



## Kayıp Kurutma İçin Düz ve Hapsedici Yüzeyle Güneş Destekli Kurutma Sistemlerinin Mukayese Edilmesi

Mustafa Bahadır ÖZDEMİR<sup>1,\*</sup>, Mehmet Mustafa YATARKALKMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 06500, ANKARA

<sup>2</sup>Türk Standartları Enstitüsü, ANKARA

### Öz

Yapılan çalışmada kayıp kurutmak için düz ve hapsedici yüzeyle emici plakalara sahip kurutma sistemleri dizayn edilip imalatı yapıldıktan sonra, performansları mukayese edilmiştir. Deneylede 4-5 mm kalınlığında dilimlenmiş, yaş bazda %76 neme sahip kayısılar kullanılmıştır. Deneylede 30 dakikalık aralıklarla ölçümler yapılmış ve takip eden ölçümler arasındaki farkın %1'den az olduğu sonuçlarda deney sonlandırılmıştır. Kurutma işlemi, 2,5 , 3,0 ve 3,5 m/s kurutma havası hızlarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, düz yüzeyle kurutma sisteminin kurutma odası ortalama sıcaklığı 45,96 °C iken hapsedici yüzeyle kurutma odası ortalama sıcaklığı 49,04 °C olarak tespit edilmiştir. Düz yüzeyle kurutma sisteminde tüm hızlarda kurutma süresi 390 dk sürerken hapsedici yüzeyle kurutma sisteminde 2,5 ve 3,0 m/s hızlarında kurutma süresi 330 dk, 3,5 m/s hızda 300 dk sürmüştür. Hapsedici yüzeyle kurutma sisteminin, düz yüzeyle kurutma sistemine göre 2,5 ve 3,0 m/s hızlarda 60 dk, 3,5 m/s hızda 90 dk daha kısa sürede kurutma işlemini gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

### COMPARISON OF FLAT AND INCARCERATING SURFACE SOLAR SUPPORTED DRYING SYSTEMS FOR APRICOT DRYING

#### Abstract

In this study, drying systems with flat and incarceration surface absorbent plates were designed and manufactured for drying apricots, then their performances were compared. Experiments were carried out with slices 4-5 mm thick, with 76% moisture on wet basis. The measurements were made at 30 minute intervals in the experiments and the experiment was terminated when the difference between the following measurements was less than 1%. The drying process was carried out at 2,5, 3,0 and 3,5 m/s drying air velocities. As a result of the experiments, while the average temperature of the drying chamber of the flat surface drying system was found to be 45,96 ° C, the drying chamber average temperature of the incarceration surface was found to be 49,04 ° C. In the flat surface drying system, the drying time lasts 390 minutes at all speeds, while the drying time of incarceration surface drying system is 330 minutes at 3,2 and 3,0 m/s and 300 minutes at 3,5 m/s. It has been concluded that the incarceration surface drying system performs drying at a speed of 2,5 and 3,0 m/s for 60 minutes and 3,5 m/s for 90 minutes shorter than the flat surface drying system.

#### Makale Bilgisi

Başvuru: 18/05/2018  
Düzeltilme: 11/06/2018  
Kabul: 03/07/2018

#### Anahtar Kelimeler

Güneş enerjisi  
Düz ve hapsedici yüzeyle  
Kurutma sistemi  
Kayısı

#### Keywords

Solar energy  
Flat and incarceration  
surface  
Apricot

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Meyve ve sebzelerin içerdikleri suyu belirli bir sınıra kadar buharlaştırıp üründen uzaklaştırılmasına kurutma denir [1]. Belli bir süre zarfında ürünün kuru değerlerine ulaşmasını sağlayan sisteme kurutma sistemi denir [2]. Meyvelerin kurutulması, hasat zamanından pazarlanmasına kadar olan geçen sürede zarar görmeden muhafaza edilebilmesi için önem arz etmektedir. Kurutma işleminde, güneş ışınımı ile doğal taşınım ile kurutma ve kurutma havası yardımıyla taşınım ile kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Güneş ışınımı yardımıyla doğal taşınım ile kurutma ekonomik olmasına rağmen insan sağlığına zararlı olabilme ihtimali, ürün kalitesinin düşmesi, ürünün tozlanması vb. olumsuz sonuçları da içermektedir

\*İletişim yazarı, e-mail: [mbozdemir@gazi.edu.tr](mailto:mbozdemir@gazi.edu.tr)

Yapılan literatür incelemesinde konuyla ilgili benzer çalışmalar yapıldığı tespit edilmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada güneşte %25 nem kalıncaya kadar kurutulmuştur. Yapılan kurutma işleminde kükürtleme işlemi uygulanmaktadır. Çalışmada daha temiz ve kaliteli ürün eldesi için kurutmanın daha kısa sürede yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır [3].

İpek tarafından yapılan çalışmada Elazığ yöresinde yetişen kayısılar güneşte kurutma yaparak yüzey sıcaklığını deneysel olarak incelemiştir. Deneysel olarak havalı güneş kolektörü ve tepsili kurutucu kullanılmıştır. Her iki sistemde de nem kayıpları, renk ve tat değişimleri kontrol edilerek belli periyotlarla kayıt altına alınmıştır ve sonuçlar mukayese edilmiştir [4].

Bir başka çalışmada mikrodalga ve endüstriyel kurutma metotları yardımıyla kayısı kurutulmuştur. Yapılan deneysel çalışma neticesinde endüstriyel sistemle kurutulan kayısı püresindeki nemin mikrodalga ile kurutulan kayısı püresindekinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak mikrodalga ve endüstriyel yöntemlerle kurutulan kayısının fiziksel ve kimyasal olarak genelde benzer sonuçlar aldığı ve mikrodalga uygulamasının kayısılar üzerinde olumsuz etkisinin olmadığını saptamıştır [5].

Güner tarafından yapılan çalışmada raf tipi güneş destekli kurutucuda farklı debilerdeki hava ile kurutma yapılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde kuruma zamanının hava sıcaklığı arttıkça azaldığını, hava debisi arttıkça kütle transferinin arttığını ve kuruma zamanının azaldığını, kuruma hızının arttığı sonucuna ulaşılmıştır [6].

Mengeş tarafından yapılan deneysel çalışmada, kayısı, elma ve vişneler farklı hava sıcaklıklarında ve hava hızlarında kurutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda hava sıcaklığının, hava hızının ve ön işlemin, ürünlerin kuruma hızı üzerine olan etkisi incelenmiştir [7].

