

DÜZ VE HAPSEDİCİ YÜZEYLİ KURUTMA FIRIN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Halil İbrahim VARIYENLİ

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknikokullar ANKARA

M. Bahadır ÖZDEMİR

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknikokullar ANKARA

M. Galip ÖZKAYA

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknikokullar ANKARA

Faruk KILIÇ

Gazi Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, ANKARA

Halit KAÇMAZ

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Teknikokullar ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada, düz ve hapsedici yüzeyli emici plakalı kurutma fırınları imal edilmiş ve performansları deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Deneylerde; kırmızıbiber kurutulmuştur. Kırmızıbiberler, saplarından arındırılarak tohum evleri temizlendikten sonra 4 mm kalınlığında boy boy dilimlenerek 100 g olacak şekilde deneye hazırlanmıştır. Deneyler; 2,5 - 3,0 ve 3,5 m/s hava hızları kullanılarak yapılmıştır. Kırmızıbiberler kurutma odası sıcaklığı ortalama 50°C sıcaklığında olup 360 dakika kurutularak yapılmıştır.

Hapsedici yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 76,3 °C iken kurutma odası sıcaklık ortalaması 55,3 °C'dir. Düz yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ise maksimum emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 89,3 °C iken kurutma odası sıcaklık ortalaması 53,6 °C olarak belirlenmiştir. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 21 °C iken düz yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 35,7 °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 gözlenmiştir.

Deney sonucunda elde edilen verilerden hapsedici yüzeyli kurutma fırının performansının düz yüzeyli kurutma fırının performansından daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, düz ve hapsedici yüzey, kurutma performansı

COMPARISON PERFORMANCE OF FLAT SURFACE DRYING OWEN WITH PERFORMANCES PERFORMANCE OF ABSORBER SURFACE

ABSTRACT

In this study, flat-plate and incarcerating surfaces absorbing-plate drying ovens are manufactured and also their performances are compared experimentally. In these experiment; red pepper are dried. In the aftermath of cleaning the red pepper's scrapes and its seed houses. They are prepared to experiments as 100 g weight, 4-5 mm thickness and sliced lengthwise. The experiments are carried out at 2,5-3,0 and 3,5 m/s air velocities. Red pepper drying experiment are realized at average 50 °C drying room temperature and takes up 360 minutes.

As the result of experiments conducted at three different speeds while the average surface temperature of the absorber plate is 76.3 °C, the average temperature of the drying room is 55,3 °C. While the maximum average surface temperature of the absorber plate is 89,3 as a result of the experiments which have been done in the flat surfaced drying oven at three different speed, it is determined as 53,6 °C. While the difference between average absorber plate surface temperature of drying oven with incarcerating surface and average drying room temperature was 21°C, the difference between average absorber plate surface temperature of flat-plate drying room temperature was found to be 35,7°C. Although the absorber plate surface temperature of the flat plate drying oven is higher than the absorber plate surface temperature of the incarcerating surface drying room, it was observed that the drying room temperature was less than the incarcerating surface drying room.

From the data as a result of experiments the performance of incarcerating surface drying oven has been found to be better than the performance of the drying oven with flat surface.

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

1. GİRİŞ

Tarım ürünlerinin kurutulularak 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 kuruma güneş ışığı ile gerçekleşmekte olduğundan, kurumanın 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).

Gıda maddelerine uygulanan kurutmanın birçok amacı olup, bunlardan en önemlisi, uzun süreli depolamalarda ürünün bozulmasını önlemektir. Kurutma işlemi uzun süreli depolamalarda ürünün bozulmadan kalmasını ürünün nemini mikrobiyal gelişme veya diğer reaksiyonları sınırlayacak yeterli seviyeye düşürerek sağlar. Buna ek olarak nem miktarının düşürülmesi ile aroma ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin muhafazası da sağlanmaktadır.

Kurutma işleminin diğer amacı ürün hacmini azaltarak, gıda maddesinin önemli bileşenlerinin taşınmasında ve depolanmasında verimliliği arttırmaktır (4).

Gıda maddelerinden meyve ve sebzelere kurutma işlemi yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu çerçevede, ülkemizde biber işleme tesislerinde kurutma temel işlemler arasında yer alır. Türkiye yılda 1390000 ton kırmızıbiber üretimi ile tek başına dünya üretiminin %10'unu karşılamaktadır. Kırmızıbiber yurdumuzun bütün bölgelerinde yetişmektedir. Türkiye'de beş değişik biber çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Kayseri, Bursa, Bilecik ve Gaziantep'te üretilenler toz ve pulbiber üretiminde son derece uygundur (5).

