntemi, diğer kurutma yöntemlerine göre ekonomiktir. Ancak kurutulan ürünün dış ortamla temas halinde olması ve kuruma süresinin uzamasından dolayı ürün kalitesi düşmektedir (Rajkumar vd., 2007; Kaya, 2008). Kuru ve kurutulacak olan ürünlerin hijyenik, kaliteli ve daha ekonomik koşullar altında kurutulması için modern kurutma yöntemleri geliştirilmeli ve dünya pazarındaki yerinin arttırması gerekmektedir (Kaya, 2008). Dünyada ve ülkemizde ticareti yapılan sebze ve meyvelerin %97-98’i sıcak hava ile kontrollü şartlar halinde kurutulması sağlanmaktadır. Bu sayede kurutulan ürünler daha hijyenik ve ekonomiktir, ayrıca ürünler kurutma işlemi sonunda tüketilmeye hazır durumdadır (Işık ve Alibaş, 2000).

Bu çalışmada, Golden Delicious elma çeşidinin dolomit tuğlalarının dolgu malzemesi olarak kullanıldığı hava ısıtmalı güneş kollektörü ile kurutulmasının, kurutma göstergeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Denemeler süresince kurutma işleminin göstergeleri olarak; elma dilimlerinin nem içeriği, renk parametreleri, yeniden su alma kapasitesi ve özgül enerji tüketimleri takip edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kurutma işlemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi’nin katkılarıyla yaptırılan hava ısıtmalı güneş kollektörü ile gerçekleştirilmiştir. Kurut sistemi, 110×80×10 cm boyutlarında güneş kollektörü ve bu kollektöre monte edilen, 80×30×30 cm boyutlarında bir kurutma kabininden meydana gelmektedir (Şekil 3). Kurutma kabini içerisine elmaları kurutmak için 29×29 cm ölçülerinde kare kesitli bir kurutma tepsisi hazırlanmıştır. Kurutma işlemi yapılacak olan taze elma örnekleri, yıkama ve çekirdek yuvasının çıkarılması işlemlerinden sonra 5 mm kalınlığında dilimlenerek tepsi üzerine yerleştirilmiştir.



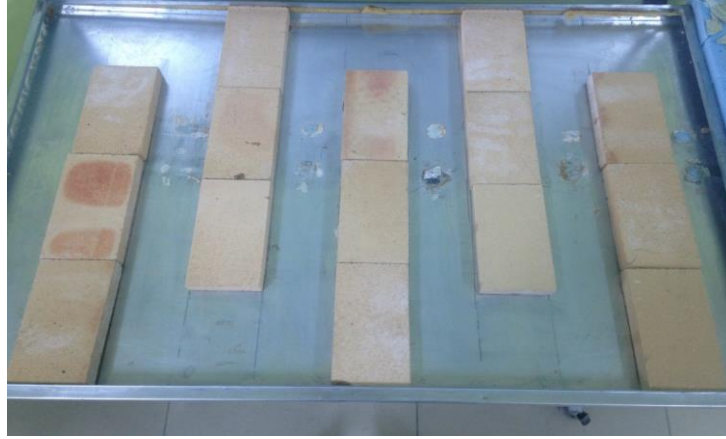
Şekil 3. Kurutma sistemini oluşturan ekipmanlar

Kollektörün ısıl performansını belirlemek amacıyla yapılan denemeler, laboratuvar şartlarında güneş simülatörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Güneş simülatörü üzerinde 30 adet 330 W gücünde halojen lamba bulunmaktadır. Halojen lambaların kollektör yüzeyine ulaştırdıkları ışınımın şiddeti ve dağılımın homojenliği, her lambayı ayrı ayrı komuta eden dimmer anahtarları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Güneş simülatörü 0-1350 W/m² aralığında ışınım verebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Güneş simülatörü

