



International Advanced Researches & Engineering Congress-2017
http://iarec.osmaniye.edu.tr/
Osmaniye/TURKEY
16-18 November 2017

Design and Experimental Analysis of A Solar Hybrid Type Drying System

Hüsamettin Bulut^{1*}, Hamit Boloğur², Nesrin İlgin Beyazıt¹, Yunus Demirtaş¹, Yusuf İşiker¹

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Osmanbey Kampüsü, 63190-Şanlıurfa,

²Taha Mühendislik, 63190-Şanlıurfa,

* Corresponding author. Tel.: +90 414 318 3798, Fax.: +90 414 318 3799 E-mail address: hbulut@harran.edu.tr.

Abstract

Drying is the process of removal of moisture from food products in order to store longer time without spoiling. There are many different dryers designed for this purpose. In this study, a hybrid type drying system was designed with combining solar air collectors and air tunnel in order to dry peppers, eggplants and leafy vegetables under the climatic conditions of Şanlıurfa. It is aimed that the products will not be exposed directly sun rays and will be kept clean and their natural appearance. The effect of air velocity and temperature and solar radiation on drying time is investigated. The system designed and manufactured in this study consists of a solar air collector made from aluminum absorber plate with fins, an air tunnel, a fan and a conveyor belt. The products were placed under absorber plate in order to not expose to directly sun rays. The velocity of drying air was controlled with a velocity switch on the fan in order to see the effect of air velocity on drying. Inlet and outlet temperatures and relative humidity, temperatures from different points in the drying cabin and product mass with time were measured and recorded in the experimental setup. It was determined in this study that solar radiation, outside air temperature and air velocity are the most important parameters affecting the drying time of the products. As the measurements analyzed, collector's efficiency was observed to be directly proportional to solar radiation. The experimental results show that red pepper, mint and parsley dried in the hybrid type drying system have a cleaner and more natural appearance and dry faster when compared with the products dried under the sun in outdoor conditions.

Keywords: Dryer, Drying velocity, Food drying, Pepper, Solar energy, Şanlıurfa

Güneş Enerjili Hibrit Tip Bir Kurutma Sistem Tasarımı ve Deneysel Analizi

Özet

Kurutma, gıdaların daha uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilmesi için ürün içerisindeki nemin uzaklaştırılması işlemidir. Bu amaç için tasarlanmış çok farklı kurutucular bulunmaktadır. Bu çalışmada, Şanlıurfa iklim şartlarında biber, patlıcan ve yapraklı bitkilerin kurutulmasında kullanılmak üzere güneş enerjili hava kollektörü ve hava geçiş tüneli birleştirilerek hibrit tip bir kurutma sistemi tasarlanmıştır. Böylelikle kurutulacak ürünlerin güneş ışığına maruz kalmadan temiz ve doğal görünümlü bir şekilde kuruması amaçlanmıştır. Hava hızının, sıcaklığının ve güneş ışınım miktarının kuruma süresine etkisi araştırılmıştır. Tasarımı ve imalatı yapılan sistem, kanatçıklı yapıda alüminyum yutucu plakalı bir hava kollektörü, bir tünel, bir fan ve bir konveyörden oluşmuştur. Ürünler yutucu plakanın altına bırakılmış ve güneş ışınlarına maruz kalmadan kuruması sağlanmıştır. Ürünlerin kabin içerisine giriş ve çıkışı için konveyör bandı kullanılmıştır. Kurutma havasının hızı, fan üzerindeki bir hız anahtarı ile kontrol edilmiştir. Kurutma deneylerinde, giriş ve çıkış sıcaklığı ile bağlı nemi, kabin içinde farklı noktalardan sıcaklıklar ve zamana bağlı ürün kütlesi ölçülmüştür. Yapılan bu çalışmada güneş ışınımının, dış hava sıcaklığının ve hava hızının ürünlerin kuruma süresini etkileyen en önemli parametreler olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda güneş enerjisinden yararlanılarak tünel tipi hibrit kurutma sistemi içerisinde kuruması sağlanan kırmızıbiber, nane ve maydanozun, açık sergide güneş altında kurutulan ürünlere kıyasla daha hızlı kuruduğu, daha temiz ve doğal bir görünüme sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biber, Gıda kurutma, Güneş enerjisi,, Kurutma hızı, Kurutucu, Şanlıurfa

1. Giriş

Kurutma, kurutulacak ürün neminin uzaklaştırılarak ürünün istenilen kuruluk değerine indirilmesidir. Gıdalarda kurutma tekniği, insanoğlunun doğadan öğrendiği ve gıdaların bozulmadan uzun süre saklanabilmesi için çok eskiden beri uyguladığı bir yöntemdir. Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi kimya, tekstil, seramik, inşaat malzemeleri, kereste, kağıt, gıda ve tarımsal ürünlerin kurutulması gibi birçok alanda oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu alanlarda kurutma işlemi ile ürünlerin kalitelerinin iyileştirilmesinin yanı sıra, nemden korunması, hacim ve ağırlıklarının azaltılması, taşıma ve işleme kolaylığı vb. avantajlar sağlanmaktadır [1].

