



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>

Güneş enerjisi destekli düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarının performanslarının kivi kurutarak karşılaştırılması

Comparison of performances of solar energy assisted drying ovens with flat and incarcerating surface for kiwi drying

Yazar(lar) (Author(s)): Halil İbrahim VARIYENLİ

ORCID: 0000-0001-6313-1786

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Variyenli H. İ., “Güneş enerjisi destekli düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarının performanslarının kivi kurutarak karşılaştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 21(3): 723-729, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.428011

Güneş Enerjisi Destekli Düz Ve Hapsedici Yüzeyle Kurutma Fırınlarının Performanslarının Kivi Kurutarak Karşılaştırılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Halil İbrahim VARIYENLİ

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

(Geliş/Received : 29.01.2018 ; Kabul/Accepted : 12.05.2018)

ÖZ

Bu çalışmada, düz ve hapsedici yüzeyle emici plakalı kurutma fırınları tasarlanmış, imal edilmiş ve performansları deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Deneylerde kivi kurutulmuştur. Kiviler, kabukları soyulduktan sonra 4 - 6 mm kalınlığında dilimlenerek 100 g olacak şekilde deneye hazırlanmıştır. Kurutma sisteminde kiviler başlangıç nem miktarından (0.83 g su/g yaş madde) son nem miktarına (0.056 g su/g yaş madde) kadar kurutulmuştur. Deneyler, 2.5 – 3.0 ve 3.5 m/s hava hızlarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde; düz yüzeyle kurutma fırınının kurutma odası ortalama sıcaklığı 41.6 °C iken hapsedici yüzeyle kurutma fırınının kurutma odası ortalama sıcaklığı 44.1 °C olarak tespit edilmiştir. Üç farklı hız ile yapılan deneylerde; düz yüzeyle kurutma fırınında kurutma süresi 390 dakika sürer iken hapsedici yüzeyle kurutma fırını ile yapılan deneylerde; 2.5 m/s’de kurutma süresi 390 dakika, 3.0 m/s’de kurutma süresi 360 dakika ve 3.5 m/s’de kurutma süresi 330 dakika sürmüştür. Hapsedici yüzeyle kurutma fırını, düz yüzeyle kurutma fırınına göre ortalama 30 dakika daha kısa sürede kurutma işlemini gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, düz ve hapsedici yüzey, kurutma fırını, performans.

Comparison Of Performances Of Solar Energy Assisted Drying Ovens With Flat And Incarcerating Surface For Kiwi Drying

ABSTRACT

In this study, drying ovens including absorbent plates with flat and repulsive surfaces were designed, manufactured and their performances were compared experimentally. Kiwi was dried in experiments. The kiwi were prepared for the experiment after their shells were stripped and then sliced to a thickness of 4 to 6 mm, as it will be 100 g. In the drying system, the kiwi was dried from the initial moisture content (0.83 g water / g wet matter) to the final moisture content (0.056 g water / g wet matter). Experiments were performed at air velocities of 2.5 - 3.0 and 3.5 m / s. In the experiments, the average temperature of the drying chamber of the flat surface drying oven was 41.6 °C, while the drying chamber of the incarcerating surface drying oven was 44.1 °C. In experiments conducted at three different velocities; the drying time in the flat surface drying oven was 390 minutes. However, in the experiments made with the incarcerating surface drying oven, drying time at 2.5 m / s, 3.0 m / s and 3.5 m / s air velocities were measured as 390, 360 and 330 minutes, respectively. It is concluded that the incarcerating surface drying oven performed an average of 30 minutes less drying time than the flat surface drying oven.

Keywords: Solar energy, flat and incarcerating surface, drying oven, performance

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tarım ürünlerinin kurutularak muhafaza yöntemi, insanın doğadan öğrendiği ve bu yüzden de ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Bu yöntem çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmektedir. Doğada kurutma güneş ışığı ile gerçekleşmekte olduğundan, kurutmanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması imkânsızdır. Kurutma, kısaca bir maddenin bünyesindeki suyun alınması olarak tanımlanır. Tarım kesimindeki ve gıda sanayindeki uygulamalarda uygun

bir yöntem ile ürünün bünyesinde taşıdığı suyun alınmasına, çıkarılmasına veya buharlaştırılmasına, böylece nem oranının düşürülmesine kurutma (dehidrasyon, evaporasyon) denir [1]. Belli bir süreçte ürünün kurutma değerlerine gelmesini sağlayan ve değişik birimlerden oluşan (ısıtma, nem alma) ünitelerin bütününe kurutma sistemi denir [2]. Endüstriyel bir iş olan kurutma işlemi kimya, tekstil, seramik, inşaat malzemeleri, kereste, kâğıt, gıda ve tarımsal ürünlerin kurutulması gibi birçok alanda oldukça geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Kurutma işlemini gerçekleştirmek için çok değişik tasarımlarda kurutucular endüstriyel alanda kullanılmaktadır [3].

