T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİLİ HİBRİT TİP BİR KURUTMA SİSTEM TASARIMI VE DENEYSEL ANALİZİ

HAMİT BOLOĞUR

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2014

T.C.

HARRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİLİ HİBRİT TİP BİR KURUTMA SİSTEM TASARIMI VE DENEYSEL ANALİZİ

HAMİT BOLOĞUR

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2014

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT danışmanlığında, Hamit BOLOĞUR'un hazırladığı **"Güneş Enerjili Hibrit Tip Bir Kurutma Sistem Tasarımı ve Deneysel Analizi"** konulu bu çalışma 04/11/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Hüsamettin BULUT ……

Üye : Doç. Dr. M. Azmi AKTACİR ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nurettin BEŞLİ ……

Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: HÜBAK-12090

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİLİ HİBRİT TİP BİR KURUTMA SİSTEM TASARIMI VE DENEYSEL ANALİZİ

Hamit BOLOĞUR

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüsamettin BULUT
Yıl: 2014, Sayfa: viii + 68

Kurutma, gıdaların daha uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilmesi için yapılan 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 hemen 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. Deney setinde, giriş ve çıkış sıcaklığı ile bağıl nemi, kabin içinde farklı noktalardan sıcaklıklar ve zamana bağlı ürün kütlesi ölçülmüştür. Yapılan bu çalışmada güneş ışınımının, dış hava sıcaklığı 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 SÖZCÜKLER: Gıda kurutma, Güneş enerjisi, Biber, Şanlıurfa, Kurutucu, Kurutma hızı

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESING AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A SOLAR HYBRID TYPE DRYING SYSTEM

Hamit BOLOĞUR

Harran University
Institute of Science
Department of Mechanical Engineering

Advisor: Prof. Dr. Hüsamettin BULUT
Year: 2014, Page: viii + 68

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

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Hüsamettin BULUT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca deneylerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Arş.Gör. Yunus DEMİRTAŞ ve Arş. Gör. Yusuf IŞİKER'e ve tezin yazılmasında yardımcı olan değerli dostum Ziraat Yüksek Mühendisi Ümran ATAY'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
SİMGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
1.1. Kurutma Teknikleri 1
1.1.1.Güneş enerjisi ile kurutma 3
1.1.1.1. Açık sergide kurutma 3
1.1.1.2. Kabin tipi güneş enerjili kurutucular 5
1.1.1.3. Çadır tipi güneş enerjili kurutucular 6
1.1.1.4. Sera tipi güneş enerjili kurutucular 6
1.1.1.5. Tünel tipi güneş enerjili kurutucular 7
1.1.2. Güneş enerjili hava kollektörü 8
1.1.2.1. Güneş enerjili hava kollektörü çeşitleri 10
1.1.2.1.1. Gözenekli olmayan toplayıcılar 10
1.1.2.1.2. Gözenekli toplayıcılar 12
1.1.2.2. Güneş enerjili hava kollektörünün temel elemanları 13
1.1.2.2.1. Yutucu yüzey 13
1.1.2.2.2. Örtü malzemesi 15
1.1.2.2.3. Yalıtım malzemesi 15
1.1.2.2.4. Sızdırmazlık malzemesi 16
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 17
3. MATERYAL ve METOD 22
3.1. Materyal 22
3.1.1. Havalı güneş kollektörünün imalatı 24
3.1.2. Ölçüm aletleri 26
3.1.2.1. Sıcaklık ve nem ölçme 26
3.1.2.2. Anemometre 27
3.1.2.3. Elektronik Terazi 27
3.1.2.4. Piranometre 28
3.1.2.5. Data logger 28
3.2. Metod 29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 31
4.1. Nane Kurutma 31
4.2. Patlıcan Kurutma 38
4.3. Biber Kurutma 46
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 60
5.1. Sonuçlar 60
5.2. Öneriler 64
KAYNAKLAR 65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1. Elektrikli kurutma fırını 2
Şekil 1. 2. Mikrodalga kurutma fırını 2
Şekil 1. 3. Açık havada asarak kurutma 3
Şekil 1. 4. Açık havada sererek kurutma 4
Şekil 1. 5. Aktif ve pasif kabin tipi kurutucular (Yelmen,2010) 5
Şekil 1. 6. Çadır tipi kurutucu 6
Şekil 1. 7. Sera tipi kurutucu (Müller, 1992) 7
Şekil 1. 8. Güneş enerjili tünel kurutucu (Gürlek ve ark., 2008) 8
Şekil 1. 9. Tünel tipi kurutucu 8
Şekil 1. 10. Güneş enerjili hava kollektörü kullanan bir kurutucu sistemi (MEGEP,2007) 9
Şekil 1. 11. Hava akışı yutucu yüzey üzerinden olan hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003) 10
Şekil 1. 12. Hava akışı yutucu yüzey altından olan hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003) 10
Şekil 1. 13. Hava akışı yutucu yüzeyin altından ve üstünden olan hava kollektörü 11
Şekil 1. 14. Oluklu yüzey (Özbalta ve ark., 2003) 11
Şekil 1. 15. Kanatçıklı yüzey (Özbalta ve ark., 2003) 11
Şekil 1. 16. Gözenekli tip güneş enerjili hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003) 12
Şekil 1. 17. Geçirgen örtüsüz gözenekli yutucu yüzeyli hava kollektörü 13
Şekil 3. 1. Hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sisteminin şematik görünümü 22
Şekil 3. 2. Tasarımı yapılan güneş enerjili kurutma sisteminin kesit görünümü 22
Şekil 3. 3. Hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sistemi ve ölçüm noktaları 23
Şekil 3. 4. Konveyör hareketini sağlayan motor 24
Şekil 3. 5. Kontrol panosu 25
Şekil 3. 6. Radyal fan 25
Şekil 3. 7. Sıcaklık ve nem ölçer 26
Şekil 3. 8. Anemometre 27
Şekil 3. 9. Elektronik terazi 27
Şekil 3. 10. Piramometre 28
Şekil 3. 11. Data logger 28
Şekil 4. 1. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (29 Ağustos 2013) 31
Şekil 4. 2. Kollektör giriş-çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (29 Ağustos 2013) 32
Şekil 4. 3. 29 Mayıs 2014 tarihinde yapılan nane kurutma çalışması 33
Şekil 4. 4. Güneş ışınımının zamana bağlı değişimi (29 Mayıs 2014) 34
Şekil 4. 5. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (29 Mayıs 2014) 34
Şekil 4. 6. Kabin giriş ve çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (29 Mayıs 2014) 35
Şekil 4. 7.. Güneş kollektörlü tünel tipi kurutucuda kurutulmuş nane yaprakları (29 Mayıs 2014) 35
Şekil 4. 8. Güneş ışınımının zamana bağlı değişimi (12 Eylül 2014) 36
Şekil 4. 9. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (12 Eylül 2014) 37
Şekil 4. 10. Kabin giriş ve çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (12 Eylül 2014) 37
Şekil 4. 11. 16 Haziran 2014 tarihinde yapılan yemeklik patlıcan kurutma çalışması 39
Şekil 4. 12. Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi (16 Haziran 2014) 39
Şekil 4. 13. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (16 Haziran 2014) 40
Şekil 4. 14. Patlıcan ağırlığının kurutma süresine bağlı değişimi (16-17 Haziran 2014) 40
Şekil 4. 15. Patlıcanın boyutsuz nem oranının kurutma süresine bağlı değişimi 41
Şekil 4. 16. Patlıcan için kuruma hızının kurutma süresine bağlı değişimi (16-17 Haziran 2014) 41
Şekil 4. 17. 17 Haziran 2014 tarihinde yapılan kızartmalık patlıcan kurutma çalışması 42
Şekil 4. 18. Güneş ışınımının zamana bağlı değişimi (17 Haziran 2014) 43
Şekil 4. 19. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (17 Haziran 2014) 43
Şekil 4. 20. Patlıcan ağırlığının zamana bağlı değişimi (17-18 Haziran 2014) 44
Şekil 4. 21. Kabin giriş ve çıkışında bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi 44
Şekil 4. 22. Patlıcanın boyutsuz nem oranının kurutma süresine bağlı değişimi 45
Şekil 4. 23. Patlıcanın kuruma hızının kurutma süresine bağlı değişimi (17-18 Haziran 2014) 45
Şekil 4. 24. Kurutucu kabinine yerleştirilen kırmızı biberler (08 Temmuz 2013) 46
Şekil 4. 25. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (08 Temmuz 2013) 47

Şekil 4. 26. Kabin giriş-çıkış noktalarından ölçülen bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi... 47
Şekil 4. 27. Kırmızı biberlerin kurutucu kabinden çıkarılması (08 Temmuz 2013)..... 48
Şekil 4. 28. Kurutma için hazırlanan kırmızı biberler (19 Haziran 2014)..... 49
Şekil 4. 29. Kurutma kabinine yerleştirilen kırmızı biberler (19 Haziran 2014)..... 49
Şekil 4. 30. Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi (19 Haziran 2014)..... 50
Şekil 4. 31. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (19 Haziran 2014) 51
Şekil 4. 32. Biber ağırlığının zamana bağlı değişimi (19-20 Haziran 2014)..... 51
Şekil 4. 33. Biber için boyutsuz nem oranının zamana bağlı değişimi (19-20 Haziran 2014) 52
Şekil 4. 34. Biberin kuruma hızının zamana bağlı değişimi (19-20 Haziran 2014) 52
Şekil 4. 35. Güneş Işınımının zamana bağlı değişimi (08 Eylül 2014) 53
Şekil 4. 36. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (08 Eylül 2014) 54
Şekil 4. 37. Biber ağırlığının zamana bağlı değişimi (08-09 Eylül 2014)..... 54
Şekil 4. 38. Kabin giriş-çıkış bağol nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (08 Eylül 2014) 55
Şekil 4. 39. Biber için boyutsuz nem oranının zamana bağlı değişimi (08-09 Eylül 2014) 55
Şekil 4. 40. Biberin kuruma hızının zamana bağlı değişimi (08-09 Eylül 2014) 56
Şekil 4. 41. Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi (11 Eylül 2014)..... 57
Şekil 4. 42. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (11 Eylül 2014) 57
Şekil 4. 43. Biber ağırlığının zamana bağlı değişimi (11-12 Eylül 2014)..... 58
Şekil 4. 44. Kollektör giriş-çıkış noktası bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi 58
Şekil 4. 45. Biber için boyutsuz nem oranının zamana bağlı değişimi (11-12 Eylül 2014) 59
Şekil 4. 46. Biberin kuruma hızının zamana bağlı değişimi (11-12 Eylül 2014) 59
Şekil 5. 1. Güneş altında açık sergide kurutulmuş nane yaprakları..... 61
Şekil 5. 2. Kollektörde kurutulmuş nane yaprakları..... 61
Şekil 5. 3. Güneş kollektöründe kurutulan patlıcanlar 62
Şekil 5. 4. Güneş enerjili kurutucu kabinde kurutulan biber 63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3. 1. İmalatı yapılan havalı güneş kollektörünün özellikleri 24
Çizelge 4. 1. Ölçüm parametrelerinin hassasiyet değerleri 29
Çizelge 4. 2. 29.08.2013 tarihinde yapılan Nane Kurutma çalışmasına ait veriler..... 31
Çizelge 4. 3. 29.05.2014 tarihinde yapılan Nane Kurutma çalışmasına ait veriler..... 33
Çizelge 4. 4. 12.09.2014 tarihinde yapılan nane Kurutma çalışmasına ait veriler 36
Çizelge 4. 5. Yemeklik patlıcan kurutma çalışmasına ait veriler 38
Çizelge 4. 6. Kızartmalık patlıcan kurutma çalışmasına ait veriler 42
Çizelge 4. 7. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (08 Temmuz 2013) 46
Çizelge 4. 8. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (19 Haziran 2014)..... 50
Çizelge 4. 9. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (08 Eylül 2014)..... 53
Çizelge 4. 10. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (11 Eylül 2014)..... 56
Çizelge 5. 1. Kurutma çalışmasına ait bilgiler 60

SİMGELER DİZİNİ

T_d	Dış hava sıcaklığı (^oC)
T_1	Kollektörde 1 nolu noktadan ölçülen sıcaklık (^oC)
T_2	Kollektörde 2 nolu noktadan ölçülen sıcaklık (^oC)
T_3	Kollektörde 3 nolu noktadan ölçülen sıcaklık (^oC)
T_4	Kollektörde 4 nolu noktadan ölçülen sıcaklık (^oC)
T_5	Kollektörde 5 nolu noktadan ölçülen sıcaklık (^oC)
I_{Toplam}	Kollektöre gelen toplam güneş ışınım şiddeti (W)
I	Metrekareye düşen güneş ışınım şiddeti (W/m^2)
A	Kollektör yüzey alanı (m^2)
MR	Boyutsuz nem oranı
M_0	Ürünün ilk kütlesi (gr)
M_e	Ürünün son (denge) kütlesi (gr)
M_t	Ürünün t anındaki kütlesi (gr)
h_g	Kollektör girişindeki bağıl nem değeri
$h_ç$	Kollektör çıkışındaki bağıl nem değeri

1. GİRİŞ

Kuruma, bir madde içinde bulunan sıvının uzaklaşmasıdır. Kurutma ise; kurutulacak ürün neminin uzaklaştırılarak ürünün istenilen kuruluk değerine indirgenmesi olarak tanımlanır. 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.

1.1. Kurutma Teknikleri

Kurutma işlemi taşınım ile kurutma, temas ile kurutma ve ışınım ile kurutma olmak üzere üç yöntemle gerçekleştirilebilir.

- Taşınım ile kurutmada suyun buharlaştırılıp üründen uzaklaştırılması için gerekli ısı, çoğunlukla havanın tercih edildiği bir akışkan tarafından sağlanır. Sıcak hava kurutulacak ürünlerin üzerinden veya arasından geçirilerek ürünün kuruması sağlanır. Bu yöntem daha çok sıcak hava ile kurutma olarak bilinmektedir.
- Temasla kurutma işleminde ise buharlaşma için gerekli ısı, iletimle taşınır. Kurutulacak ürün sıcak bir yüzey ile temas ettirilerek bünyesindeki sıvının buharlaşması sağlanır.
- Işınım ile kurutma tekniğinde kurutma için gerekli ısı, sistemdeki bir ışınım kaynağından sağlanır. Mikrodalga ve kızıl ötesi gibi elektromanyetik enerji türlerinden yararlanılır.

Şekil 1.1'de elektrikli kurutma fırını, şekil 1.2'de ise mikrodalga kurutma fırını gösterilmiştir.



Şekil 1. 1. Elektrikli kurutma fırını



Şekil 1. 2. Mikrodalga kurutma fırını

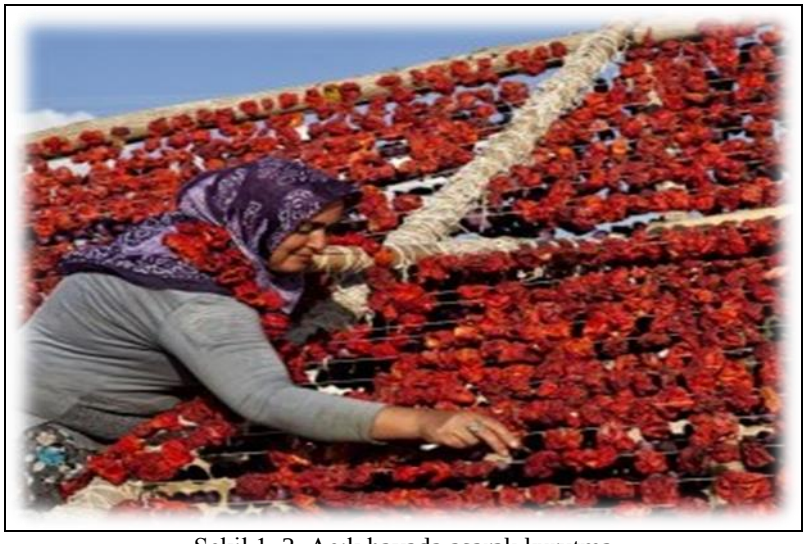
Kurutma işlemi için bir ısı enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde kullanılan enerjinin büyük kısmı petrol, doğalgaz ve elektrik gibi kaynaklardan sağlanmaktadır. Ancak teknolojinin gelişmesi, sanayi yatırımları ve dünya nüfusunun artması sebebiyle, enerjiye olan ihtiyaç da her geçen gün artmaktadır. Yer altı kaynaklarının yakın gelecekte tükenmek üzere olması ve çevre kirliliği gibi nedenler insanları yeni enerji kaynakları arayışına sevk etmiştir. Bununla birlikte insanoğlu enerjiyi daha verimli ve tasarruflu bir şekilde kullanmanın yollarını aramaktadır.

Enerjiye ihtiyaç duyulan birçok alanda olduğu gibi kurutmada da güneş enerjisi, yenilenebilir olması, çevreye karşı herhangi bir zarar teşkil etmemesi ve yüksek maliyet gerektirmemesi nedenleriyle en çok tercih edilen enerji kaynağı olmuştur.

1.1.1. Güneş enerjisi ile kurutma

1.1.1.1. Açık sergide kurutma

Kurutma işlemi bir ısı transferi olayı olup güneş enerjisi ile tarım ürünlerinin kurutulması en eski kurutma yöntemidir. Günümüzde birçok tarım ürününün kurutulmasında açık sergide kurutma yöntemi uygulanmaktadır. Şekil 1.3'de açık havada asarak kurutma yöntemi görülmektedir.



Şekil 1. 3. Açık havada asarak kurutma

Ürünler güneş enerjisinden yararlanarak açık sergide kurutulurken toz, toprak, yağmur, mikroorganizma üremesi, sergi yerlerinde dolaşan çeşitli böcek ve hayvanlar, bununla birlikte kurutma mevsimindeki karasız meteorolojik şartlar ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 1.4'de açık havada sererek kurutma yöntemi görülmektedir.



Şekil 1. 4. Açık havada sererek kurutma

Gelişen teknoloji ile beraber insanoğlunun güneş enerjisinden yararlanma metodu da gelişmiş ve dünyada ticareti yapılan kurutulmuş gıda ürünlerinin yaklaşık %98'i kontrollü koşullarda sıcak hava ile kurutulmuş, görünüş ve renk bakımından üstün kalitede ve yabancı madde bulundurmamasından dolayı hemen tüketilmeye hazır ürünlerdir.

Sıcak hava ile kurutmanın;

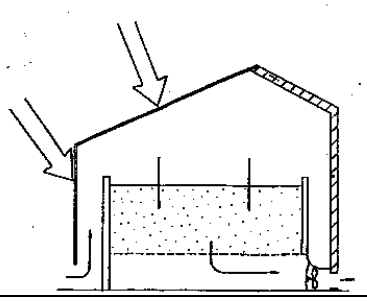
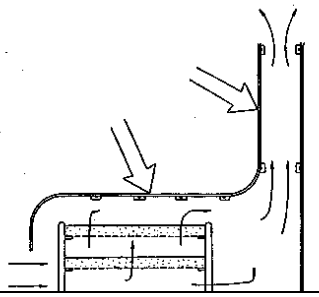
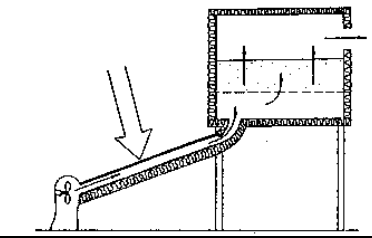
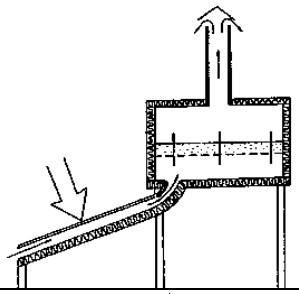
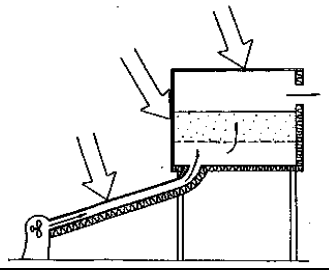
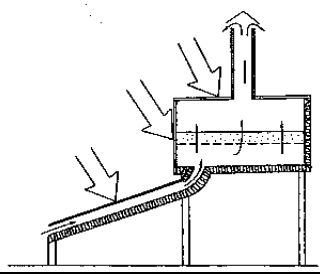
- Kurutma süresinin azalması
- Ürün kalitesinin artması
- Sistemin bakım ve işletmesinin kolaylığı

gibi avantajları göz önünde bulundurulduğunda giderek yaygınlaşan bir kullanım alanına sahip olduğu bir gerçektir.

1.1.1.2. Kabin tipi güneş enerjili kurutucular

Kabin kurutucular; kurutulacak ürünlerin bir tabla içinde kurutulduğu ısı kutusu şeklindedir. Üst yüzeyi güneş ışınımını geçiren saydam örtüyle kaplanmaktadır. Hava kurutucuya genellikle alttan girmekte, rafların altından, üstünden ve arasından geçerek üstten çıkmaktadır (Yağcıoğlu,1999).