Kollektör denemeleri tamamlandıktan sonra dolgunsuz (1000W-B) ve dolgulu (1000W-5T) tasarımlar kullanılan sistemlerin tarımsal ürün kurutma işlemindeki başarılarının karşılaştırılması planlanmıştır. Bu amaçla tasarımlar, elma kurutma sisteminde test edilmiştir. Denemelerde kullanılan bu elma örneklerinin su içeriği % 84,68 (y.b) olduğu görülmüştür. Denemelerde 200 gram elma ile başlatılmış ve su içeriği %10 (y.b.) seviyesine düşene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Denemelerde elmalar kurutma tepsi üzerine 0.5 mm kalınlığında dilimlenerek tek sıra halinde dizilmiştir. Denemelerde güneş simülatörü kullanılarak kollektör yüzeyine 1000 W/m² ışınım gücü uygulanmış ve iki farklı kollektörde kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Birinci kollektörde dolgu malzemesi kullanılmazken (1000W-B), ikinci kollektörde toplam 15 adet dolomit tuğlası dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır (1000W-5T). Dolomit tuğlaları kollektör içerisine, hava yolunu uzatmak amacıyla bir akış kanalı oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Dolomit tuğlası kullanılan kollektör tasarımı

Kurutma denemelerinde kullanılan iki kollektörde gerçekleştirilen denemeler süresince; elma örneklerinin nem içeriği ve kuruma hızı, yeniden su alma kapasitesi, renk parametreleri ve özgül enerji tüketimi gibi ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde kullanılan elma örneklerinin zamana göre nem içeriği değişimini belirlemek için on dakikada bir alınan örnek ağırlıkları MS Excel ortamında kaydedilmiştir. Alınan bu veriler gözden geçirilerek oluşan değişimler hesaplanmıştır. Daha sonra ürünün nem içeriği yaş bazda (y.b.) hesaplanmıştır (Yağcıoğlu, 1999);

$$\%Nem \text{ İçeriği} = \frac{W_y - W_k}{W_y} \times 100 \quad [1]$$

$$W_{su} = W \frac{N_1 - N_2}{100 - N_2} \quad [2]$$

Ürünün nem içeriği belirlendikten sonra, birim zamanda elmadan uzaklaştırılan su miktarını gösteren kuruma hızı değeri eşitlik kullanılarak bulunmuştur (Cemeroğlu, 1986);

$$K.H. = \frac{dM}{dt} = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad [3]$$

Yeniden su alma kapasitesi, taze ürün ve yeniden su aldırılan ürünün ağırlığına bağlıdır. Aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Quintero-Ramos vd., 1992);

$$RC = \frac{W_1}{W_0} \times 100 \quad [4]$$

Toplam renk değişimi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Kocabıyık ve Demirtürk, 2008);

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad [5]$$

C değerleri ve sapmalarının elde edilmesinde yararlanılan eşitlikler aşağıda belirtilmiştir (Soysal, 2000);

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad [6]$$

Örneklerin esmerleşme indeksi (BI), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Buera vd., 1986);

$$BI = \frac{[100(x - 0.31)]}{(0.17)} \quad [7]$$

Formülde yer alan x kromatiklik koordinatıdır ve XYZ tristimulus değerlerinden hesaplanmaktadır. Aşağıdaki formüle göre (Ashoor ve Zent, 1984);

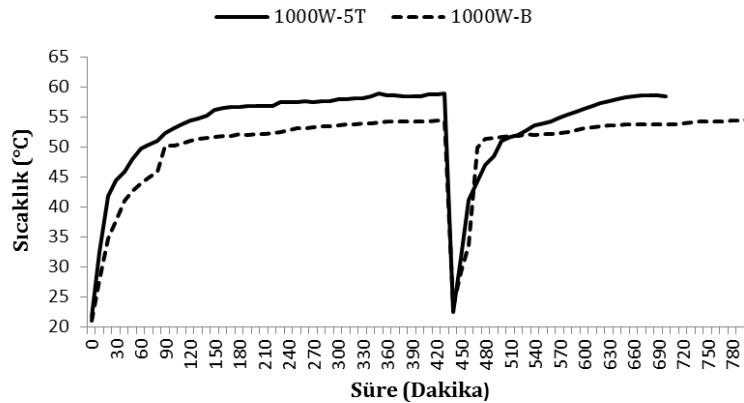
$$x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{(5.645L^* + a^* - 3.012b^*)} \quad [8]$$