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : halilv@gazi.edu.tr

Literatürde meyve ve sebzelerin kurutulması sırasında hava sıcaklığı, nem ve akış hızı gibi parametrelerin ve kurutulan materyale ait özelliklerin kuruma karakteristiklerine etkilerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Doğan ve Tuncer [4]; kırmızı- biberin, Vagenas ve Marinou [5]; kayısının, Kachru ve Singh [6]; yeşil fasulyenin, Madamba ve ark.[7]; sarımsağın, Sarsavadia ve ark. [8]; beyaz soğanın kuruma karakteristiklerini kurutma havasının farklı koşullarında incelemişlerdir. Maskan [9]; kivi meyvesinin sıcak hava ve mikrodalga ile kurutulması esnasındaki renk değişimini incelemiştir. Akpınar ve Biçer [10]; kabağın kuruma davranışını siklon tipi bir kurutucuda deneysel olarak incelemişlerdir. Velic, Planinic, Tomas ve Bilic [11]; tasarladıkları deney seti ile konveksiyon tipi bir kurutucuda kurutma havası hızının elmanın kurutulmasına etkisini araştırmışlardır. Kaya, Aydın ve Dinçer [12]; yaptıkları çalışmada kivi meyvesinin kuruma anındaki kütle ve ısı transferini incelemişlerdir. Darıcı ve Şen [13]; kurutma havası hızının kurumaya olan etkisini incelemek amacıyla 4 mm ve 6 mm kalınlığındaki kivi dilimlerini 60°C kurutma havası sıcaklığı ve %10 bağıl nemde 0,5, 1, 1,5 ve 2 m/s hava hızlarında kurutmuşlardır. Kurutma havası hızının 1 m/s'ye kadar olan değerlerinde kuruma süresinin artan hız ile azaldığı, 1 m/s'den daha büyük değerlerinde ise, kuruma süresinde önemli bir değişimin olmadığını belirlemişlerdir. Oríkasa ve diğerleri [14]; sıcak hava ile kurutma sırasında kivi meyvesinin kuruma karakteristiklerini belirlemişlerdir. 10 mm kalınlığında dilimlenmiş kivileri 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurularak L-askorbik asit değişimini incelemişlerdir. Sıcak hava ile kivi kurutulurken ayrışma için aktivasyon enerjisi 38,6 kJ/mol olarak belirlenmiştir. Aktaş ve Kara [15]; Güneş enerjili ve ısı pompalı bir kurutucu tasarlamış, imal etmiş ve kurutucuda dilimlenmiş kivi kurularak deneysel analizini yapmışlardır. Aynı zamanda, dalgalı kanatçıklı havalı güneş kolektörünün ortalama verimini % 56,7 olarak hesaplamışlardır. Bu deneysel çalışma ile kivi kurutulması için uygun kurutma havası sıcaklık değeri 50 °C olarak belirlenmiştir. Aktaş [16], güneş enerjisi ve ısı pompası destekli bir kurutucuda kırmızıbiber kurutulmasını deneysel olarak incelemiştir. Kurutma sisteminde kırmızıbiberler başlangıç nem miktarından (0,914 g su/g yaş madde) son nem miktarına (0,11 g su/g yaş madde) kadar kurutulmuştur. PID (oransal, integral ve türevsel) kontrollü kurutucuda güneş kolektörünü ön ısıtıcı olarak kullanmıştır. Deney sonuçlarına göre tüm sistem için ortalama ısıtma tesir katsayısı (COP_{wh}) 2,1, tüm sistem için özgül nem çekme oranı (SMER_{ws}) 0,18 kg/kWh olarak hesaplanmıştır.

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

2. TEORİK ANALİZ (THEORETICAL ANALYSIS)

2.1. Kuru Ağırlığın Belirlenmesi (Dry Weight Determination)

Deneye başlamadan önce kiviler kuru ağırlığı belirlenmek üzere hazırlanmıştır. Kivilerin kabukları soyulduktan sonra elde edilen kısım ortalama 4 – 6 mm kalınlığında dilimlenmiştir.