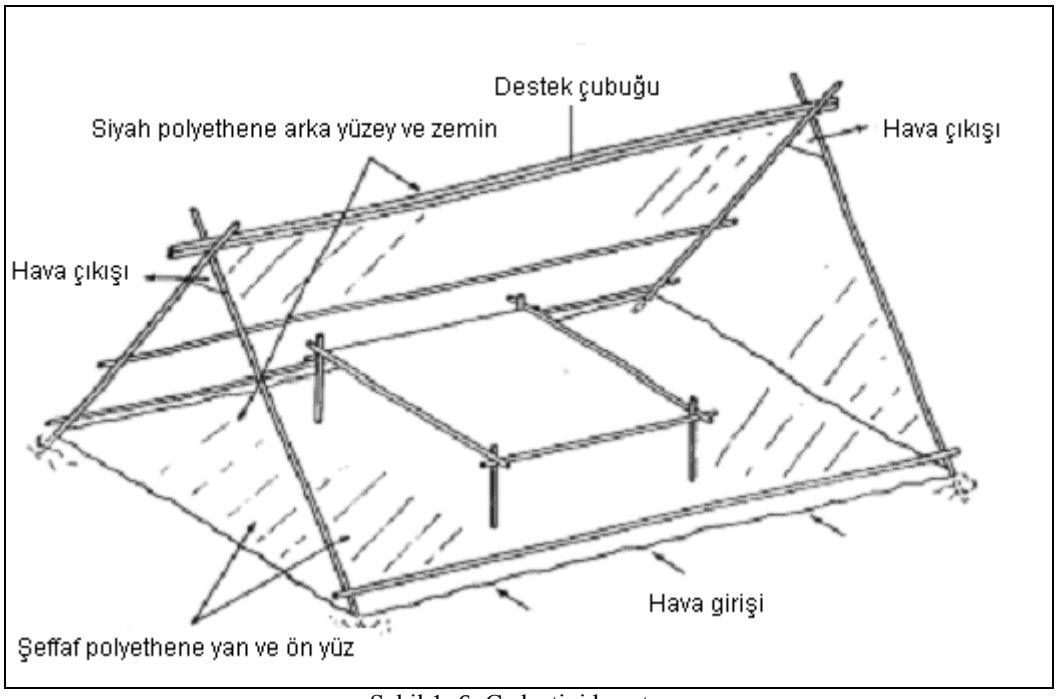
Güneş enerjili kurutucular, kurutma havasının kurutulacak ürüne iletilmesine göre doğal konveksiyon (pasif kurutucu) ve zorlanmış konveksiyon (aktif kurutucu) olarak iki grupta incelenmektedir. Şekil 1.5'te kabin tipi aktif ve pasif kurutucular görülmektedir. Aktif kurutucularda hava hareketi bir fan yardımıyla yapılırken, pasif kurutucularda herhangi bir mekanik eleman kullanılmamaktadır.

	AKTİF	PASİF
Doğrudan Etkileşimli		
Dolaylı		
Birleşik		

Şekil 1. 5. Aktif ve pasif kabin tipi kurutucular (Yelmen,2010)

1.1.1.3. Çadır tipi güneş enerjili kurutucular

Şekil 1.6'da görülen çadır tipi kurutucuların en önemli özelliği kollektör ile kurutma çemberinin birleştirilmiş olmasıdır. Oldukça düşük maliyetli bir sistemdir. Kullanılan çadırın amacı ürünü toz, yağmur ve rüzgardan korumaktır.

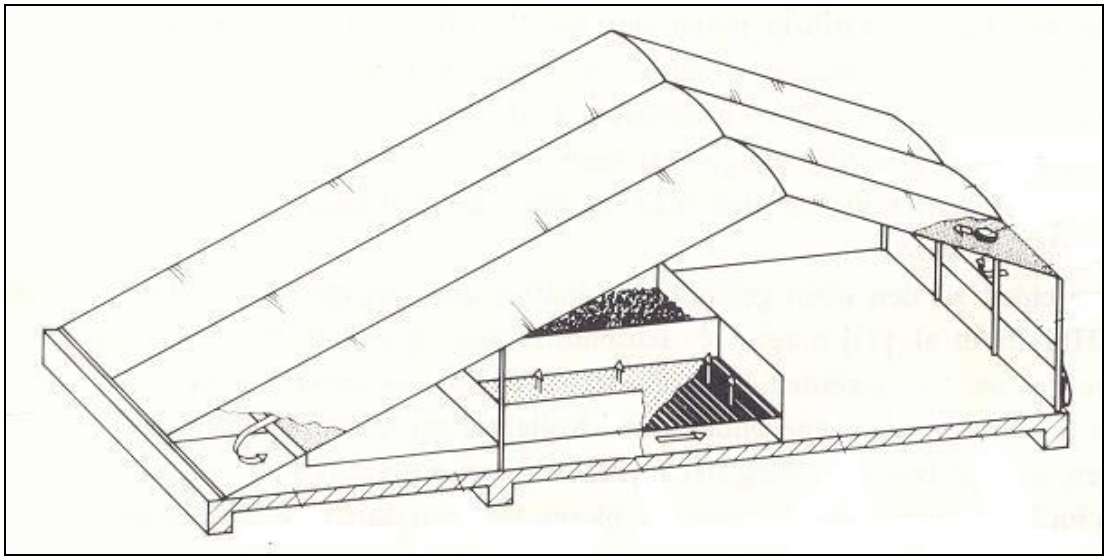


Şekil 1. 6. Çadır tipi kurutucu

1.1.1.4. Sera tipi güneş enerjili kurutucular

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. Seranın dış örtüsü UV ışınlarına dayanıklı olmalıdır. Isı tutumunu arttırmak için sera tabanının siyaha boyanmış beton veya metal yüzeyle kaplanması gerekmektedir. Ayrıca güneş ışınlarının direkt olarak ürün üzerine gelmesi istenmediği durumlarda, ürünleri içine alan siyah yüzeyli bir örtü kullanılmaktadır. Sera içerisinde havanın düzgün dağılımını ve yeterli hava akışını sağlamak için, seranın uzun kenarları boyunca tabanında hava girişi için açıklıklar bırakılmalıdır. Nemli sera havasının dışarı atılması için sera tavanında açıklık bırakılmalıdır. Açıklıklardan yabancı zararlıların

girmemesi için ağla kaplanması gerekmektedir. Ayrıca açık kısımlardan yağmur girişini önlemek için kapak veya perdeler eklenmelidir (Tarhan ve ark.,2007).

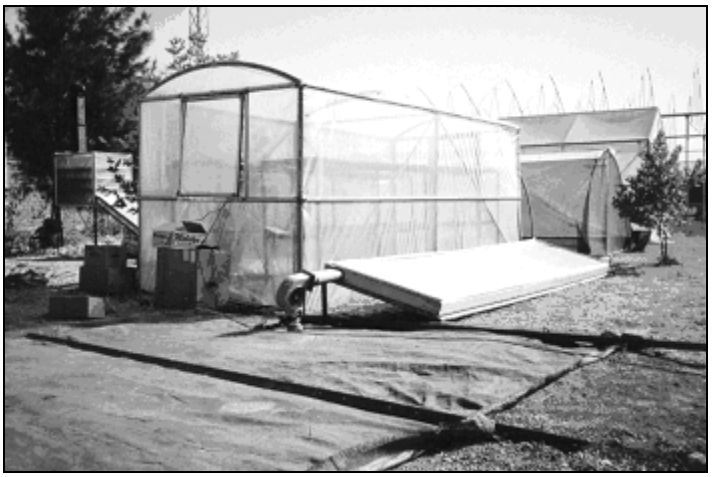


Şekil 1. 7. Sera tipi kurutucu (Müller, 1992)

1.1.1.5. Tünel tipi güneş enerjili kurutucular

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 kollektörü ile yapılıp bir fan yardımıyla tünel içine ulaştırılabilmektedir. Kurutulacak ürün ile kurutma havası tünel içerisinde aynı yönde veya ters yönde hareket ettirilerek ürünlerin kuruması sağlanır.

Şekil 1.8'de kollektörden alınan ısıtılmış havanın bir fan yardımıyla kurutma tüneline ulaştırılması ile tünel içerisindeki ürünlerin kurutulması gösterilmiştir. Yine Şekil 1.9'da Tayland'da muz kurutma için kullanılan tünel tipi kurutucu görülmektedir.



Şekil 1. 8. Güneş enerjili tünel kurutucu (Gürlek ve ark., 2008)



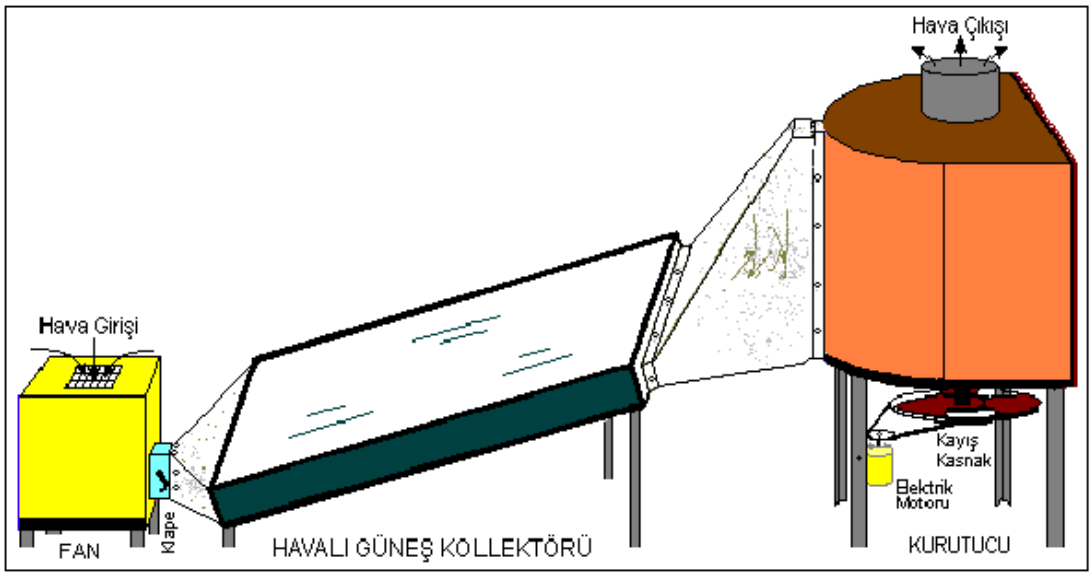
Şekil 1. 9. Tünel tipi kurutucu

1.1.2. Güneş enerjili hava kollektörü

Klasik bir güneş enerjili hava kollektörü, 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 kollektörleri 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, kollektörden sıcak hava olarak dışarı çıkar.

Birçok kullanım alanına sahip olan bu kollektörler, kurutma sistemlerinde de kullanılabilmektedir. Şekil 1.10'da ısıtma havası güneş enerjili hava kollektöründen sağlanan bir kurutma sistemi görülmektedir.



Şekil 1. 10. Güneş enerjili hava kollektörü kullanan bir kurutucu sistemi (MEGEP,2007)

Güneş enerjili hava kollektörlerinin avantajlarını;

- Donma ve korozyon gibi problemlerinin olmaması
- Hafif olması
- Uzun ömürlü olması
- Temiz ve kullanılabilir ısı üretmesi
- Kolay imal edilebilir olması
- Üretim maliyetinin düşük olması

şeklinde sıralayabiliriz.

Bununla birlikte en büyük dezavantajı, yutucu plaka ile akışkan hava arasındaki ısı transfer katsayısının düşük olması sebebiyle ancak düşük ve orta sıcaklıkta hava üretilebilmesidir. Bu sebeple kollektörlerin ısıl verimini arttırmak için birçok çalışma yapılmış ve çeşitli tasarımlar uygulanmıştır. Bunlar; yutucu plakaya kanatçıklar takmak, dalgalı yutucu plaka kullanmak, katı dolgu malzemeli, delikli küre veya V şekli verilmiş yutucu plakalı değişikliklerdir. Tüm bu düzenlemeler ısıl

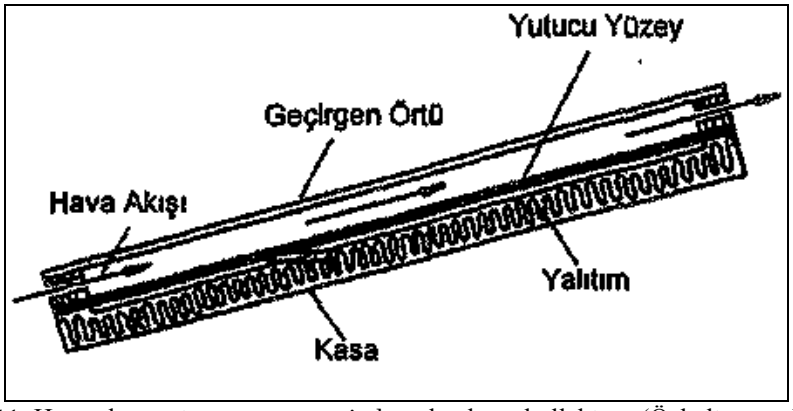
verimi iyileştirirken, özellikle yüksek hacimsel hava debilerinde basınç kayıplarını önemli miktarda arttırmaktadır (Bulut ve ark., 2007).

1.1.2.1. Güneş enerjili hava kollektörü çeşitleri

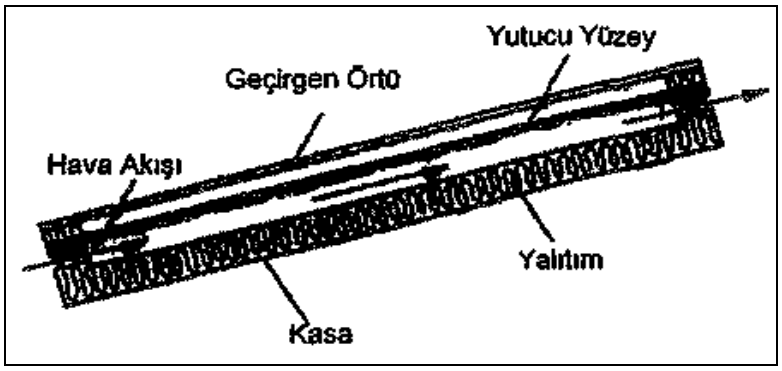
Güneş enerjisi ile havanın ısıtılması için kullanılan kollektörler (toplayıcı) iki grupta toplanabilir. Bunlar gözenekli olmayan toplayıcılar ve gözenekli toplayıcılardır.

1.1.2.1.1. Gözenekli olmayan toplayıcılar

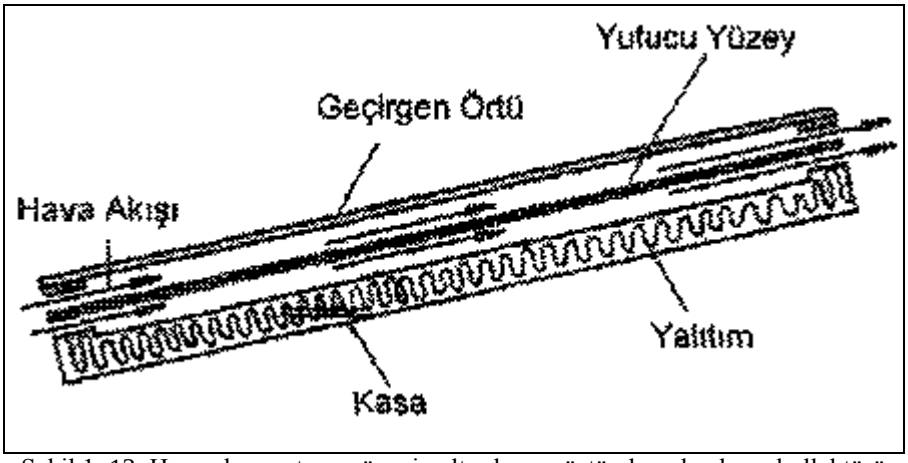
Çalışma akışkanı hava, yutucu yüzeyin altından veya üstünden geçirilebileceği gibi, hem altından hem de üstünden geçirilebilmektedir. Güneş enerjisinin örtüden geçişi ve yutucu yüzeyde tutulması sıvılı toplayıcılarınkine benzemektedir.



Şekil 1. 11. Hava akışı yutucu yüzey üzerinden olan hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003)

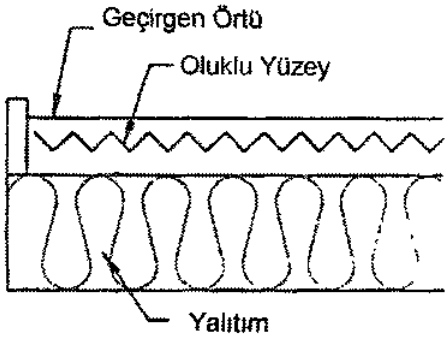


Şekil 1. 12. Hava akışı yutucu yüzey altından olan hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003)



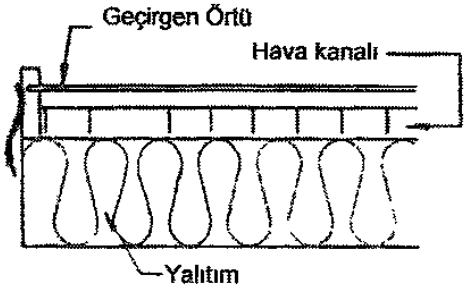
Şekil 1. 13. Hava akışı yutucu yüzeyin altından ve üstünden olan hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003)

Bu akım modellerinde kullanılan yutucu yüzeyler düzlemsel yapıda olabileceği gibi oluklu yapıda veya kanatçık eklenerek tasarlanabilir.



Şekil 1. 14. Oluklu yüzey (Özbalta ve ark., 2003)

Yutucu yüzeye kanatçık eklenmesiyle yutucu yüzey ile ısı transfer akışkanı arasındaki ısı transfer hızı arttırılacağından yutucu yüzey sıcaklığı düşer.



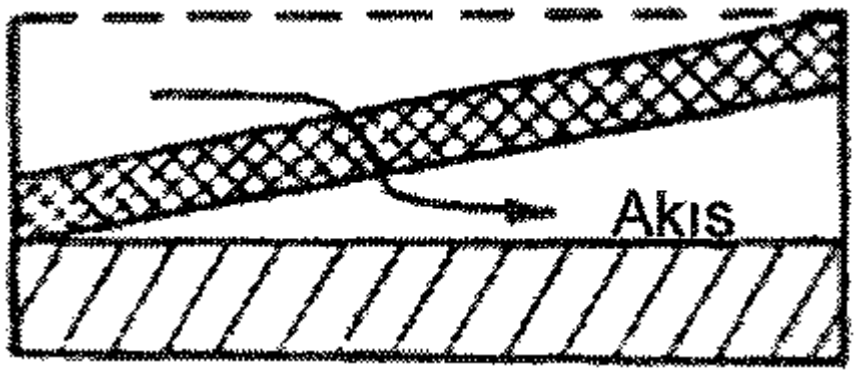
Şekil 1. 15. Kanatçıklı yüzey (Özbalta ve ark., 2003)

Kanatçık eklenmesiyle ısı transfer hızı arttırıldığı gibi yutucu yüzeyden çevreye olan ısıl kayıplar azaltılır. Ancak tasarımda kanatçık boyut ve sayısının dikkatli hesaplanması gereklidir. Aksi halde oluşan basınç kaybının fazla olması fan gücünün de önemli ölçüde artmasına sebep olacaktır.

1.1.2.1.2. Gözenekli toplayıcılar

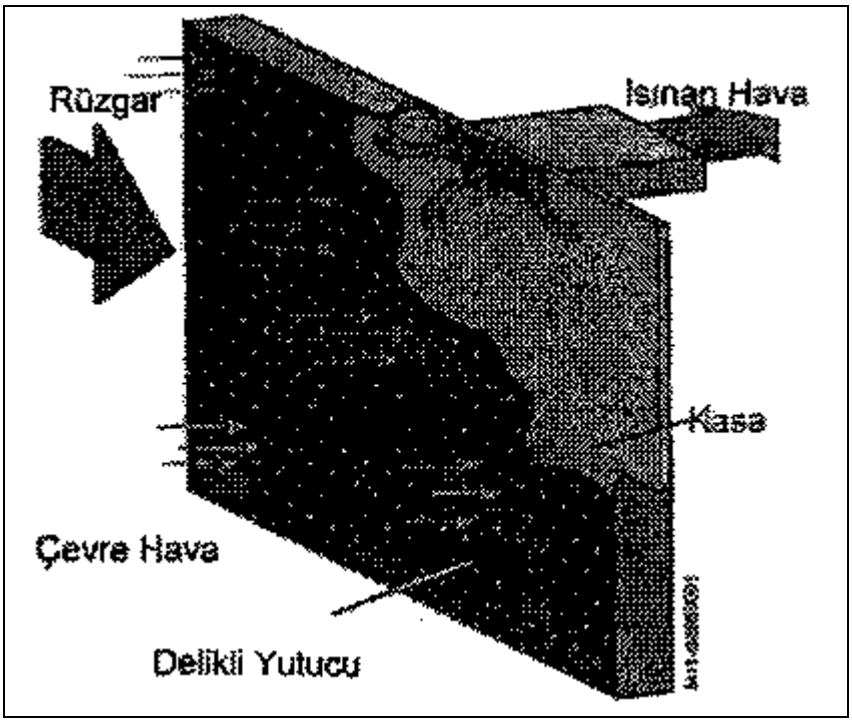
Gözenekli olmayan toplayıcıların en önemli eksikliği, üzerlerine gelen güneş enerjisinin tümünün yeterli düzeyde yutulmasını sağlayacak yüzey alanına sahip olmamalarıdır. Kanatçık ilavesi ve yüzey pürüzlülüğü oluşturmak ısıl verimi yükseltirken basınç kayıplarında artmaya neden olmaktadır.

Tasarımda bu zıt faktörlerin dengelenmesi gerekir. Bu amaçla gözenekli tip toplayıcılar seçenek oluşturmaktadır. Gözenekli toplayıcılarda güneş ışınları yutucu yüzeyin yapısı nedeniyle daha derine nüfuz eder ve yutucu yoğunluğuna bağlı olarak kademeli bir şekilde yutulurlar. Bu tip toplayıcılarda çalışma akışkanı hava, gözenekli ortam içinden geçer. Şekil 1.16'da gözenekli tip hava kollektörü ve havanın gözenek içinden geçişi gösterilmektedir.



Şekil 1. 16. Gözenekli tip güneş enerjili hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003)

Son uygulamalarda rastlanan gözenekli yutucu yüzeyli hava kollektöründe geçirgen örtü de kullanılmamıştır. (Şekil 1.17). Hava akışı direkt olarak koyu renkli yutucu yüzeye gelip gözeneklerden geçer. Bu geçiş esnasında ısınan hava, kanallar yardımıyla sisteme dağıtılır (Özbalta ve ark., 2003).



