

**AKIŞKAN YATAKLI BİR KURUTUCUNUN
KURUTMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Ufuk EKİNCİ

**AKIŞKAN YATAKLI BİR KURUTUCUNUN KURUTMA
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Ufuk EKİNCİ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2016**

Ufuk EKİNCİ tarafından hazırlanan “AKIŞKAN YATAKLI BİR KURUTUCUNUN KURUTMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlhan CEYLAN

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 17/ 06/ 2016

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. İlhan CEYLAN (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Alper ERGÜN (KBÜ)

Üye : Dr. Ali Etem GÜREL (DÜ)

...../...../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ufuk EKİNCİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKIŞKAN YATAKLI BİR KURUTUCUNUN KURUTMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Ufuk EKİNCİ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İlhan CEYLAN

Haziran 2016, 66 sayfa

Bu tez çalışmasında, güneş enerjili havalı kolektörlü akışkan yataklı bir kurutucu tasarlanmış ve deneysel olarak incelenmiştir. Havalı kolektörler üzerine gelen kontrolsüz güneş ışınımına karşın kolektörden çıkan havanın sıcaklığı sabit tutulmaya çalışılmıştır. Sistemin deneysel incelenmesi sırasında kızılçık, muşmula, karayemiş ürünlerinin kuruma parametreleri incelenmiştir. Ürünler için kurutma öncesi tam kuru madde oranının belirlenmesi, kurutma sırasında kütle değişimi ve kurutma sonrası fiziksel kontrolleri yapılmıştır. Sistem, kurutma sırasında set edilen 40-45 °C kurutma havası sıcaklığını sabit tutabilmek için gelen güneş ışınımına bağlı olarak kolektörden geçen havanın hızını artırmış ya da azaltmıştır. Proses kontrol cihazı set edilen sıcaklıklara bağlı olarak, invertör aracılığıyla fan debisini kontrol etmiştir. Kurutma işlemi sırasında değişken hava hızı, sıcaklığı, ürün kütlesi, güneş ışınımı, gibi değerler ölçülerek sistem verimi, ürün neminin değişimi analiz edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Ürün kurutma, güneş enerjisi, havalı kolektör.

Bilim Kodu : 708.1038



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINATION OF DRYING PARAMETERS OF A FLUID BED DRYER

Ufuk EKİNCİ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. İlhan CEYLAN

June 2016, 66 pages

In this study, a fluid-bed dryer with solar-powered pneumatic collector is designed and analyzed empirically. The temperature of the air from the collector is tried to be kept stable against the uncontrolled sun beams on the pneumatic collectors. During the empirical analysis of the system, the drying parameters for cranberry, medlar and prunuslaurocerasus are examined. Before drying the products, their full dry substance ratio in pre-drying phase is determined, and the physical controls for mass change during and post drying are made. To keep the drying air temperature fixed in 40-45 °C –as set for the drying- the speed of the air from the collector is increased or decreased according to the sun beams. Based on the temperature set, the process control checked the fan flow rate with an inverter. The system efficiency and product humidity change are analyzed by measuring the values for variable air speed, temperature, product mass and sunbeam etc. during the drying process.

Key Word : Product drying, solar energy, air collector.

Science Code : 708.1038



TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yűrűtűlmesinde ve oluőumunda ilgi ve desteęini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrűbelerinden yararlandığım, yűnlendirme ve bilgilendirmeleriyle alıőmamı bilimsel temeller ıőıęında őekillendiren sayın hocam Do. Dr. İlhan CEYLAN'a sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

Manevi desteklerini esirgemeyen aileme yanımday oldukları için tűm kalbimle teőekkűr ederim.