Bunların sonucunda bir deneme boyunca tüketilen enerjinin o çalışmada örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesine oranı özgül enerjiyi vermektedir (Das vd. 2004; Wang ve Sheng 2006);

$$E_s = \frac{E_T}{W_r} \quad [9]$$

SONUÇ VE TARTIŞMA

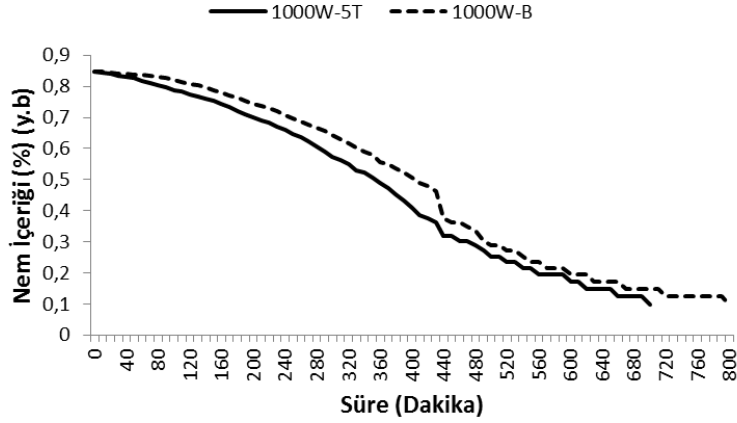
Kurutma denemelerinde kollektörler yüzeyine 1000 W/m² şiddetinde sabit ışınım uygulaması gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılan kollektör tasarımına bağlı olarak kurutma kabini içerisindeki hava sıcaklıkları farklı seviyelerde gerçekleşmiştir. Kurutma denemeleri süresinde kurutma kabininden ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. Kurutma işlemleri iki gün sürdürülmüş ve sadece gündüz saatlerinde simülasyon 8 saat süreyle çalıştırılmıştır.



Şekil 6. Kurutma kabininden ölçülen sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

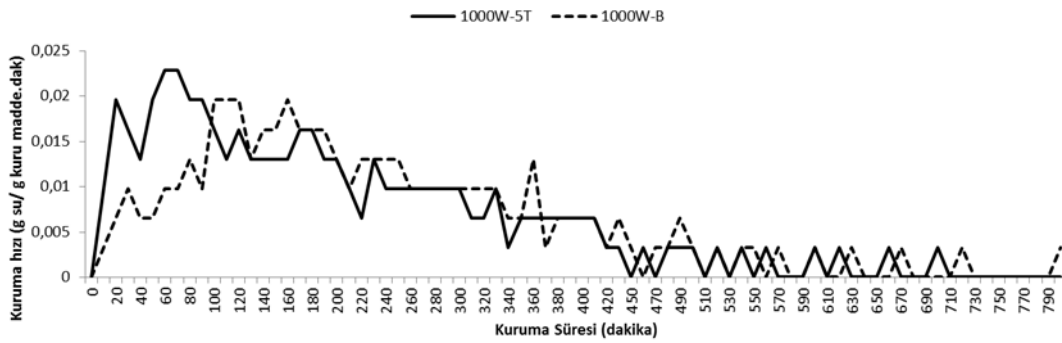
Kurutma denemelerinde kullanılan kollektör tasarımlarının (1000W-5T ve 1000W-B) kurutma performansları karşılaştırıldığında, dolgu malzemesi kullanılan kollektörde kurutulan

ürünlerin nem içeriklerinin, dolgunuz kollektördeki örneklerden daha kısa sürede düştüğü ve kurutmada hedeflenen %10 (y.b) nem içeriğine daha önce ulaştığı görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. Tasarımlara göre nem içeriği ile kuruma süresi