Yapılan bir başka deneysel çalışmada, kayısı kurutma işleminde güneş altında doğal kurutma işleminde kurutma süresinin uzaması, homojen kurutma sağlanamaması, kalitedeki düşüş gibi nedenlerden dolayı olumsuzları ortadan kaldırmak için taşınım etkisi artırılmış havalı güneş kolektörü ve döner sütunlu silindirik kurutucu tasarlanmıştır. Deneyler sonucunda açıkta kurutulan kayısıların yaş bazda nem oranının 4 gün içerisinde %25'e düştüğünü ve buna karşılık döner sütunlu silindirik kurutucuda ise aynı nem oranının yaklaşık 2 günde elde edildiği görülmüştür [8].

Yapılan deneysel çalışmada, sıcaklık kontrollü bir güneş hava kolektörü, kurutma için tasarlanmış ve test edilmiştir. Çalışmada, kolektörlerin aldığı güneş ışınması seviyesinin değiştiği durumlarda bile, kurutma havası sıcaklığını 40 °C'de tutabilen bir hava kolektörünün deneysel analizini sunulmaktadır. Testlerin çoğu, 500 ila 900 W/m<sup>2</sup> ve 3 ile 5 m/s'lik bir havada bir radyasyon seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Sistemde, 40 °C'lik sıcaklık üzerinde ve toplam 27 saatlik bir kurutma süresinin 21 saatinde ayrı ayrı gerçekleştirilen üç farklı ürünün kurutulması test edilmiştir. Güneş radyasyonu, hava sıcaklığı, akış ve üretilen enerji arasındaki ilişkinin termodinamik analizi yapılarak, verimlilik, üretilen enerji ve ayarlanan sıcaklık arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Ayrıca, hava akımı, güneş radyasyonu ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak güneş kolektörlerinden çıkış havası sıcaklığını tahmin etmek için yapay bir sinir ağı modeli kullanılmıştır [9].

Bir diğer çalışmada, kerestenin kızılötesi kurutma özellikleri araştırılmaktadır. Çalışmada, kızılötesi sistemin gücü, ürünün yüzey sıcaklığına göre kontrol edilmiş ve ayarlanmıştır. Bu yapılırken de, kızılötesi ısıtıcının yüzey sıcaklığının, ürüne zarar verebilecek değerlere ulaşması engellenmiştir. Analiz sırasında, kereste yüzey sıcaklığı ortalama 65 °C'de tutulurken, alt sıcaklık ortalama 45 °C'de tutulmuştur. Sistemde kullanılan hava kolektörünün veriminin %50 olduğu tespit edilmiştir. Sistem analizi sırasında nem içeriği, kütle difüzyon katsayısı ve faydalı enerji oranı gibi parametreler dikkate alınarak 13 saatlik kuruma süresinin sonunda, çam kerestelerinin nem içeriği 1,42 ila 0,0948 g su / g kuru madde seviyesinden düşürüldüğü tespit edilmiştir [10].

Deneysel çalışmada yeni bir tür güneş kurutucu tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu yeni solar kurutucu, bir ısı borusu toplayıcı, bir kurutma odası, bir yük hücresi, bir hava sirkülasyon fanı, fotovoltaiik hücreler, piller ve halojen lambalardan oluşmaktadır. Çalışmada, kurutma işlemini test etmek için domatesler kullanılmıştır. Kurutma havası, ısı borusu toplayıcı tarafından ısıtılarak vantilatör fanı ile domateslere uygulanmıştır. Fanı çalıştırmak için kullanılan fotovoltaiik hücreler de gün boyunca pilleri şarj etmek için kullanılmıştır. Kurutma periyodunda, kurutucu sıcaklığı, bağıl nem, hava akış hızı, güneş ışınımı ve kütle kaybı, güneş kurutucusunda ölçülerek enerji analizi için kullanılmıştır [11].

Bu çalışmada ise, farklı emici plaka yüzeyli güneş enerjisi destekli kurutucuların kayısı kurutmasındaki performansları incelenmektedir. Ayrıca, farklı kurutma havası hızlarında kurutulan kayısı meyvesinin kuruma davranışları incelenmektedir.

## 2. TEORİK ANALİZ (THEORETICAL ANALYSIS)

### 2.1. Kuru Ağırlığın Belirlenmesi (Determination of Dry Weight)

Kuru ağırlığın belirlenmesi için kayısların önce kabukları soyulmuş, daha sonra 4-5 mm kalınlığında dilimlere ayrılmıştır. Kayıslar deneye hazır hale getirilmiştir. Etüv fırınında kurutma işlemi yapılması için 30 dakikalık kurutma periyotları belirlenmiştir. Her 30 dakika sonunda ağırlık ölçümü yapılmış ve takip eden ölçümler arasındaki farkın %1'den az olduğu deney periyodunun sonunda ölçümler sonlandırılmıştır. Deney esnasında ölçümler Mettler Toledo markalı dijital terazi ile yapılmıştır.

Kayısların kuru baza göre başlangıç nem miktarı, düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarında Eş. 2.1. yardımıyla 3,17 g su/g kuru madde olarak belirlenmiştir. Kayıslarda yaş baza göre nem miktarının hesaplanabilmesi için Eş. 2.2'den faydalanılabilir. Ayrıca kayıslardaki nem oranının hesaplanmasında Eş. 2.3 kullanılır [12].

$$MC_{KA} = \frac{M_t - M_e}{M_e} \quad 2.1$$

$$MC_{YA} = \frac{M_t - M_e}{M_t} \quad 2.2$$

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad 2.3$$

### 2.2. Nem Tayini (Determination of Moisture)

Kayısların dilimlerinden ağırlığı 100 ±2 gr olan dilimleri nem tayin cihazında kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Kurutma işlemi 105 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir [13]. Kurutma işlemi sırasında 30 dakikalık periyotlarla ölçümler yapılarak sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Takip eden ölçümler arasındaki fark % 1'den az oluncaya kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutma işlemi 3 kez tekrar edilmiş ve nem değerleri belirlenerek ortalaması alınmıştır. Yapılan deneyler neticesinde kayısının yaş bazda nemi % 76, kuru bazda 3,17 g su / g kuru madde olarak belirlenmiştir.