Bu tez çalıőmasında yanımday olan ve desteęini esirgemeyen deęerli dostum A.Akın BAKIR'a teőekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	3
KURUTMA YÖNTEMİ VE KURUTULACAK ÜRÜNLER.	3
2.1. KURUTMA YÖNTEMLERİ.....	3
2.1.1. Tepsili Kurutucular.....	3
2.1.2. Tünel Kurutucular.....	4
2.1.3. Konveyör(Bantlı) Kurutucular.....	4
2.1.4. Akışkan Yataklı Kurutucular	5
2.1.5. Püskürtmeli Kurutucular.....	6
2.1.6. Valsli Kurutucular	6
2.1.7. Güneş Enerjili Kurutucular.....	7
2.1.8. Kurutulacak Ürünün Güneşe Maruz Kalacak Biçimine Göre Kurutucular.....	8
2.1.8.1. Doğrudan Güneş Enerjili Kurutucular	9
2.1.8.2. Dolaylı Güneş Enerjili Kurutucular	9
2.1.8.3. Birleşik Tip Güneş Enerjili Kurutucular.....	9
2.1.9. Akış Biçimine Göre Güneş Enerjili Kurutucular.....	10
2.1.9.1. Pasif Kurutucular (Doğal Taşınım).....	10

	<u>Sayfa</u>
2.1.9.2. Aktif Kurutucular(Zorlamalı Taşınım)	11
2.1.10. Kurutma Sistemindeki Havanın Sıcaklığına Göre Güneş Enerjili Kurutucular	15
2.2. GIDALARIN KURUTULMASI.....	15
2.2.1. Kızılıcık	16
2.2.2. Karayemiş	17
2.2.3. Muşmula	18
2.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	18
2.3.1. Havalı Güneş Kolektörlerinin Ürün Kurutmaya Etkisi Üzerinde Yapılan Çalışmalar	20
2.3.2. Havalı Güneş Kolektörlerinin Sistem Verimlerinin Değerlendirilmesi Üzerinde Yapılan Çalışmalar	26
BÖLÜM 3.	31
GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCUNUN TASARIMI VE İMALATI.....	31
3.1. DENEY KISIMLARININ DÜZENİĞİ	31
3.1.1. Havalı Kolektörler Ve İmalatı	32
3.1.2. Otomasyon Sistemi	32
3.1.3. Kurutma Kabini	34
BÖLÜM 4.	35
DENEYLERİN YAPILIŞI VE ÜRÜNLERİN TAM KURU AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ.....	35
4.1. ÜRÜNLERİN TAM KURU AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ.....	35
4.2. DENEYLERİN YAPILIŞI	36
BÖLÜM 5.	37
DENEY SONUÇLARI VE ANALİZİ.....	37
5.1. DENEY SONUÇLARI VE ANALİZİ	37
5.1.1. Kızılıcık	38
5.1.2. Muşmula	41
5.1.3. Karayemiş	44

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6.	49
SONUÇ VE ÖNERİLER	49
6.1. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	51
EK AÇIKLAMALAR A. DENEY DÜZENEĞİNİN İMALAT RESİMLERİ VE ÜRÜNLERİN TAM KURU AĞIRLIKLARI	56
EK AÇIKLAMALAR B. KURUTULAN ÜRÜNLERİN DENEY VERİLERİ	62
ÖZGEÇMİŞ	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tepsili kurutucular	3
Şekil2.2. Tünel kurutucular	4
Şekil2.3. Konveyör(bantlı) kurutucu	4
Şekil2.4. Akışkan yataklı kurutucu	6
Şekil2.5. Püskürtmeli kurutucu	6
Şekil2.6. Valsli kurutucu	7
Şekil2.7. Güneş enerjili kurutucu	7
Şekil2.8. Fanlı tip güneş enerjili kurutucu	11
Şekil2.9. Oda tipi fanlı kurutucu	11
Şekil 2.10. Aktif ve pasif kurutucu tipleri	12
Şekil 2.11. Sulu tip ısı deposuna sahip güneşle kurutma yapan bir kurutucu	13
Şekil 2.12. Fotovoltaik panel destekli zorlamalı konveksiyonlu kurutucu	14
Şekil3.1. Deney düzeneği şematik gösterimi	31
Şekil3.2. Otomasyon sisteminin deney düzeneğinde gösterimi	33
Şekil3.3. Otomasyon sisteminin akış şeması	33
Şekil3.4. Akışkan yataklı kurutma kabini	34
Şekil5.1. Güneş ışınının ve kurutucu hızının deney süresine bağlı değişimi	38
Şekil5.2. Kolektör çıkış sıcaklığının deney süresine bağlı değişimi	39
Şekil5.3. Kurutucu çıkış sıcaklığı deney süresine bağlı değişimi	39
Şekil5.4. Kurutulan ürün kütlesinin deney süresine bağlı değişimi	40
Şekil5.5. Kızılıcığın nem miktarının kurutma süresi boyunca değişimi	40
Şekil5.6. Verimin deney süresine bağlı değişimi	41
Şekil5.7. Güneş ışınının ve kurutucu hızının deney süresine bağlı değişimi	42
Şekil5.8. Kolektör çıkış sıcaklığının deney süresine bağlı değişimi	42
Şekil5.9. Kurutucu çıkış sıcaklığı deney süresine bağlı değişimi	43
Şekil 5.10. Kurutulan ürün kütlesinin deney süresine bağlı değişimi	43
Şekil 5.11. Muşmulanın nem miktarının kurutma süresi boyunca değişimi	44
Şekil 5.12. Verimin deney süresine bağlı değişimi	44