Etüv fırınında 30 dakikalık kurutma periyodları sırasında ağırlık değişimi 30 dakikada bir takip edilerek, en son iki ölçüm arasındaki fark % 1' den daha az olana kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Ağırlık değişimleri 30 dakikada bir takip edilerek, değerler kaydedilmiştir. Ölçümler Mettler Toledo marka dijital ağırlık ölçüm cihazı ile yapılmıştır. İki ölçüm arasındaki fark %1'den daha az olduğu durumda kiviler kuru kabul edilmiştir.

Kivilerin kuru esasa göre başlangıç nem miktarı Eş. 1'den ortalama olarak düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarında 4,88 g su/g kuru madde olarak belirlenmiştir.

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

Kivilerdeki yaş esasa göre hesaplanan nem miktarı için Eş. 2 kullanılır.

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

Kivilerdeki nem oranının hesaplanması için de Eş. 3 kullanılır [17].

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

2.2. İlk Nem Belirlenmesi (Determination of First Moisture)

Deney örneklerinden alınan yaklaşık 100 ±2 g ağırlığındaki kivi dilimleri nem tayin cihazına konularak 105 °C sıcaklıkta kurutulmuştur [19-21]. Kurutma işlemi boyunca üründeki ağırlık değişimleri yarım saat ara ile kaydedilmiştir. Son iki ölçüm arasındaki fark % 1'den daha az oluncaya kadar kurutma yapılmıştır. Kurutma işlemi üç kez tekrar edilmiş ve ürünlerin ilk nem değerleri belirlenerek ortalaması alınmıştır. Deneylerde yapılan ölçümler sonunda kivi meyvesinin ilk nemi yaş bazda % 83, kuru bazda 4,88 g su / g kuru madde olarak belirlenmiştir.

2.3. Belirsizlik Analizi (Uncertainty Analysis)

Deneyler sırasında ölçülen verilerinin doğruluğu önemlidir. Deneyler sırasında kullanılan her ölçüm cihazı belli hassasiyetlere sahiptir. Ölçüm esnasında, cihazların ölçüm hassasiyetlerinden kaynaklanan belirsizliklerin hesaplanması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan ölçüm cihazlarının hassasiyeti ve belirsizliği Çizelge 1'de verilmiştir. Belirsizlik analizi aşağıdaki Eş. 4 kullanılarak yapılmıştır [18].

$$W = [(x_1)^2 + (x_2)^2 + \dots + (x_n)^2]^{1/2} \quad (4)$$

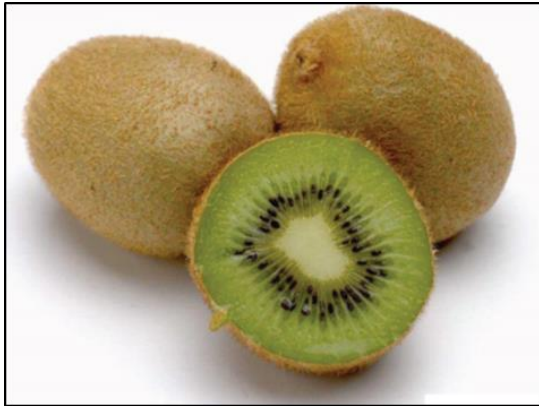
Çizelge 1. Ölçü aletlerinin hassasiyeti ve belirsizliği (Sensitivity and uncertainty of measurement devices)

Ölçülen özellikler	Marka	Hassasiyet	Belirsizlik
Sıcaklık	Elimko	$\pm 1^\circ\text{C}$	$\pm 0.91^\circ\text{C}$
Dijital Terazi	Mettler Toledo	$\pm 0.01\text{ g.}$	$\pm 0.52\text{ g}$
Hava hızı	Testo	$\pm 0.01\text{ m/s}$	$\pm 0.03\text{ m/s}$

3. MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHODS)

3.1. Deneylerde Kullanılan Ürün (Product Used in Experiments)

Deneylerde latince adı “Actinidia chinensis” olan ve Türkiye’de son yıllarda Artvin, Yalova, Adapazarı, Rize, Antalya civarında yetiştirilen kivi meyvesi kullanılmıştır. Kivinin yapısı Şekil 1’de görülmektedir. Kivi oldukça fazla potasyum, lif ve E vitamini içermektedir. A ve C vitaminleri ile potasyum açısından çok zengin bir meyve olan kivi, ayrıca kalsiyum, demir ve magnezyum gibi mineraller açısından da zengindir [18]. Besleyici değeri yüksek olan kivinin bir tanesi ile günlük A ve C vitamini ihtiyacı karşılanabilmektedir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan kivi (Kiwi used in experiments)