Literatürde kırmızıbiber kurutulması ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Akpınar, kırmızıbiber dilimlerinin ince tabaka kurutma işleminin enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Araştırmada, konvektif tip kurutucuda 55 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklık değerlerinde ve 1,5 m/s hava hızında kurutma işlemi gerçekleştirmiştir. Termodinamiğin I. kanunu kullanılarak enerji analizi ve termodinamiğin II. kanunu uygulanarak ekserji analizi yapılmıştır (6).

Koç vd. kırmızıbiber kurutmada kullanılan güneş enerjili bir kurutucu performansı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Açıkta kurutulan biberlerin toplam 37 saatte ilk ağırlıklarının %14'üne, buna karşın kurutucu içerisinde kurutulan biberlerin ilk ağırlığının %20'sinin altına düşmesi 46 saat sürmüştür. Yapmış oldukları çalışmada açık havada hızlı kurutma olmasına karşın, L-askorbik asit (C vitamini) ve renk seviyeleri incelendiğinde kurutucu ile kurutulan biberlerde elde edilen değerler açıkta kurutulan biberlerden daha yüksek olmuştur (Koç vd, 2004). Onat, havalı güneş kolektörü ile kırmızıbiber kurutmuştur. Çalışmasında, kırmızıbiber için kurutmasüresini etkileyen temel faktörlerin kurutma havası sıcaklığı ve bağıl nemi olduğunu çok az miktarda da hava hızının etkisinin olduğunu belirtmiş(7).

Makaracı, farklı kurutma yöntemlerinin kırmızıbiberlerde aflatoksin oluşumu üzerine etkisini incelemiştir. Yapmış olduğu çalışmada kırmızıbiberleri açık havada, fırında ve mikrodalga fırında kurutmuştur. Aflatoksin analizlerinde yapmış olduğu hiçbir kurutma yönteminde aflatoksine rastlamamıştır (Makaracı, 2006) (8).

Yüksek su aktivitesi ve dolayısıyla nemden dolayı oluşan aflatoksin gıdalarda kansorejen bir etki oluşturmaktadır. Dolayısıyla kırmızıbiberleri kısa sürede, kaliteli ve kontrollü bir şekilde kurutabilmek için yeni bir sistem tasarımına gidilmiştir. Daha az enerji maliyeti ile kontrollü, ilk yatırım maliyeti düşük, kurutma fırını ihtiyacı içerisinde olan üreticiye hitap edebilecek güneş enerjisi ve ısı pompası destekli bir sistem imal edilmiş ve kırmızıbiber kurutulmasında deneysel olarak analiz edilmiştir.

2. TEORİK ANALİZ

2.1. KURU AĞIRLIĞIN BELİRLENMESİ

Deneye başlamadan önce kırmızıbiberler kuru ağırlığı belirlenmek üzere hazırlanmıştır. Kırmızıbiberlerin sap, tohum ve tohum evleri alındıktan sonra elde edilen etli kısım ortalama 4-5 mm kalınlığında boy boy dilimlenmiştir.

Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma 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 kırmızıbiberler kuru kabul edilmiştir.

Kırmızıbiberlerin kuru esasa göre başlangıç nem miktarı Eş. 2.1'den ortalama olarak düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarında 8,09 g su/g kuru madde olarak belirlenmiştir.

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

Kırmızıbiberlerdeki yaş esasa göre hesaplanan nem miktarı için;

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

eşitliğinden faydalanılır (9).

Kırmızıbiberlerdeki nem oranının hesaplanması için de Eş. 2.3 kullanılır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (2.3) \text{ 3. MATERYAL VE METOD}$$

3.1. KURUTMA SİSTEMİ

İmalatı yapılan düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınları, fan, hassas terazi, termokupl, fan hızı ve sıcaklık ölçüm cihazından oluşmaktadır. Deney setleri Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınları

Kurutma fırını içerisindeki kırmızıbiberlerin nemi güneş kolektöründen aldığı ısı ile buharlaşarak kurutma havasına karışacaktır.

Kurutma fırınlarının imalatında kullanılan ekipmanların özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Deney setlerinde düz ve hapsedici yüzeyli emici plakalı güneş kolektörleri kullanılmış olup kurutma havası güneş kolektörlerinden geçirilerek kurutma havasının ısıtılması sağlanmıştır.