Sayfa

Şekil 5.13. Güneş ışınının ve kurutucu hızının deney süresine bağlı değişimi	45
Şekil 5.14. Kolektör çıkış sıcaklığının deney süresine bağlı değişimi.....	46
Şekil 5.15. Kurutucu çıkış sıcaklığı deney süresine bağlı değişimi.....	46
Şekil 5.16. Kurutulan ürün kütlesinin deney süresine bağlı değişimi.....	47
Şekil 5.17. Karayemişin nem miktarının kurutma süresi boyunca değişimi	47
Şekil 5.18. Verimin deney süresine bağlı değişimi.....	48
Şekil Ek A.1.Deney düzeneği.	56
Şekil Ek A.2.Deney düzeneği değişimden önce	57
Şekil Ek A.3.Havalı kolektör.	57
Şekil Ek A.4.Otomasyon sistemi	58
Şekil Ek A.5.Kurutma kabini	58
Şekil Ek A.6.Tam kuru oranı belirlenmiş karayemiş.....	59
Şekil Ek A.7.Tam kuru oranı belirlenmiş kızılçık	59
Şekil Ek A.8.Tam kuru oranı belirlenmiş muşmula.....	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge Ek B.1. Kızılıcık ürününe ait deney verileri	62
Çizelge Ek B.2. Muşmula ürününe ait deney verileri	63
Çizelge Ek B.3. Karayemiş ürününe ait deney verileri.....	64



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- η : Verim (%)
- \dot{Q} : Kolektör yutucu yüzeyin tarafından havaya verilen enerji (W)
- A : Kolektör yüzey alanı (m²)
- I : Birim yüzeye gelen güneş radyasyonu (W/m²)
- \dot{m} : Çalışma akışkanını kütleli debisi (kg/s)
- c_p : Akışkanın özgül ısısı (J/kgK)
- $T_{\dot{c}}$: Havanın Kolektörden çıkış sıcaklığı (K)
- T_g : Havanın Kolektöre giriş sıcaklığı (K)
- ρ : yoğunluk (kg/m³)
- \dot{V} : Hacimsel debi (m³/s)