Şekil 1. 17. Geçirgen örtüsüz gözenekli yutucu yüzeyli hava kollektörü (Özbalta ve ark., 2003)

1.1.2.2. Güneş enerjili hava kollektörünün temel elemanları

1.1.2.2.1. Yutucu yüzey

Güneş enerjili hava kollektörlerinin en önemli elemanı, güneş enerjisini toplayan ve bu enerjiyi çalışma akışkanı havaya aktararak faydalı enerjiye dönüştüren yutucu yüzeydir. Yutucu yüzey topladığı güneş enerjisini çalışma akışkanına büyük ölçüde aktarmalıdır. Isıl kapasitesi yüksek olan yutucu yüzeyler güneş enerjisindeki ani değişmelere daha yavaş cevap verirler.

Toplanan enerjinin bir kısmı yüksek ısıl kapasite nedeniyle kullanılamayacağından sistem için bu kayıp enerjidir. Yutucu yüzey ile hava arasında ısı transfer katsayısı küçük olduğundan, seçilen malzemenin ısı transfer alanı/hacim oranı büyük olmalıdır. Bu şekilde ısı transfer alanı artacağından havaya aktarılan enerji miktarı da artar. Sonuç olarak bu oranın büyük olması kayıp enerjinin az olması demektir (Özbalta ve ark., 2003).

Yutucu yüzeyin pürüzlü olması da ısı transferini arttırmaktadır. Ancak pürüzlü yüzey her ne kadar ısıl verimi arttıracak olsa da, kollektördeki basınç kaybını da arttıracağından bu artış fan gücüne de yansıyacaktır. Bu yüzden yüzey pürüzlülüğü tasarımda dikkat edilmesi gereken önemli bir unsurdur.

Seçilen yutucu yüzey malzemenin;

- Kolay üretilebilir olması
- Sıcaklık değişimlerine karşı direnci
- Özelliklerinin zamanla değişmemesi
- Ucuz olması

gibi özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Güneş enerjili hava kollektörlerinde kullanılan yutucu yüzeyler metal, cam veya polimer esaslı malzemelerden seçilebilmektedir. Örtü malzemesi olarak kullanılan plastik filmler bazı araştırmacılar tarafından yutucu yüzey olarak da denenmiştir. Bunun dışında bazı tekstil ürünleri de bu amaçla kullanılarak denenmiştir.

Hem yutucu yüzey hem de örtü malzemesi olarak polimer kullanımı, maliyetinin düşük olması ve oldukça yeterli kullanım ömrüne sahip olması nedeniyle tercih edilebilir olmaktadır.

Metalik yutucu yüzey olarak alüminyum ve çelik kullanılmaktadır. Ancak bu malzemeler güneş ışınlarını kuvvetli şekille absorbe edemezler. Zayıf olan absorbe özellikleri, yüzeyleri uygun örtü malzemeleri ile kaplanarak iyileştirilir. Bu örtü

malzemelerinin pahalı ve yüzeye uygulanmasının zor olması nedeniyle kullanımlarını önemli ölçüde kısıtlamaktadır.

1.1.2.2.2. Örtü malzemesi

Kollektör örtüsü, gelen güneş ışınının yaklaşık tümünü geçiren, buna karşılık kollektörden çevreye taşınımla ısı transferine ve uzun dalga boylu ışınım enerjisi geçişine engel olarak sera etkisi oluşturan, levha veya film türünde saydam malzemelerdir (Özbalta ve ark., 2003).

Kollektörde ısıl verimi büyük ölçüde etkileyen ısı kayıpları arasında taşınım ve ışınım yolu ile gerçekleşen kayıplar önemli yer tutmaktadır. Taşınımla gerçekleşen ısı kayıpları uygun örtü malzemeleri yardımıyla azaltılabilir. Örtü malzemesi ayrıca yutucu yüzeyi dış etkilerden korur.

Örtü malzemesinin geçirgenliğindeki azalmalar kollektör verimini önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle örtü malzemesi olarak kullanılan malzemenin, güneş ışını geçirgenliğinin yüksek, ısıl ışınım geçirgenliğinin düşük olması istenir. Cam, akrilik, polikarbonat, cam yünü katkılı polyester çok iyi optik özelliklere sahipken, PVF (Polyvinyl fluoride) ve FEP (Fluoro Ethylene Propylene) filmler güneş ışınlarını yüksek oranda geçirmelerine rağmen, uzun dalga boylu ışınım geçirgenliği de oldukça yüksektir. Bu sebeple filmler selektif örtü uygulanmış yutucu yüzeylerle birlikte kullanılır (Özbalta ve ark., 2003).

1.1.2.2.3. Yalıtım malzemesi

Kollektörlerin arka ve yan yüzeyleri yalıtılarak çevreye olan ısıl kayıplar azaltılır. Yalıtım sayesinde sistemin ısı tutma kapasitesi korunur.

Yalıtım malzemesi düşük ısıl iletkenliğe sahip olmalıdır. Bununla birlikte kollektörün çalışması süresince sahip olacağı sıcaklık ve gerilimlere dayanıklı olmalıdır.

1.1.2.2.4. Sızdırmazlık malzemesi

Güneş enerjili hava kolektörlerinde, hava akış kanalı ile örtü arasındaki bağlantı kaçaklarının önlenmesi büyük önem taşır. Bu amaçla en yaygın kullanılan sızdırmazlık malzemeleri silikon, neopren ve akriliktir.

Sızdırmazlık malzemeleri önceden kullanıma uygun şekilde verilmiş elastik malzeme olabileceği gibi macun türünde de olabilir. Macun şeklindeki sızdırmazlık malzemeleri kullanımdan kısa bir süre sonra sertleşerek esnek bir yapı kazanır. Sızdırmazlık malzemesinin sertleşmesi yapısındaki çözgenin buharlaşmasıyla gerçekleşir. Buharlaşan çözgenin örtü yüzey üzerinde yoğuşarak ışık geçirgenliğinde azalmaya sebep olmamasına dikkat edilmelidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

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

Njomo (2000), camsız, seçici yutucu güneş hava kollektörü ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Camsız güneş hava kollektörleri, hava ısıtma, havalandırma ya da mahsul kurutma gibi uygulamalarda kullanılır. D. Njomo yaptığı çalışmada camsız gözeneksiz seçici yutucu hava ısıtıcısında ısı değiştirgeci analizi için bir matematik model geliştirmiştir. Diferansiyel denklemler oluşturarak, çeşitli parametrelerin etkilerini incelemiştir. Giriş akış sıcaklığı, kütle akış oranı, hava kanalının derinliği, camsız yutucu yüzeyin performansı üzerinde çalışmıştır. Yapılan çalışmaları, düşük rüzgâr hızı için bir konveksiyonel iki cam yüzeyli hava kollektörü ile karşılaştırmıştır.

Babalis ve ark. (2005), İncirlerin kuruma karakteristiklerinin tanımlanabilmesi için ince tabaka kuruma modellerinin değerlendirilmesi konulu çalışmasında literatürde mevcut olan ince tabaka kuruma modelleri regresyon analizi ile deneyler sonucu elde edilen verileri karşılaştırmıştır. Çalışmada incir, tünel kurutucuda kurutulmuştur. Kurutucuya ısıtılmış hava verilmiş ve incir kütleleri sürekli ölçülmüştür. Denemeler sonucunda iki terimli eksponansiyel model, kuruma davranışını en iyi açıklayan model olmuştur.

Xanthopoulos (2007), incirlerin kuruma oranı tahmini için ince tabaka kuruma modelinin uygulanabilirliğine ilişkin çalışmalarında ısıtıcı olarak bir ısı pompası kullanmış ve 1.0 – 5.0 m/s hava hızlarında, 46.1–60°C sıcaklık aralığında deneme yapmıştır. Deneme verileri yedi farklı matematiksel model ile regresyon analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel analizler sonucunda en uygun modelin Logaritmik model olduğu tespit edilmiştir. Model parametreleri arasında korelasyon yapılarak ayrılabilir nem oranı ve kuruma hızı arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Selçuk ve ark. (1974), en basit tasarımı, en düşük maliyeti saptayacak şekilde raflı tip güneş kurutucusunu inşa ederek meyve kurutma deneyleri yapmışlarıdır. Bu kurutma ünitesinde ahşap çatı, geçirgen örtü olarak polietilen film tabakası kullanmışlardır. Güneş ışınımının emilmesi için iki kümes teli tabakasının arasına ince metal yongalardan yapılmış Matriks tipi kollektör koyulmuştur.

Demir (1989), sera tipi kurutucu içerisinde ve dış ortamda çekirdeksiz üzüm ve incir kurutmuştur. Sera içerisinde kurutma bandı yer almakta olup, bu bandın bir kısmı parabolik yansıtıcılarla desteklenmiştir. Kurutma öncesi çekirdeksiz üzümlerin bir ksımı 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 açıklamışlardır.

Yaşartekin (1991), Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde kabinet 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. Kurutucuda kuruma hızının doğal kuruma hızından daha düşük olmasının nedeninin kurutucu içerisinde hava dolaşımının zayıf olmasından kaynaklandığını belirtmiştir.

Özgöz (1994), 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 kuruduğunu 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.

Yılmaz ve ark. (1999), yaptıkları çalışmada kabin tipi bir kurutma sistemi kullanmışlardır. Bu sistem bir hava kollektörü, kurutma odası ve hava dolaşım

sisteminden oluşmaktadır. Kurutma havasının dolaşımı için fotovoltaik panellerden üretilen 45 W'lık güç, fanı çalıştırmak için kullanılmıştır. Hava kollektörü 27.5 m^2'lik alana sahip olup kabin içerisinde 8 adet 2.8 m^2'lik raf bulunmaktadır. Soğurucu siyaha boyanmış alüminyum teflon telinden yapılmıştır. Kurutucunun kapasitesi 26 kg taze domates alacak şekildedir. Buna göre yük oranı 9 kg/m^2'dir. Bu kurutucuda nem içeriğinin kurutma mevsimi sırasında 5 günde %95 den %17 ye düşürüldüğünü ifade etmişlerdir.

Durak (2000), yapmış olduğu çalışmada, Tokat şartlarında tünel tipi kurutma serasında ve dış ortamda biber, domates ve mısır kurutmuştur. İki eşit parçaya ayrıldıktan sonra kurutulan domates örneklerinin sera içinde ve dışında 6 ve 7 günde, ¼ parça halinde kurutulan domateslerin ise 5 ve 6 günde kuruduklarını belirtmiştir.

Doğan (2001), çalışmasında dört ayrı tip hava ısıtmalı güneş kollektörüyle deneysel çalışma yaparak, verimleri ve kurutmaya olan etkilerini karşılaştırmıştır.

İnallı ve ark. (2001), çift geçişli hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde yutucu yüzey konumunun ısıl verime etkisini, üç tip kollektör ile Elazığ iklim şartlarında araştırmışlardır. 1. tip kollektörde hava, siyah yüzeyli levha ile saydam üst örtü arasındaki kanaldan, 2. tip kollektörde siyah levhanın her iki yüzeyinde akmaktadır. 3. tip kollektörde ise alt plaka ile saydam örtü arasındaki kanala saçtan kanallar yerleştirmişler. Deneyler sonucunda en verimli kollektör olarak 3. tip kollektör seçmişler. Elazığ'da 1998 yılı açık günlerinde ölçülen 200-600 W/m^2 güneş ışınımı değerleriyle, çoğu tarımsal ürünlerin kurutulması için elverişli olan 20-40 ^oC'lik sıcaklık farkları elde edilebileceğini bulmuşlardır.

Durmuş ve Kurtbaş (2001) yaptıkları çalışmada Elazığ yöresinde yetişen kayısıların, bölge şartları altında havalı güneş kollektörü ile kurutma işlemini deneysel olarak incelemişlerdir.

Onat (2002), 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 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.

Saçılık ve ark. (2005), 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.

Ergüneş ve Tarhan (2006), Tokat yöresinde yetiştirilen mısırların farklı kurutma ortamı ve ön işlem teknikleri kullanmak suretiyle, mısırda kuruma hızına etkisini belirlemek ve kurutma süresini azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, at dişi mısır ve şeker mısır örneklerinde kuruma hızı üzerine en etkili kimyasalın %2 sodyum hidroksit olduğunu, sert mısırda ise ön işlem yapmanın pratik olmayacağını belirtmişlerdir.

Karslı (2006), dört değişik yüzey profiline sahip (75^o acılı kanatçıklı, 70^o açılı kanatçıklı), tüplü ve düz havalı güneş kollektörü kullanarak urun kurutulmasını deneysel olarak araştırmıştır. En yüksek kollektör verimi ve hava sıcaklığı artışını 75^o açılı kanatçıklı kollektörde en düşük ise düz kollektörde oluştuğunu göstermiştir.

Kırbaş (2006), çalışmasında labirentli tip hava ısıtmalı güneş kollektörünün verimini deneysel olarak tespit etmiştir. Kollektör üç değişik hava debisinde farklı gün ve sıcaklık koşullarında denenmiştir. Deney sonuçlarına göre yüksek hava hızlarında kollektör veriminin arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmada, farklı biçimde tasarlanmış iki havalı tip güneş kollektörünün performansları Karabük şartlarında deneysel olarak mukayese edilmiştir. Tasarlanan kollektörler ile seraların ısıtma havasının temini, tarımsal ürünlerin kurutulması düşünülerek, kollektörlerden elde edilen enerjinin depolardaki suya aktarılması suretiyle en iyi verimi veren kollektör tipinin bulunması amaçlanmıştır.

Polatcı ve Tarhan (2009), aromatik bitkilerden reyhanı farklı kurutma yöntemleriyle ve farklı kurutma şartlarında kurutarak deney sonuçlarını karşılaştırmışlardır. 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 ^{o}C sıcaklıktaki havayla kurutmanın reyhan bitkisi için uygun olduğunu belirtmişlerdir.

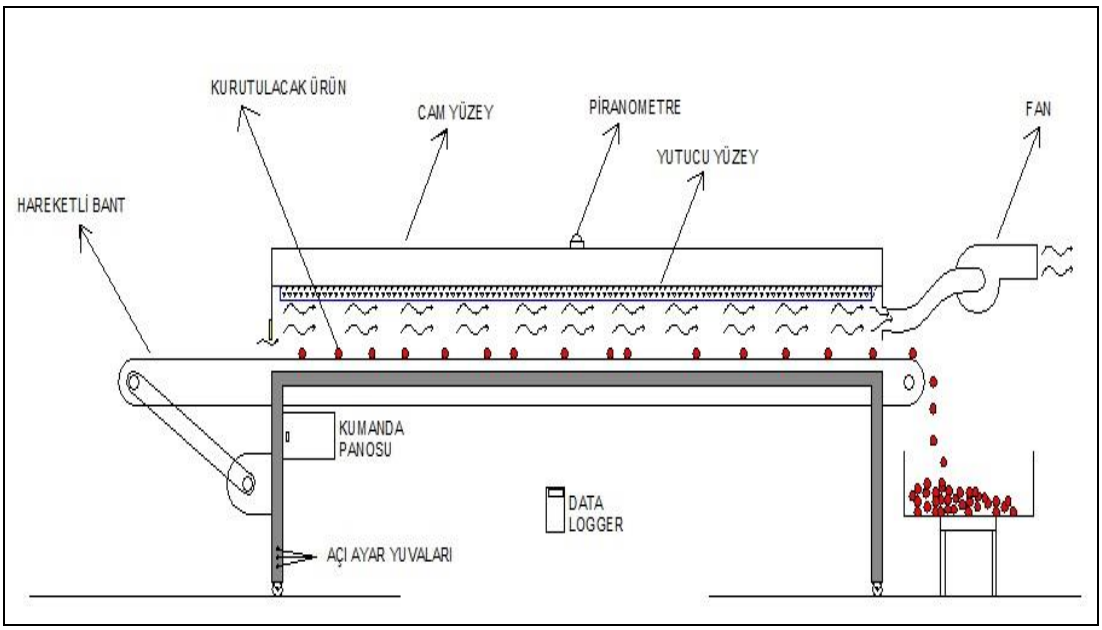
Gülçimen ve ark. (2010), yeni tasarlanmış havalı güneş kolektörler yardımıyla Elazığ iklim şartlarında, kabine tipi kurutucuda nane ve reyhanın kurutma parametrelerini deneysel olarak incelemiştir.

Çiçek (2011) yassı yapraklı ürünleri vakum tüplü güneş enerjili kurutma fırınında kurutarak kurutucunun enerji verimliliğini doğal sirkülasyonlu kurutucuda %17.3, cebri sirkülasyonlu kurutucuda ise %26 olarak belirlemiş ve cebri sirkülasyonun ürünlerin kuruma hızını arttırdığı buna karşılık kuruma süresini kısalttığını gözlemlemiştir.

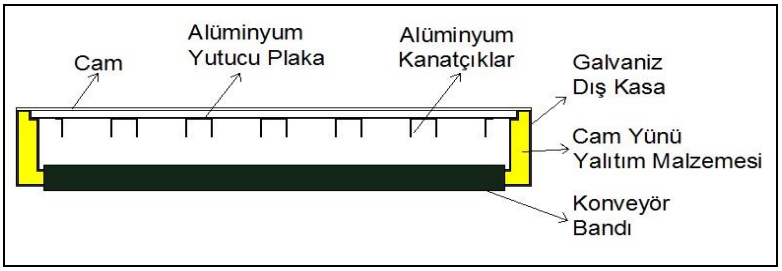
3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmanın temel amacı hava kollektörlü tünel tipi kurutma sisteminde çeşitli tarım ürünlerinin kurutulmasının Şanlıurfa iklim şartlarında uygulanabilirliğinin teorik ve deneysel olarak araştırılmasıdır. Bu amaç için tasarlanmış olan yeni tip hava kollektörlü tünel kurutucu sisteminde, ürünlerin kuruma öncesi tünel içinde serilmesini ve kuruma sonrası boşaltılmasını sağlayacak hareketli konveyör kullanıldı. Kuruma işlemi süresince konveyör çalışmamış olup, Güneş enerjili hava kollektöründe üretilen sıcak havaya maruz kalan ürünün nemi bir fan yardımıyla dışarı atıldı. Şekil 3.1 ve şekil 3.2'de hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sistemi şematik olarak görülmektedir.



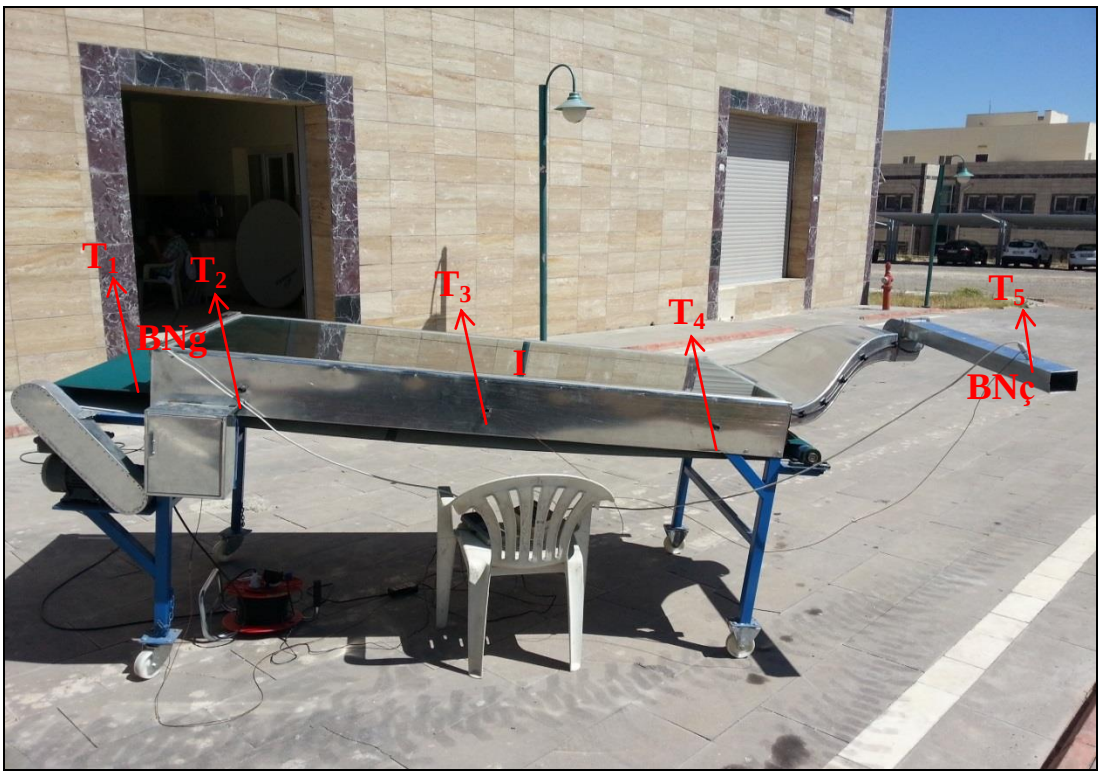
Şekil 3. 1. Hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sisteminin şematik görünümü



Şekil 3. 2. Tasarımı yapılan güneş enerjili kurutma sisteminin kesit görünümü

Deneysel çalışmada, dış ortam ve sistem içindeki hava sıcaklıkları, ürün üzerinden geçirilen havanın hızı ve bağıl nemi ile yüzeye gelen güneş ışınım şiddeti ölçüldü. Ölçüm parametrelerinin kuruma hızına olan etkisi araştırıldı.

Kurutulacak ürünler hareketli konveyör bandı ile yalıtımlı kasa içerisine alındıktan sonra konveyör durdurulmuş ve fan çalıştırılmıştır. Çıkışa yerleştirilen fan yardımıyla kabin içerisine çekilen havanın sıcaklığı, yutucu plakadan aldığı ısı ile artmıştır. Isınan hava kanatçıklara çarparak ürün üzerinden geçirilmiş ve üründe bulunan suyu kendi bünyesine alarak dışarı atmak suretiyle ürünlerin kuruması sağlanmıştır. Şekil 3.3'de imalatı tamamlanmış ve montajı yapılmış hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sistemi ve ölçüm noktaları görülmektedir.



Şekil 3. 3. Hibrit tip güneş enerjili hava kollektörlü kurutma sistemi ve ölçüm noktaları

Şekil 3.3'de görüldüğü gibi, T_1; dış hava gölge sıcaklığını, T_2,T_3 ve T_4 kabin içi sıcaklıkları, T_5; fan çıkışı egsoz havası sıcaklığını, BN_g; giriş havası bağıl nemini, $BN_ç$; çıkış havası bağıl nemini ifade etmektedir. I, yüzeye gelen güneş ışınım miktarıdır.