Kurutma işlemi taşınım ile kurutma, temas ile kurutma ve ışınım ile kurutma olmak üzere üç yöntemle gerçekleştirilebilir. Daha çok sıcak hava ile kurutma olarak bilinen taşınım ile kurutmada, sıcak hava kurutulacak ürünlerin üzerinden veya arasından geçirilerek ürünün kuruması sağlanır. Temasla kurutma işleminde kurutulacak ürün sıcak bir yüzey ile temas ettirilerek bünyesindeki sıvının buharlaşması sağlanır. Işınım ile kurutma tekniğinde kurutma için gerekli ısı, mikrodalga ve kızıl ötesi gibi elektromanyetik enerji türlerinden sağlanır.

Kurutma işlemi için bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi, yenilenebilir olması, çevreye karşı herhangi bir zarar teşkil etmemesi ve yüksek maliyet gerektirmemesi nedenleriyle kurutmada da en çok tercih edilen enerji kaynaklarından birisi olmuştur. Güneş enerjisi ile tarım ürünlerinin kurutulması en eski kurutma yöntemidir. Günümüzde birçok tarım ürününün kurutulmasında güneş altında açık sergide veya havada kurutma yöntemi uygulanmaktadır. Ancak güneş enerjisinden yararlanarak açık sergide yapılan kurutmada toz, toprak, yağmur, mikroorganizma üremesi, sergi yerlerinde dolaşan çeşitli böcek ve hayvanlar ve kurutma mevsimindeki kararsız meteorolojik şartlar ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla kontrollü şartlarda kurutmanın gerekliliği güneş enerjisinden yararlanma tekniklerini de değiştirmiştir.

Güneş enerjisi ile ısıtılan havanın kurutmada kullanımı ile ilgili çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Kabin, çadır, sera, tünel tipi güneş enerjili kurutucular ve havalı güneş kolektörlü kurutucular en yaygın sistemlerdir. Aktif ve pasif tip olarak bulunan kabin kurutucular; kurutulacak ürünlerin bir tabla içinde kurutulduğu ve üst yüzeyi güneş ışınımını geçiren saydam örtüyle kaplı bir ısı kutusu şeklindedir. Hava kurutucuya genellikle alttan girmekte, rafların altından, üstünden ve arasından geçerek üstten çıkmaktadır [2]. Kurutulacak ürün miktarının fazla olması ve yavaş kurutulması gereken ürünlerde tünel tipi

kurutucular tercih edilmektedir. Kurutma için gerekli olan ısıtma işlemi direk tünel içinde yapılabileceği gibi tünel dışında bir güneş kolektörü ile yapılabileceği gibi fan yardımıyla tünel içine ulaştırılabilmektedir. Sera tipi kurutucular, bitkisel üretim için kullanılan seraların kurutma amacına uygun olarak değiştirilmiş biçimleridir. Kontrol imkanları daha geniş olup kurutulacak ürün miktarının çok olduğu durumlarda tercih edilmektedir [3].

Havalı güneş kolektörlü kurutucular ise bir güneş enerjili hava kolektörü, bir fan ve kurutma hücrelerinden oluşur. Klasik bir güneş enerjili hava kolektörü, bir yutucu plaka, hava akımının geçişi için paralel plaka veya plakalardan meydana gelmiş bir kısım, en üstte bir cam veya plastik örtü, alt ve yan kısımlarında ise yalıtılmış bir kasadan ibarettir. Güneş enerjili hava kolektörleri oldukça farklı tasarımlarda üretilmelerine rağmen, temel olarak çalışma prensipleri aynıdır. Yutucu yüzey olarak kullanılan çeşitli yüzey profillerine sahip levhalar, aralarında boşluk kalacak şekilde üst üste yerleştirilir ve bu boşluktan geçirilen havanın yutucu yüzeye temas etmesi sağlanır. Bu temas ile yutucu yüzey tarafından absorbe edilen ısı sayesinde sıcaklığı artan hava, kolektörden sıcak hava olarak dışarı çıkar [4], [5].

Kurutma ile ilgili yurtiçi ve yurtdışı birçok değerli çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada öncelikle hava kolektörü ve tünel tipi kurutucularla ilgili literatür verilmiştir.

Selçuk ve ark., en basit tasarım ve en düşük maliyete sahip olacak bir raflı tip güneş kurutucusunu inşa ederek meyve kurutma deneyleri yapmışlardır. Bu kurutma ünitesinde çatıda ahşap ve geçirgen örtüde polietilen malzeme kullanılmıştır [6]. Demir, sera tipi kurutucu içerisinde ve dış ortamda çekirdeksiz üzüm ve incir kurutmuştur [7]. Kurutma öncesi çekirdeksiz üzümün bir kısmı K_2CO_3 ve zeytinyağı içeren çözeltiye bandırılarak kurutulmuştur. Ön işlem uygulanan üzümler sera içinde 4 günde, sera dışında ise 7 günde ticari nemliliğe ulaşırken, bandırılmadan kurutulan üzümler ise sera içinde 7 günde, sera dışında ise 15 günde istenilen nem düzeyine inmiş olduğunu belirlemiştir. Yaşartekin, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde kabin tipi, güneşi dikey eksende belirli aralıklarla izleyen, güneş enerjili kurutucu ile elma kurutma deneylerinde kurutucunun kullanım olanaklarını ve verimliliklerini incelemiş, açık havada kurutma ile karşılaştırmıştır [8]. Kurutucuda kuruma hızının doğal kuruma hızından daha düşük olmasının nedeninin kurutucu içerisinde hava dolaşımının zayıf olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Özgöz, bitkisel ürün yetiştirme amaçlı kullanılan cam serada ve dış ortamda yapmış olduğu kurutma denemeleri sonucunda fasulye, biber ve soğanın