KISALTMALAR

- AGMARK : Promotion of Standardisation and Grading of Agricultural and Allied ProductIndia (Hindistan Tarım Ürünleri Geliştirme Ve Standartları)
- ASTA : Sanita Gıda Sterilizasyon Ve Kurutma
- EK : Etki Katsayısı
- KA : Ürünün Kuru Ağırlığı (g)
- MC : Nem Miktarı (g su/g kuru madde)
- SEC : Specific Energy Consumption (Özgül Enerji Tüketimi)
- SMER : Specific Moisture Extraction Rate (Özgül Nem Alma Oranı)
- TKIP : Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası
- YA : Ölçümde Okunan Yaş Ağırlık (g)
- YB : Kurutma Yöntemine Bağlı Değişen Nem Oranı (%)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kurutma teriminin en yaygın kullanım yeri katı maddelerden ısıl yöntemlerle su veya uçucu maddelerin buharlaştırılarak uzaklaştırılmasıdır. Kurutma uygulamalarında nemin buharlaştırılması için gereken ısı, kurutulacak maddeyi sıcak gazlarla doğrudan temas ettirerek taşınım, ışınmı veya kurutulacak maddeyle temas eden katı yüzeyden iletimle transfer edilir (Güngör ve Özbalta 2009).

Gıdaların kurutulması, insanlığın tabiattan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Bu metot tabiatta çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmektedir. Örneğin, çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelebilmektedir. Doğada kuruma, güneş enerjisiyle gerçekleşmekte olduğundan, kurumunun her yerde ve her zaman bu yolla olması imkânsızdır. Her ürünün güneşte kurutulması doğru değildir. Bu yüzden birçok ürünün farklı metotlarla kurutulma yolları geliştirilmiştir (Cemeroğlu vd, 2003).

Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi gıda sanayinde ve farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle meyve ve sebze ürünlerinde tercih edilen bu yöntem ile daha az enerji harcanmakta, azalan kütle ile taşıma kolaylaşmakta, daha uzun raf ömrüne sahip ve daha yoğun besin değeri olan ürünler elde edilmektedir. Sıcaklık uygulamaları ve geleneksel açık havada kurutma yöntemi ile büyük oranda zarar gören vitaminler, mineral maddeler gibi bileşenlerin farklı kurutma sistemleri kullanılarak yüksek korunumları sağlanabilmektedir. Örneğin, solar kurutucular, hava üfleli kurutucular, vakum kurutucular, mikrodalgalı kurutucular, dondurarak kurutma yapan sistemler ve birlikte kullanımları tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır. Endüstriyel olarak ta kolaylıkla uygulanabilen bu kurutma sistemleri, tüketiciye yüksek kaliteli ve üniform ürünler sunmaktadır (Erbay ve Küçüköner 2008).

Geçmiş yıllarda kurutma işlemi genellikle açık havada güneş enerjisinden direk yararlanılarak yapılmıştır. Güneş enerjisine doğrudan maruz kalan ürünlerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimler gözlenmiştir. Günümüzde ise kurutma yöntemleri geliştirilmiş ve direk güneş enerjisine maruz bırakılmadan kontrollü şekilde gerçekleştirilmektedir. Geliştirilen bu kurutma yöntemlerinde kurutma işlemi sonunda daha sağlıklı, lezzetli ve besleyici ürünler elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasında güneş enerjili havalı kolektörlü akışkan yataklı bir kurutucu tasarlanıp imal edilmiştir. Tasarımda amaç doğada kontrolsüz dış hava şartlarında kurutulan ürünlerin güneş enerjisi kullanılarak kontrollü olarak kurutulması olmuştur. Tasarlanarak imal edilen kurutucunun uygulaması, ülkemizde batı karadeniz bölgesine özgün spesifik ürünlerin kurutulmasında deneysel olarak incelenip, oluşturulan sistemi termodinamik analizleri yapılmıştır.

BÖLÜM 2

KURUTMA YÖNTEMİ VE KURUTULACAK ÜRÜNLER

2.1.KURUTMA YÖNTEMLERİ

Kuru gıda endüstrisinde, kurutulacak ürün çeşidinegöre farklı kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler,direkt güneşe maruz bırakarak kurutma, dondurularak kurutma, kurutma parametreleri önceden belirlenmiş kurutucu fırınlar olarak söylenebilir. Kurutma parametreleri ve kurutulacak ürüne göre farklı işlevleri bulunan kurutucular aşağıda verilmiştir:

2.1.1.Tepsili Kurutucular

Bu tip kurutucular sıvı ürünlerin kurutulmasında kullanılmaz. Dilimlenmiş katı ürünlerin tepsilere (raflara) konularak, ısıtılmış havanın bir fan vasıtası ile tepsideki ürünle temas ettirilmesi prensibine dayanır.