### 2.3. Ölçüm Belirsizliği (Measurement Uncertainty)

Elde edilen bilgiye dayanılarak ölçülere atfedilen büyüklük değerlerinin dağılımını niteleyen, negatif olmayan sayısal parametrelere ölçüm belirsizliği denir [14]. Yapılan deneylerde ölçüm sonuçlarının doğruluğu önemlidir. Bu yüzden de ölçüm cihazlarının kalibrasyonları ve ölçüm belirsizlikleri önem kazanmaktadır. Deneyde kullanılan ölçüm cihazlarının doğru ölçümden sapmaları ve ölçüm belirsizlikleri bulunmaktadır. Bu yüzden cihazların ölçüm hassasiyetlerinden kaynaklanan belirsizliklerin hesaplanması gerekmektedir. Sistemde ölçülmesi gereken büyüklük R, ve bu büyüklüğe etki eden n adet bağımsız değişkenler ise  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  olsun. Bu durumda ölçülmesi gereken büyüklük Eş. 2.4 yardımıyla yazılabilir. Her bir bağımsız değişkene ait hata oranları  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  ve R büyüklüğünün hata oranı  $w_R$  ise belirsizlik analiz denklemi Eş. 2.5 yardımıyla hesaplanır [15].

$$R = R(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad 2.4$$

$$W_R = \left[ \left( \frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad 2.5$$

**Tablo 1.** Ölçüm cihazlarının hassasiyetleri ve belirsizlikleri

Ölçüm Cihazı	Marka	Hassasiyet	Belirsizlik
Sıcaklık Ölçer	Elimko	$\pm 1^\circ\text{C}$	$\pm 0.91^\circ\text{C}$
Dijital Terazi	Mettler Toledo	$\pm 0.01\text{ g.}$	$\pm 0.52\text{ g}$
Anemometre	Testo	$\pm 0.01\text{ m/s}$	$\pm 0.03\text{ m/s}$

### 3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

#### 3.1. DeneYlerde Kullanılan Ürün (Product Used in Experiments)

Literatüre giren Latincesi “Prunus armeniaca” olan kayısı meyvesi kullanılmıştır [16]. Kayısı yüksek miktarda şeker, protein, pektin, organik maddeler içerir. Kayısı minerallerden potasyum ve vitaminlerden A vitamininin öncül maddesi  $\beta$ -karoten yönünden çok zengindir [1]. Ayrıca; bakır, manganez, magnezyum, fosfor gibi mineralleri içerir.

#### 3.2. Kurutma Sistemi (Drying System)

Kurutma sistemlerinde güneş destekli düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınları kullanılmıştır. Sistem fan, hassas terazi, fan hızı ayarlayıcı ve sıcaklık ölçüm cihazından oluşmaktadır. Kurutma sistemleri Şekil 1’de gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma sistemleri

Kurutma sistemlerinde bileşenlerin özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Kurutma sistemlerinde düz ve hapsedici yüzeyli emici plakalara sahip güneş kolektörleri kullanılmıştır ve kurutma havası güneş kolektörlerinden geçirilip ısıtma işlemine tabi tutulduktan sonra fan yardımıyla kurutma odasına gönderilmiştir.

**Tablo 2.** Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde kullanılan malzeme ve cihazların ve özellikleri

Kullanılan Malzeme ve Cihazlar	Özellikleri
Düz yüzeyli emici plaka	0,5 mm et kalınlığında yüzeyi mat siyah boyalı düz yüzeyli bakır emici plaka
Hapsedici yüzeyli emici plaka	0,5 mm et kalınlığında yüzeyi mat siyah boyalı güneş ışınlarını hapsedici yüzeyli bakır emici plaka
Termokupl	E-0.5T2KTTEA K Tipi NiCr-Ni 2x0.5mm <sup>2</sup> Tekli Teflon + Teflon + Eleman Teli 3m
Fan	57 W, 126 m <sup>3</sup> /h, 2750 rpm, 50 Hz, 220 V
Sıcaklık Ölçüm Cihazı	E-680, Tip K, -200°C – 1300 °C
Dijital Terazı	Mettler Toledo, Excellence XS6002Smodel, en yüksek ölçülebilecek miktar 6100 g, ölçüm hassasiyeti 0.01 g.
Hava hızı ve sıcaklık ölçüm cihazı	Testo, sıcaklık -20,+70 °C, hız 0-20 m/s, ölçüm hassasiyeti 0,01 m/s, 0,1°C, heatedwire, NTC sensör

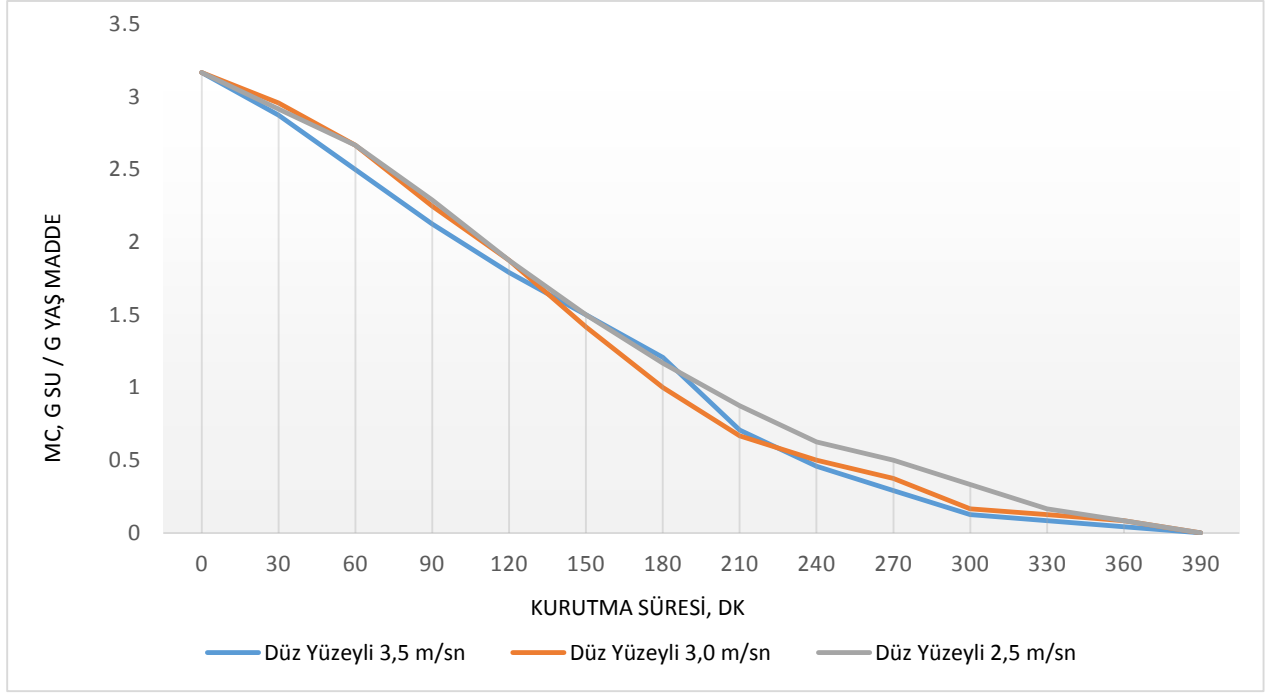
### 3.3. Deneysel Yöntem (Experimental Procedure)