3.1.1. Havalı güneş kollektörünün imalatı

Havalı güneş kollektörü genel itibari ile çizelge 3.1.'de verilen özelliklerde imal edilmiştir. Bu çalışma için tasarımı ve imalatı yapılan kurutma kabini 2000X1000X100 mm ebatlarında olup, kabin içerisinde ısı taşınım miktarının arttırılması ve hava akışındaki türbülansı sağlamak amacıyla yutucu plaka altına 40 mm'lik 10 adet "U" profil alüminyum saçlar yerleştirilmiştir. Kurutma havasının ürünler üzerine etki etmesi ve dış ortamdaki toz ve zararlı maddelerin kabine girmesini önlemek amacıyla kolektör girişine menfez takılmıştır olup, alt ve yan yüzeylerine 50 mm kalınlığında cam yünü kullanılarak ısı yalıtımı sağlandıktan sonra kabin galvaniz kasa içine alınmıştır.

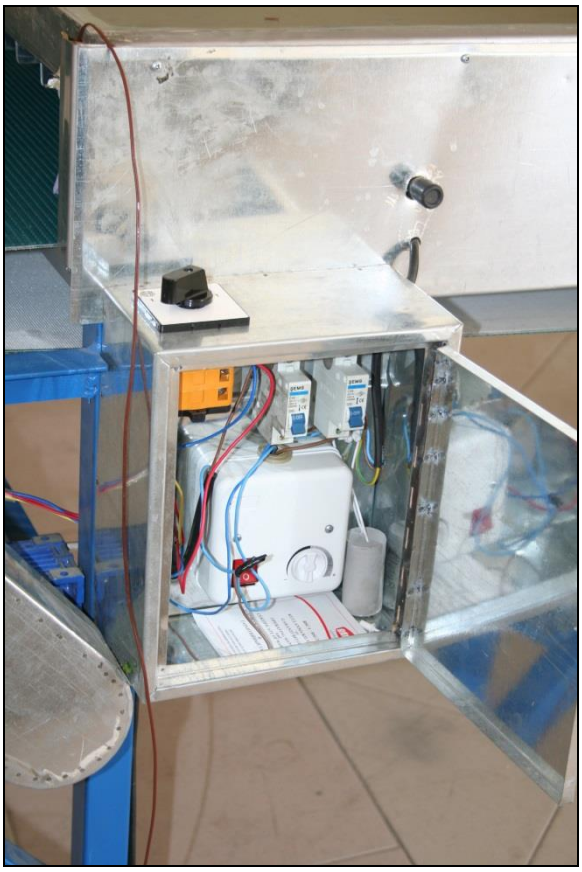
Çizelge 3. 1. İmalatı yapılan havalı güneş kollektörünün özellikleri

Geçirgen üst örtü	Tek cam
Kasa boyutu	2000x1000x100 mm
İzolasyon malzemesi	Cam yünü
Yutucu plaka	1900x900x1 mm siyah mat boyalı alüminyum sac
Kasa malzemesi	2 mm galvaniz sac

Kabin içerisine ürün yerleştirmek ve kurutulan ürünlerin boşaltılmasını sağlamak amacıyla konveyör bandı ve bandın iki yönlü hareketi için 0.37 kW gücünde bir elektrikli motor kullanıldı (Şekil 3.4). Kabin içerisindeki hava akışını kontrol edebilmek amacıyla çıkışa hız anahtarına sahip bir radyal fan yerleştirildi. Şekil 3.5'de kontrol panosunda bulunan hız anahtarı, şekil 3.6'da ise hava akımını sağlayan fan görülmektedir.



Şekil 3. 4. Konveyör hareketini sağlayan motor



Şekil 3. 5. Kontrol panosu



Şekil 3. 6. Radyal fan

Kurutma esnasında kabin içerisindeki hava sıcaklıkları kabin gövdesine açılan kanallardan ısıl çiftler yardımıyla ölçülmüştür. Kolektör kabini giriş ve çıkış havasının sıcaklık ve bağıl nemleri de ölçülmüştür. Ürünlerin kurutulması esnasında

çıkış hava hızı değeri (m/s) ve kollektör yüzeyine gelen güneş ışınım şiddeti (W/m^2) ölçülmüştür. Deneylerde hava sıcaklığı ölçümü ısılçiftlerle ve bağıl nem ise nem ölçerlerle yapılmıştır.

3.1.2. Ölçüm aletleri

3.1.2.1. Sıcaklık ve nem ölçme

Kurutma süresince kurutucuya giren ve kurutucudan çıkan havanın sıcaklık ve bağıl nemi ölçülmüştür. Şekil 3.7'de sıcaklık ve bağıl nem ölçer görülmektedir.



Şekil 3. 7. Sıcaklık ve nem ölçer

3.1.2.2. Anemometre

Kurutma öncesinde anemometre ile fan çıkışında kurutma havasının hızı ölçüldü (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8. Anemometre

3.1.2.3. Elektronik Terazi

Kurutma işleminden önce başlangıç neminin ve kurumakta olan ürün örneklerinin yüzde kütle değişimlerini belirlemek amacıyla hassas ölçüm yapabilen terazi kullanıldı. Ölçümler 1 saat ve 2 saat aralıklarla alındı.



Şekil 3. 9. Elektronik terazi

3.1.2.4. Piranometre

Kurutucu yüzeye gelen toplam güneş ışınımını ölçmek için piranometre kullanıldı (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10. Piramometre

3.1.2.5. Data logger

Sıcaklık ve ışınımı belirli periyotlarla ölçerek değerleri kaydetmesi için 8 kanallı bir data logger kullanıldı (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11. Data logger

Çizelge 3.1'de ölçülen parametrelerin hassasiyet değerleri bulunmaktadır.

Çizelge 4. 1. Ölçüm parametrelerinin hassasiyet değerleri

Parametre	Birim	Hassasiyet
Sıcaklık (T tipi termokupl)	^{o}C	±0.1
Bağıl Nem	%	±2
Güneş Işınımı	W/m^2	±10

3.2. Metod

Kollektöre gelen toplam güneş ışınımı, kollektör yüzey alanı ile piranometreden ölçülen metrekareye düşen ışınım şiddetinin çarpımı olarak ifade edilmiştir. Eşitlik 3.1'de A; kollektör yüzey alanı (m^2), I; birim yüzeye düşen güneş ışınım şiddeti (W/m^2), I_{Toplam} ise kollektöre gelen toplam güneş ışınım şiddetini (W) ifade etmektedir. Toplam kollektör yutucu yüzeyi 2 m^2' dir.

$$I_{Toplam} = AI \tag{3.1}$$

Bağıl nem; havanın bünyesinde su buharı halinde tuttuğu mutlak nemin, bulunduğu sıcaklık ve basınç koşullarında tutabildiği azami su miktarına olan oranıdır. Kollektör giriş ve çıkış noktalarından sıcaklık-nem ölçer ile ölçülmüştür.

Ürünün herhangi bir t anında sahip olduğu nem içeriğinin, başlangıç anındaki nem içeriğine oranına nem oranı denilmektedir. Nem oranı MR, Eşitlik 3.2'de formüle edilmiştir (Erdem ve Varol, 2014).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \tag{3.2}$$

Bu denklemde, M; kuruma esnasında ürünün boyutsuz nem oranını, M_e; denge kütlesini, M_t; ürünün t anındaki kütlesini ve M_0; ise ürünün başlangıç kütlesini temsil etmektedir.

Kurutulan üründeki nem içeriğinin gram olarak birim zamandaki değişimine kuruma hızı denilmektedir.

$$\frac{dW}{dt} = \frac{M_t - M_{t+\Delta t}}{\Delta t} \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3'de, $\frac{dW}{dt}$; kuruma hızını, M_t; t anındaki ürünün kütlesini, $M_{t+\Delta t}$; $t + \Delta t$ anındaki ürün kütlesini göstermektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

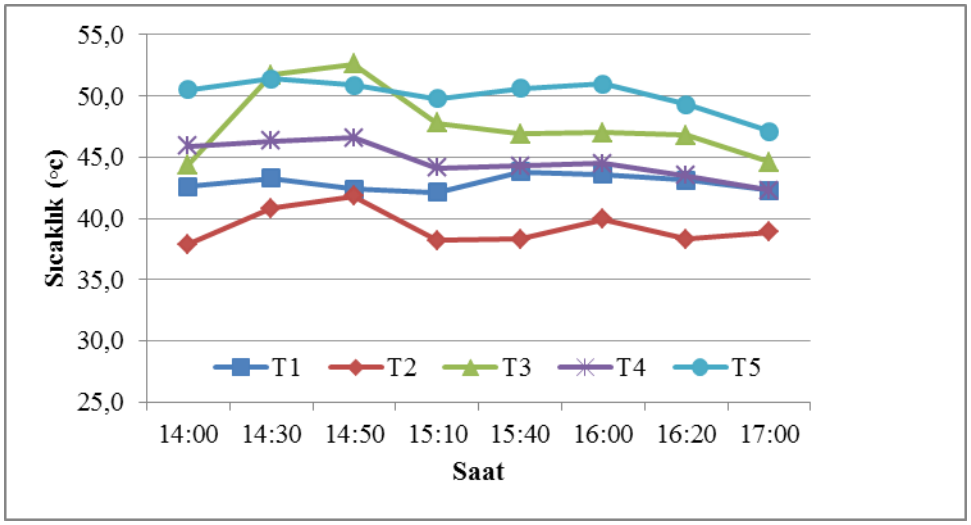
4.1. Nane Kurutma

Nane kurutma ile ilgili ilk çalışma 29 Ağustos 2013 tarihinde yapılmıştır. Çalışmaya ait veriler çizelge 4.1'de verilmiştir.

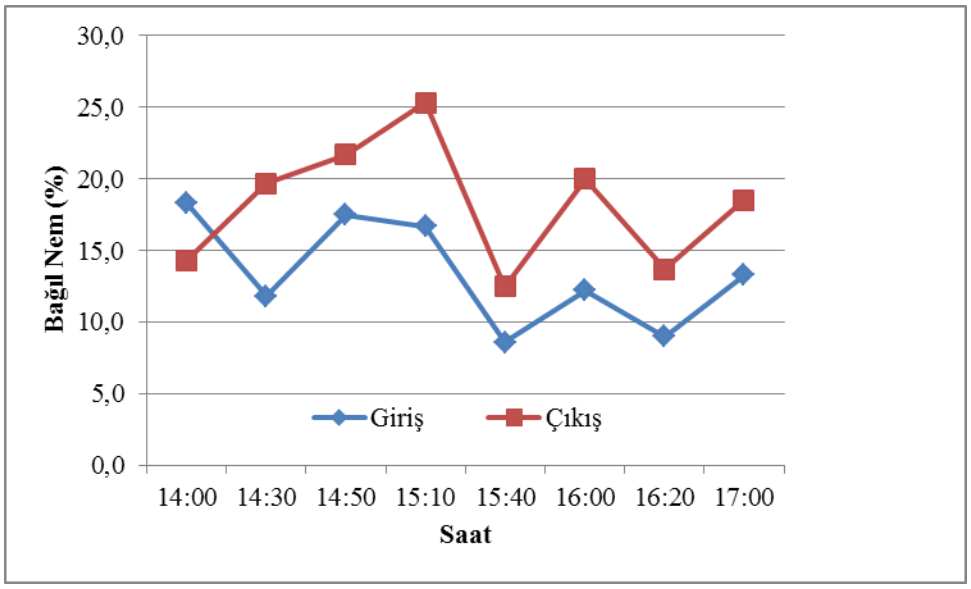
Çizelge 4. 2. 29.08.2013 tarihinde yapılan Nane Kurutma çalışmasına ait veriler

Ürün	Nane
İlk Ağırlık	300 gr
Son Ağırlık	60.5 gr
Kurutma Süresi	3 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	42.9 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	47.7 ^{o}C
Hava Hızı	5 m/s

Nane kurutma deneyi saat 14:00'da başlamış olup aynı saatte 50.5 gr nane mukayese için güneşe serilmiştir. Bu tarihe ait kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi şekil 4.1'de, kabin giriş ve çıkış noktalarından alınan bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimleri ise şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (29 Ağustos 2013)



Şekil 4. 2. Kollektör giriş-çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (29 Ağustos 2013)

29 Ağustos 2013 tarihinde yapılan nane kurutma deneyinde hava hızı 5 m/s olan kabin içerisinde kurutulan nane yapraklarının 3 saatlik deney sonunda ağırlıklarında %79.8 azalma olurken, güneşe serilen nane yapraklarının ağırlıklarında %86.1 azalma olmuştur. Kabin içerisinde kuruyan nane yaprakları doğal görünümlerinden bir şey kaybetmezken güneşte kuruyan nane yapraklarının karardığı gözlenmiştir.

29 Mayıs 2014 tarihinde tekrarlanan nane kurutma deneyinde, kurutma öncesi nane yaprakları dallarından koparılmış ve kurutma öncesi toplam ağırlığı 322 gr olarak ölçülmüştür. Kurutucu kabin sıcaklığının asgari sıcaklığa ulaşması için, kurutucu güneşte bekletilmiştir. Nane kurutma deneyi 29 Mayıs 2014 tarihinde saat 12:00'de başlamış ve saat 14:00'da sonlandırılmıştır. Kurutma süresince fan hızı 3.2 m/s hızında sabitlenmiştir. Nane kurutma çalışmasına ait veriler çizelge 4.2' de verilmiştir.



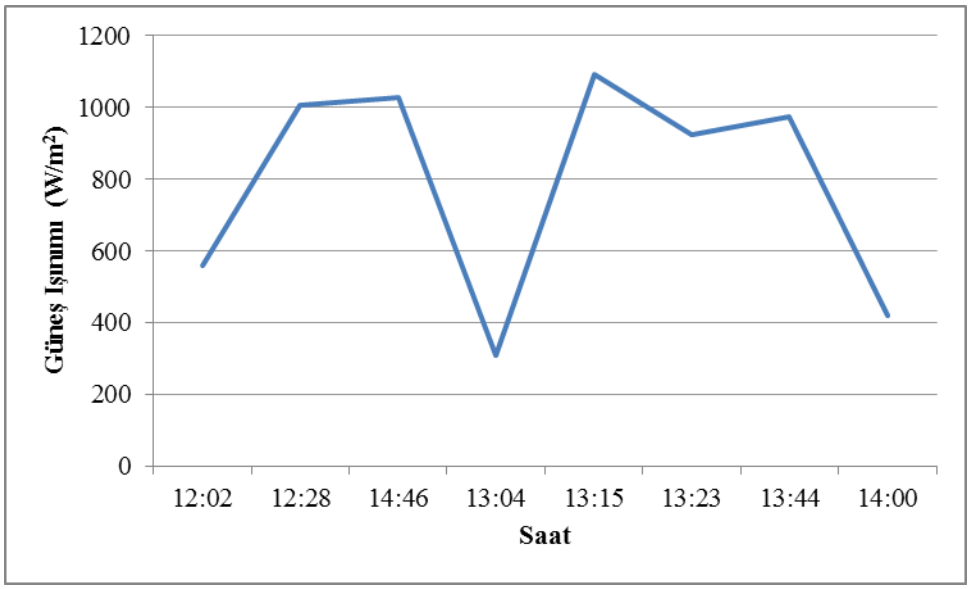
Şekil 4. 3. 29 Mayıs 2014 tarihinde yapılan nane kurutma çalışması

Çizelge 4. 3. 29.05.2014 tarihinde yapılan Nane Kurutma çalışmasına ait veriler

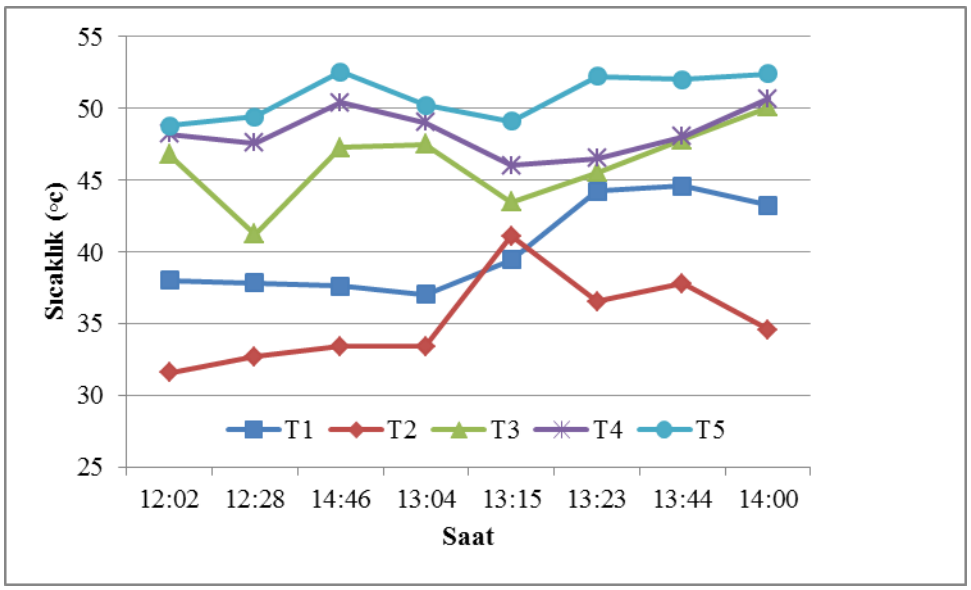
Ürün	Nane
İlk Ağırlık	322 gr
Son Ağırlık	56 gr
Kurutma Süresi	2 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	40.25 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	47.25 ^{o}C
Hava Hızı	3.2 m/s

Bu deneyde nane yaprakları direk konveyör bandı üzerine değil tabanında tel örgü bulunan tepsiye serilmiştir. Bu şekilde hem ürün ile alüminyum kanatçıklar arası mesafe azaltılmış hem de tabandaki tel örgü sayesinde ürünlerin hem altından hem de üstünden hava akışı sağlanmıştır. Şekil 4.3'te nane yapraklarının kurutma tepsisine serilerek kurutucu kabin içine yerleştirilmesi görülmektedir.

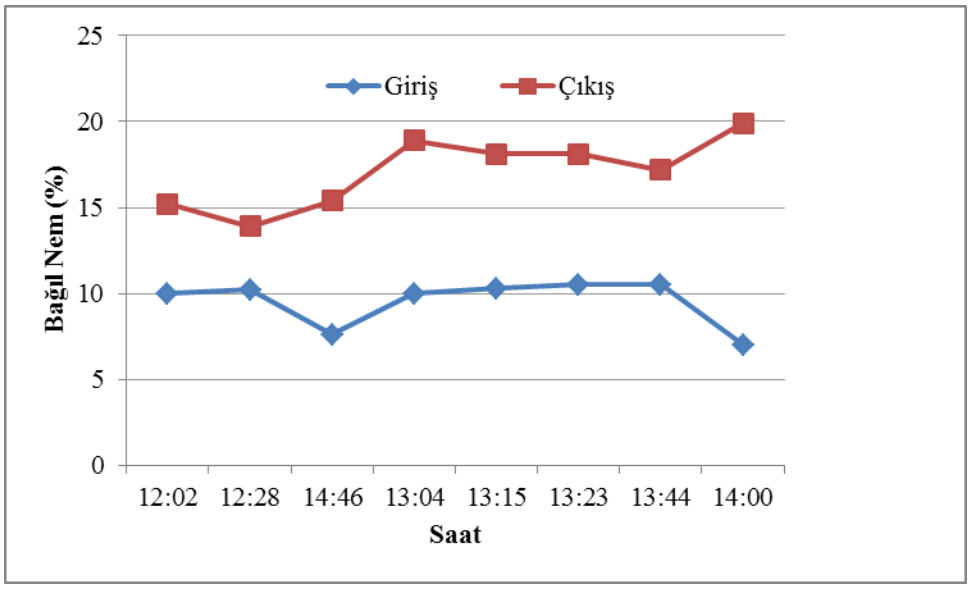
Deney tarihine ait güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4. 4. Güneş ışınımının zamana bağlı değişimi (29 Mayıs 2014)



Şekil 4. 5. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (29 Mayıs 2014)



Şekil 4. 6. Kabin giriş ve çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (29 Mayıs 2014)

Şekil 4.5'de kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi görülmektedir. Buna bağlı olarak şekil 4.6'da kabin giriş ve çıkış noktalarından ölçülen bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir. Kurutma işlemi 2 saat sürmüş olup, işlem öncesi 322 gr tartılan nane yaprakları kurutma işlemi tamamlandıktan sonra 56 gr olarak tartılmıştır.