3.2. Kurutma Sistemi (Drying System)

İmalatı yapılan düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınları; fan, hassas terazi, termokupl, fan hızı ayarlayıcı ve sıcaklık ölçüm cihazından oluşmaktadır. Deney setleri Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınları (Straight and incarceration surface drying ovens)

Kurutma fırınlarının imalatında kullanılan ekipmanların özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Deney setlerinde düz ve hapsedici yüzeyli emici plakalı güneş kolektörleri kullanılmış olup kurutma havası güneş kolektörlerinden geçirilerek ısıtılma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2. Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde kullanılan malzeme ve cihazlar ve özellikleri (Materials and devices used in plain and repellent surface drying systems and their properties)

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 ² Tekli Teflon + Teflon + Eleman Teli 3m
Fan	57 W, 126 m ³ /h, 2750 rpm, 50 Hz, 220 V
Sıcaklık Ölçüm Cihazı	E-680, Tip K, -200°C – 1300 °C
Dijital Terazi	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 Method)

Deneylerde kullanılacak kiviler satın alındıktan sonra en az 24 saat boyunca + 9 °C’deki buzdolabında saklanmıştır. Daha sonra buzdolabından alınan meyveler ortam sıcaklığına gelene kadar yaklaşık 2 saat boyunca laboratuarda bekletilmiş ve ortamla ısıl dengeye gelmeleri sağlanmıştır. Böylece her deneyden önce kivi örnekleri için aynı başlangıç şartları gerçekleştirilmiştir. Kiviler özel bir mekanik kesici ile soyulmuş, daha sonra 4 – 6 mm kalınlıklarında dilimlenerek kurutma odasındaki tepsilere dizilmiştir. Şekil 3’te deney örneklerinin kurutulmadan önceki görünüşleri verilmiştir.



Şekil 3. Kivilerin deneye hazırlanışı (Preparing the kiwi for experiment)

İmalatı yapılan düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarının performans deneyleri 2.5 – 3.0 – 3.5 m/s hava hızlarında ve aynı koşullarda yapılmıştır.

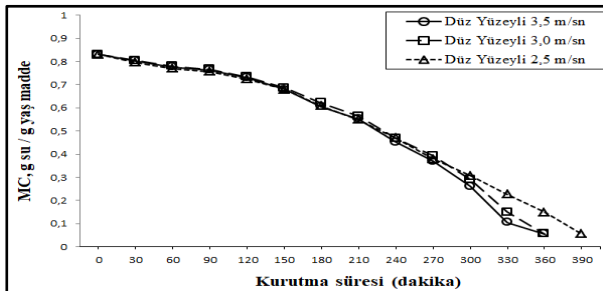
Kurutma işlemi esnasında aşağıda verilen kurutma sistemine ait etkenler her yarım saatte bir kaydedilmiştir.

- ✓ 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)

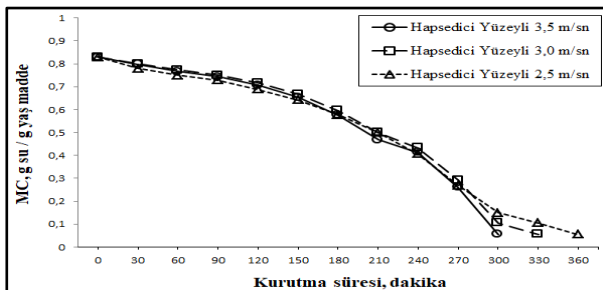
Kurutma işlemi sırasında kivi'deki ağırlık değişimi her yarım saatte bir ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

4. DENEY SONUÇLARI (EXPERIMENT RESULTS)

Yapılan deneylerin sonucunda kurutma işlemine başlamadan önce belirlenmiş olan kivilerin tam kuru madde miktarına göre düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarında kurutulan kivilerin nem değişimi Eşitlik 2'den hesaplanarak Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Aynı başlangıç nemindeki kiviler düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarında 3 farklı hızda kurutma işlemine tabii tutulmuştur.