Kayıslar deneye tabi tutulmadan önceki 24 saat boyunca +9 °C'deki buzdolabında saklanmıştır. Buzdolabındaki saklama ortamından çıkarılan kayıslar ortam sıcaklığında 2 saat bekletilerek ortam sıcaklığına ulaşmaları sağlanmıştır. Şartlandırma sayesinde kayısı örnekleri deney tekrarlarında aynı başlangıç şartlarına sahip olarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Kayıslar 4-5 mm kalınlıklarında dilimlenerek kurutma odasındaki tepsilere dizilmiştir. Fan hızı ayarlandıktan sonra kayıslar kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

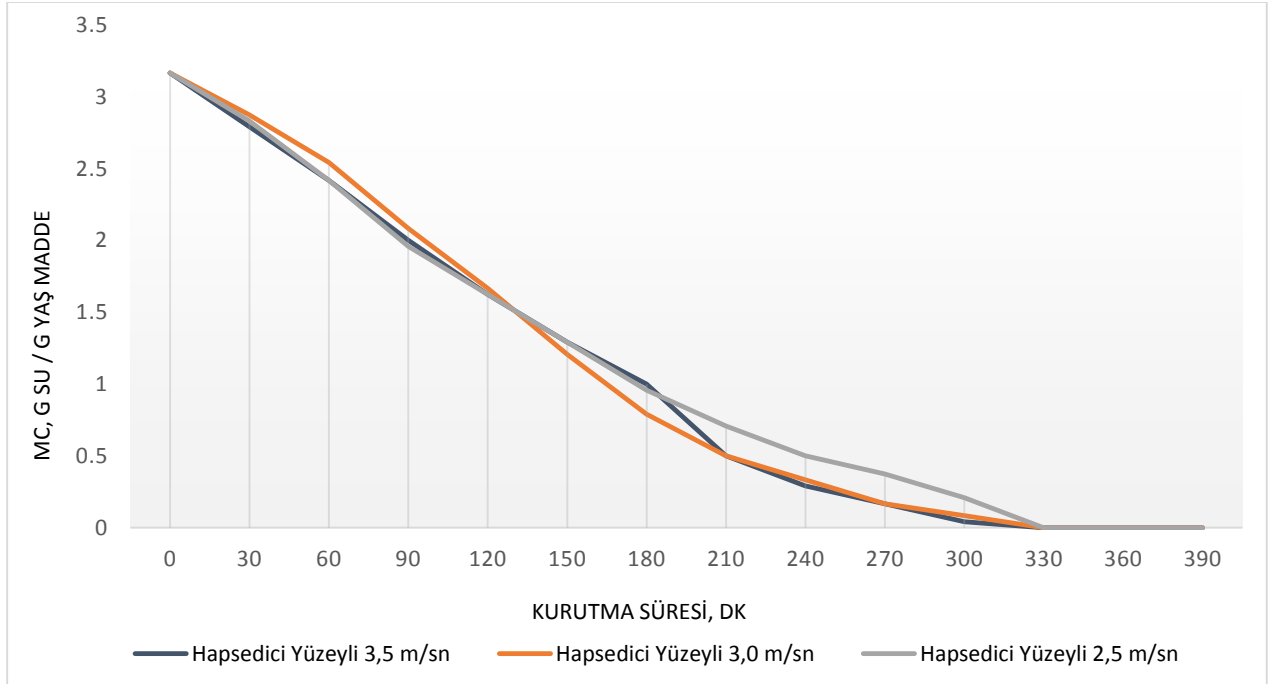
Tasarımı yapılan düz ve hapsedici yüzeyli kurutma sistemlerinin performans deneyleri diğer parametrelerin sabit tutulduğu durumlarda farklı hava hızlarında (2,5-3,0-3,5 m/s) gerçekleştirilmiştir. Kurutma işleminde dış hava sıcaklığı (°C), emici plaka yüzey sıcaklığı (°C), ürün ağırlığı (g), kurutma odasında ölçülen hava sıcaklığı (°C), kurutma odasındaki havanın hızı (m/s), kollektör çıkış sıcaklığı (°C) parametreleri her 30 dakikada bir ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Kayısı ağırlığındaki değişim takip eden ölçümler arasında %1'den az olduğunda deney sonlandırılmıştır.

## 4. DENEY SONUÇLARI (EXPERIMENTAL RESULTS)

Başlangıç nem miktarı aynı olan kayıslar düz ve hapsedici yüzeyli kurutma sistemlerinde 2,5 m/s, 3,0 m/s, 3,5 m/s hızlarında kurutulmuştur. Şekil 2 ve 3'te kurutma hızlarına ve kurutma süresine bağlı olarak kurutma sistemlerindeki nem içeriğinin değişimi gösterilmektedir.