kuruma karakteristiklerini belirlemeye çalışmıştır. Denemeler sonucunda; bütün ve kıyılmış olarak kurutulan fasulyelerin sera içinde 3 günde, sera dışında ise sırasıyla 7 ve 4 günde kurduğunu belirlemiştir. Biberde ise sera içinde kıyılarak kurutulanlar 3 günde, sera içinde bütün olarak kurutulanlar 8 günde, sera dışında bütün ve kıyılarak kurutulanlar da sırasıyla 9 ve 6 günde kurumuştur. Soğanda ise sera içinde 8 günde, sera dışında 9 günde kurumanın tamamlandığını açıklamıştır [9]. Yılmaz ve ark., domates kurutma için hava kollektörü, kurutma odası ve hava dolaşım sisteminden oluşan bir kabin tipi bir kurutma sistemi kurmuşlardır. Kurutma havasının dolaşımı için kullanılan 45 W'lık fan gücü, fotovoltaik panellerden karşılanmıştır. Kurutucuda nem içeriğinin kurutma mevsimi sırasında 5 günde %95'ten %17'ye düşürüldüğünü ifade etmişlerdir [10]. Durak, Tokat şartlarında tünel tipi kurutma serasında ve dış ortamda biber, domates ve mısır kurutmuştur. İki eşit parçaya ayırdıktan sonra kurutulan domates örneklerinin sera içinde ve dışında 6 ve 7 günde, ¼ parça halinde kurutulan domateslerin ise 5 ve 6 günde kurduklarını belirtmiştir [11]. Onat, kollektör hava hızlarının 0.5 m/s, 0.75 m/s, 1 m/s, 1.25 m/s ve 1.5 m/s olduğu durumlarda kırmızıbiber kurutma deneyleri yapmıştır. Yaptığı kurutma deneylerinde, kurutma havası hızının kurutma süresini pek fazla etkilemediğini, yüksek hava hızlarında ise hava debisinin arttığı ve kollektörde sıcaklığın düştüğünü tespit etmiştir [12].

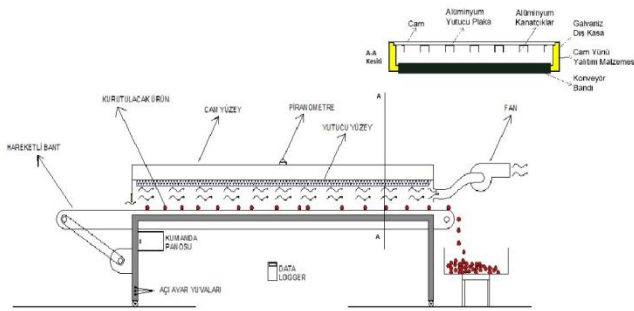
Doğan, çalışmasında dört ayrı tip hava ısıtmalı güneş kollektörüyle deneysel çalışma yaparak, verimleri ve kurutmaya olan etkilerini karşılaştırmıştır [13]. Durmuş ve Kurtbaş, yaptıkları çalışmada Elazığ yöresinde yetişen kayısıların, bölge şartları altında havalı güneş kollektörü ile kurutma işlemini deneysel olarak incelemişlerdir [14]. Saçılık ve ark., yaptıkları çalışmada, güneş enerjili tünel tipi kurutucuda Ankara koşullarında organik domatesin kurutulmasında matematiksel modellemesini yapmışlardır. Domates örnekleri, %93.35 nem düzeyinden %11.5 nem düzeyine tünel tipi güneşli kurutucuda 4 günde, açıkta güneşe sererek yapılan kurutma uygulamasında ise 5 günde ulaşılmıştır. Ürünler tünel tipi kurutucuda dış etkenlerden uzak olarak daha temiz kurumuşlardır. Güneş enerjili tünel tip kurutucunun yerel imkanlarla ve düşük maliyetle yapılabileceğini belirtmişlerdir. [15]. Gürlek ve ark., güneş enerjili tünel tip bir kurutucuda domatesin kurutma karakteristiklerini ve kurutma modellerini belirlemişlerdir [16]. Polatçı ve Tarhan, aromatik bitkilerden reyhanı farklı kurutma yöntemleriyle ve farklı kurutma şartlarında kurutarak deney sonuçlarını karşılaştırmışlardır [17]. Araştırma kapsamında doğrudan değmeli kurutucuda kurutma, etüvde kurutma, gölgede kurutma, güneşte kurutma ve mikrodalga fırında kurutma olmak üzere beş farklı kurutma yöntemi kullanmıştır. Gölgede ve güneşte