Şekil2.1. Tepsili kurutucu.

2.1.2.Tünel Kurutucular

Bu tip kurutucular ise kısa zamanda ve yüksek kapasiteli kurutma işlemlerinde kullanılırlar. Ürün tünel boyunca sıcak hava ile kurutulur. Bu tip kurutucularda enerji verimliliği ve ürün kalitesi yüksek, işgücü ve maliyeti düşüktür.



Şekil2.2. Tünel kurutucu.

2.1.3.Konveyör (Bantlı) Kurutucular

Bu tip kurutucularda ürünler bir veya daha fazla bant ile ilerlerken alttan veya üstten fanlar yardımıyla iletilen sıcak hava ile temas ettirilerek kurutma işlemi gerçekleşir. Böylece istenilen özellikte kuru ürün elde edilir.



Şekil 2.3. Konveyör(bantlı) kurutucu.

2.1.4.Akışkan Yataklı Kurutucular

Bu tip kurutucuların avantajı sistemde dolaştırılan ısıtılmış havanın kurutulmak istenen ürünün, yüzeyin her noktasına temas edilmesi ile kurutmanın gerçekleştirilmesidir. Ancak bu tip kurutucular sadece hava içinde hareket edip askıda kalabilen küçük boyutlu ürünlerin kurutulmasında kullanılabilirler (Apaydın, 2007).

Küçük katı taneciklerinin, gaz veya sıvı ile temas ettirilerek akışkanların özelliklerine benzer özellikler kazandırma işlemine “akışkanlaştırma” denir. Modern kurutma yöntemleri arasında akışkan yataklı kurutma tekniği önemli bir yere sahiptir. Akışkan yataklı kurutucularda, ürünün silindirik veya küresel tanecik biçiminde olabilmesi için kurutulacak malzeme bir elekten geçirilerek kurutucuya yüklenir. Tanecikli malzeme bu süre içinde akışkanlaştırılmıştır ve malzemenin nemi bir kurutma gazı (genellikle havadır) ile uzaklaştırılır. Akışkan yatakta gaz hızı çok önemlidir ve dikkatli ayarlanmalıdır. Toz veya taneli yapıdaki kurutulan malzeme ile akışkanlaştırma gazı arasında temas çok iyi olmaktadır. Bu nedenle kurutma havası ve tanecikler arasında ısı transferi de etkin şekilde gerçekleşir. Bu kurutma sistemi ile büyük sıcaklık farklarında malzemelerin sakınca olmaksızın kurutulması mümkündür. Otomatik yükleme ve boşaltmanın mümkün olduğu bu sistemin en önemli üstünlüğü kurutma işleminin kısa sürede tamamlanmasıdır. Akışkan yatak kurutucular, biyolojik ürünlerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin en önemli üstünlüğü yatak içinde tanecik karışımının yüksek seviyede olması ve bu nedenle kurutma için daha homojen bir sürecin meydana gelmesidir. Ürünün aşırı ısınmaması da sistemin diğer bir üstünlüğüdür. Bundan dolayı ısıya karşı hassas maddelerin kurutulmaları için çok uygundur. Ürün taneciklerinin mekanik olarak zarara uğrama riski, şeklinin değişmesi ve taneciklerin topaklaşıp akışkanlığı zorlaştırmaları ise akışkan yataklar için sakınca teşkil etmektedirler. Akışkan yataklı sistemlerde kurutulan malzemelere; kömür, kireç taşı, çimento, kabuklar, dökümhane kumu, fosfat kayası, tuz, bor, plastik, tıbbi malzeme ve hububat örnek olarak verilebilir (Ersöz ve Doğan, 2009).



Şekil2.4. Akışkan yataklı kurutucu.