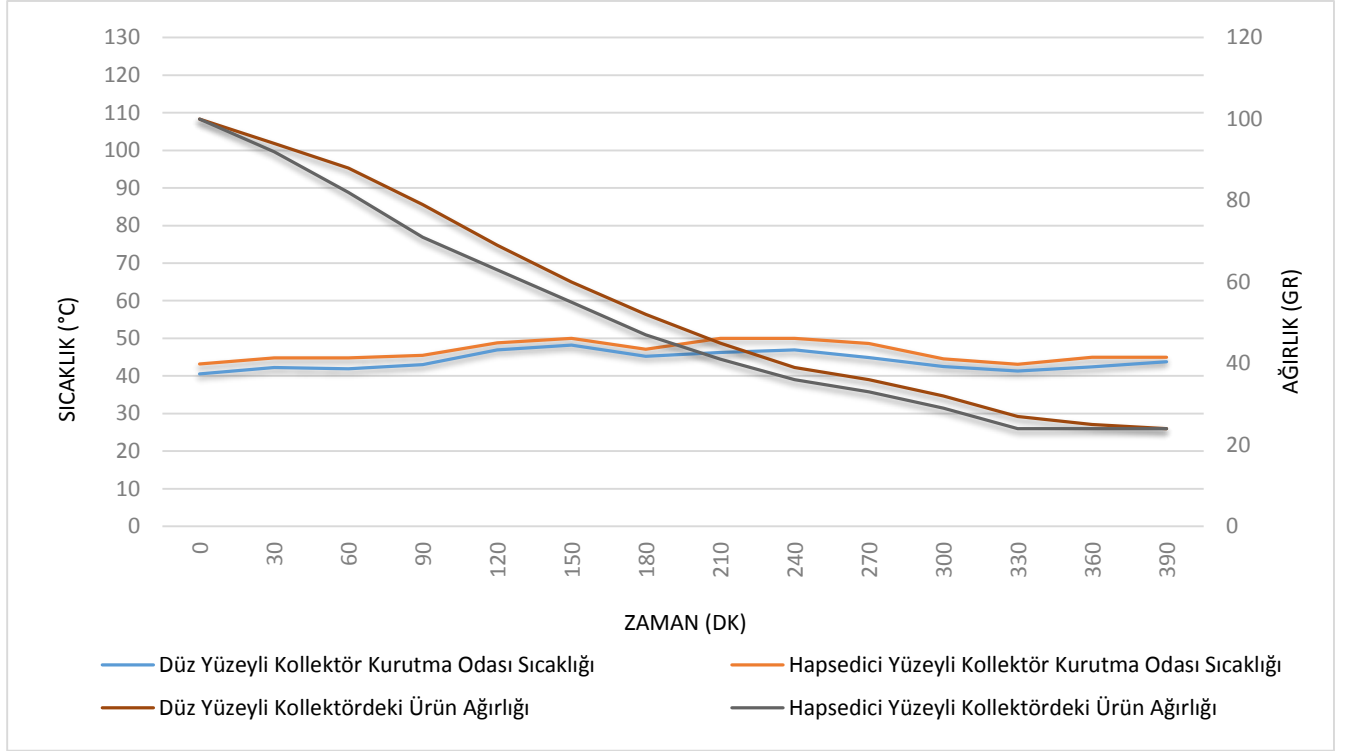


**Şekil 2.** Düz yüzeyli kurutma sisteminde kayısındaki nem miktarının kurutma süresine bağlı olarak değişimi

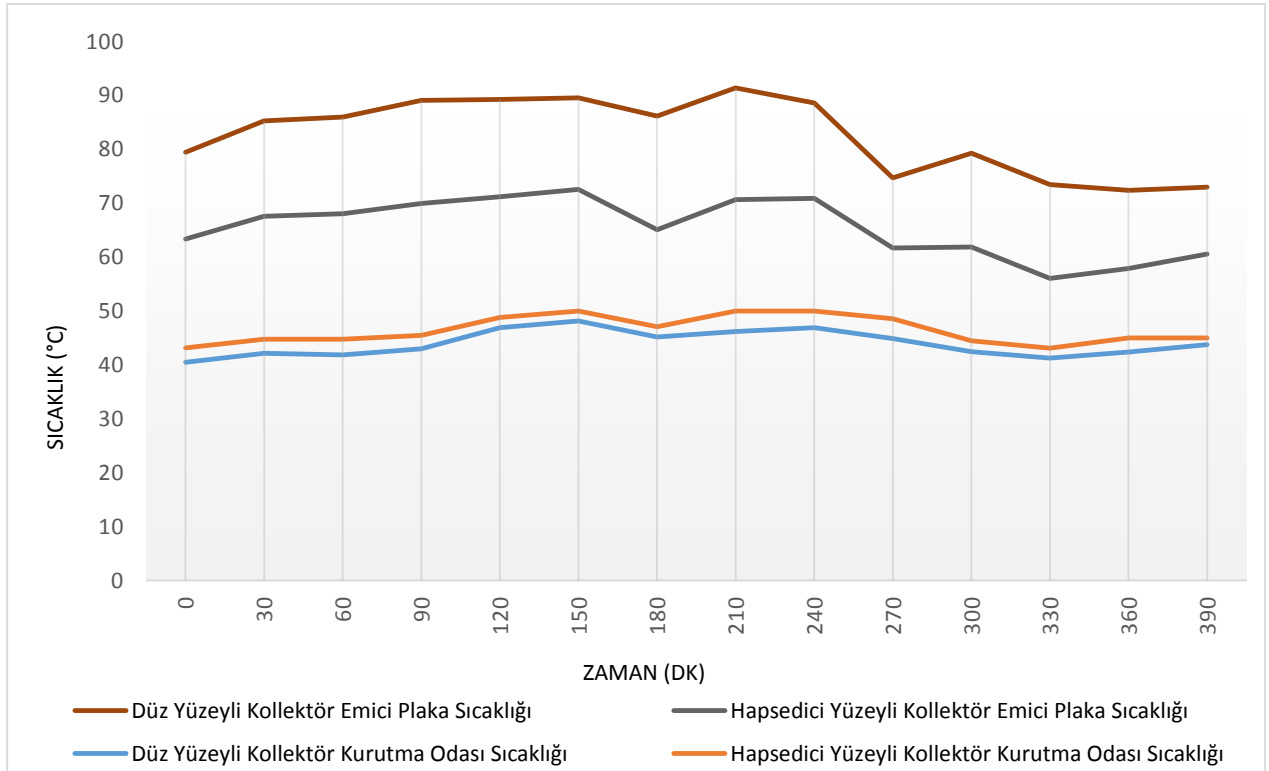


**Şekil 3.** Hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde kayısındaki nem miktarının kurutma süresine bağlı olarak değişimi

Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma sistemlerinde kurutma işlemi sonunda belirtilen hızlarda yapılan deneylerde 0,077 g su / g yaş madde nem miktarına inilmiştir. Düz yüzeyli kurutma sisteminde tüm hızlarda kurutma süresi 390 dk sürerken hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde 2,5 ve 3,0 m/s hızlarında kurutma süresi 330 dk, 3,5 m/s hızda 300 dk sürmüştür.



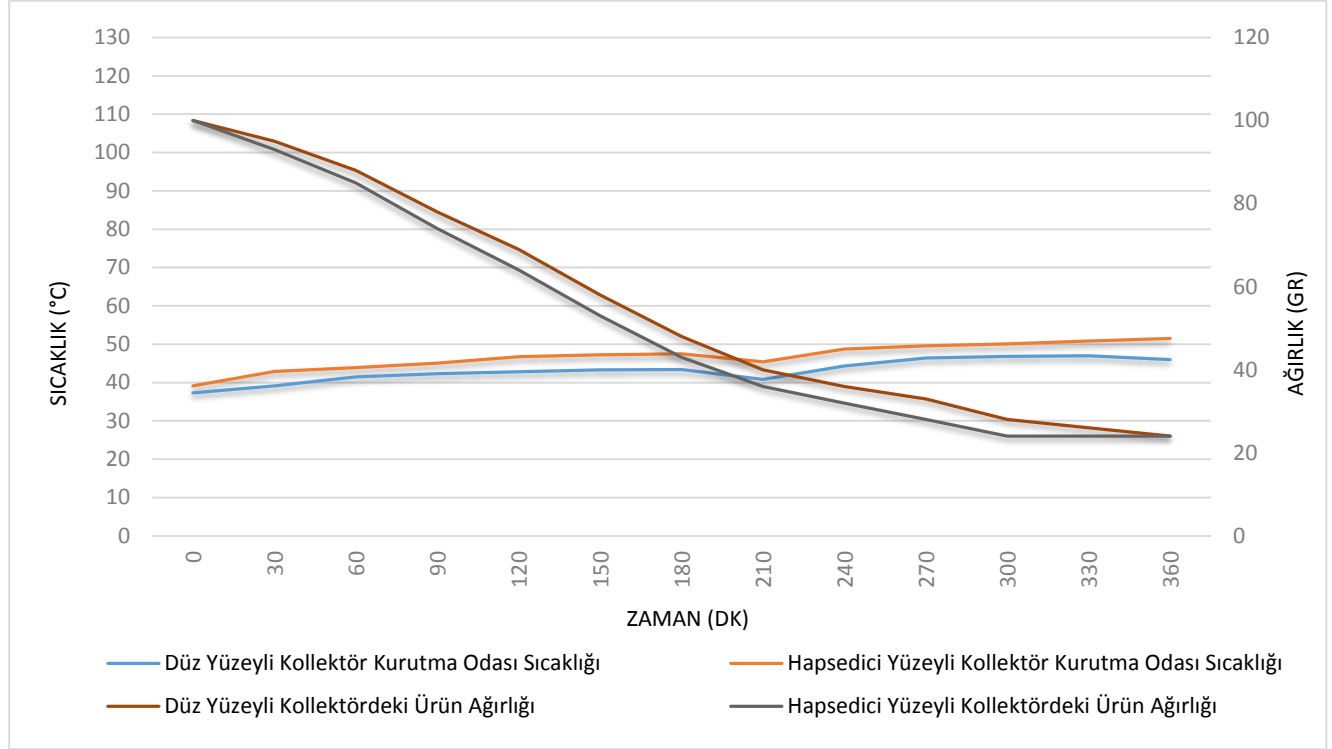
Şekil 4. 2,5 m/s hava hızında kayısının sıcaklık ve ağırlık-zaman grafiği