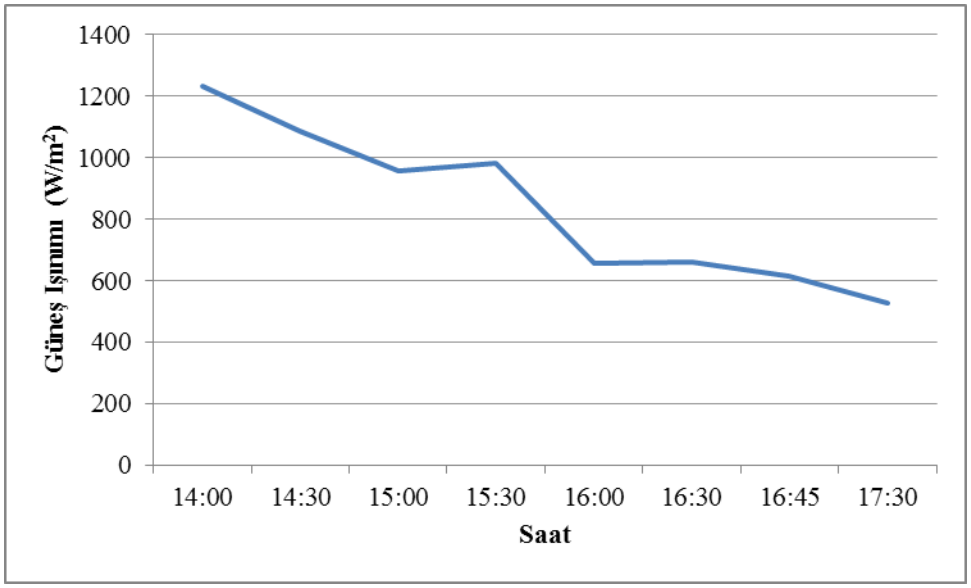
Şekil 4. 7. Güneş kollektörlü tünel tipi kurutucuda kurutulmuş nane yaprakları (29 Mayıs 2014)

12 Eylül 2014 tarihinde nane kurutma işlemi tekrarlanmış olup, kurutma işlemine ait veriler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

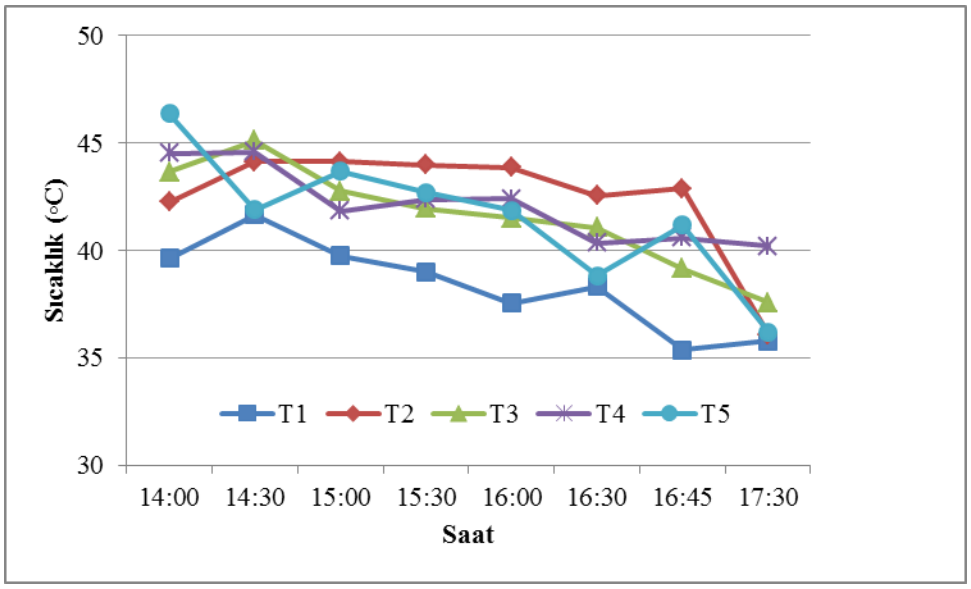
Çizelge 4. 4. 12.09.2014 tarihinde yapılan nane Kurutma çalışmasına ait veriler

Ürün	Nane
İlk Ağırlık	343 gr
Son Ağırlık	75 gr
Kurutma Süresi	3.5 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	38.3 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	41.6 ^{o}C
Hava Hızı	5 m/s

Bu tarihte yapılan nane kurutma deneyi 3.5 saat sürmüş olup deney sonunda ürün ağırlığında %78.1 azalma olduğu tespit edilmiştir. Deney tarihine ait güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi şekil 4.8'de, kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimleri ise Şekil 4.9'da verilmiştir.

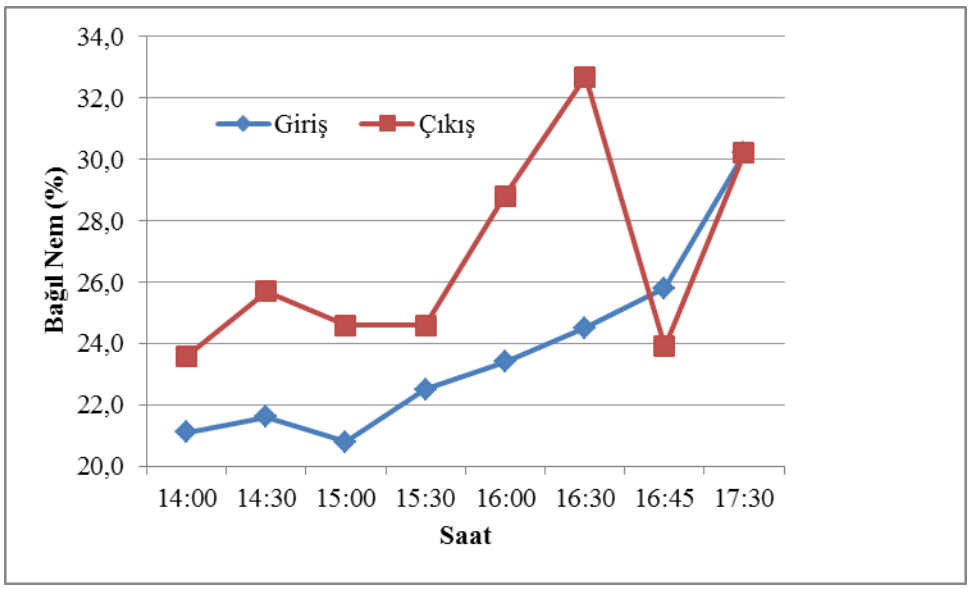


Şekil 4. 8. Güneş ışınımının zamana bağlı değişimi (12 Eylül 2014)



Şekil 4. 9. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (12 Eylül 2014)

Şekil 4.10'da kabin giriş ve çıkış noktalarından ölçülen bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimleri incelendiğinde, kurutma süresinin sonunda giriş bağıl nem değeri ile çıkış noktasındaki bağıl nem değerinin eşitlendiği görülmektedir. Buradan kurutulan nane yapraklarının denge nemine ulaştığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 10. Kabin giriş ve çıkış bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (12 Eylül 2014)

4.2. Patlıcan Kurutma

Başlangıç olarak sistemin istenilen asgari sıcaklığına (*40°C*) ulaşması için kurutucu güneşte bekletilmiştir. Önceden hazırlanmış olan, bir kenarı 10mm (hacmi yaklaşık olarak 1000mm$^{3)}$ olarak küp halinde kesilen patlıcanların ağırlıkları hassas terazi ile tayin edilmiştir. Ağırlıkları tayin edilen patlıcanlar güneş kollektörlü kurutucu kabinine Şekil 4.11'deki gibi yerleştirilerek, kurutma işlemine hazır hale getirilmiştir. Deneye ait veriler çizelge 4.4'te verilmiştir.

Deney 16 Haziran 2014 saat 13:00'da başlatılmıştır. Yapılacak olan kurutma için hava hızı 3 m/sn olarak sabitlenmiştir. İki saatte bir ürünlerin ağırlıkları incelenmiştir. Kurutma işlemi sırasındaki ağırlık tayini, kabin içinden alınan ürünlerin dış ortamdan etkilenmemesi için yaklaşık 1 dk' da tamamlanmıştır.

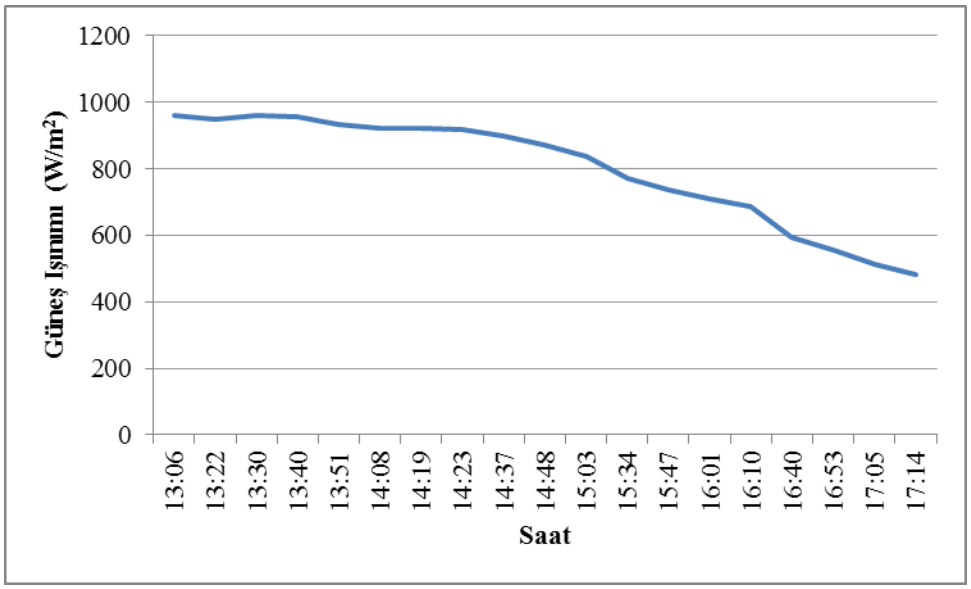
Çizelge 4. 5. Yemeklik patlıcan kurutma çalışmasına ait veriler

Ürün	Yemeklik Patlıcan
İlk Ağırlık	2974.5 gr
Son Ağırlık	379 gr
Kurutma Süresi	18 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	39.3 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	44.6 ^{o}C
Hava Hızı	3 m/s

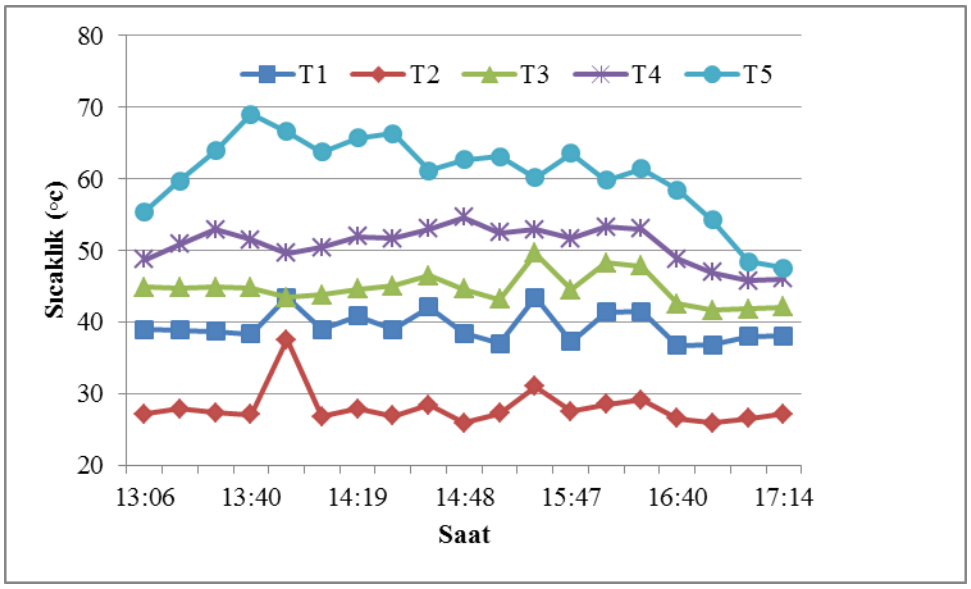
16 Haziran 2014 tarihine ait güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.12'de, kabin içi sıcaklıkların zaman bağlı değişimleri ise Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4. 11. 16 Haziran 2014 tarihinde yapılan yemeklik patlıcan kurutma çalışması

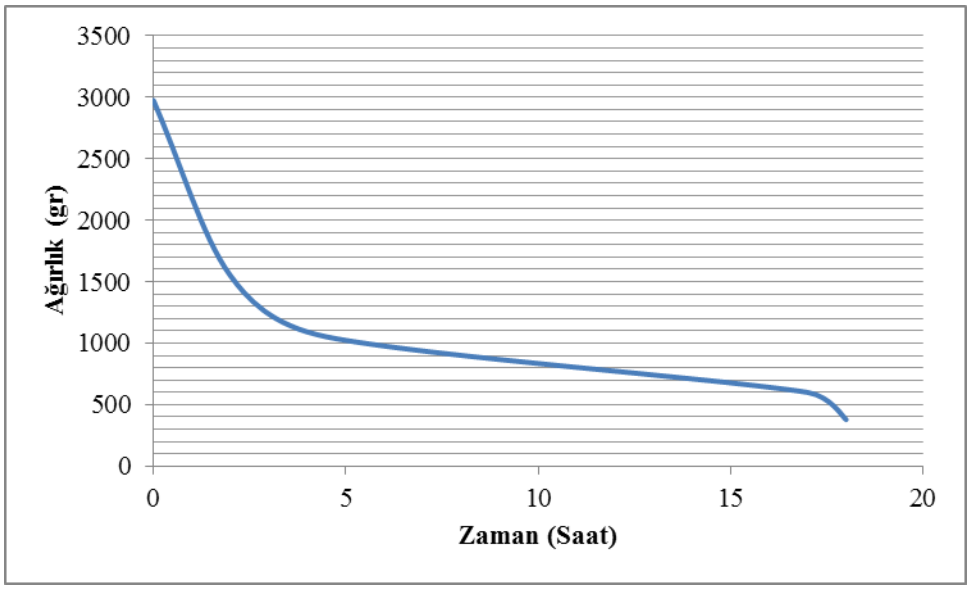


Şekil 4. 12. Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi (16 Haziran 2014)



Şekil 4. 13. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (16 Haziran 2014)

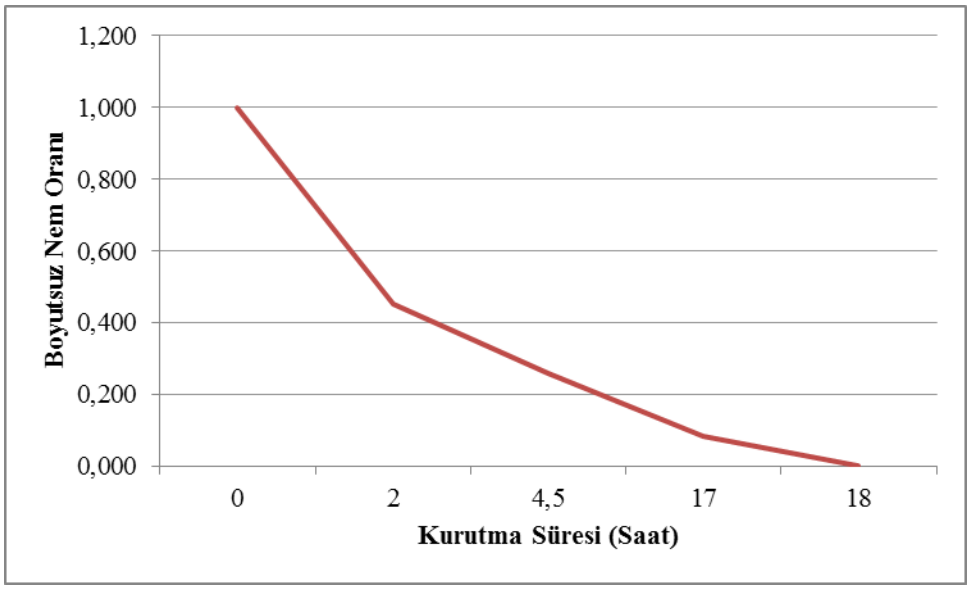
16 Haziran 2014 tarihli kurutma işlemine ürünlerin Şekil 4.12'de belirtilen zamanlarda tam olarak kurumaması sebebiyle 17 Haziran 2014 tarihinde devam edilmiştir. İki deney arasında geçen zamanda yemeklik patlıcanlar ortalama 24°C sıcaklığındaki ortamda bekletilmiştir.



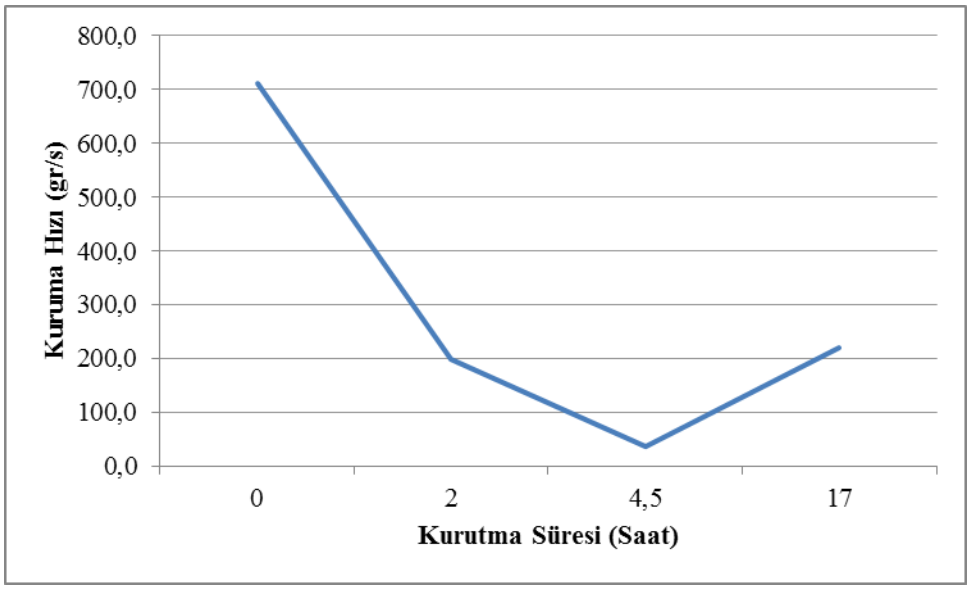
Şekil 4. 14. Patlıcan ağırlığının kurutma süresine bağlı değişimi (16-17 Haziran 2014)

Kurutma çalışması toplam 18 saat sürmüştür. ilk ağırlığı 2974.5 gr olan patlıcanlar kurutma işlemi sonrasında 379 gr olarak tartılmış olup ürün ağırlığının kurutma süresine bağlı değişimi Şekil 4.14'te görülmektedir.

16 Haziran 2014 tarihinde yapılan patlıcan kurutma çalışmasında boyutsuz nem oranı Eşitlik 3.2 ile hesaplanmış ve zamana bağlı değişimi Şekil 4.15'te verilmiştir. Buna bağlı olarak Eşitlik 3.3 ile kuruma hızı hesaplanarak kuruma hızının zamana bağlı değişimi Şekil 4.16'da görülmektedir.



Şekil 4. 15. Patlıcanın boyutsuz nem oranının kurutma süresine bağlı değişimi (16-17 Haziran 2014)



Şekil 4. 16. Patlıcan için kuruma hızının kurutma süresine bağlı değişimi (16-17 Haziran 2014)

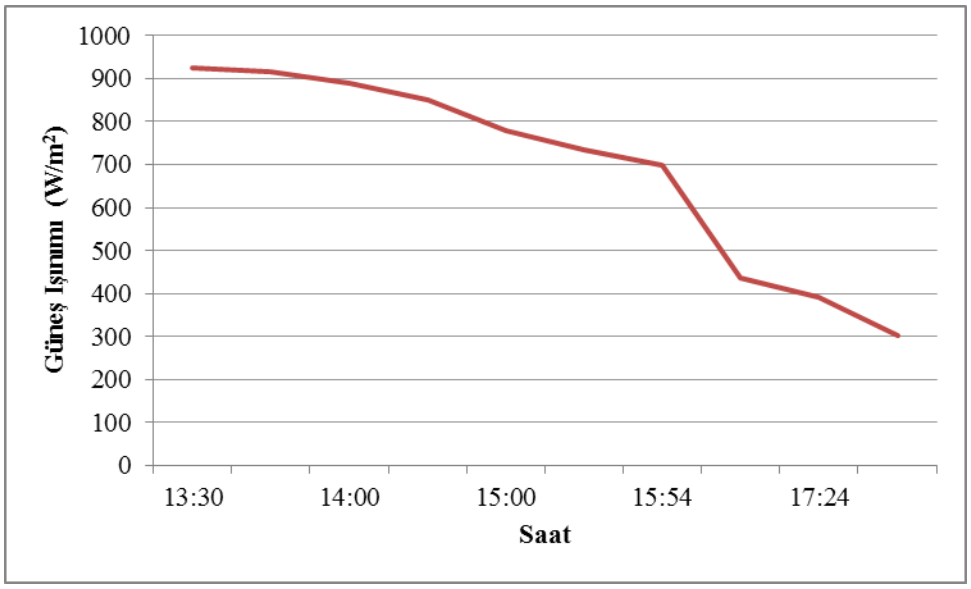
Patlıcan kurutma çalışması 17 Haziran 2014 tarihinde bu kez kızartmalık patlıcan olarak çalışılmıştır. Önceden hazırlanmış 80x40 ebatlarında kesilmiş olan kızartmalık patlıcanların ilk kütlesi hassas terazi ile tayin edilmiştir. Kütlesi ölçülen patlıcanlar güneş kolektörlü kurutucu kabinine Şekil 4.17'deki gibi yerleştirilerek, kurutma işlemine hazır hale getirilmiştir. Deney 17 Haziran 2014 saat 13:30'da başlatılmıştır. Deneye ait veriler Çizelge 4.5'de verilmiştir.