kurutma yöntemlerinin aromatik bitkilerin kalite özelliklerini bozduğunu tespit etmişlerdir. Mikrodalga fırında kurutmanın reyhan için uygun olmadığını, 45-55 °C sıcaklıktaki havayla kurutmanın reyhan bitkisi için uygun olduğunu belirtmişlerdir. Gülçimen ve ark., yeni tasarlanmış havalı güneş kollektörler yardımıyla Elazığ iklim şartlarında, kabin tipi kurutucuda nane ve reyhanın kurutma parametrelerini deneysel olarak incelemiştir [18]. Yelmen, polietilen yüksek tünel sera tipi kurutucuda baharatlık kırmızıbiberin kurutulmasını incelemiştir [19]. Aktaş ve ark., güneş enerjisi destekli, ısı pompalı bir kırmızıbiber kurutucusunun tasarımını, imalatını ve performans deneylerini yapmışlardır. Çalışmada, kurutucu sisteminde ısı borulu güneş kollektörü ve havadan havaya ısı pompası ve PID kontrollü hava hızı proses kontrol cihazı kullanılmış ve kırmızıbiber başarılı bir şekilde kurutucuda kurutulmuştur[20]. Çiçek, yassı yapraklı ürünlerin vakum tüplü güneş enerjili kurutma fırınında kurutulmasını analiz etmiştir [21].

Bu çalışmada, Şanlıurfa iklim şartlarında sebze ve meyvelerin güneş ışığına maruz kalmadan temiz ve doğal görümlü bir şekilde kurutulmasında kullanılmak üzere güneş enerjili hava kollektörü ve hava geçiş tüneli birleştirilerek hibrit tip bir kurutma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bu hibrit kurutucuda hava hızının, sıcaklığının ve güneş ışınım miktarının kurutmaya etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

Şanlıurfa iklim şartlarında çeşitli tarım ürünlerinin kurutmak için havanın ısıtılması için bir hava kollektörü, hava hareketi için bir fan, ürünlerin sisteme yüklenmesi ve boşatılması için bir konveyör ve kurutma hacmini oluşturmak için bir tünelden meydana gelmiş hibrit tip bir kurutucu tasarlanmış ve imal edilmiştir. Şekil 1'de hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sistemi şematik olarak görülmektedir. Şekil 2'de imalatı tamamlanmış ve montajı yapılmış hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sistemi ve ölçüm noktaları verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, T1; dış hava gölge sıcaklığını, T2,T3 ve T4 kabin içi sıcaklıkları, T5; çıkış havası sıcaklığını, BNg; giriş havası bağıl nemini, BNç; çıkış havası bağıl nemini ifade etmektedir. I, yüzeye gelen güneş ışınım miktarıdır.



Şekil 1. Hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sisteminin şematik görünümü



Şekil 2. Hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sistemi ve ölçüm noktaları

Kurutma esnasında kabin içerisindeki hava sıcaklıkları kabin gövdesine açılan kanallardan ısı çiftleri yardımıyla ölçülmüştür. Kolektör kabini giriş ve çıkış havasının sıcaklık ve bağıl nemleri, bir sıcaklık ve bağıl nemölçer, çıkış kurutma havası hızı (m/s) bir anemometre ve kollektör yüzeyine gelen güneş ışınım şiddeti (W/m²) bir piranometre ile ölçülmüştür (Şekil 3). Deneilerde hava sıcaklığı ölçümü ısı çiftleriyle ve bağıl nem ise nemölçerlerle yapılmıştır. Kurutma işlemindeki kütle değişimlerini belirlemek amacıyla hassas ölçüm yapabilen elektronik terazi kullanılmıştır. Çizelge 1'de ölçülen parametrelerin hassasiyet değerleri bulunmaktadır.



a- Sıcaklık ve nem ölçer



b- Anemometre



c- Piranometre



d- Data logger

Şekil 3. Ölçüm cihazları

Çizelge 1. Ölçüm parametrelerinin hassasiyet değerleri

Parametre	Birim	Hassasiyet
Sıcaklık	°C	±0.1
Bağıl Nem	%	±2
Güneş Işınımı	W/m ²	±10
Hız	m/s	±0.3
Kütle	gr	±0.1

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sisteminde nane, patlıcan ve biber kurutma deneyleri yapılmıştır.

3.1. Nane Kurutma

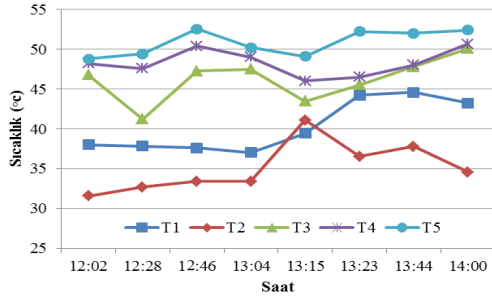
Nane kurutma ile ilgili farklı tarihlerde 3 adet deney yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Ortalama kurutma süresi 3 saat ve toplam kütle kaybı ortalama %80 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Nane kurutma deney verileri

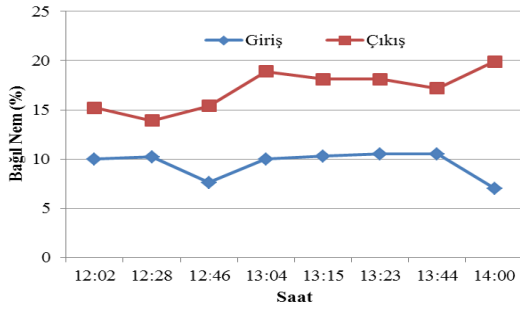
Nane	29.8.2013	29.5.2014	12.9.2014
İlk Kütle, gr	300	322	343
Son Kütle, gr	60.5	56	75
Kütle Kaybı, %	79.83	82.61	78.13
Kurutma Süresi, saat	3	2	3.5
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı, °C	42.9	40.25	38.3
Ortalama Kabin içi Sıcaklık, °C	47.7	47.25	41.6
Hava Hızı, m/s	5	3.2	5