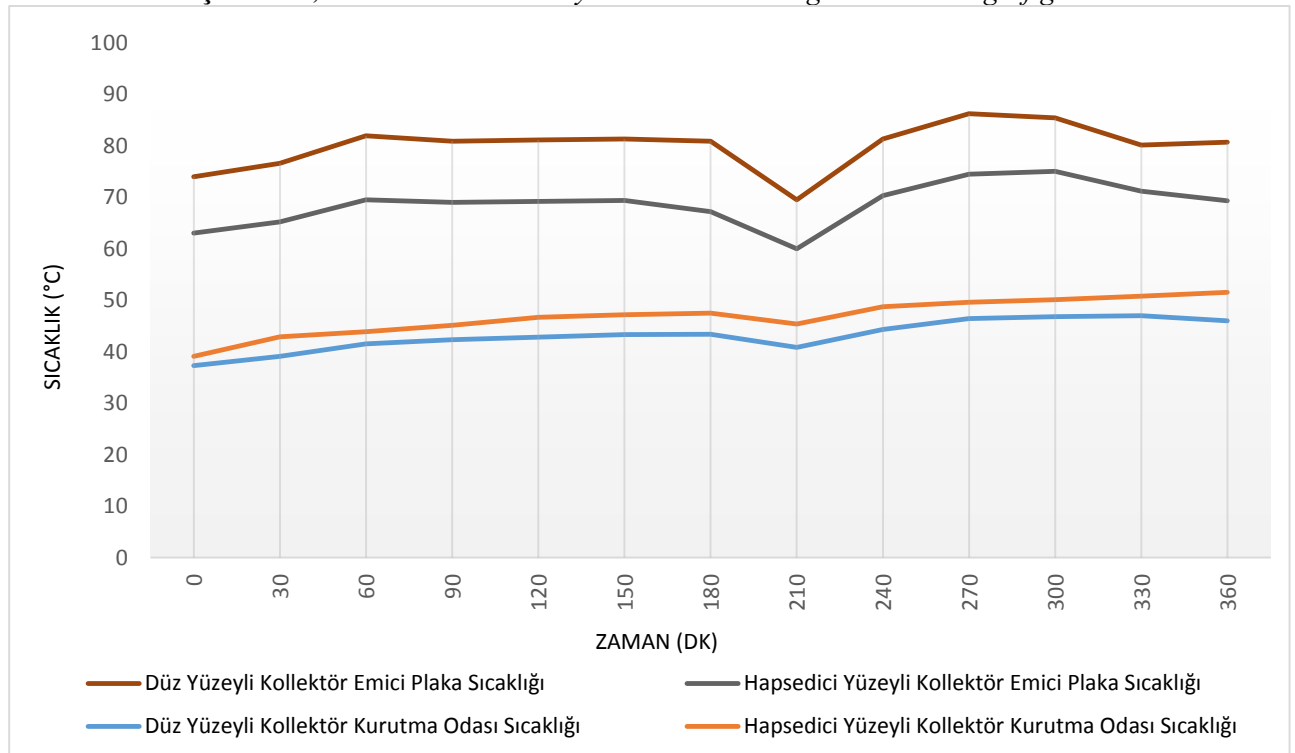
Şekil 5. 2,5 m/s hava hızında kayısının sıcaklık-zaman grafiği

Şekil 4'te 2,5 m/s hava hızında yapılan deneylerde hapsedici yüzeyle kurutma sistemindeki ürün ağırlığı düz yüzeyle sistemdeki kayısının ağırlığından daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun tam aksine kurutma odası sıcaklığı hapsedici yüzeyle sistemde daha fazladır. Deney başlangıcından 390 dakika sonra hapsedici yüzeyle kurutma sisteminde ürün ağırlığı 24 g, kurutma odası sıcaklığı 45 °C, düz yüzeyle kurutma sisteminde ürün ağırlığı 24 g ve kurutma odası sıcaklığı 43,8 °C olarak ölçülmüş ve deney sonlandırılmıştır. Emici plaka sıcaklığı incelendiğinde ise düz yüzeyle sistemin sıcaklığının hapsedici yüzeyle sistemin

sıcaklığından daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 5'te 2,5 m/s hava hızıyla yapılan deneyde en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı saat deney başlangıcından 210-240 dakika arasında ölçülmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında emici plaka yüzey sıcaklığı 70,7 °C iken kurutma odası sıcaklığı 50 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 91,4 °C iken 46,2 °C ölçülmüştür.