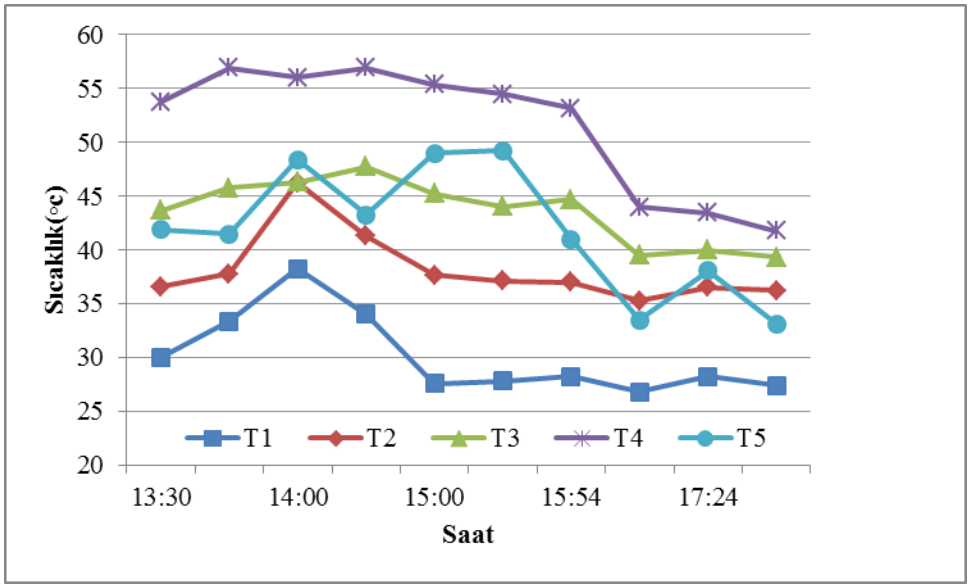
Şekil 4. 17. 17 Haziran 2014 tarihinde yapılan kızartmalık patlıcan kurutma çalışması

Çizelge 4. 6. Kızartmalık patlıcan kurutma çalışmasına ait veriler

Ürün	Kızartmalık Patlıcan
İlk Ağırlık	2750 gr
Son Ağırlık	365 gr
Kurutma Süresi	28.4 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	30.6 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	45.5 ^{o}C
Hava Hızı	3 m/s

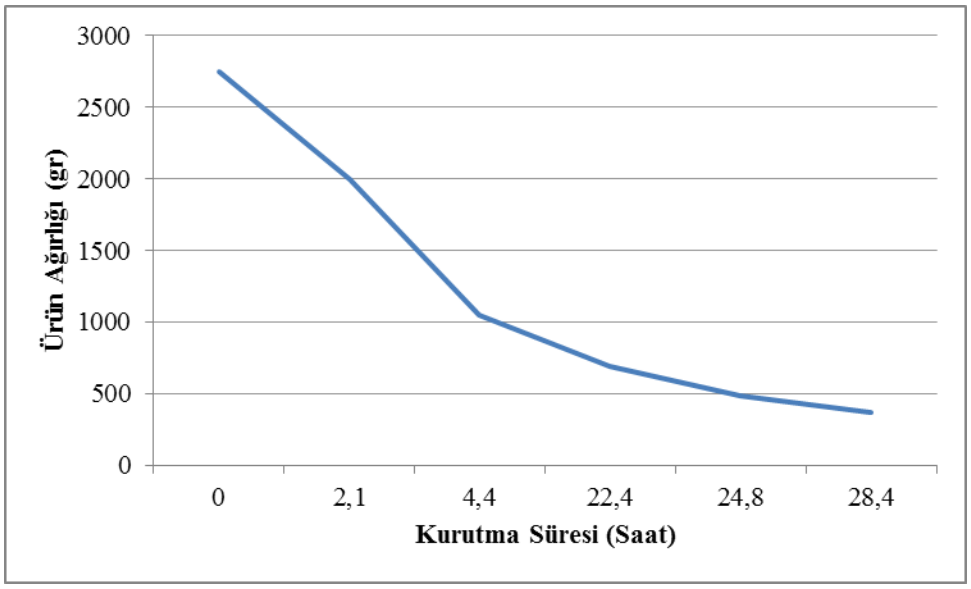


Şekil 4. 18. Güneş ışınımının zamana bağlı değişimi (17 Haziran 2014)

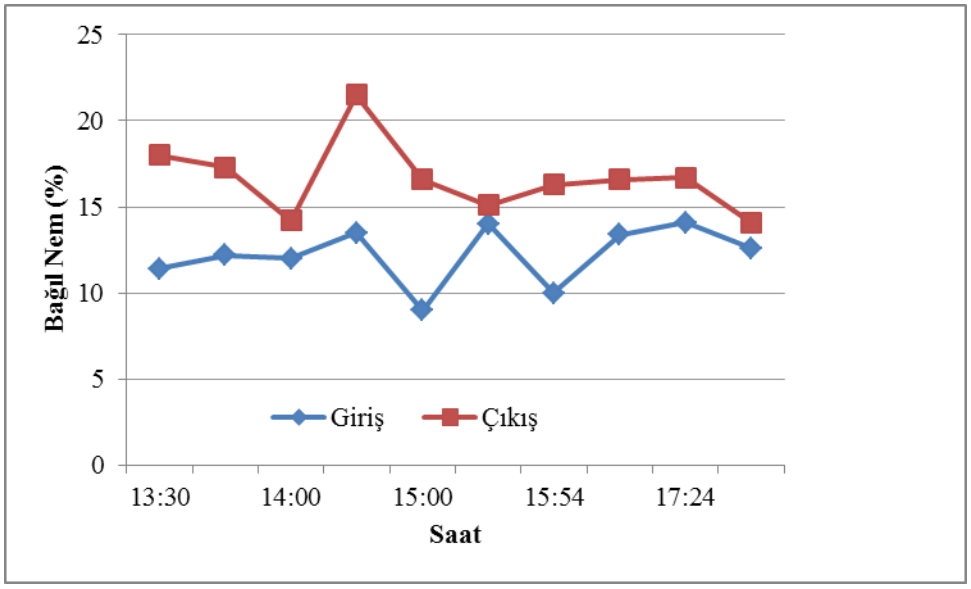


Şekil 4. 19. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (17 Haziran 2014)

Kızartmalık patlıcan kurutma işlemi iki gün olmak üzere toplam iki deneyden oluşmuştur. İlk kurutma deneyi 4.4 saatte bitmiş olup, ikinci deney 22.4. saatte başlatılmıştır. İki kurutma deneyi arasında geçen sürede ortam sıcaklığı ortalama 24 ºC' dir. Yapılan 28 saatlik kurutma çalışması neticesinde ilk ağırlığı 2750 gr olan patlıcanlar işlem sonrası 365 gr olarak tartılmıştır. Ürünlerin ağırlıklarının zamana bağlı değişimi şekil 4.20'de verilmiştir. Şekil 4.21'de kabin giriş ve çıkış noktalarından ölçülen bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimleri görülmektedir.

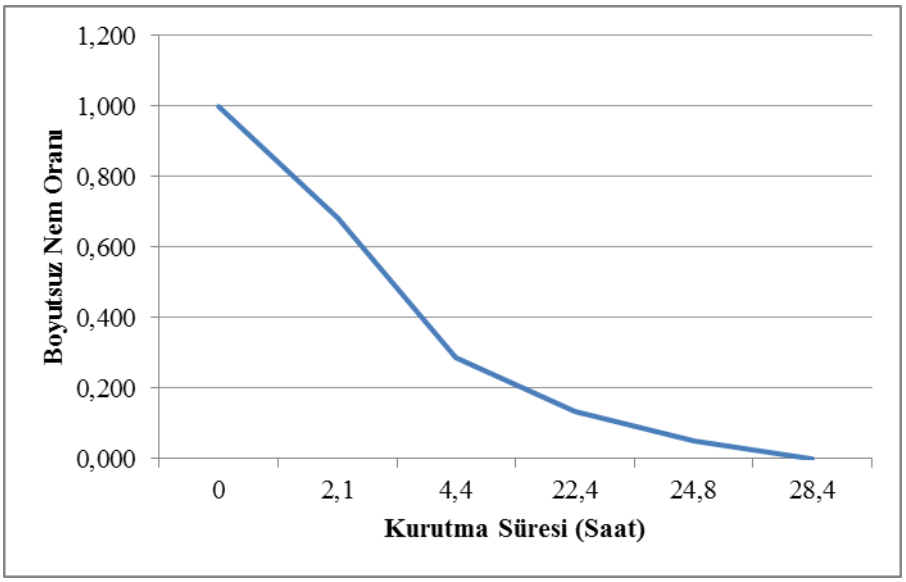


Şekil 4. 20. Patlıcan ağırlığının zamana bağlı değişimi (17-18 Haziran 2014)

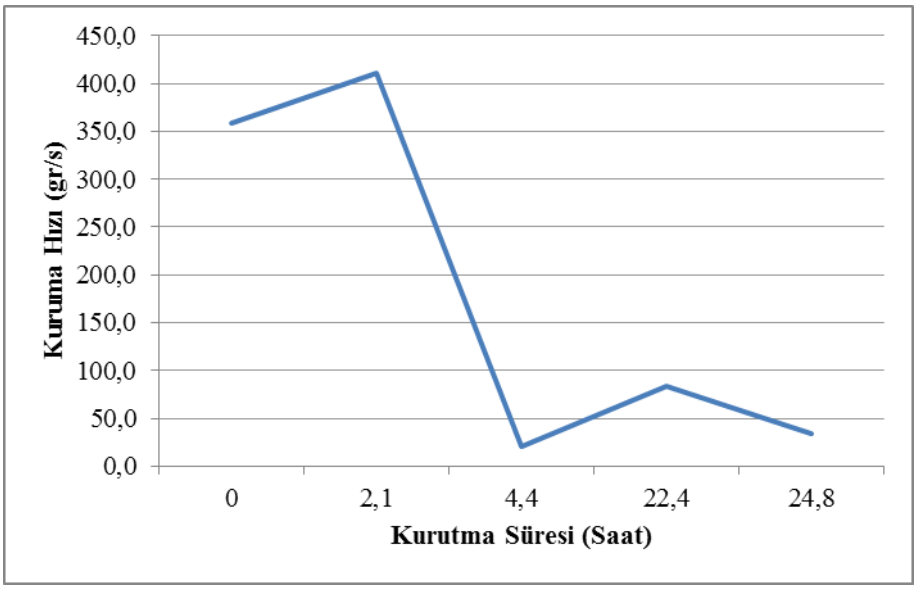


Şekil 4. 21. Kabin giriş ve çıkışında bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (17-18 Haziran 2014)

16-17 Haziran 2014 tarihinde yapılan patlıcan kurutma çalışmasında boyutsuz nem oranı Eşitlik 3.2 ile hesaplanmış ve zamana bağlı değişimi Şekil 4.22'de verilmiştir. Buna bağlı olarak Eşitlik 3.3 ile kuruma hızı hesaplanarak kuruma hızının zamana bağlı değişimi Şekil 4.23'de görülmektedir.



Şekil 4. 22. Patlıcanın boyutsuz nem oranının kurutma süresine bağlı değişimi (17-18 Haziran 2014)



Şekil 4. 23. Patlıcanın kuruma hızının kurutma süresine bağlı değişimi (17-18 Haziran 2014)

4.3. Biber Kurutma

Biber kurutma deneyine ait ilk çalışma 08 Temmuz 2013 tarihinde yapılmış olup, deneye ait veriler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.24'de ise kurutucu kabinine yerleştirilmiş kırmızı biberler görülmektedir.

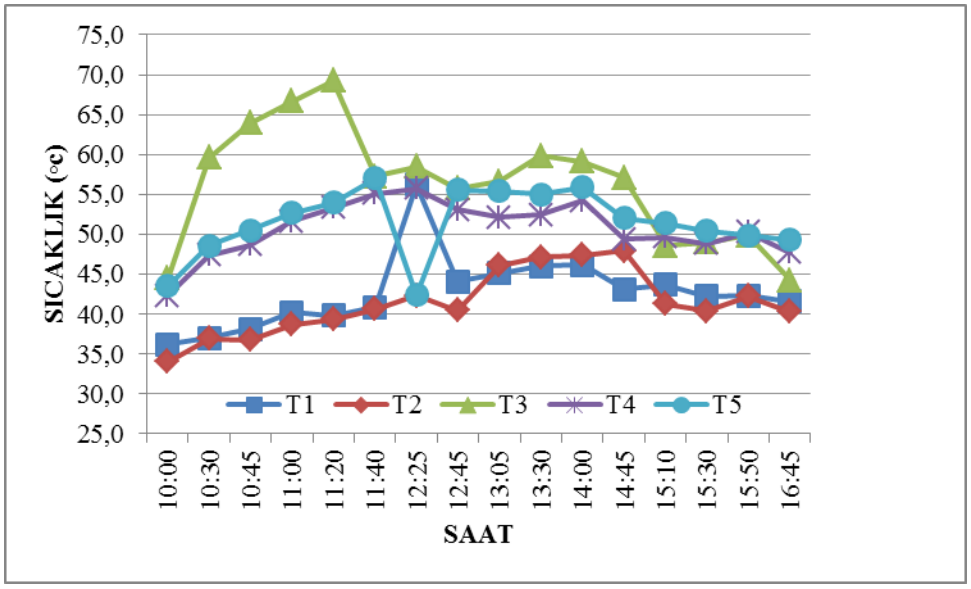
Çizelge 4. 7. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (08 Temmuz 2013)

Ürün	Kırmızı Biber
İlk Ağırlık	5936 gr
Son Ağırlık	3253.5 gr
Kurutma Süresi	7 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	42.7 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	56.2 ^{o}C
Hava Hızı	7 m/s

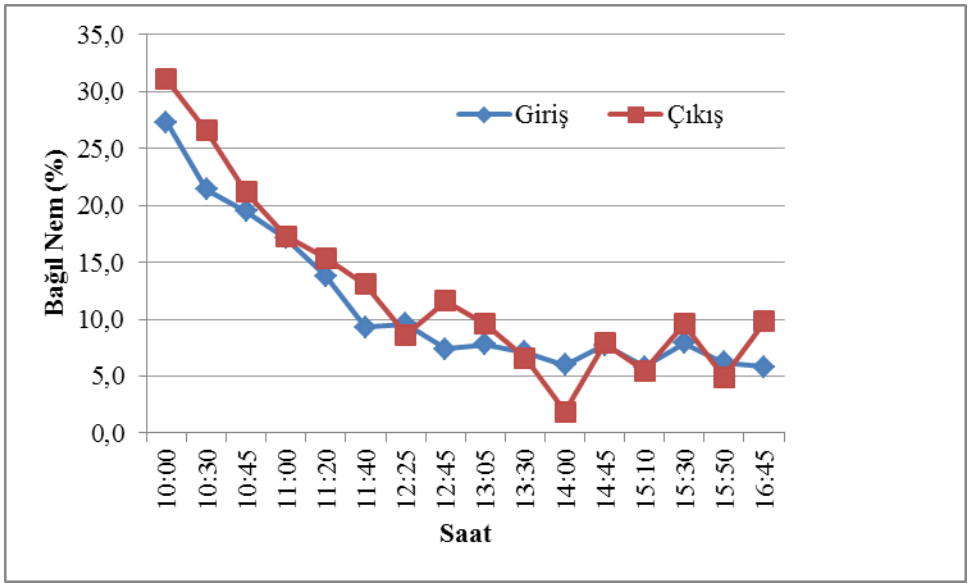


Şekil 4. 24. Kurutucu kabinine yerleştirilen kırmızı biberler (08 Temmuz 2013**)**

Deney çalışması saat 10:00'da başlamış ve 7 saatlik bir süre sonunda veriler değerlendirilmiştir. Deney gününe ait kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimleri Şekil 4.25'de, kabin giriş ve çıkış noktalarından ölçülen bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimleri ise Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4. 25. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (08 Temmuz 2013)



Şekil 4. 26. Kabin giriş-çıkış noktalarından ölçülen bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (08 Temmuz 2013)

Deney bitiminde kurutucu kabinden çıkarılan biberler Şekil 4.27'de görülmektedir. İlk ağırlığı 5936 gr olan biberler, 7 saatlik kurutuma sonrasında tam kuruma sağlanmamış olsa da, %45.2 oranında ağrılık kaybı ile 3253.5 gr olarak tartılmıştır.



Şekil 4. 27. Kırmızı biberlerin kurutucu kabinden çıkarılması (08 Temmuz 2013)

19 Haziran 2014 tarihinde yapılan kırmızı biber kurutma deneyinde ise her bir uzunluğu yaklaşık olarak 0.14 m ve baş çapı 0.05 m olan kırmızı acı biberler, Şekil 4.28'de görüldüğü gibi 0.07 m uzunluğunda dört eşit parçaya kesilerek kurutma işlemine hazır hale getirilmiştir. Kurutmaya hazır hale getirilen biberlerin ağırlığı ölçülerek Şekil 4.29'daki gibi kurutucu kabinine yerleştirildi. Biber kurutma deneyi, 19 Haziran 2014 tarihinde, saat 12:00' de başlatıldı.



Şekil 4. 28. Kurutma için hazırlanan kırmızı biberler (19 Haziran 2014)

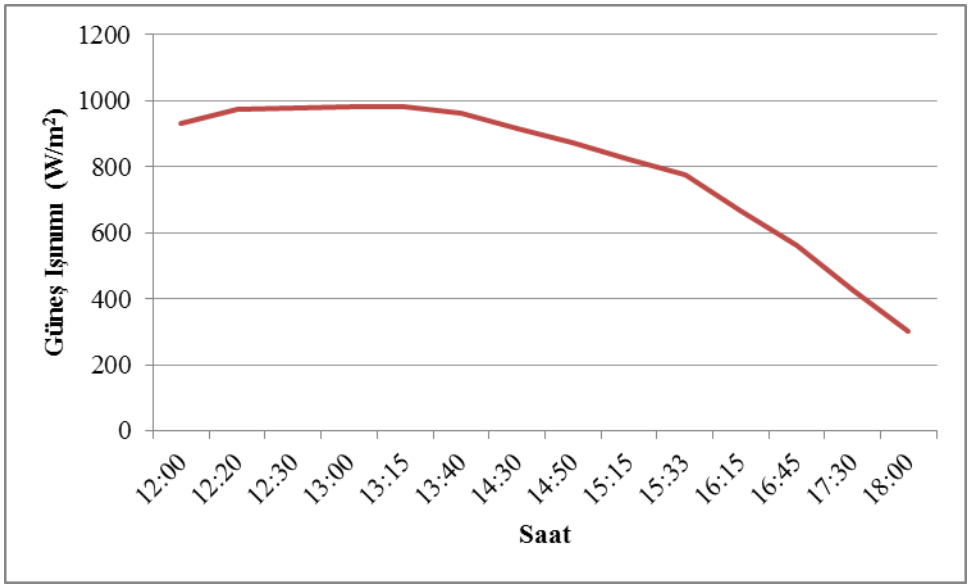


Şekil 4. 29. Kurutma kabinine yerleştirilen kırmızı biberler (19 Haziran 2014)

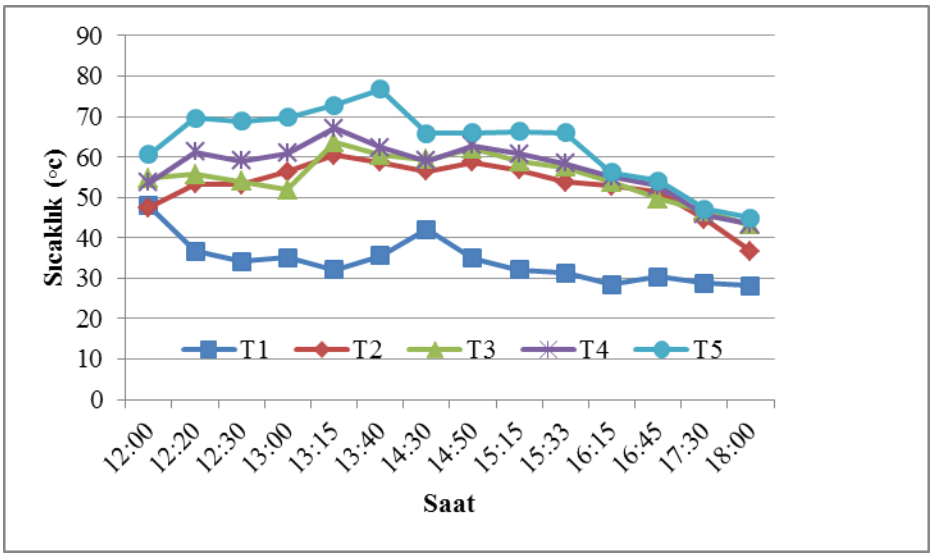
19 Haziran 2014 tarihinde yapılan biber kurutma deneyine ait veriler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Deney tarihine ait güneş ışınım şiddeti Şekil 4.30'da, kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimleri ise Şekil 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (19 Haziran 2014)

Ürün	Kırmızı Biber
İlk Ağırlık	1916 gr
Son Ağırlık	253 gr
Kurutma Süresi	30 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	34.1 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	55 ^{o}C
Hava Hızı	3.3 m/s

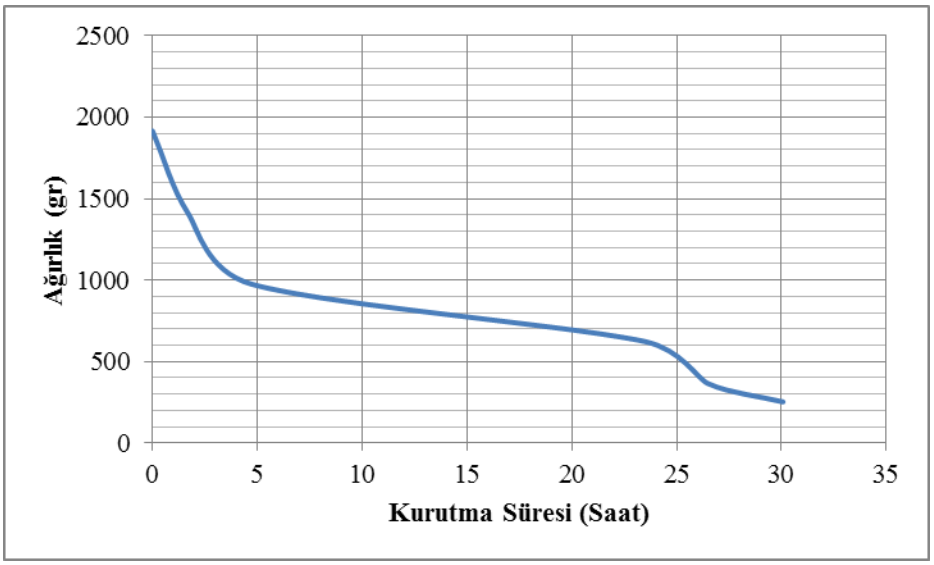


Şekil 4. 30. Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi (19 Haziran 2014)



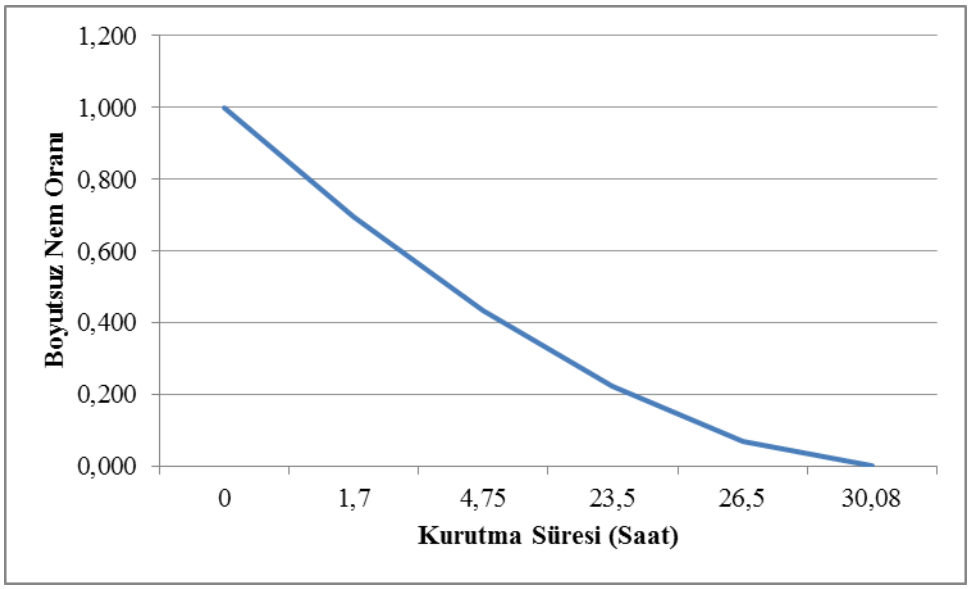
Şekil 4. 31. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (19 Haziran 2014)

Kurutma süresince hava hızı 3.3 m/s sabitlenmiştir. Ürün ağırlığı ortalama 2 saatte bir ölçülmüştür.