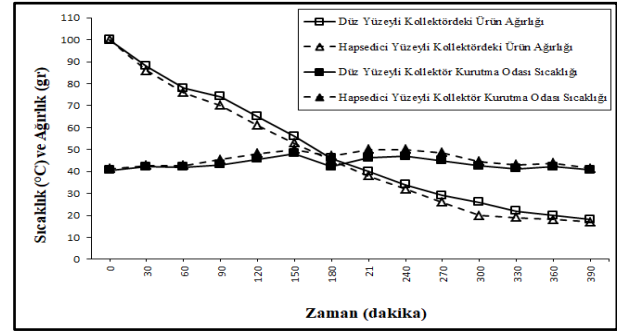


Şekil 4. Düz yüzeyli kurutma fırınında kivi'deki nem miktarının kurutma süresine bağlı olarak değişimi (Change in the amount of moisture in the kiwi depending on drying time in a flat surface drying oven)



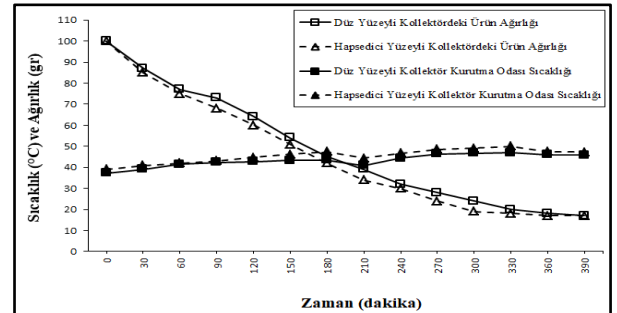
Şekil 5. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında kivi'deki nem miktarının kurutma süresine bağlı olarak değişimi (Change in the amount of moisture in the kiwi depending on the drying time in the drying oven with a incarcerating surface)

Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarında kurutma işlemi sonunda 2.5, 3.0, ve 3.5 m/s hızlarda yapılan deneylerde 0.056 g su / g yaş madde nem miktarına inilmiştir. Düz yüzeyli kurutma fırınında 2.5, 3.0 ve 3.5 m/s hızlarında kurutma süresi 390 dakika sürmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında ise 2.5 m/s hızda kurutma süresi 390 dakika, 3.0 m/s hızda 360 dakika ve 3.5 m/s hızda yapılan deneyde kurutma süresi 330 dakika sürmüştür.



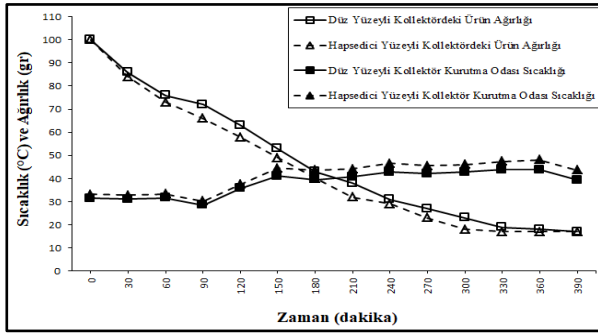
Şekil 6. 2.5 m/s hava hızında kivi'nin sıcaklık ve ağırlık - zaman grafiği (Temperature and weight - time graph of the kiwi at 2.5 m/s air velocity)

Şekil 6'da 2.5 m/s hava hızında yapılan deneylerde hapsedici yüzeyli kurutma fırınında saat 14.00'da kurutma odası sıcaklığı 50 °C ve ürün ağırlığı 32 g ölçülür iken düz yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 46.9 °C ve ürün ağırlığı 34 g ölçülmüştür. Saat 16.30'da hapsedici yüzeyli kurutma fırınında ürün ağırlığı 17 g, düz yüzeyli kurutma fırınında ürün ağırlığı 18 g ölçülmüş ve deney sonlandırılmıştır.