Şekil 6. 3,0 m/s hava hızında kayısının sıcaklık ve ağırlık – zaman grafiği

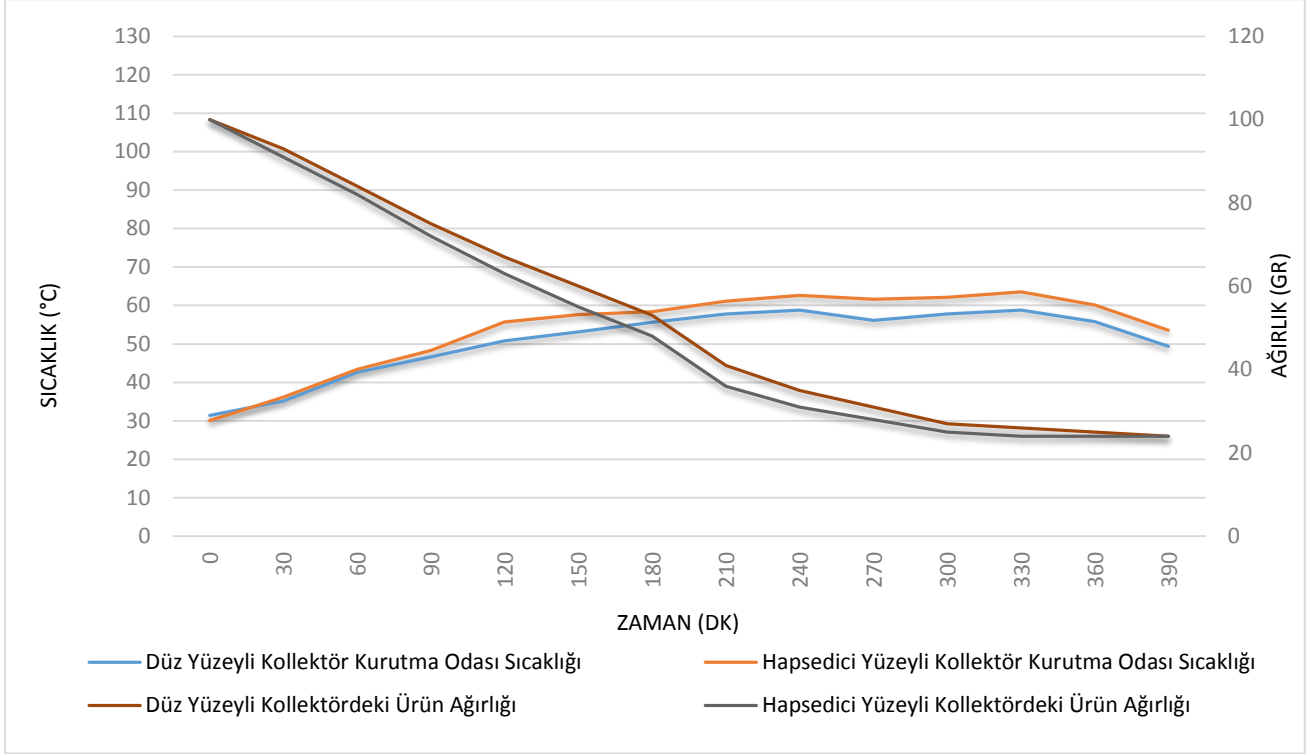


Şekil 7. 3,0 m/s hava hızında kayısının sıcaklık-zaman grafiği

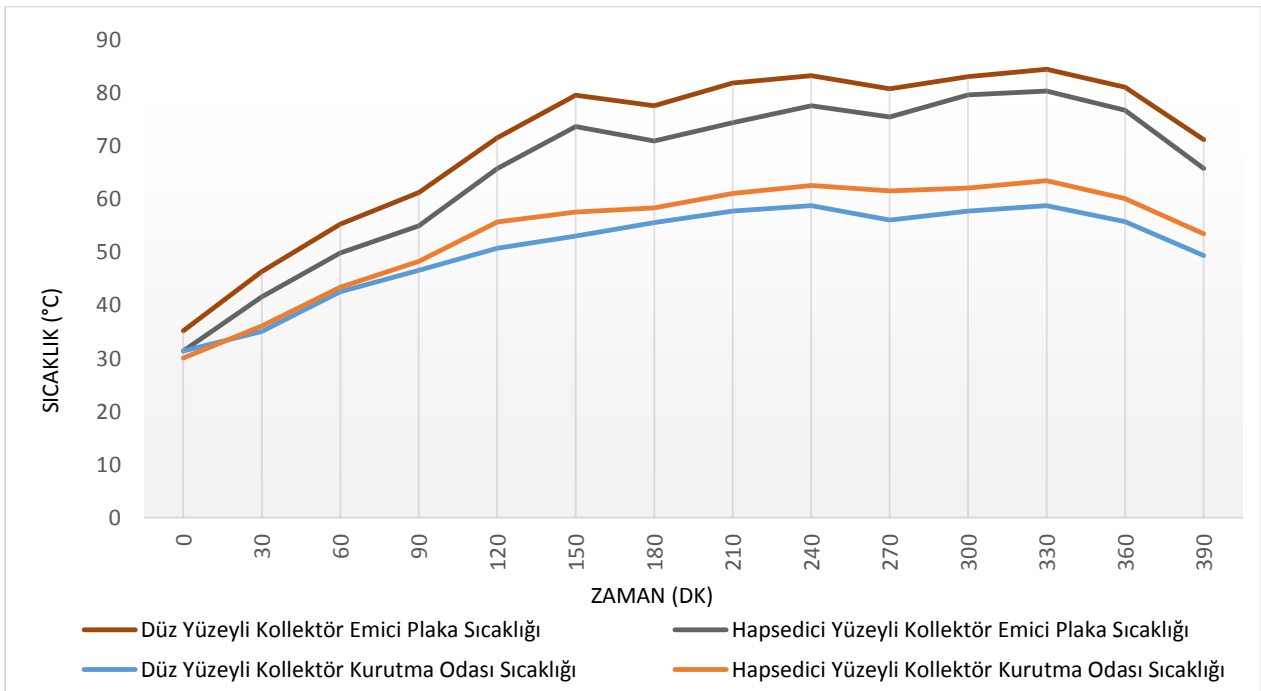
Şekil 6'da 3,0 m/s hava hızında yapılan deneylerde başlangıçtan 150 dakika sonra hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde kurutma odası sıcaklığı 43,3 °C ve ürün ağırlığı 58 g ölçülür iken düz yüzeyli kurutma



fırınında kurutma odası sıcaklığı 47,2 °C ve ürün ağırlığı 53 g ölçülmüştür. Ürün ağırlığı deney sonunda hem hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde hem de düz yüzeyli kurutma sisteminde 24 g'dır. Şekil 7'de 3,0 m/s hava hızıyla yapılan deneyde en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı deney başlangıcından 270 dakika sonra ölçülmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında emici plaka yüzey sıcaklığı 74,5°C iken kurutma odası sıcaklığı 49,6 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 86,2 °C iken 46,4 °C ölçülmüştür.



Şekil 8. 3,5 m/s hava hızında kayısının sıcaklık ve ağırlık – zaman grafiği



Şekil 9. 3,5 m/s hava hızında kayısının sıcaklık – zaman grafiği

Şekil 8’de 3,5 m/s hava hızında yapılan deneylerde deney başlangıcından 240 dakika sonra düz yüzeyli kurutma sisteminde kurutma odası sıcaklığı 58,8 °C ve ürün ağırlığı 35 g ölçülür iken hapsedici yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 62,6 °C ve ürün ağırlığı 31 g ölçülmüştür. Şekil 9’da en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı deney başlangıcından 330 dakika sonra ölçülmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında emici plaka yüzey sıcaklığı 80,4°C iken kurutma odası sıcaklığı 63,5 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 84,5 °C iken 58,8 °C ölçülmüştür.