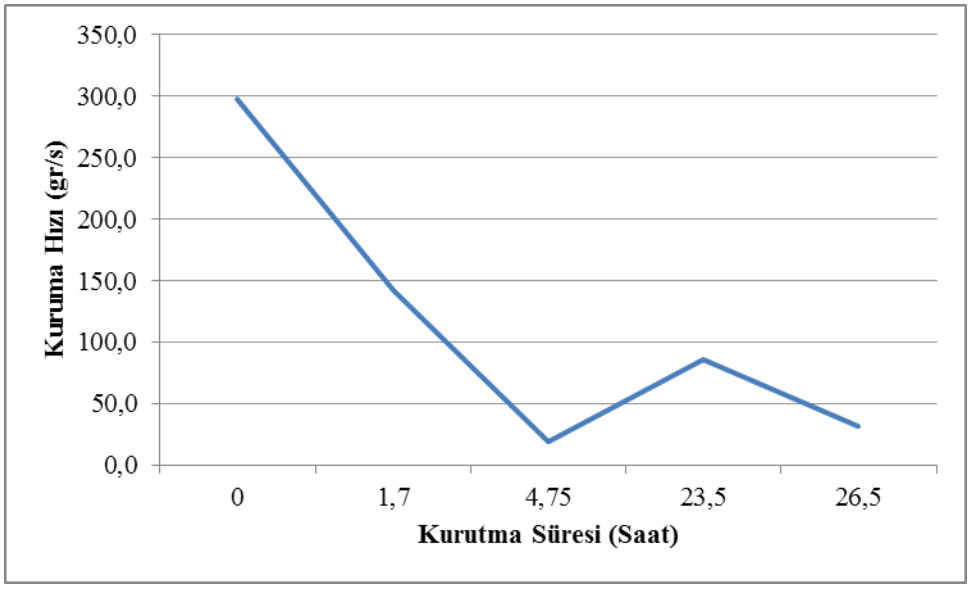
Şekil 4. 32. Biber ağırlığının zamana bağlı değişimi (19-20 Haziran 2014)

Biber kurutma deneyi iki gün olmak üzere toplam iki deneyden oluşmuştur. İkinci gün yapılan ikinci deney, birinci gün kurutma deneyinin devamı olmaktadır. Bu iki deney arasında geçen süre 17.5 saattir. İlk deney saat 18:00' da sonlandırılmış ve ikinci deney 11:30' da başlatılmıştır. İki deney arasında geçen süre boyunca biberler yaklaşık 25ºC ortam sıcaklığında bekletilmiştir. Kurutma işlemi süresince ürün ağırlığının zamana bağlı değişimi Şekil 4.32'de görülmektedir.



Şekil 4. 33. Biber için boyutsuz nem oranının zamana bağlı değişimi (19-20 Haziran 2014)

19-20 Haziran 2014 tarihinde yapılan biber kurutma çalışmasında boyutsuz nem oranı Eşitlik 3.2 ile hesaplanmış ve zamana bağlı değişimi Şekil 4.33'de verilmiştir. Buna bağlı olarak Eşitlik 3.3 ile kuruma hızı hesaplanarak kuruma hızının zamana bağlı değişimi Şekil 4.34'de görülmektedir.



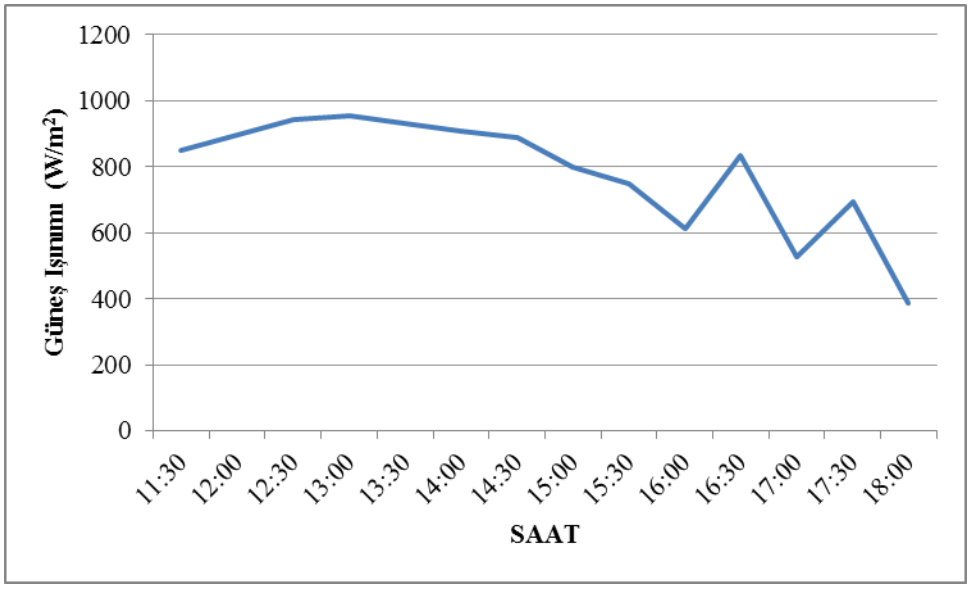
Şekil 4. 34. Biberin kuruma hızının zamana bağlı değişimi (19-20 Haziran 2014)

Biber kurutma deneyi 8 Eylül 2014 tarihinde tekrarlanmış olup, deneye ait veriler Çizelge 4.8'de verilmiştir.

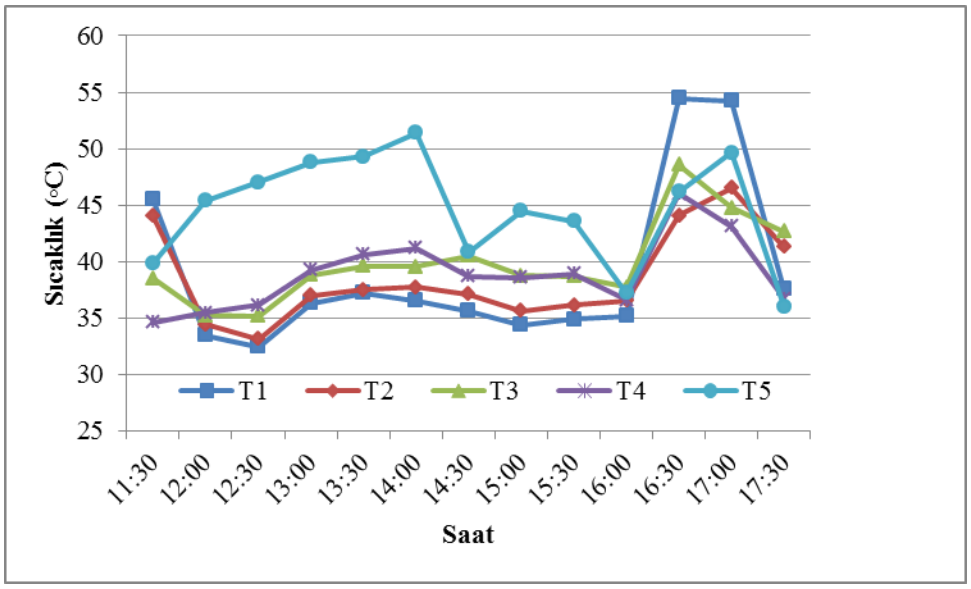
Çizelge 4. 9. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (08 Eylül 2014)

Ürün	Kırmızı Biber
İlk Ağırlık	3276 gr
Son Ağırlık	306 gr
Kurutma Süresi	29.5 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	36.4 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	38.5 ^{o}C
Hava Hızı	6.2 m/s

Kurutmaya hazır hale getirilen biberlerin ağırlığı ölçülerek kurutucu kabinine yerleştirildi. Biber kurutma deneyi, 08 Eylül 2014 tarihinde, saat 11:30' da başlatıldı. Deney tarihine ait güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.35'de verilmiştir. Şekil 4.36'da ise kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimleri görülmektedir.

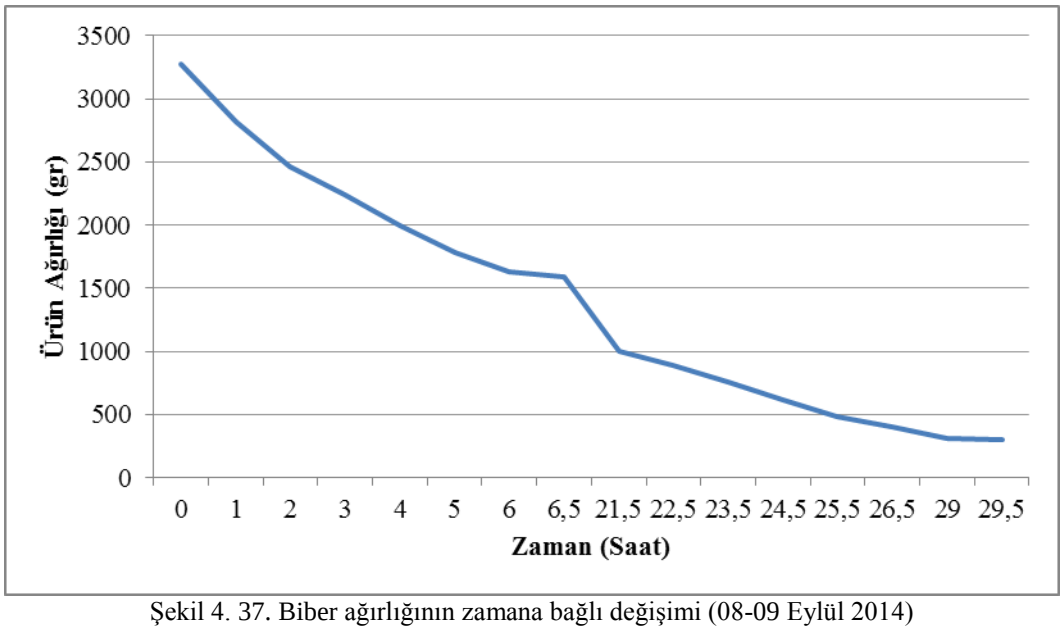


Şekil 4. 35. Güneş Işınımının zamana bağlı değişimi (08 Eylül 2014)

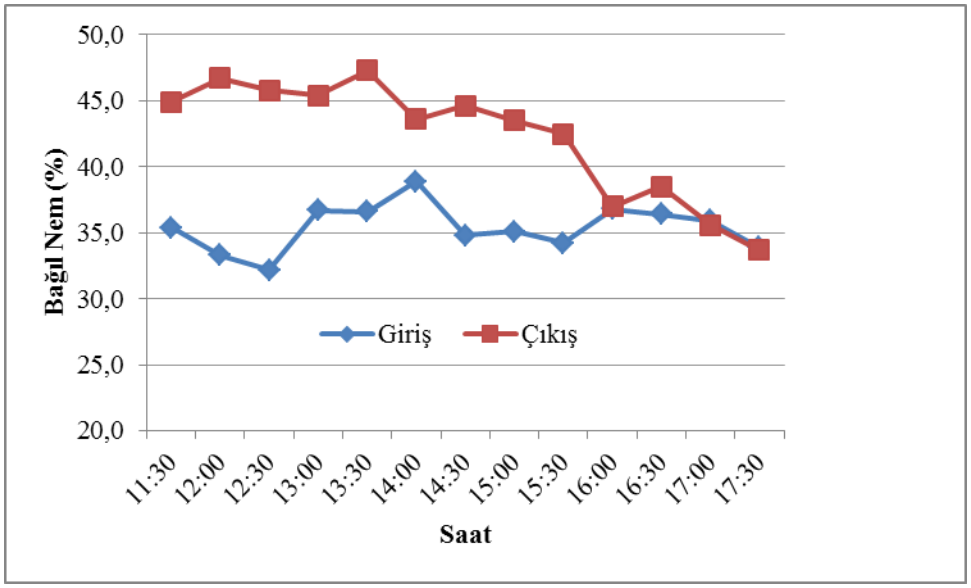


Şekil 4. 36. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (08 Eylül 2014)

Kurutma çalışması ilk gün saat 18:00 da sonlandırılarak ertesi gün saat 09:00 da tekrar başlatılmıştır. İlk günün sonunda ürün ağırlığı 1586 gr olarak tartılmıştır. İkinci gün deneye başlamadan ürünler tekrar tartılmış ve gece boyunca ortalama 25^{o}C ortamda bekletilen ürünlerin ağırlığının 587.5 gr azaldığı gözlenmiştir. Ürün ağırlıklarının zamana bağlı değişimi Şekil 4.37'de verilmiştir. Şekil 4.38'de ise kabin giriş-çıkış noktalarından ölçülen bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi verilmiştir.

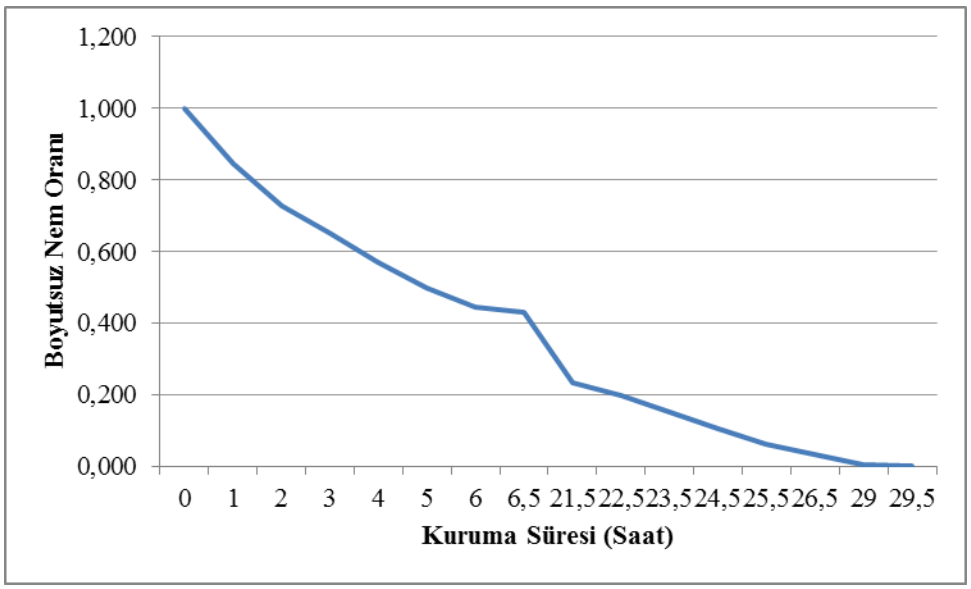


Şekil 4. 37. Biber ağırlığının zamana bağlı değişimi (08-09 Eylül 2014)

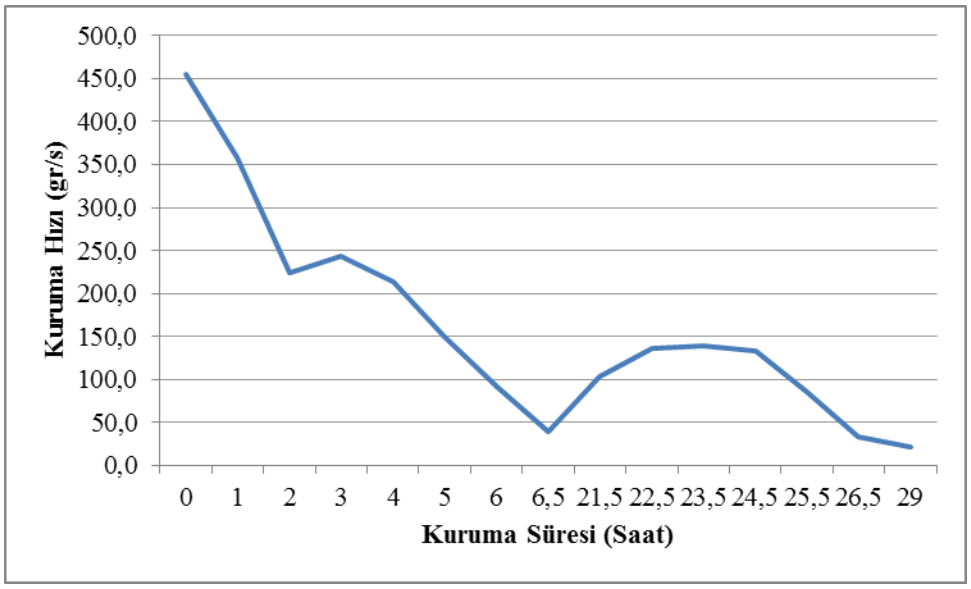


Şekil 4. 38. Kabin giriş-çıkış bağol nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (08 Eylül 2014)

08-09 Eylül 2014 tarihinde yapılan biber kurutma çalışmasında boyutsuz nem oranı Eşitlik 3.2 ile hesaplanmış ve zamana bağlı değişimi Şekil 4.39'de verilmiştir. Buna bağlı olarak Eşitlik 3.3 ile kuruma hızı hesaplanarak kuruma hızının zamana bağlı değişimi Şekil 4.40'da görülmektedir.



Şekil 4. 39. Biber için boyutsuz nem oranının zamana bağlı değişimi (08-09 Eylül 2014)



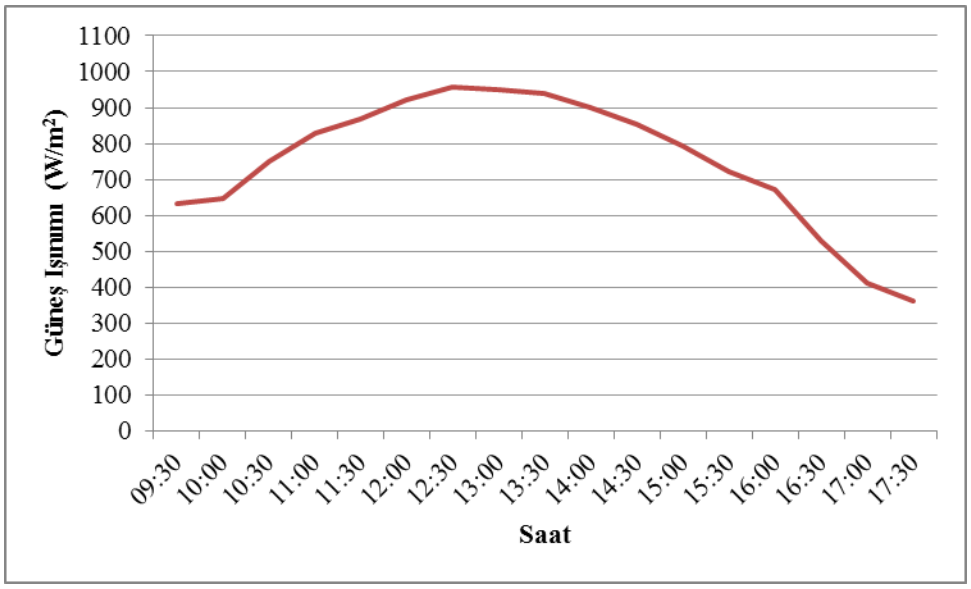
Şekil 4. 40. Biberin kuruma hızının zamana bağlı değişimi (08-09 Eylül 2014)

11 Eylül 2014 tarihinde yapılan biber kurutma deneyine ait veriler çizelge 4.9'da verilmiştir.

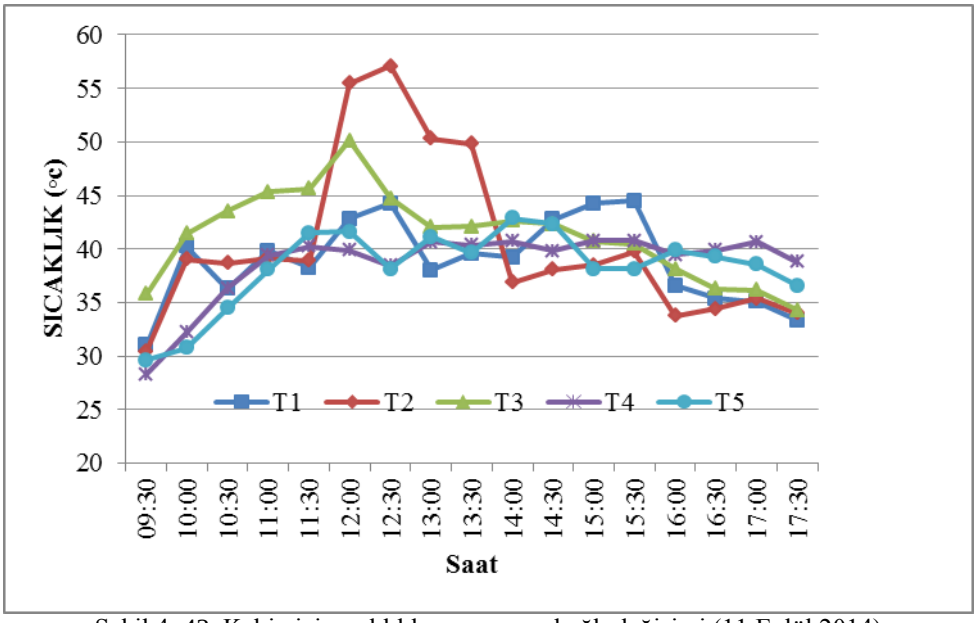
Çizelge 4. 10. Biber kurutma çalışmasına ait veriler (11 Eylül 2014)

Ürün	Kırmızı Biber
İlk Ağırlık	3147 gr
Son Ağırlık	654 gr
Kurutma Süresi	27.5 Saat
Ortalama Dış Hava Sıcaklığı	37.9 ^{o}C
Ortalama Kabin içi Sıcaklık	40.9 ^{o}C
Hava Hızı	4 m/s

2 gün süren bu çalışma 11 Eylül 2014 saat 09:30 da başlatılmıştır. Bu tarihe ait güneş ışınım değerleri Şekil 4.41'de verilmiştir. Güneş ışınım şiddetiyle orantılı olarak değişen kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi ise Şekil 4.42'de görülmektedir.