Tablo 1. Düz ve hapsedici yüzeyli kurutma sisteminde kullanılan cihazlar

Kullanılan Cihazlar	Özellikleri
Düz yüzeyli kurutma fırını	0,50 mm et kalınlığında yüzeyi mat siyah boyalı düz yüzeyli bakır emici plaka
Hapsedici yüzeyli kurutma fırını	0,50 mm et kalınlığında yüzeyi mat siyah boyalı güneş ışınlarını hapsedici yüzeyli bakır emici plaka
Termokupl	E-0.5T2KTTEANiCr-Ni2x0.5mm2 TekliTeflon+Teflon+Eleman Teli 3mt
Fan	57 W, 126 m ³ /h, 2750 rpm, 50 Hz, 220 V
Sıcaklık Ölçüm Cihazı	E-680, TipK, -200°C – 1300 °C
Dijital Terazı	Mettler Toledo, Excellence XS6002Smodel, en yüksek ölçülecebilecek miktar6100 g, ölçüm hassasiyeti 0,01 g.
Hava hızı ve sıcaklık ölçüm cihazı	Testo, sıcaklık -20,+70 °C, hız 0-20 m/sölçüm hassasiyeti 0,01 m/s, 0.1°C,heatedwire, NTC sensör

3.2. KIRMIZIBİBERİN KURUTULMASI

Kırmızıbiberin kurutulmasında iki türlü kontrol yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi, ağırlık değişimine bağlı olarak ürünlerdeki nem kontrolü, ikincisi de kurutması sırasında ve sonrasında duysal kontroldür. Biberler saplarından arındırılıp tohum evleri temizlendikten sonra ortalama 4-5 mm kalınlığında boy boy dilimlenir. Taze kırmızıbiberlerin sap, tohum ve tohum evleri alındıktan sonra elde edilen ortalama etli kısım %69-74, kuru kırmızıbiberlerde ise %49-55, arasında değişmektedir.

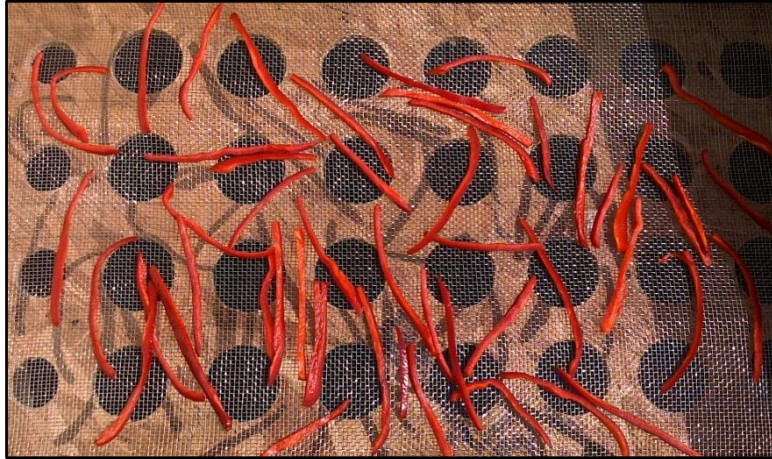
Tohum ve sap oranının düşük olması, kuru biberlerin yaprak ve toz biber üretiminde randıman değerlerinin artmasında önemli rol oynamaktadır (10).

Kurutma sonrası duyuusal kontrolde biberlerdeki renk değişimi göz ile görülebilmektedir. Ağırlık değişimine göre ürünlerdeki nem kontrolünün belirlenebilmesi için kuru ağırlığının bulunması gerekir. Kurutma işleme başlanmadan önce biberler 70 ± 1 °C' de sabit tutulan bir fırında belirli aralıklarla tartılarak kurutulur, birbirini takip eden iki ölçüm sonunda ağırlığın %1'den az olması durumunda biberler kuru sayılır (11).

3.3. DENEYSSEL YÖNTEM

Kırmızıbiberler saplarından arındırılıp tohum evleri temizlendikten sonra ortalama 4-5 mm kalınlığında boy boy dilimlenmiştir.

Başlangıç nem miktarları belirlenmiş olan kırmızıbiberler, 100'er g. Tartılarak düz ve hapsedici yüzeyli kurutucuda kurutma odasına yerleştirilerek, kurutma işleme hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2. Kırmızıbiberlerin deneye hazırlanışı

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.

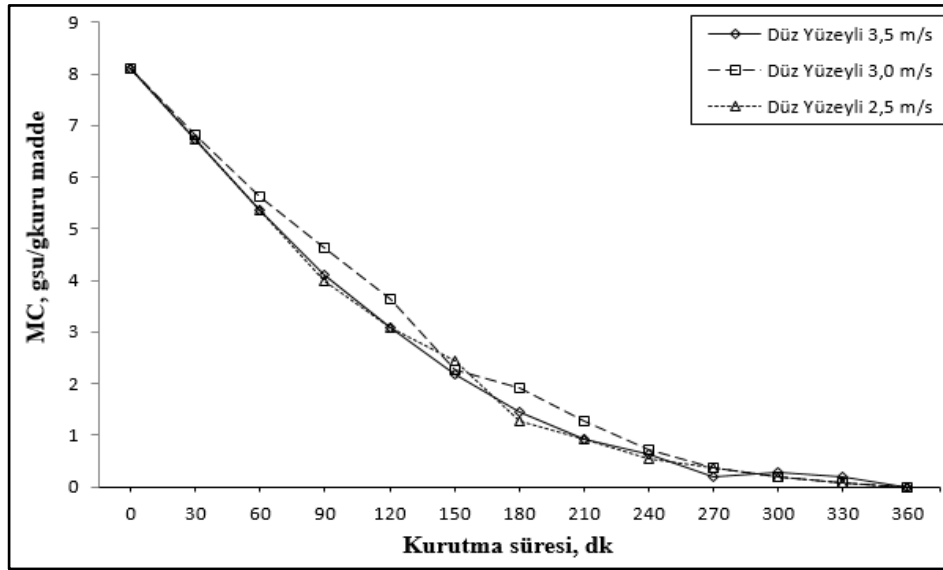
- ✓ Dış hava sıcaklığı (°C)