Deney 2'ye (29 Mayıs 2014) ait sıcaklıkların zamana bağlı değişimi Şekil 4'te, kabin giriş ve çıkış

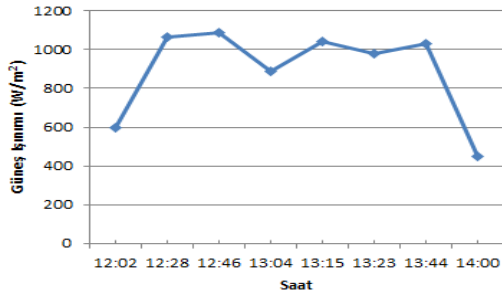
noktalarından alınan bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimleri ise Şekil 5'te verilmiştir. Deney tarihine ait güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi ise Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 4'ten görüldüğü gibi kabin sıcaklığı her noktada aynı olmadığı ve çıkışta en yüksek olduğu görülmektedir. Bağıl nemin ise zamanla arttığı ve kurutma sonuna doğru sabit gittiği Şekil 5'ten tespit edilmiştir.



Şekil 4. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi



Şekil 5. Kabin giriş ve çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi



Şekil 6. Güneş ışınımının zamana bağlı değişimi

Şekil 7'de güneş altında açık sergide kurutulan nane yapraklarının karardığı ve mat bir görünüm aldığı, buna karşılık tasarımı yapılan kurutma sisteminde kurutulan nane yapraklarının ise daha temiz, canlı bir görünüme sahip ve doğal renginde olduğu görülmüştür.



Şekil 7. Güneş altında açık sergide ve güneş kolektörlü tünel tipi kurutucuda kurutulmuş nane yaprakları (29 Mayıs 2014)

3.2. Patlıcan Kurutma

Patlıcan kurutma işlemi için iki deney yapılmıştır. 1. deneyde (16.6.2014) küp şeklinde doğranmış yemeklik patlıcan ve 2. deneyde (17.6.2014) ise dilim şeklinde olan kızartmalık patlıcan kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 8'de kurutma başlangıcındaki patlıcanlar gösterilmiştir. Deneylere ait veriler Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgeden ortalama kütle kaybının %87 olduğu ve kurutma süresinin uzun olduğu ve tek bir günde yapılamadığı görülmektedir.

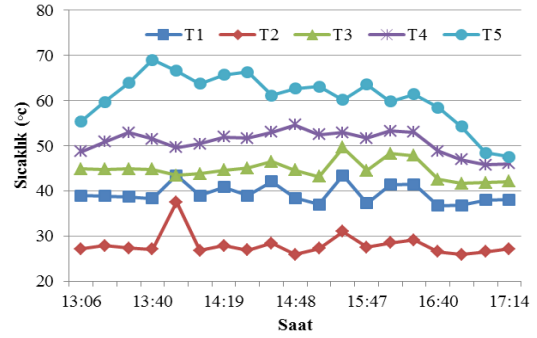


Şekil 8. Yemeklik ve kızartmalık patlıcan kurutma

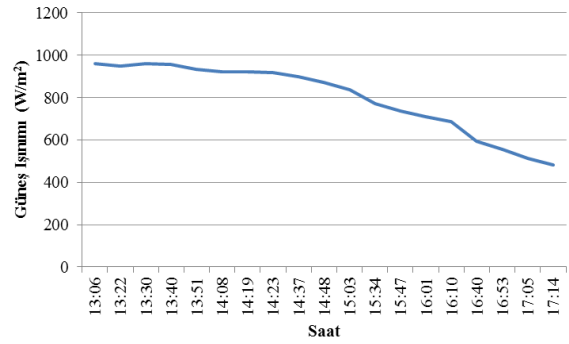
Çizelge 3. Patlıcan kurutma deney verileri

	16.6.2014	17.6.2014
Ürün	Yemeklik	Kızartmalık
İlk Kütle, gr	2974.5	2750
Son Kütle, gr	379 gr	365
Kütle Kaybı, %	87.26	86.73
Kurutma Süresi,	18	28.4
Ortalama Dış Hava	39.3	30.6
Ortalama Kabin içi	44.6	45.5
Hava Hızı, m/s	3	3

Yemeklik patlıcan kurutma deneyinde Şekil 9'da sıcaklıkların ve Şekil 10'da ise güneş ışınımının zamana bağlı değişimleri verilmiştir. Şekillerden yüksek güneş ışınımı altında kabin içi ve çıkış sıcaklığının yüksek değerlere çıktığı görülmektedir.