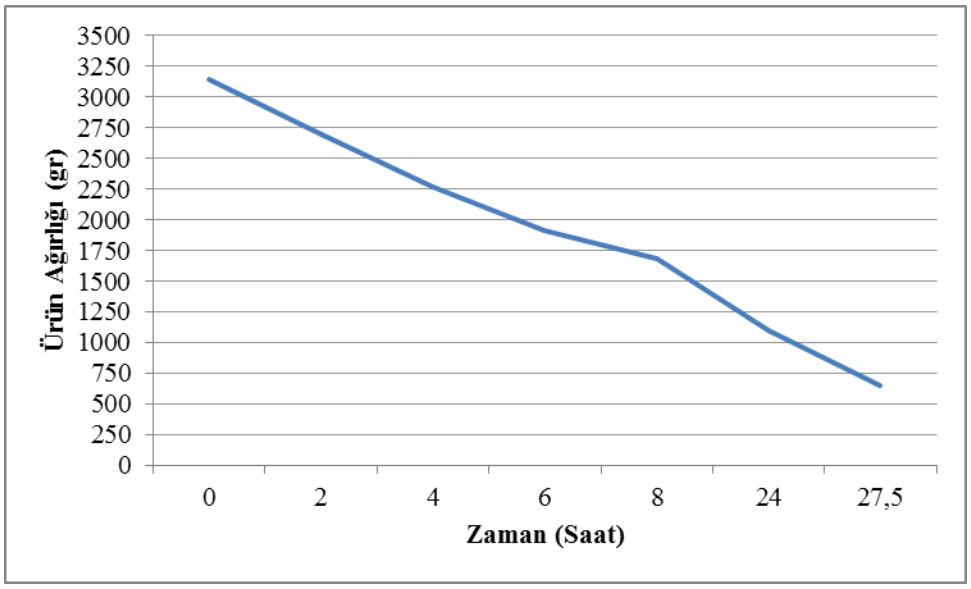


Şekil 4. 41. Güneş ışınım şiddetinin zamana bağlı değişimi (11 Eylül 2014)

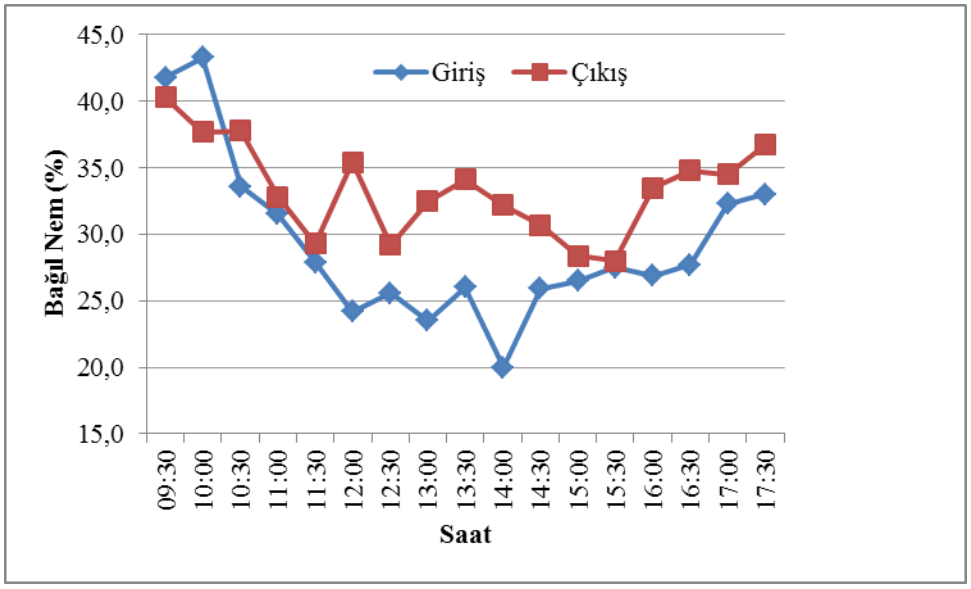


Şekil 4. 42. Kabin içi sıcaklıkların zamana bağlı değişimi (11 Eylül 2014)

Kurutma çalışması ilk gün saat 09:30 da başlatılarak 18:00 da sonlandırılmış ve ertesi gün saat 09:30 da tekrar başlatılmıştır. İlk günün sonunda ürün ağırlığı 1685.5 gr olarak tartılmıştır. İkinci gün deneye başlamadan ürünler tekrar tartılmış ve gece boyunca ortalama 25^{o}C ortamda bekletilen ürünlerin ağırlığının 589.5 gr azaldığı gözlenmiştir. Ürün ağırlıklarının zamana bağlı değişimi Şekil 4.43'de verilmiştir.

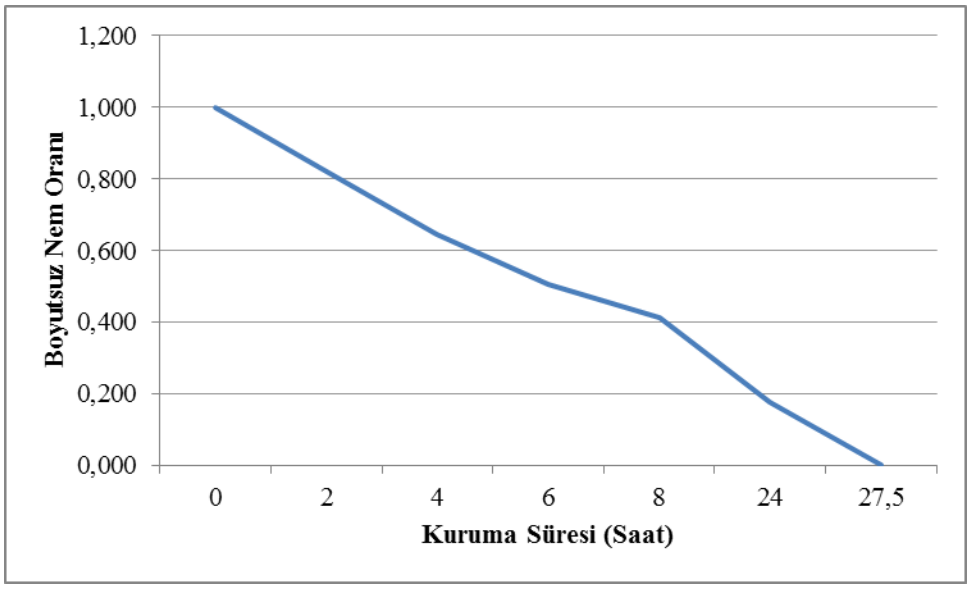


Şekil 4. 43. Biber ağırlığının zamana bağlı değişimi (11-12 Eylül 2014)

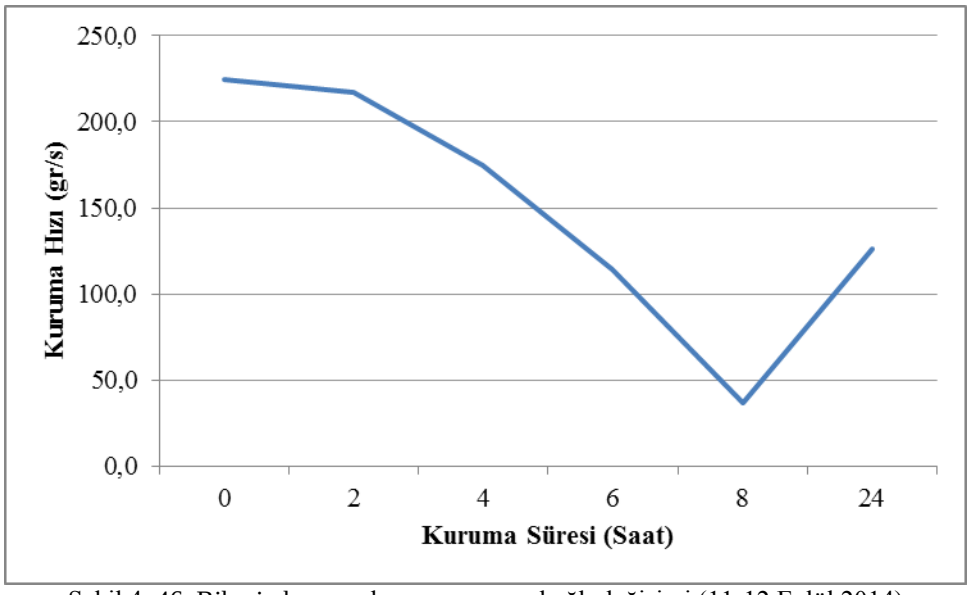


Şekil 4. 44. Kollektör giriş-çıkış noktası bağıl nem değerlerinin zamana bağlı değişimi (11-12 Eylül 2014)

11-12 Eylül 2014 tarihinde yapılan biber kurutma çalışmasında boyutsuz nem oranı Eşitlik 3.2 ile hesaplanmış ve zamana bağlı değişimi Şekil 4.45'de verilmiştir. Buna bağlı olarak Eşitlik 3.3 ile kuruma hızı hesaplanarak kuruma hızının zamana bağlı değişimi Şekil 4.46'de görülmektedir.



Şekil 4. 45. Biber için boyutsuz nem oranının zamana bağlı değişimi (11-12 Eylül 2014)



Şekil 4. 46. Biberin kuruma hızının zamana bağlı değişimi (11-12 Eylül 2014)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. 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. Çizelge 5.1'de kurutma ile ilgili bilgiler özetlenmiştir.

Çizelge 5. 1. Kurutma çalışmasına ait bilgiler

Ürün	İlk Kütle (gr)	Son Kütle (gr)	Kütle Oranı	Ort. Işınım (W/m^2)	Ort. Dış Sıcaklık (^oC)	Ort. Dış Bağıl Nem (%)	Kurutma Süresi (h)
Nane	322	56	17.39	789.1	40.2	9.5	2
Yemeklik Patlıcan	2974.5	379	12.74	798.7	39.3	13.5	18
Kızartmalık Patlıcan	2750	365	13.27	748.6	30.6	12.2	28.4
Biber	3147	654	20.78	749.1	37.9	29.2	27.5

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, genel olarak kabin içi sıcaklığın dış hava sıcaklığından 7 ^oC daha fazla yükseldiği görülmüştür.

Şekil 5.1'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 5.2).



Şekil 5. 1. Güneş altında açık sergide kurutulmuş nane yaprakları

Kurutma deneylerinde elde edilen verilere göre optimum kurutma hava hızı 3 m/s olmuştur.



Şekil 5. 2. Kollektörde kurutulmuş nane yaprakları

Nane yaprakları geleneksel yöntemlerle (sergide) kurutulurken renginde kararma 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 görünüme geldiği tespit edilmiştir.

Yemeklik patlıcanların Şekil 4.9'daki gibi güneş ışınım şiddetine sahip bir günde ve 3 m/sn hava hızında, gün içinde asgari güneşlenme süresi 7 saat olacak şekilde, yaklaşık olarak 2 günde kuruduğu gözlemlenmiştir. Yemeklik patlıcanların gün içinde doğal kuruma yöntemiyle kuruma süresi yaklaşık olarak 3-4 gün arasında değişir. 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 (Şekil 5.4).



Şekil 5. 3. Güneş kollektöründe kurutulan patlıcanlar

Biberin, yapılan çalışmada verilen güneş ışınım şiddetine sahip günlerde ve ortalama 3 m/sn hava hızında, gün içinde asgari güneşlenme süresi 7 saat olacak şekilde, kuruma süresinin 3 gün olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada verilen ağırlık eğrisi, asgari güneşlenme süresi 6-7 saat olan toplam iki günlük deney neticesidir.

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 kurutulan ürün ne olursa olsun kurutucu kabin de kurutulan ürünlerin açık sergide kurutulan ürünlere kıyasla daha hijyenik bir ortamda kurutulduğu ve daha doğal bir görünüme sahip olduğu görülmüştür. Şekil 5.5'te görüldüğü üzere kollektörde kurutulan biberin oldukça canlı ve doğal görünüme sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ürünlerin tel örgüden yapılmış bir tepsiye serilerek kabine yerleştirilmesi, alttan da hava akışını sağladığından ürünlerin daha homojen kuruduğu ve kurutma süresinin kısaldığı görülmüştür.



Şekil 5. 4. Güneş enerjili kurutucu kabinde kurutulan biber

Tasarlanan ve imalatı yapılan güneş enerjili hibrit kurutucunun, bölgede çok tüketilen gıda ürünlerini kurutmada kullanılabileceği görülmüştür.

5.2. Öneriler

Deneysel sonuçlar değerlendirildiğinde kurutma sistemi kollektör girişinden önce ön ısıtma kollektörü ile kabine giren havanın sıcaklığı arttırılarak 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 ısısı arttırılabilir. Bu işlem sistem yatırım maliyetini arttıracak olsa da, kurutma süresini azaltacaktır.

Bununla birlikte 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 deneylerde deneyler arasında geçen sürede ürünler kapalı bir ortamda bekletilmiştir. Halbuki gece ışınım olmamasına rağmen ürünlerin kabin içinde fan çalışır vaziyette bekletilmesi, kurutulan ürünlerin tekrar nem almasını önleyecektir.

KAYNAKLAR

AKTAŞ, M., Ceylan, İ., Doğan, H., 2004. Güneş Enerjili Kurutma Sistemlerinin Fındık Kurutulmasına Uygulanabilirliği.Teknoloji, Cilt 7 (Sayı 4);557-564.

ANONİM I Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü resmi internet sayfası, http://www.eie.gov.tr, erişim: Mayıs 2011.

ANONİM II http://www.wikipedia.org, erişim: Nisan 2011.

BABALIS, J. S., PAPANICOLAOU, E., KYRIAKIS, N., BELESSIOTIS, V. G. 2005. Evaluation Of Thin-Layer Drying Models For Describing Drying Kinetics Of Figs. Journal of Food Engineering. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.04.008.

BENLİ H. ve DURMUŞ. A. , 2002. Havalı Güneş Kolektörleri ve Gizli Isı Depolama Yöntemi Kullanılarak Sera Isıtılması. Mühendis ve Makine, 48: 569.

BENLİ, H. , 2006. Isı Depolamalı Cam Seralarda Sıcaklık Değişiminin İncelenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

ÇİÇEK, A., 2011. Yassı Yapraklı Ürünlerin Vakum Tüplü Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Kurutulması. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Karabük

DEMİR, S., 1989. Bazı Meyvelerin Sera İçinde Kuruma Karakteristikleri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi. İzmir.

DOĞAN, H. 2001. Kurutmada Kullanılan Hava Isıtma Kolektörlerinin Deneysel Karşılaştırılması, Teknoloji, 4: 75–82.

DOMANİÇ, F. , EDİK, E. ve ZENGİN, N., 1982. "Modern Üniversite Fiziği", Çağlayan Basımevi, İstanbul

DURAK, Ö.C., 2000. Güneş Isıtıcılı Kurutma Serasında Biber, Domates ve Mısırın Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi. Gazi Osmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi . Tokat.

DURMUŞ, A. ve KURTBAŞ, İ., 2001. Yeni Tasarlanan Havalı Kollektör Yardımı İle Elazığ Yöresi Kayısılarının Kurutulmasında Kayısı Yüzey Sıcaklığının Tespiti. Isı Bilimi ve Tekniği, Cilt 21; 9-18.

ERDEM, M. ve VAROL Y., Alabalığın Kurutulması ve Tuzlanması Üzerine Deneysel Bir Çalışma. Termodinamik Dergisi, Sayı 264. 2014.

ERDEN, Ü., 2005. Akdeniz Defnesi (Laurus Nobilis L.)'nde Mevsimsel Varyabilite ve Optimal Kurutma Yöntemlerinin Araştırılması. Çukurova Üniv. Fen Bil. Ens. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Adana.

ERGÜNEŞ, G., TARHAN, S., 2005. Mısırda Farklı Ön İşlemlerin Kuruma Hızına Etkisi. Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21, 160-166.

FİDAN, F., 2003. Yeni Bir Havalı Güneş Kollektörü Yardımıyla Diyarbakır Yöresi Karpuz Çekirdeklerinin Kurutulması. Fırat Üniv. Fen Bil. Ens., Y.Lisans Tezi,.

GÜLÇİMEN, F., DURMUŞ, A., DURMUŞ, A., 2010. Kurutmada Kullanmak İçin Havalı Kollektörler Tasarlanması. MMO makale. 38-43.

GÜRLEK, G., ÖZBALTA, N., GÜNGÖR, A., 2008. Solar Tunnel Drying Characteristics And Mathematical Modelling Of Tomato. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 29,1,15-23.

İNALLI, M., UÇAR, A. ve TANYILDIZI, V. , 2001. Çift Geçişli Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerinde Yutucu Yüzey Konumunun Isıl Verime Etkisi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri, Elazığ, 13(1): 421-426

KARAKAYA, H. ve DURMUŞ, A., 2011. Farklı Tip Yüzey Geometrilerine Sahip Havalı Kollektörlerde Verim ve Ekserji Analizi. Şablon, Mart;16-24.

KARSLI, K. , 2006. Performance Analysis of New-Design Solar Air Collectors for Drying Applications. Renewable Energy, Article in Press.

KIRBAŞ, İ. , 2006. Havalı Güneş Kolektörünün Performansının deneysel olarak İncelenmesi. Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), 2007. Gıda Teknolojisi Sebzeleri Kurutma. Ankara.

MÜLLER, J., 1992. Drying of Medicinal Plants by Solar Energy (Dissertation in German). Ulmer Verlag, Germany.

NJOMO, D. , 2000. Unglazed Selective Absorber Solar Air Collector. Heat and Mass Transfer, 36:, 313-317.

ONAT, A.,2002. Havalı Güneş Kollektörü Sistemi İle Kurutulması, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

ÖZBALTA, N., GÜNGÖR, A., GÜRLEK, G., 2003. Güneş Enerjili Hava Toplayıcılarındaki Gelişmeler ve Tasarım Parametrelerinin Araştırılması. Tesisat Mühendisliği, Temmuz-Ağustos.

ÖZGÖZ, E., 1994. Bazı Sebzelerin Sera İçinde Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Gazi Osmanpaşa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Tokat.

POLATCI, H., TARHAN, S., 2009. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan Bitkisinin Kuruma Süresine ve Kalitesine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26, 61-70.

SAÇILIK, K., KESKİN, R., ELİÇİN, A.K., 2005. Mathematical Modelling of Solar Tunnel Drying of Thin Layer Organic Tomato. Journal of Food Engineering.

SELÇUK, K.M., ERSOY, O., AKYURT, M., 1974. Devolopment, Theoretical Analysis and Performance Evalution of Shelf Type Solar Driers. Solar Energy vol.16 pp 81-88.

TARHAN, S., ERGÜNEŞ, G., TEKELİOĞLU, O. 2007. Tarımsal Ürünler İçin Güneş Enerjili Kurutucuların Tasarım ve İşletme Esasları. Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı:9.

VARINCA, K.B., GÖNÜLLÜ, M.T., 2006. Türkiye'de Güneş Enerjisi ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi (UGHEK), Eskişehir, 21-23 Haziran.

XANTHOPOULOS, G., OIKONOMOU, N., LAMBRINOS, G. 2007. Applicability of a single-layer drying model to predict the drying rate of whole figs. Journal of Food Engineering. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.11.033.

YAĞCIOĞLU, A., 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536. İzmir.

YAŞARTEKİN, Y., 1991. Kabinet Tipi, Güneşi dikey Eksende Belirli Aralıklarla İzleyen, Güneş Enerjili Kurutucunun Tasarımı ve Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Denenmesi. Yüksek Lisans Tezi.

YELMEN, B., 2010. Polietilen Yüksek Tünel Sera Tipi Kurutucuda Baharatlık Kırmızı Biberin Kurutulması. Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı Doktora Tezi. Adana.

YILMAZ, H.Ö, GÜNGÖR, D., ÖZBALTA, N., 1999. Domates İçin Kabin Tipi Bir Güneşli Kurutucunun Performans Analizi. 7. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hamit BOLOĞUR
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa / 11.11.1981
Telefon : 0 532 520 70 96
Faks : 0 414 313 15 91
e-mail : hamitb@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Kemal Hasoğlu Lisesi	/ Bahçelievler	/ İstanbul	1998
Üniversite	: Harran Üniversitesi	/ Merkez	/ Şanlıurfa	2003
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi	/ Merkez	/ Şanlıurfa	2014
Doktora	: -			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2003	Huzur Mühendislik	Yetkili Mühendis
2005	Makrotek Mühendislik	Yetkili Mühendis
2006	Aktif Yapı Mühendislik	Yetkili Mühendis
2007	Taha Mühendislik	Firma Sahibi

UZMANLIK ALANI : Isıtma- Soğutma ve İklimlendirme Proje ve Uygulamaları, Güneş Enerjisi ve Uygulamaları

YABANCI DİLLER : İngilizce

YAYINLAR : -