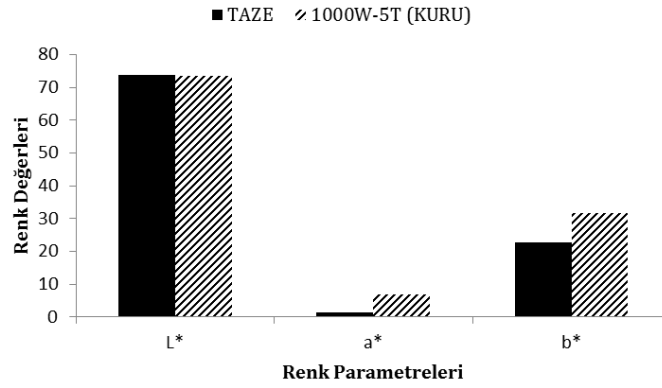
Farklı kollektör tasarımlarında kurutulmuş elma örneklerinin kuruma hızlarının zaman göre değişimi Şekil 8’de verilmiştir. Kurutma denemelerinde kullanılan tasarımlar karşılaştırıldığında, kurutma havası sıcaklığının artışının, örneklerin kuruma hızlarının artmasına neden olduğu görülmüştür. 1000W-5T tasarımlı ve ön işlem görmeyen elma örneklerinin kuruma hızları, en yüksek 0.022 (g su/g kuru madde.dak) değerleri alırken, 1000W-B tasarımlı sistemde en yüksek 0.019 (g su/g kuru madde.dak) seviyesine yükselmiştir.



Şekil 8. Tasarımlara göre kuruma hızı ile kuruma süresi

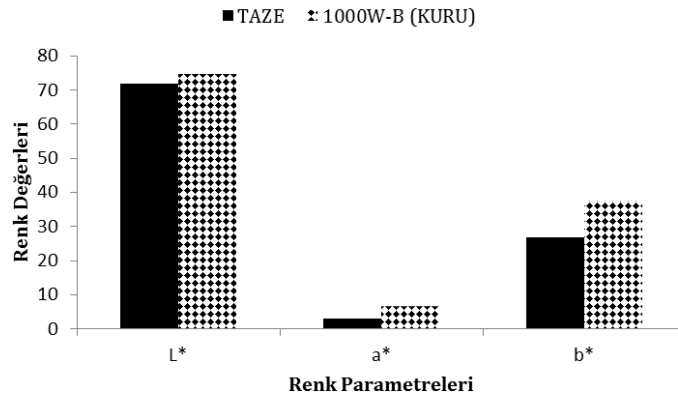
Kurutma işlemi sonunda her biri 34 g olarak belirlenen kurumuş elma örnekleri, yeniden su alma kapasitesi analizinde kullanılmıştır. Örnekler su içerisinde oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra son ağırlıkları ölçülerek yeniden su alma kapasiteleri analiz edilmiştir. Yirmi dört saat sonraki örneklerde yeniden su alma kapasitesi; 1000W-5T tasarımlı sistemde kurutulmuş elmalar için 71 ± 0.52 ve 1000W-B tasarımlı sistemin ise yaklaşık 72 ± 0.86 olduğu görülmüştür. Her iki sistemde çıkış sıcaklıklarının yaklaşık değerde olması nedeniyle yeniden su alma kapasitelerinin benzer değerlerde olduğu tahmin edilmektedir.

Kurutma denemelerinde 1000W-5T tasarımlı kollektörde kullanılan taze Golden Delicious elma örneklerinin ortalama parlaklık değeri (L^*) 73.63 ± 2.19 , a^* değeri 1.44 ± 0.65 ve b^* değeri ise 22.70 ± 2.92 olarak belirlenmiştir. 1000W-5T tasarımlı kollektörde gerçekleştirilen deneme sonucunda kurutulmuş örneklerin, (L^*) değeri 73.36 ± 0.84 , a^* değeri 6.77 ± 0.59 ve b^* değeri 31.45 ± 0.78 olduğu görülmüştür (Şekil 9). Kurutulmuş elma örneklerinin, taze örneklerle göre renk parlaklığının düşük seviyede azaldığı, a ve b değerlerinin önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir.



Şekil 9. Taze ve 1000W-5T tasarımlı kollektörden elde edilen kurutma havası sıcaklıklarının L^* , a^* ve b^* renk değerleri