Şekil 7. 3.0 m/s hava hızında kivi'nin sıcaklık ve ağırlık - zaman grafiği (Temperature and weight - time graph of kiwi at an air velocity of 3.0 m/s)

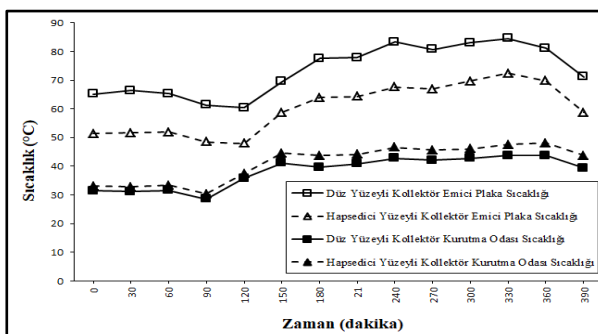
Şekil 7'de 3.0 m/s hava hızında yapılan deneylerde saat 14.00'de hapsedici yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 46.7 °C ve ürün ağırlığı 30 g ölçülür iken düz yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 44.3 °C ve ürün ağırlığı 32 g ölçülmüştür. Ürün ağırlığı hapsedici yüzeyli kurutma fırınında Saat 16.00'da 17 g iken düz yüzeyli kurutma fırınında saat 16:30'da 17 g ölçülmüş ve deney sonlandırılmıştır.



Şekil 8. 3.5 m/s hava hızında kivinin sıcaklık ve ağırlık – zaman grafiği (Temperature and weight - time graph of kiwi at 3.5 m/s air velocity)

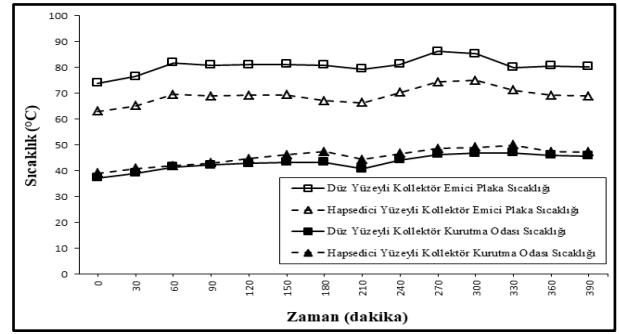
Şekil 8’de 3.5 m/s hava hızında yapılan deneylerde ise saat 14.00’de hapsedici yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 46.6 °C ve ürün ağırlığı 29 g ölçülür iken düz yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 42.8 °C ve ürün ağırlığı 31 g ölçülmüştür. Ürün ağırlığı hapsedici yüzeyli kurutma fırınında Saat 15.30’da 17 g iken düz yüzeyli kurutma fırınında saat 16:30’da 17 g ölçülmüş ve deney sonlandırılmıştır.

Hapsedici yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ürün ağırlığı 17 g’a düşürüldüğünde kurutma odası sıcaklık ortalaması 43.8 °C’dir. Düz yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ise ürün ağırlığı 17 g’a düşürüldüğünde kurutma odası sıcaklık ortalaması 41.6 °C olarak belirlenmiştir. Kurutma odası ortalama sıcaklıkları karşılaştırıldığında yaklaşık 2.2 °C sıcaklık farkı oluşmaktadır. Kivilerin ağırlığı 17 g’a hapsedici yüzeyli kurutma fırınında sırasıyla saat 15:30, 16.00 ve 16:30’da, düz yüzeyli kurutma fırınında ise üç hava hızında da 16.30’da düşürüldüğü tespit edilmiştir. 2.2 °C sıcaklık farkının 30 dakika zaman kazancına neden olduğu tespit edilmiştir.



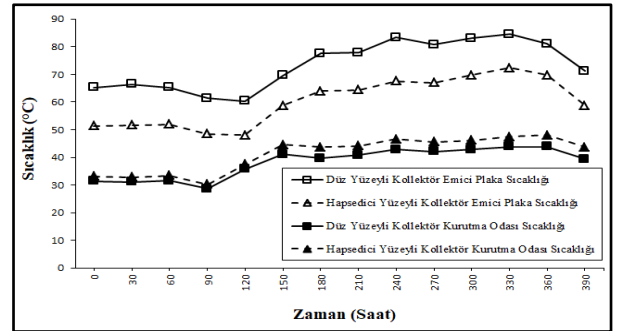
Şekil 9. 2.5 m/s hava hızında kivinin sıcaklık – zaman grafiği (Temperature-time graph of kiwi at 2.5 m / s air velocity)

Şekil 9’da 2.5 m/s hava hızıyla yapılan deneyde en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı saat 13.30’da 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 10. 3.0 m/s hava hızında kivinin sıcaklık – zaman grafiği (Temperature-time graph of kiwi at an air velocity of 3.0 m / s)

Şekil 10’da 3.0 m/s hava hızıyla yapılan deneyde en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı saat 14.30’da ölçülmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında emici plaka yüzey sıcaklığı 74.5°C iken kurutma odası sıcaklığı 48.6 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 86.2 °C iken 46.4 °C ölçülmüştür.