- ✓ Ürün ağırlığı (gr)
- ✓ Kurutma odasında ölçülen hava sıcaklığı (°C)
- ✓ Kurutma odasındaki havanın hızı (m/s)
- ✓ Kollektör çıkış sıcaklığı (°C)

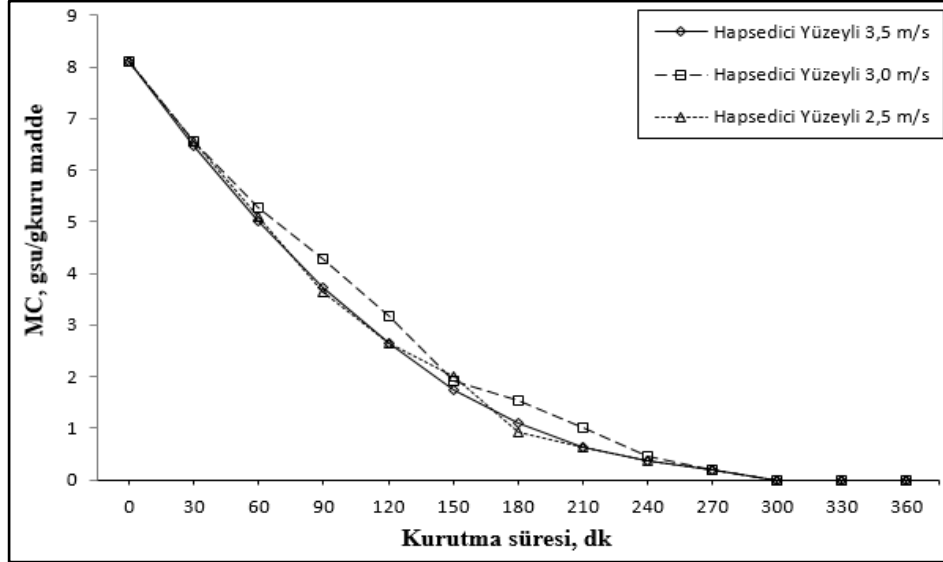
Kurutma işlemi sırasında kırmızı biberlerdeki ağırlık değişimi her yarım saatte bir ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

4. DENEY SONUÇLARI

Eşitlik 2.1'den kırmızı biberlerin kuru madde miktarına göre nem değişimi hesaplanmıştır. Elde edilen veriler Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir.

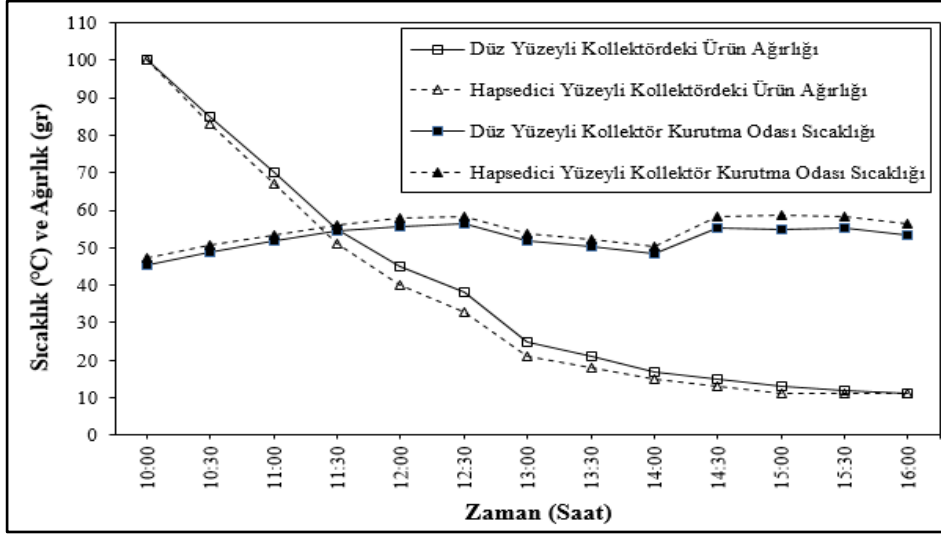


Şekil 3. Düz yüzeyle kurutma fırınında nem miktarının kurutma süresine bağlı olarak değişimi