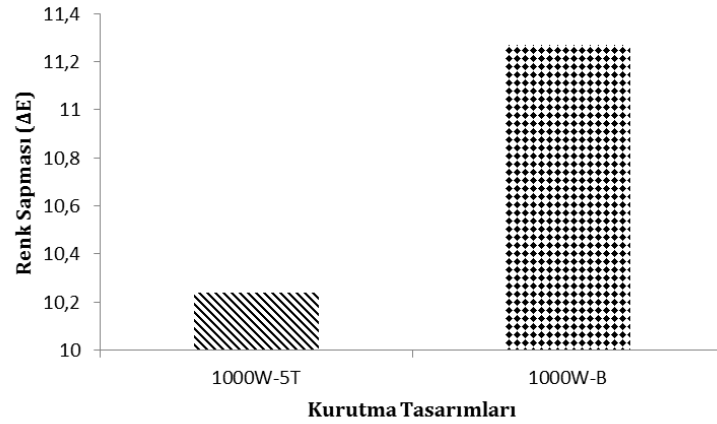
Kurutma denemelerinde 1000W-B tasarımlı kollektörde kullanılan taze elma örneklerinin ortalama parlaklık değeri (L^*) 71.99 ± 2.15 , a^* değeri 2.94 ± 1.12 ve b^* değeri ise 26.71 ± 3.21 olarak belirlenmiştir. 1000W-B tasarımlı kollektör için yapılan denemeler sonucunda kurutulmuş elmaların, (L^*) değeri 74.72 ± 1.46 , a^* değeri 6.28 ± 0.21 ve b^* değeri 37.13 ± 0.38 olarak tespit edilmiştir (Şekil 10). Kurutulmuş elma örneklerinin, taze örneklerle göre L^* , a^* ve b^* değerlerinin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 10. Taze ve 1000W-B tasarımlı kollektörden elde edilen kurutma havası sıcaklıklarının L^* , a^* ve b^* renk değerleri

Şekil 11’de kuru elma örneklerinin renk sapması (ΔE) değerleri verilmiştir. Denemelerde kullanılan 1000W-5T ve 1000W-B tasarımlarında kurutulmuş elma örneklerinin toplam renk sapması değerleri sırasıyla 10.24 ± 0.69 ve 11.27 ± 1.45 olarak hesaplanmıştır. 1000W-5T

tasarımlı kollektörün çıkış sıcaklığı ve kurutma kabini sıcaklığı daha yüksek olduğu için örneklerin toplam renk sapmasının azaldığı tahmin edilmektedir.



Şekil 11. Farklı tasarımlardan elde edilen kurutma havası sıcaklıklarının toplam renk sapmaları

Kurutma denemelerinde özgül enerji tüketimleri, kollektör üzerine gelen ışınım şiddeti kullanılarak hesaplanmıştır. Denemelerde kullanılan tasarımların (1000W-5T ve 1000W-B) özgül enerji tüketim değerleri sırasıyla 185.70 MJ/kg su ve 210.89 MJ/kg su olarak bulunmuştur. Denemelerde kurutma kabin içerisindeki hava sıcaklığı arttıkça özgül enerji tüketimi değerinin azaldığı görülmüştür. Kurutulan örnekler için kuruma süreleri önemli bir faktördür, kuruma süresi ne kadar azalır, özgül enerji tüketimi o oranda azalmaktadır (Alibas, 2006). Kurutma denemelerinde kullanılan iki tasarımın kurutma süreleri karşılaştırıldığında, 1000W-5T tasarımı diğer tasarıma göre 1 saat 40 dk daha erken kurutma işlemini tamamlamasından dolayı daha az enerji tüketimi olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇLAR

Dolgu malzemesi kullanımı ile kurutma havası sıcaklığı ve kuruma hızı artarak kuruma süresinin azaldığı belirlenmiştir. Kurutma denemelerinde ürünün parlaklık değerinde (L^*) önemli bir değişim yaşanmazken kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri ciddi seviyelerde artmıştır. Bu değerlerin artışı 1000W-5T tasarımı kullanılan kollektörde daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu durumun 1000W-5T tasarımında kurutma havası sıcaklığının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolgu malzemesi kullanımının kurutma havası sıcaklığını arttırması nedeniyle toplam renk sapmasının değerleri azalmıştır. Taze örneklerle uygulanan kurutma sıcaklığı, kroma (C°) değerlerinde ve esmerleşme indeksinde artışa neden olmuştur. Kurutma havası sıcaklığının artması ile örneklerin renk doygunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Dolgu malzemesi kullanımı ile kurutma havası sıcaklığı artarak, özgül enerji tüketiminin azaldığı görülmüştür. 1000W-B tasarımında gerçekleştirilen kurutma denemelerinde özgül enerji tüketimi 210.89 MJ/kg su olurken, bu değer 1000W-5T tasarımında 185.70 MJ/kg su seviyesine düşmüştür.