Şekil 11. 3.5 m/s hava hızında kivinin sıcaklık – zaman grafiği (Temperature-time graph of kiwi at 3.5 m / s air velocity)

Şekil 11’de 3.5 m/s hava hızıyla yapılan deneyde en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı saat 15:30’da ölçülmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında emici plaka yüzey sıcaklığı 72.4°C iken kurutma odası sıcaklığı 47.5 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 84.5 °C iken 43.8 °C ölçülmüştür.

Hapsedici yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda maksimum emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 74.3 °C iken kurutma odası sıcaklık ortalaması 49.4 °C’dir. Düz yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ise maksimum emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 87.4 °C iken kurutma odası sıcaklık ortalaması 46.3 °C olarak belirlenmiştir. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 24.9 °C iken düz yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 41.1 °C olduğu tespit edilmiştir. Düz yüzeyli kurutma fırınının emici plaka yüzey sıcaklığı hapsedici yüzeyli kurutma fırınının emici plaka yüzey sıcaklığından daha fazla olmasına rağmen kurutma odası sıcaklığı hapsedici yüzeyli

kurutma fırınından daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Şekil 12’de kiviinin kurutulmadan önceki ve kurutulduktan sonraki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 12. Kiviinin kurutulmadan önceki ve kurutulduktan sonraki görüntüsü (Image of kiwi before and after drying)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Tasarlanan, imal edilen ve deneysel olarak analizi yapılan, düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarında kivi kurutulmuş ve yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Kurutma sisteminde kiviler başlangıç nem miktarından (0.83 g su/g yaş madde) son nem miktarına (0.056 g su/g yaş madde) kadar kurutulmuştur. Deneyler, 2.5 – 3.0 ve 3.5 m/s hava hızlarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde; düz yüzeyli kurutma fırınının kurutma odası ortalama sıcaklığı 41.6 °C iken hapsedici yüzeyli kurutma fırınının kurutma odası ortalama sıcaklığı 44.1 °C olarak tespit edilmiştir. Üç farklı hız ile yapılan deneylerde; düz yüzeyli kurutma fırınında kurutma süresi 390 dakika sürer iken hapsedici yüzeyli kurutma fırını ile yapılan deneylerde; 2.5 m/s’de kurutma süresi 390 dakika, 3.0 m/s’de kurutma süresi 360 dakika ve 3.5 m/s’de kurutma süresi 330 dakika sürmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırını, düz yüzeyli kurutma fırınına göre ortalama 30 dakika daha kısa sürede kurutma işlemini gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

Üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda, hapsedici yüzeyli kurutma fırınının emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 65.2 °C, kurutma odası sıcaklık ortalaması ise 43.8 °C’dir. Düz yüzeyli kurutma fırının emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 78.9 °C, kurutma odası sıcaklık ortalaması ise 41.7 °C olarak belirlenmiştir. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 21.4 °C, düz yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 37.2 °C olduğu tespit edilmiştir. Düz yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı hapsedici yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığından 13.7 °C daha fazla olmasına rağmen ortalama kurutma odası sıcaklığının hapsedici yüzeyli kurutma fırınından 2.1 °C daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

- ✓ Tasarımı ve imalatı yapılan kurutma fırınlarında hava, güneş kolektöründe ısıtılarak kiviinin bağıl nemini düşürmüş ve böylece bünyesine nem alma kabiliyeti artırılmıştır. Bu da kurutma süresini kısaltmıştır.
- ✓ Yapılan duyu analizler sonucunda, her bir kurutma havası sıcaklığında kurutulmuş ürünlerin kurutma sonrası tadında ve renginde bir fark olmadığı görülmüştür.
- ✓ Soğuk hava depolarında saklanan yaş kivilerin teknik metotlar kullanılarak kurutulması ile soğuk hava depolarındaki enerji giderleri azalacak ve yer sorunu çözülebilecektir.
- ✓ Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda kurutma havasının sirkülasyonu için fanın harcamış olduğu enerji de güneş enerjisinden sağlanabilir.
- ✓ Sistemde kurutma havası ürün üzerinden geçirildikten sonra egzoz edilmiştir. Bu atık havanın ısı ile sisteme alınan taze hava ısıtılarak sistemde ısı verim artırılabilir.
- ✓ Güneş enerjisi destekli kurutma fırınlarının performansını artırabilmek için güneşi takip sistemli yapılmalı ve takip sistemi için gerekli olan enerji de yine güneş enerjisinden sağlanmalıdır.

6. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma, 07/2012-13 kodlu proje kapsamında Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

7. SEMBOLLER (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]
Mt: Kurutmadan önce numune kütlesi, [g]
Me: Kurutmadan sonra numune kütlesi, [g]
Mo: Numunenin başlangıç kütlesi [g]
MR: Nem oranı [%]

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Kadayıfçılar, S., Gıda Teknolojisi Makineleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Notu, Ankara, 143-153, 1982.
- [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] Mujumdar, A.S., *Handbook of Industrial Drying*, MarcelDekkerInc., New York, USA, 28-32, 1987.
- [4] Doğan, Z.S., Tuncer, K., “Kahramanmaraş Kırmızı Biberinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Saptanarak Doğal Koşullarda ve Plastik Örtü Altı Güneş Toplayıcılarıyla Kurutulması Üzerine Bir Araştırma”,

- Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 1-18, Adana, 1988.
- [5] Vagenas, G., Marinou-Kouris, D., "Drying Kinetics of Apricots", *Drying Technology*, 9: 735 – 752, 1991.
- [6] Kachru, R., Singh, K., "Drying Characteristics of Pretreated Green Gram (Phaseolus Aureus) Drying", *Proceeding of the 9th International Drying Symposium*, B: 10931104, 1994.
- [7] Madamba, P.S., Driscoll, R.H., Buckle, K.A., "The Thin-Layer Drying Characteristics of Garlic Slices", *Journal of Food Engineering*, 29: 75 – 97, 1996.
- [8] Sarsavadia, P.N., Sawhney, R.L., Pangavhane, D.R., Singh, S.P., "Drying Behaviour of Brined Onion Slices", *Journal of Food Engineering*, 40: 219-226, 1999.
- [9] Maskan, M., "Kinetics of Colour Change of Kiwi Fruits During Hot Air and Microwave Drying", *Journal of Food Engineering*, 48: 169175, 2001.
- [10] Akpınar, E.K., Biçer Y., "Siklon Tipi Bir Kurutucuda Kabağın Kuruma Davranışının İncelenmesi", *G. Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 16: 159-169, 2003.
- [11] Velic, D., Planinic, M., Tomas, S., Bilic, M., "Influence of Airflow Velocity on Kinetics of Convection Apple Drying", *Journal of Food Engineering*, 64: 97–102, 2004.
- [12] Kaya, A., Aydın, O., Dinçer, İ., "Experimental and Numerical Investigation of Heat and Mass Transfer During Drying of Hayward Kiwi Fruits (Actinidia Deliciosa Planch)", *Journal of Food Engineering*, 88: 323–330, 2008.
- [13] Darıcı, S., Şen, S., "Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi" *X. Ulusal Tesisat Müh. Kongresi*, İzmir, 13-16 Nisan 2011.
- [14] Orikasa, T., Wu, L., Shiina, T., Tagawa A., "Drying Characteristics of Kiwifruit During Hot Air Drying", *J. of Food Eng.*, 85: 303-308, 2008.
- [15] Aktaş, M., Kara M.Ç., "Güneş Enerjisi ve Isı Pompalı Kurutucuda Dilimlenmiş Kivi Kurutulması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(4): 733-741, 2013.
- [16] Aktaş, M., "Güneş Enerjisi ve Isı Pompası Destekli Bir Kurutucuda Kırmızıbiber Kurutulmasının Deneysel İncelenmesi", *Politeknik Dergisi*, 13(1): 1-6, 2010.
- [17] Ashrae Temel El Kitabı Bölüm 10, "Tarım ürünlerinin kurutulmasında ve depolanmasında göz önüne alınacak fizyolojik etkenler", *Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar*, 10: 5, (1993).
- [18] ÖZDEMİR, M.B., ÖZKAYA, M.G., "Ankara İli Şartlarında Düşey Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi", *Politeknik Dergisi*, 18(4): 269-280, 2015.
- [19] Yağcıoğlu, A., "Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği", *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 536, İzmir, 1999.
- [20] AOAC, "Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists", 14th Ed., Arlington: Virginia, USA, 1984.
- [21] Ochoa, M.R., Kessler, A.G., Pirone, B.N., Marquez, C.A., DE Michelis, A., "Shrinkage During Convective Drying of Whole Rose Hip (Rosa Rubiginosa L.) Fruits", *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 35: 400–406, 2002.