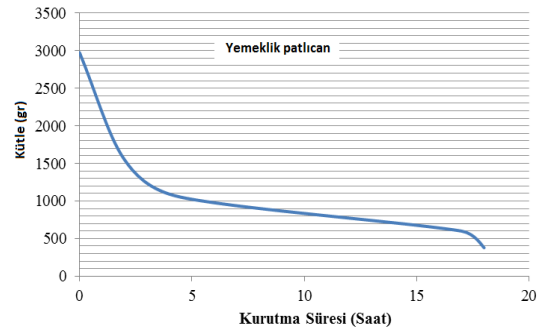


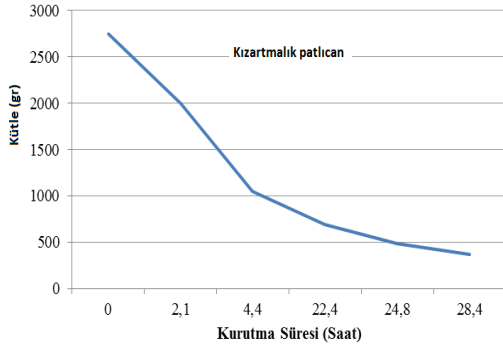
Şekil 9. Yemeklik patlıcan kurutmada kurutucuda sıcaklıkların zamanla değişimi



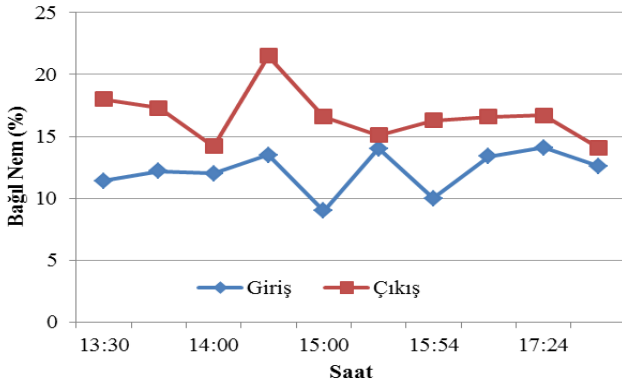
Şekil 10. Yemeklik patlıcan kurutmada Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi

Kurutma süresi uzun olduğundan gece zamanında yemeklik patlıcanlar ortalama 24°C sıcaklığındaki ortamda bekletilmiştir. Yemeklik ve kızartmalık patlıcanın kütesindeki azalma kurutma süresine göre değişimi Şekil 11'de verilmiştir. Şekilden ilk 4 saatte önemli kütle kaybı olduğu ve daha sonraki sürede kütle kaybının yavaş olduğu görülmüştür. Kızartmalık patlıcan kurutma deneyindeki kurutucu giriş ve çıkışındaki havanın bağıl nem değişimi Şekil 12'de verilmiştir. Şekilden belirli bir süre sonra çıkış bağıl nemin sabit kaldığı görülmektedir.





Şekil 11. Yemeklik patlıcan kütesinin kurutma süresine bağlı değişimi



Şekil 12. Kabin giriş ve çıkışında bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi

3.3. Biber Kurutma

Biber kurutmada 4 adet deney gerçekleştirilmiştir. Deneylere ait veriler Çizelge 4'te verilmiştir. Biberde kurutma süresi çok uzun olduğu görülmektedir. İlk üç deney için ortalama kütle kaybı %85 olarak hesaplanmıştır. 4. deneyde biberler 7 saat kurutmaya tabi tutulmuş ve %45 kütle kaybı olmuştur. Kırmızıbiberlerin kurutucuya doldurulması Şekil 13'te gösterilmiştir.

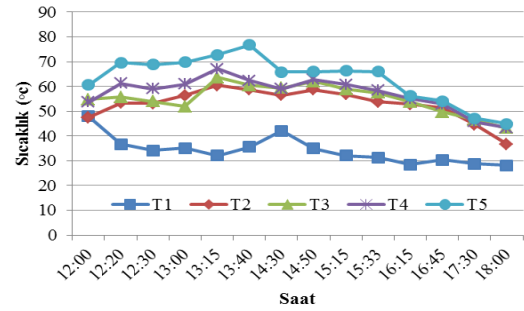
Çizelge 4. Biber kurutma deney verileri

Ürün	19.6.2014	11.9.2014	8.9.2014	8.7.2013
İlk Kütle, gr	1916	3147	3276	5936
Son Kütle, gr	253	654	306	3253.5
Kütle Kaybı, %	86.80	79.22	90.66	45.19
Kurutma Süresi, saat	30	27.5	29.5	7
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı, °C	34.1	37.9	36.4	42.7
Ortalama Kabin İçi Sıcaklık, °C	55	40.9	38.5	56.2
Hava Hızı, m/s	3.3	4	6.2	7

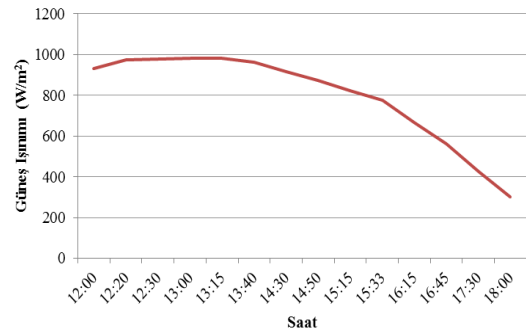


Şekil 13. Kurutma kabineye yerleştirilen kırmızıbiberler (19 Haziran 2014)