Hapsedici yüzeyli kurutma sistemi ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ürün ağırlığı 24 g’a düşürüldüğünde kurutma odası sıcaklık ortalaması 50 °C’dir. Düz yüzeyli kurutma sistemi ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ise ürün ağırlığı 24 g’a düşürüldüğünde kurutma odası sıcaklık ortalaması 46,4 °C olarak belirlenmiştir. Düz yüzeyli kurutma sisteminin emici plaka yüzey sıcaklığı hapsedici yüzeyli kurutma sisteminin emici plaka yüzey sıcaklığından daha fazla olmasına rağmen kurutma odası sıcaklığı hapsedici yüzeyli kurutma sistemininkinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Şekil 10’da kayısının kurutulduktan sonraki görüntüsü görülmektedir.



**Şekil 10.** Kayısının kurutulduktan sonraki görüntüsü

## 5. SONUÇ (CONCLUSION)

Özel olarak tasarlanmış düz ve hapsedici yüzeye sahip güneş destekli kurutma sistemleri ile yapılan deneyler neticesinde düz yüzeyli kurutma sisteminde tüm hızlarda kurutma süresi 390 dakika sürerken hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde 2,5 ve 3,0 m/s hızlarında kurutma süresi 330 dakika, 3,5 m/s hızda 300 dakika sürdüğü sonucuna ulaşılmıştır. Hapsedici yüzeyli kurutma sisteminin, düz yüzeyli kurutma sistemine göre 2,5 ve 3,0 m/s hızlarda 60 dakika, 3,5 m/s hızda 90 dakika daha kısa sürede kurutma işlemini gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmada kurutma işleminde güneş enerjisi kullanılarak enerjiden tasarruf edilmiştir. İki sistem arasındaki performans farkları değerlendirilmiştir. Hapsedici yüzeyli kurutma sisteminin performansının daha iyi olduğu sonucu elde edilmiştir. Deneysel çalışmada hapsedici yüzeyli kurutma sisteminin gelen ışınımı daha çok absorbe ederek, ışıınımdan daha fazla faydalandığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca deneysel çalışmada kurutma havası hızı artırıldıkça kuruma süresinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma geliştirilerek bundan sonra yapılacak çalışmalara yardımcı olabilecektir. Kurutma sisteminde kullanılan fan için harcanan güç de güneş enerjisi yardımıyla elde edilerek enerji maliyetleri daha da düşürülebilir. Yapılan deney düzeneğinde kullanılan sistemler sabit açılı olarak montajı yapılmış sistemlerdir. Güneş takip sistemleri kullanılarak sistemin verimi ve performansı artırılabilir. Sistemde kullanılan kurutma havası taze havanın ön ısıtma işleminde kullanılarak sistemin verimi artırılabilir.

## SİMGELER (SYMBOLS)

$MC_{YA}$ :	Yaş maddeye göre ürün içerisindeki su miktarı [g su/g yaş madde]
$MC_{KA}$ :	Kuru maddeye göre ürün içerisindeki su miktarı [g su/g kuru madde]
$M_i$ :	Kurutmadan önce numune kütlesi, [g]
$M_e$ :	Kurutmadan sonra numune kütlesi, [g]
$M_o$ :	Numunenin başlangıç kütlesi [g]
$MR$ :	Nem oranı [%]

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] İsaeva, J. (2007). *Kayıpı Kurutmasının Deneysel ve Teorik Olarak Araştırılması*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 16.
- [2] Ceylan, İ., Doğan, H., Nem Kontrollü Kondenzasyonlu Kereste Kurutma Fırını, *II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi*, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 155-166, 2004.
- [3] Asma B. , (2000), *Kayıpı Yetiştiriciliği*, İnönü Üniversitesi Yayınları, Malatya
- [4] İpek B. , (2001), *Yeni Tasarlanan Havalı Kollektör Yardımı ile Elazığ Yöresi Kayıplarının Kurutulmasında, Kayıpı Yüzey Sıcaklığının Tespiti*, Malatya Meyvecilik Araştırma Enstitüsü yayınları.
- [5] Koç K., (2001), *Mikrodalga ve Endüstriyel Kurutma Metotlarının Kayısının Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.
- [6] Güner B., (1991), *Raf Tipi Güneşli Bir Meyve Kurutucunun Matematiksel Modellenmesi ve Optimizasyonu*, Tarımsal Mekанизasyon 13. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 451-460.
- [7] Mengeş H. , (1999), *Konya Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Meyvelerin Kontrollü Şartlar Altında Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [8] Sarsılmaz, C., Yıldız, C., Biçer, Y., (1998), *Elazığ İli Meteorolojik Şartlarının Sebze ve Meyve Kurutma Hızına Etkisi*, Harran Üniversitesi, Mühendislik Kongresi. Urfa, 309-316.
- [9] Ergün, A. , Ceylan, İ. , Acar, B. , Erkaymaz, H. (2017). *Energy, Exergy, Ann Analyses of Solar Assisted Fluidized Bed Dryer*, *Drying Technology*, 35 (14), 1711-1720.
- [10] Aktaş, M. , Ceylan, İ. , Ergün, A. , Gürel, A. E. , Atar, M. (2017). *Assesment of a Solar Assisted Infrared Timber Drying System*, *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 36 (6), 1875-1881.
- [11] Ceylan, İ. , Kaya, M. , Ergün, A. , Gürel, A. E. (2013). *Energy Analyses of a New Design of a Photovoltaic Cell Assisted Solar Dryer*, *Drying Technology*, 31 (3), 1077-1082.
- [12] Ashrae Temel El Kitabı Bölüm 10, *Tarım ürünlerinin kurutulmasında ve depolanmasında göz önüne alınacak fizyolojik etkenler*, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar, 10, 5, (1993).
- [13] Ochoa, M.R., Kessler, A.G., Pirone, B.N., Marquez, C.A., DE Michelis, A. (2002) *.Shrinkage During Convective Drying of Whole Rose Hip (Rosa Rubiginosa L.) Fruits*, *Lebensmittel–Wissenschaft und Technologie*, 35, 400–406.
- [14] Tübitak UME (2013). *Metroloji*, 53-69.
- [15] Kline S.J., McClintock F.A., (1953). *Describing Uncertainties in Single Sample Experiments*, *Mech Eng*, 75 (1), 3-8.
- [16] Türk Standardları Enstitüsü (2010). TS 791: Kayısı ,*TSE*, Ankara,1-9.