2.1.5.Püskürtmeli Kurutucular

Bu tip kurutucularda benzerşekilde ısıtılan hava atomizer yardımı ile çok küçük parçalara ayrılan ürünle temas ettirilerek kurutma işlemi sağlanır ve kurutulmuş ürün hava karışımı siklon separatör yardımı ile ayrılır. Bu tip kurutucular gıda endüstrisinde daha çok toz ürün elde etmek için kullanılır.



Resim 2.5 Püskürtmeli kurutucu.

2.1.6. Valsli Kurutucular

Bu kurutucularda ilke; içten buhar, sıcak su ya da ısı iletimi yüksek bir sıvı ile ısıtılan ve ekseni etrafında belirli bir hızla dönmekte olan dökme demirden yapılmış bir silindirin iç yüzeyinden dışa doğru gerçekleşen ısı transferi sayesinde ısınan yüzeyineince bir katman halinde yayılan sıvı gıda maddesinin kurutulmasıdır. Silindirin dönüşü esnasında gıda maddesi yüzeyde kurumaya başlar ve kuruyan ürün

buradan kazınıp alınır. Piyasada çift ve tek valsli olmak üzere iki tip kurutucu mevcuttur.



Şekil2.6. Valsli kurutucu.

2.1.7.Güneş Enerjili Kurutucular

Bu kurutucularda güneş bir enerji kaynağı olarak bir akışkanın ısıtılmasında kullanılır (genellikle su veya hava). Akışkanlara ısıyla yüklenen bu enerji gıdaların kurutulmasında direkt veya indirekt olarak kullanılmaktadır (Apaydın, 2007).



Şekil2.7. Güneş enerjili kurutucu.

Bir güneşli kurutucu, yapı bakımından güneş enerjisinin toplandığı ısıtıcı ve kurutulacak materyalin konulduğu depo bölümlerinden oluşmaktadır. Bazı kurutucularda ısıtıcı ve depo bir bütün olarak yapılmaktaysa da, çoğunlukla birbirlerinden ayırılırlar. Ancak hangi tip olursa olsun, kurutulacak materyal bütünüyle dış ortamdan izole edilmiş bulunmakta ve kuruma kapalı yerlerde

sağlanmaktadır. Güneş ışınımından doğrudan yararlanan kurutucularda duvarlar cam veya geçirgen plastik örtülerden yapılmaktadır. Yazları atıl durumda bulunan seralar kurutma işleminde kullanılabilirler ki, bunlar güneş enerjisinden doğrudan yararlanan kurutucular olarak değerlendirilebilirler. Kabin kurutucular; meyve, sebze ve diğer tarımsal 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. Güneşli kurutucularda aranan en büyük özellik işletme giderinin az olması, yerel malzeme ve işçilikle yapılabilmesidir. Kuruma süresini azaltması ve sürekli çalışabilirliği yani kapasitesinin yüksek olarak tasarlanabilmesi istenen diğer özelliklerdir (Yağcıoğlu,1999).

Güneş enerjili kurutucular çalışma prensibine göre aşağıda verilmiştir:

- A. Kurutulacak ürünün güneşe maruz kalış biçimine göre kurutucular:
 - a. Doğrudan güneş enerjili kurutucular
 - b. Dolaylı güneş enerjili kurutucular
 - c. Birleşik tip güneş enerjili kurutucular
- B. Akış biçimine göre güneş enerjili kurutucular:
 - a. Pasif (Doğal Taşınım) Kurutucular
 - b. Aktif (Zorlamalı Taşınım) Kurutucular
- C. Kurutma sistemindeki havanın sıcaklığına göre güneş enerjili kurutucular.