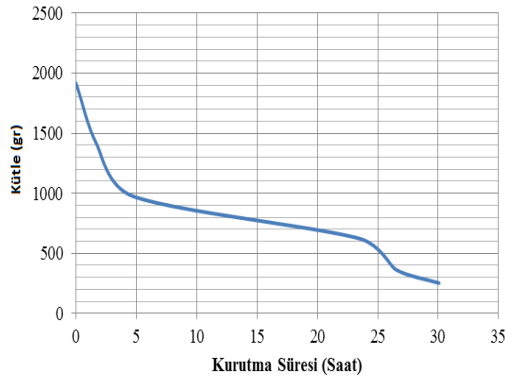
Deney 1'e ait sıcaklıkların ve güneş ışınım şiddetinin zamanla değişimleri ise Şekil 14 ve 15'te gösterilmiştir. Şekillerden çıkış sıcaklığının 70 °C'ye ulaştığı ve akşama doğru güneş ışınımındaki düşüş ile birlikte sıcaklıkların düştüğü görülmüştür. Şekil 16'da biber kütesinin kurutma süresi ile değişimi görülmektedir. Şekilden en fazla kütle azalmasının ilk 5 saat içinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 14. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (19 Haziran 2014)

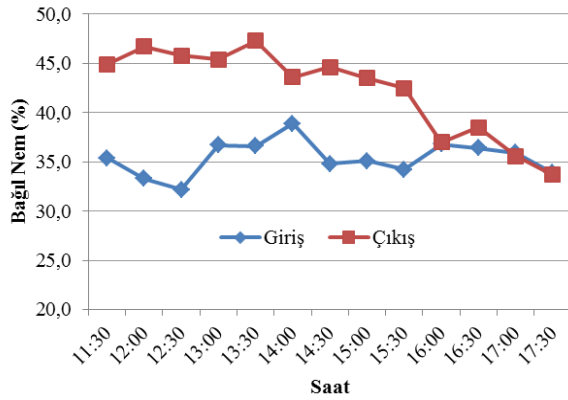


Şekil 15. Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi (19 Haziran 2014)



Şekil 16. Biber kütlesinin kurutma süresi ile değişimi (19-20 Haziran 2014)

Şekil 17' de ise kabin giriş ve çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir. Akşam saatlerinde güneş olmadığı için giriş ve çıkış bağıl nemi birbirlerine yakın olmaktadır.



Şekil 17. Kabin giriş-çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (08 Eylül 2014)

4. Sonuçlar

Kanatçıklı bir hava kollektörü ile kurutulacak ürünün bulunduğu tünel kısmı birleştirilerek hibrit tip bir kurutucu tasarlanmış ve imal edilmiştir. Kurutucuda Şanlıurfa iklim şartlarında nane, patlıcan ve biber kurutulmuştur.

Güneş enerjili kurutma sisteminde elde edilen sonuçlara bakıldığında kollektör kabin içi sıcaklığın güneş ışınımı ile doğru orantılı olarak artmakta olduğu ve kollektör yüzeyine gelen ışınımın dik olduğu öğlen saatlerinde maksimum olduğu görülmüştür.

Güneş altında açık sergide kurutulan nane yapraklarının karardığı ve mat bir görünüm aldığı, buna karşılık tasarımı yapılan kurutma sisteminde kurutulan nane yapraklarının ise daha temiz, canlı bir görünüme sahip ve doğal renginde olduğu görülmüştür. Nane yaprakları geleneksel yöntemlerle (sergide) kurutulurken renginde kararırma olmaması için gölgede kurutulmakta, ancak bu da kurutma süresinin uzamasına sebep olmaktadır. Tasarımı yapılan kurutma sisteminde 2 saat gibi çok kısa sürede nane yapraklarının istenilen kuruluk

ve görünümüne geldiği tespit edilmiştir.

Yemeklik patlıcanların gün içinde doğal kuruma yöntemiyle kuruma süresi yaklaşık olarak 3-4 gün olmasına rağmen imalatı yapılan hibrit kurutucuda orta güneş ışınım şiddetine sahip bir günde ve 3 m/s hava hızında, gün içinde asgari güneşlenme süresi 7 saat olacak şekilde, yaklaşık olarak 2 günde kuruduğu gözlemlenmiştir. Patlıcan kurutmasına yönelik yapılan deneysel çalışma, küp halinde kesilen yemeklik patlıcanların, kızartmalık patlıcana göre yüzey alanlarının ve hacimlerinin daha küçük olmasının kuruma süresini kısalttığını göstermiştir.

Biberin, çalışmada verilen güneş ışınım şiddetine sahip günlerde ve ortalama 3 m/s hava hızında, gün içinde asgari güneşlenme süresi 7 saat olacak şekilde, kuruma süresinin 3 gün olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan deneyler değerlendirildiğinde, kabinde kurutulan nanelerin 2-3 saat gibi çok kısa sürede istenilen kuruluğa ulaşabildiği, patlıcan ve biber için ise daha uzun kuruma sürelerine ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir. Ancak kurutucu kabinde kurutulan ürünlerin açık sergide kurutulan ürünlere kıyasla daha hijyenik bir ortamda daha kısa sürede kurutulduğu ve daha doğal bir görünüme sahip olduğu görülmüştür. Kurutucuda kurutulan biberin oldukça canlı ve doğal görünüme sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca ürünlerin tel örgüden yapılmış bir tepsiye serilerek kabine yerleştirilmesi, alttan da hava akışını sağladığından ürünlerin daha homojen kuruduğu ve kurutma süresinin kısaltıldığı görülmüştür.