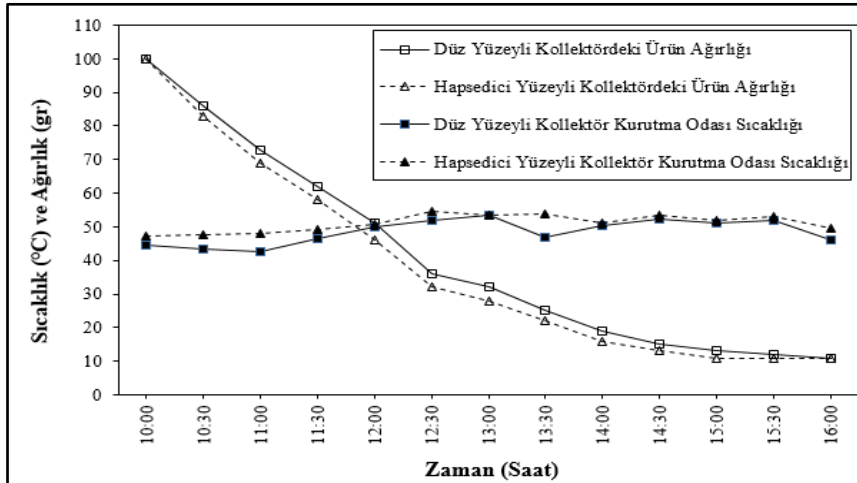
Şekil 4. Hapsedici yüzeyle kurutma fırınında nem miktarının kurutma süresine bağlı olarak değişimi

Aynı başlangıç nemindeki kırmızıbiberler düz ve hapsedici yüzeyle kurutma fırınlarında üç farklı hızda kurutma işlemine tabii tutulmuştur. 360 dakika süren kurutma işlemi sonunda düz yüzeyle kurutma fırınında 2,5 - 3,0 m/sn hızda 0,09 gsu/gkuru madde ve 3,5 m/sn hızda 0,18 gsu/gkuru madde nem miktarına inilmiştir. Hapsedici yüzeyle kurutma fırınında ise 2,5 - 3,0 -3,5 m/s hızda 0,18 gsu/gkuru madde nem miktarına inilmiştir.



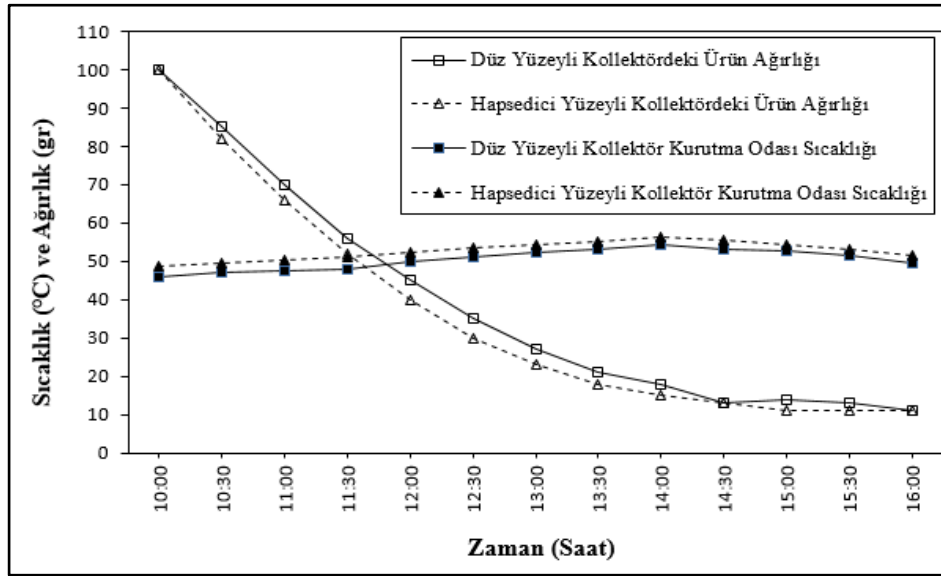
Şekil 5. 2,5 m/sn hava hızında kırmızı biberin sıcaklık ve ağırlık – zaman grafiği

Şekil 5'te 2,5 m/s hava hızında yapılan deneyde hapsedici yüzeyli kurutma fırınında saat 15:00'da kurutma odası sıcaklığı 58,6 °C ve ürün ağırlığı 11g ölçülür iken düz yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 55 °C ve ürün ağırlığı 13 gr ölçülmüştür. Saat 16:00'da ise her iki kurutma fırınında ürün ağırlıkları 11 g ölçülmüş ve deney sonlandırılmıştır.