2.1.8. Kurutulacak Ürünün Güneşe Maruz Kalış Biçimine Göre Kurutucular

Kurutulan ürünün güneş etkisinde kalış biçimi, doğrudan etkileşimli ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılır. Doğrudan kurutucularda ürün güneşin etkisi altında ve güneşi görürken, dolaylı kurutucularda ürün kapalı bir ortama yerleştirilerek güneşin direkt etkisinden korunmakta ve güneş enerjisi ile ısıtılan havanın kurutma odasına sevkiyle taşınım etkili bir ısı geçişi sağlanarak ürün kurutulmaktadır. Doğrudan kurutucularda ise, ürüne ısı geçişi taşınım ve ışınım yoluyla gerçekleşmektedir (Ertekin ve Yaldız, 2001).

2.1.8.1. Doğrudan Güneş Enerjili Kurutucular

Bu tip kurutma prosesinde ürün direkt olarak güneşin etkisine maruz kalır. Etkili olan ısı transfer mekanizması daha çok radyasyondur. Bu şekildeki kurutmalar ürünlerde vitamin kaybı, enzim bozulması ve istenmeyen renk değişimlerini meydana getirdiği için pek tercih edilmemektedir. Bu problemin üstesinden gelmek için eğik bir yüzeyle solar radyasyonu alan kurutucular geliştirilmiştir. Ürün yüzeysel delikli tepsilere konulur ve güneş ışığına maruz bırakılır. Tepsiler arasındaki ısıtılmış havanın bağıl nemi düşer ve buda onun kurutma kapasitesini artırır. Bu şekilde bütün tepsilerde üniform bir kurutma yapılır. Bu sistemin dezavantajı küçük kapasiteli oluşudur. Bunlara örnek olarak ise sera tipi, kubbeli ve çadır tipi solar kurutucular gösterilebilir.

2.1.8.2. Dolaylı Güneş Enerjili Kurutucular

Bu tip kurutma işleminde ise ürün kapalı bir ortama yerleştirilerek güneş enerjisi ile ısıtılan hava ürün üzerine gönderilir. Bu tip kurutucular doğal sirkülasyonlu hava ısıtıcısı ve kurutma çemberi olarak iki kısma ayrılır. Bu kurutucularda her bir ürün farklı tepsilere konularak farklı nem içeriklerine kadar kurutulur. En alt noktadaki tepsilerde üstten kurutma olduğu için kurutulmuş ürün düşük kalitededir. Ancak bu tip kurutucularda ürünler solar radyasyona maruz kalmaz. Bu tip kurutuculara bir örnek olarak kapalı tip kurutucular gösterilebilir. Bunlarda güneş radyasyonu eğimli yüzey tarafından absorbe edilir ve bu ısı havayı ısıtmak için kullanılır. Ürün solar ısıtıcının arkasında bulunan tepsilerde bekletilir. Sıcak hava ısıtıcıdan ayrılarak ürüne doğru eser ve bacadan dışarıya atılır. Bu bacanın hava akışını hızlandırıcı bir etkisi vardır (Yılmaz, 2000).

2.1.8.3. Birleşik Tip Güneş Enerjili Kurutucular

Birleşik tip güneş enerjili kurutma sistemleri, güneş enerjisini hem doğrudan hem de dolaylı yoldan kullanmaktadır.

2.1.9. Akış Biçimine Göre Güneş Enerjili Kurutucular

Kurutucudan geçen kurutma havasının akışı,aktif vepasif biçiminde gerçekleşmektedir. Pasif (doğal taşınım), ısınan havanın yükselmesi ile oluşurken, aktif (zorlanmış taşınım), fan ile basınç farkı oluşturarak sağlanmaktadır (Ertekin ve Yıldız, 2001).

2.1.9.1. Pasif Kurutucular (Doğal Taşınım)

Bu tip kurutucular güneş enerjisinden yararlanırlar. Bu tip kurutma işleminde sıcaklık kontrolüyapılamazbu tip kurutucuların yatırım maliyetleri düşüktür. Pasif kurutucuları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- a. Güneş kabinleri,
- b. Çadır,
- c. Baca tipi kurutuculardır.