Sonuç olarak tasarlanan ve imalatı yapılan güneş enerjili hibrit kurutucunun, bölgede çok tüketilen nane, biber ve patlıcan gıda ürünlerinin kurutulmasında kullanılabileceği görülmüştür. Kurutucunun, kurutma sonunda ürünün doğal renginin çok değiştirmedeği ve açık sergiye göre kurutma sürelerinin daha kısa olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ürünlerin kurutucuya yüklenmesi ve boşaltılması ile ilgili mekanizmanın olması kullanıcı açısından zaman kazancı sağladığı görülmüştür.

Kurutma sisteminde kollektör girişinden önce ön ısıtma kollektörü ile kabine giren havanın sıcaklığı artırılarak ürünler üzerinden geçirilen kuru havanın daha fazla nem çekmesi sağlanabilir. Bununla birlikte ısı geri kazanımı için çıkış havası bir ısı değiştiriciye alınarak kollektöre giren havanın ısı artırılabilir. Bu işlem sistem yatırım maliyetini arttıracak olsa da, kurutma süresini azaltacaktır. Konveyör bandının hareketi ve hava emişinde kullanılan fan için gerekli elektrik enerjisinin bir PV panelden sağlanması, sistemin enerji tüketimini sıfıra indirecektir. Ayrıca iki günlük yapılan kurutma işlemlerinde ürünler kabin içinde fan çalışır vaziyette bekletilerek, kurutulan ürünlerin tekrar nem alması önenebilir.

Kaynaklar

1. Boloğur H., *Güneş Enerjili Hibrit Tip Bir Kurutma Sistem Tasarımı Ve Deneysel Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, 2014, Şanlıurfa.
2. Yağcıoğlu A., *Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1999, No:536. İzmir.
3. Tarhan S., Ergüneş G. and Tekelioğlu O., *Tarımsal Ürünler İçin Güneş Enerjili Kurutucuların Tasarım Ve İşletme Esasları*, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 2007, Sayı:9.
4. Bulut H. and Durmaz A.F., *Bir Havalı Güneş Kollektörünün Tasarımı, İmalatı Ve Deneysel Analizi*, UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 168-175, Eskişehir.
5. Bulut H., Durmaz A.F. and Aktacir M. A., *Bir Havalı Güneş Kollektörünün Isıl Performans Analizi*, 3. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 2007, 53-61, Mersin.
6. Selçuk K.M., Ersoy O. and Akyurt M., *Development, Theoretical Analysis And Performance Evaluation Of Shelf Type Solar Driers*, Solar Energy, 1974, Vol.16: p 81-88.
7. Demir S., *Bazı Meyvelerin Sera İçinde Kuruma Karakteristikleri*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 1989, İzmir.
8. Yaşartekin Y., *Kabinet Tipi, Güneşi Dikey Eksende Belirli Aralıklarla İzleyen, Güneş Enerjili Kurutucunun Tasarımı Ve Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Denenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, 1991.
9. Özgöz E., *Bazı Sebzelerin Sera İçinde Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*, Gazi Osmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 1994, Tokat.
10. Yılmaz H.Ö., Güngör D. and Özbalta N., *Domates İçin Kabin Tipi Bir Güneşli Kurutucunun Performans Analizi*, 7. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon Ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, 1999, Adana.
11. Durak Ö.C., *Güneş Isıtıcı Kurutma Serasında Biber, Domates Ve Mısırın Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi*, Gazi Osmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2000, Tokat
12. Onat A., *Kırmızı Biberin Havalı Güneş Kollektörü Sistemi İle Kurutulması*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, 2002, İstanbul.
13. Doğan H., *Kurutmada Kullanılan Hava Isıtma Kolektörlerinin Deneysel Karşılaştırılması*, Teknoloji, 2001, 4: 75-82.
14. Durmuş A. and Kurtbaş İ., *Yeni Tasarlanan Havalı Kollektör Yardımı İle Elazığ Yöresi Kayıslarının Kurutulmasında Kayısı Yüzey Sıcaklığının Tespiti*, Isı Bilimi Ve Tekniği, 2001, Cilt 21; 9-18.
15. Saçılık K., Keskin R. and Eliçin A.K., *Mathematical Modelling Of Solar Tunnel Drying Of Thin Layer Organic Tomato*. Journal Of Food Engineering, 2005.
16. Gürlek G., Özbalta N., and Güngör A., *Solar Tunnel Drying Characteristics And Mathematical Modelling Of Tomato*. Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi, 2008, 29,1,15-23.
17. Polatçı H. and Tarhan S., *Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan Bitkisinin Kuruma Süresine Ve Kalitesine Etkisi*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2009, 26, 61-70.
18. Gülçimen F., Durmuş A. and Durmuş A., *Kurutmada Kullanmak İçin Havalı Kollektörler Tasarlanması*, MMO Makale, 2010, 38-43.
19. Yelmen B., *Polietilen Yüksek Tünel Sera Tipi Kurutucuda Baharatlık Kırmızı Biberin Kurutulması*, Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, 2010, Adana
20. Aktaş M., Ceylan İ., Doğan, H. and Aktekel Z., *Güneş Enerjisi Destekli, Isı Pompalı Kırmızıbiber Kurutucusunun Tasarımı, İmalatı Ve Performans Deneyleri*, Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi, 2010, 30, 1, 111-120
21. Çiçek A., *Yassı Yapraklı Ürünlerin Vakum Tüplü Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Kurutulması*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2011, Karabük