Sonuç olarak, güneş enerjili hava ısıtma kollektörlerinde dolomit tuğlalarının kullanımının ısıl performansı ve kurutma işlemini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Kurutma işleminde en belirgin farklılık özgül enerji tüketimi değerlerinde ortaya çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

4460-YL1-15 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

BI	Esmerleşme indeksi
C	Kroma (C°)
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
E _S	Özgül enerji tüketimi (MJ/kg _{su})
E _T	Tüketilen elektrik enerjisi miktarı (MJ)
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
K.H.	Kuruma hızı (g _{su} /g kuru madde.dak)
M _t	t anında nem içeriği (%k.b.)
M _{t+dt}	Taze ürün nem içeriği (%k.b.)
N ₁	Ürünün ilk nem oranı (%y.b.)
N ₂	Ürünün son nem oranı (%y.b.)
RC	Yeniden su alma kapasitesi (%)
W	Ürünün ilk ağırlığı (g)
W ₀	Taze ürün ağırlığı (g)
W ₁	Yeniden su alan ürünün ağırlığı (g)
W _k	Ürünün kuru ağırlığı (g)
W _r	Örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesi (kg)
W _{su}	Üründen buharlaşan su miktarı (g)
W _y	Ürünün yaş ağırlığı (g)
x	Kromatiklik değeri
Δa	Kırmızı renk sapması
Δb	Sarı renk sapması
ΔE	Toplam renk sapması
ΔL	Renk parlaklığı sapması
1000W-B	1000 W/m ² ışınımında ve dolgunsuz tasarım
1000W-5T	1000 W/m ² ışınımında ve 5 sıralı 15 tuğlalı tasarım

KAYNAKLAR

- Alibas, I. (2006). Characteristics of chard leaves during microwave, convective, and combined microwave-convective drying. *Drying Technology*, 24(11), 1425-1435.
- Arrese, E. L., Sorgentini, D. A., Wagner, J. R., & Anon, M. C. (1991). Electrophoretic, solubility and functional properties of commercial soy protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(6), 1029-1032.
- Ashoor, S. H., & Zent, J. B. (1984). Maillard browning of common amino acids and sugars. *Journal of Food Science*, 49(4), 1206-1207.
- Buera, M. D. P., Lozano, R. D., & Petriella, C. (1986). Definition of colour in the non enzymatic browning process. *Die Farbe*, 32(33), 318-322.
- Cemeroğlu, B. (1986). Meyve ve Sebze şleme Teknolojisi, Gıda Tek. *Dernegi Yayını*, 524s.

- D.P.T., 2007, Dokuzuncu Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 975-19-4168-8.
- Das, I., Das, S. K., & Bal, S. (2004). Specific energy and quality aspects of infrared (IR) dried parboiled rice. *Journal of Food Engineering*, 62(1), 9-14.
- FAO, (2017) Crops (Apple) Databases. Erişim Tarihi: 22.10.2017, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Işık, E., & Alibaş, İ. (2000). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan yöntemler ve kurutma sistemi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Notu*, (3).
- Kaya, A. (2008). Kurutmada Isı ve Kütle Transferinin Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi. *Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*, 153s.
- Demirtürk, H. & Kocabıyık B. (2008). Nane yapraklarının infrared radyasyonla kurutulması. *JOTAF/Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(3), 239-246.
- Quintero-Ramos, A., Bourne, M. C., & Anzaldúa-Morales, A. (1992). Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching. *Journal of food science*, 57(5), 1127-1139.
- Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R., & Raghavan, G. S. V. (2007). Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1452-1459.
- Soysal, Y. (2000). İşletme Ölçeğinde Çeşitli Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kurutulmasına Yönelik Bir Araştırma. *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana*.
- Tırıs M., Tırıs Ç., Erdallı Y., 1997. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, TÜbitak-MAM, Gebze.
- TUIK, (2017) Bitkisel üretim verileri. Erişim Tarihi: 22.10.2017 Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/>
- Wang, J., & Sheng, K. (2006). Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3), 247-255.
- Yağcıoğlu, A. (1999). Tarım ürünleri kurutma tekniği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, (536).