Şekil 6. 3,0 m/sn hava hızında kırmızı biberin sıcaklık ve ağırlık – zaman grafiği

Şekil 6'te 3,0 m/s hava hızında yapılan deneyde hapsedici yüzeyli kurutma fırınında saat 15:00'da kurutma odası sıcaklığı 52 °C ve ürün ağırlığı 11g ölçülür iken düz yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 51,2 °C ve ürün ağırlığı 13 g ölçülmüştür. Saat 16:00'da ise her iki kurutma fırınında ürün ağırlıkları 11 g ölçülmüş ve deney sonlandırılmıştır.

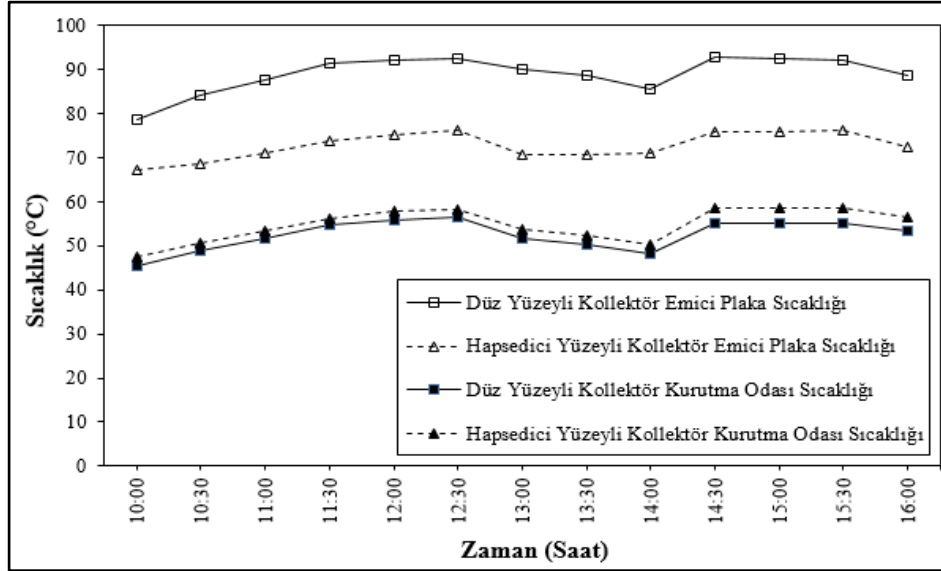


Şekil 7. 3,5 m/s hava hızında kırmızı biberin sıcaklık ve ağırlık – zaman grafiği

Şekil 7'de 3,5 m/sn hava hızında yapılan deneyde ise hapsedici yüzeyli kurutma fırınında saat 15:00'da kurutma odası sıcaklığı 54,3 °C ve ürün ağırlığı 11 g ölçülür iken düz yüzeyli kurutma fırınında kurutma odası sıcaklığı 52,6 °C ve ürün ağırlığı 14 g ölçülmüştür. Saat 16:00'da ise her iki kurutma fırınında ürün ağırlıkları 11 g ölçülmüş ve deney sonlandırılmıştır.

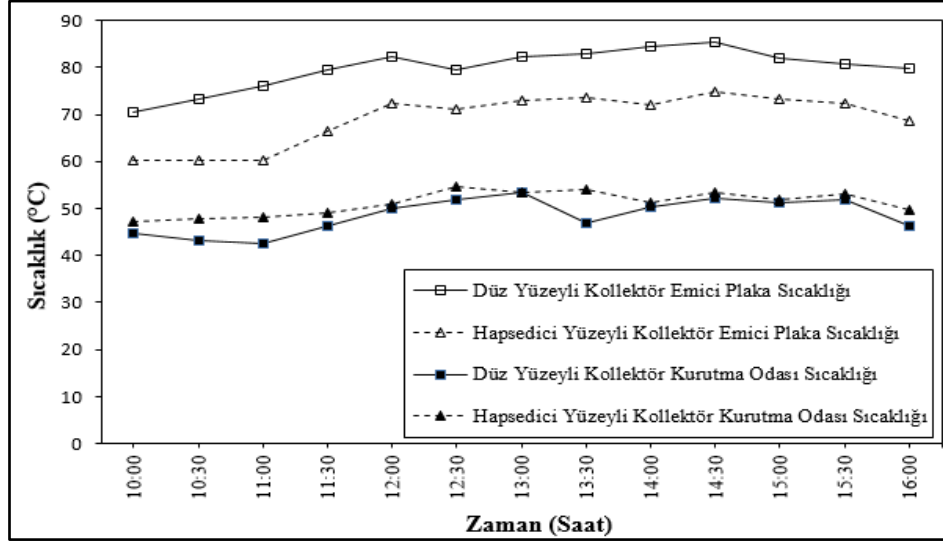
Hapsedici yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ürün ağırlığı 11 gr'a düşürüldüğünde kurutma odası sıcaklık ortalaması 55,9 °C'dir. Düz yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ise ürün ağırlığı 11 g'a düşürüldüğünde ise kurutma odası sıcaklık ortalaması 49,7 °C olarak belirlenmiştir. Kurutma odası sıcaklıkları karşılaştırıldığında yaklaşık 6 °C sıcaklık farkı oluşmaktadır. Kırmızı biberlerin ağırlığı 11 g'a hapsedici yüzeyli kurutma fırınında saat 15:00'da, düz yüzeyli

kurutma fırınında ise 16:00'da düşürüldüğü tespit edilmiştir. 6 °C sıcaklık farkının 60 dakika zaman kazancına neden olduğu tespit edilmiştir.



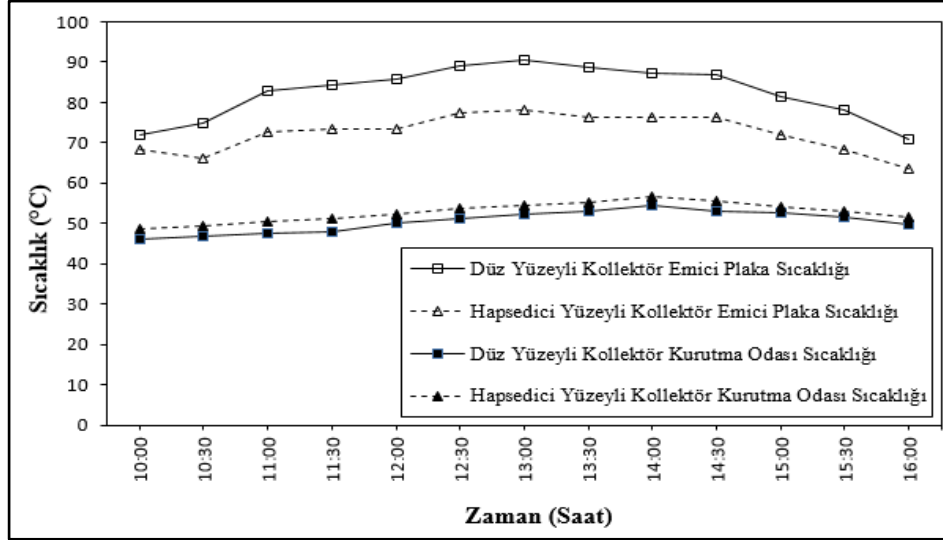
Şekil 8. 2,5 m/s hava hızında kırmızıbiberin sıcaklık – zaman grafiği

Şekil 8'de 2,5 m/s hava hızıyla yapılan deneyde en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı saat 12:30'da ölçülmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında emici plaka yüzey sıcaklığı 76,2 °C iken kurutma odası sıcaklığı 58,2 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 92,5 °C iken 56,4 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 9. 3,0 m/s hava hızında kırmızı biberin sıcaklık – zaman grafiği

Şekil 9'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 74,7°C iken kurutma odası sıcaklığı 53,3 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 85,2 °C iken 52,3 °C ölçülmüştür.



Şekil 10. 3,5 m/s hava hızında kırmızı biberin sıcaklık – zaman grafiği

Şekil 10'da 3,5 m/s hava hızıyla yapılan deneyde en yüksek emici plaka yüzey sıcaklığı saat 13:00'de ölçülmüştür. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınında emici plaka yüzey sıcaklığı 78,2°C iken kurutma odası sıcaklığı 54,5 °C ve düz yüzeyli kurutma fırınında ise emici plaka yüzey sıcaklığı 90,4 °C iken 52,3 °C ölçülmüştür.

Hapsedici yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda maksimum emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 76,3 °C iken kurutma odası sıcaklık ortalaması 55,3 °C'dir. Düz yüzeyli kurutma fırını ile üç farklı hızda yapılan deneyler sonucunda ise maksimum emici plaka yüzey sıcaklık ortalaması 89,3 °C iken kurutma odası sıcaklık ortalaması 53,6 °C olarak belirlenmiştir. Hapsedici yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 21 °C iken düz yüzeyli kurutma fırınının ortalama emici plaka yüzey sıcaklığı ile ortalama kurutma odası sıcaklık farkı 35,7 °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 11'de

kırmızıbiberlerin kurutulmadan önce ve kurutulduktan sonraki durumları görülmektedir.



Şekil 11. Kırmızıbiberin kurutulmadan önceki ve kurutulduktan sonraki görüntüsü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

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

- ✓ Dışarıdan taze hava alınarak yapılan kurutmada hava, güneş kolektöründe ısıtılarak bağıl nemi düşmüş ve böylece bünyesine nem alma kabiliyeti arttırılmıştır. Bu da kurutma süresini kısaltmıştır.
- ✓ Kurutma için gerekli olan enerji güneş enerjisinden sağlandığından dolayı enerji maliyeti oluşmamıştır.
- ✓ Kırmızıbiberin işlenmesine yönelik Dünya standartları, biberin sadece kurutucularda kurutulmasını öngörmektedir. Kırmızıbiberde kurutma toprak üzerinde ve doğrudan etkili güneş ışığı ile yapılırsa bibere toz toprak karışmakta gündüz kuruma gece çığlenme oluşmakta ve biberde çeşitli küf ve mikrotoksinler oluşabilmektedir.
- ✓ Sistemde sadece güneş enerjisi kullanılarak kurutma işlemi gündüz güneşli günlerde yapılabilir veya geceleri ısı pompası destekli kurutma fırınlarından faydalanılabilir.
- ✓ Yapılan duyuşsal analizler sonucunda, her bir kurutma havası sıcaklığında kurutulan ürünlerin kurutma sonrası tadında bir fark olmadığı görülmüştür.
- ✓ Kırmızıbiber kurutulması için en ideal sıcaklık değerinin 50 °C olduğu tespit edilmiştir. Bu sıcaklık değerinin aşılması durumunda kırmızıbiberlerde kabul edilmeyecek bozulmalar meydana geldiği tespit edilmiştir.

Bu makalede elde edilen veriler ve edinilen tecrübeler ışığında aşağıdakilerin önerilmesi uygun görülmüştür.

- ✓ Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda kurutma havasının sirkülasyonu için fanın harcamış olduğu enerji de güneş enerjisinden sağlanabilir.
- ✓ Güneş enerjisi destekli kurutma fırınlarının performansını artırabilmek için güneşi takip sistemli yapılmalı ve takip sistemi için gerekli olan enerji de yine güneş enerjisinden sağlanmalıdır.
- ✓ Türkiye'nin geleneksel ihraç ürünleri arasında yer alan ve büyük ekonomik değere sahip olan kırmızıbiberin hak ettiği değeri bulabilmesi, ihracatının sürdürülebilir olması, ürünün kalitesinin ve

itibarının zedelenmemesi için kırmızıbiberde aflatoksin oluşumu mutlaka engellenmelidir.

- ✓ Kırmızıbiber ile ilgili bütün işlemlere son derece dikkat edilmeli ve her bir üretim basamağında gerekli tedbirler alınmalıdır. Kırmızıbiberde uygun olmayan hasat, kurutma ve depolama yöntemleri nedeniyle özellikle küf oluşumu gözlenmektedir. Bu da ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

6. TEŞEKKÜR

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

7. SEMBOLLER

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

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*, Marcel Dekker Inc., *New York, USA*, 28-32, 1987.
4. Evranuz, Ö., Çataltaş, İ., *Gıda İşleme Teknolojisi*, Anka Ofset birinci baskı, 260-262, 1989.
5. Doğan, Z., S., Kahramanmaraş Biberinin Kurutmaya Yönelik Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Saptanması ile Doğal Koşullarda ve Plastik Örtü Altı Güneş Toplayıcılarıyla

- Kurutma Üzerine Bir Araştırma, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi**, Adana, 1986.
6. Akpınar, E., K., Energy and Exergy Analyses of Drying of Red Pepper Slices in a Convective Type Dryer, **Int. Comm. Heat and Mass Transfer**, (31)8: 1165-1176, 2004.
 7. Koç, A., B., Toy, M., Hayoğlu, İ., Vardin, H., Kırmızıbiber Kurutmada Kullanılan Güneş Enerjili Bir Kurutucu Performansı, **Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 8, 57-65, 2004.
 8. Makaracı, A., Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kırmızıbiberlerde Aflatoksin Oluşumu Üzerine Etkisi, **Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi**, 21-22, Tekirdağ, 2006.
 9. Ashrae Temel El Kitabı Bölüm 10, "Tarım ürünlerinin kurutulmasında ve depolanmasında göz önüne alınacak fizyolojik etkenler", **Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar**, 10, 5, (1993).
 10. Demir, L., "Kahramanmaraş kırmızıbiberinin farklı materyaller üzerine serilerek güneşte kurutulması üzerine bir çalışma" **Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Ana Bilim Dalı**, Kahramanmaraş,
 11. (1996). www.tse.org.trTS-2134, 1987