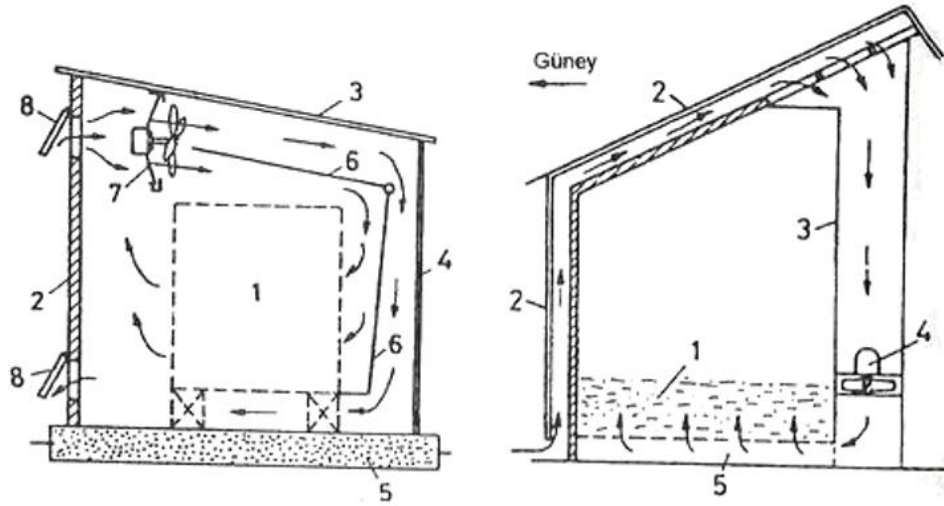
Güneş kabin tipi kurutucular, en basit yapılı kurutuculardır. Genelde kabin tipi kurutucular, tek veya iki kat saydam örtüyle kaplanmış, belirli bir eğimle kapanan bir kapak ile yan yüzeyleri ve tabanı yalıtım maddeleri ile kaplanmış, ahşap veya metal sacdan yapılan, yan görünüşü yamuk şeklinde olan kabinden oluşmaktadır. Ayrıca havalandırma için tabanına, ön ve arka kenarlarına delikler açılır. Kurutucunun iç yüzeyleri gelen güneş enerjisini daha iyi tutmak için siyaha boyanmalıdır. Kurutucu içinde hava hareketi; tabanda ve ön kenarda bulunan deliklerden çevre havasının içeri girmesiyle ve ısınmış ve nemli havanın arka kenardaki üst deliklerden kabini terk etmesiyle meydana gelmektedir (Tarhan ve ark., 2007).

Çadır tipi kurutucuların özelliği kolektör ile kurutma çemberinin birleştirilmiş olmasıdır. Bu sistem çok düşük bir maliyet gerektirir. Kullanılan çadırın amacı ürünü toz, yağmur ve rüzgârdan korumaktır. Kullanılan ürünler ise genellikle meyve, balık ve kahve gibi ürünlerdir.

Baca tipi kurutucularda havanın hızı baca etkisi ile ayarlanmaktadır. Bu tip kurutucularda mısır, çeltik gibi ürünler dökme yığın şeklinde kurutulur. Toplacın alanı ve ürünün belirli aralıklarda karıştırılması, kurutma tekdüzeliğini arttırmak için gereklidir.

2.1.9.2. Aktif Kurutucular (Zorlamalı Taşımım)

Ürünü kurutmak için kullanılan havanın kurutucu içinde dolaşımının bir fan yardımı ile sağlandığı bu kurutucularda hava giriş ve çıkışları kontrol edilerek kurutucunun ısıl etkinliği bir ölçüye kadar ayarlanabilir. Şekil2.8 ve Şekil2.9’da aktif kurutuculara örnek verilmiştir.



Şekil2.8. Fanlı tip güneş enerjili kurutucu.Şekil2.9. Oda tipi fanlı kurutucu (Yağcıoğlu, 1999).

Şekil2.8’de görülen fanlı tip güneş enerjili kurutucu beton taban (5) üzerine kurulmuştur. 3 ve 4 numara ile görülen ışık geçirebilen bir malzeme ile örtülü yüzeylerden giren güneş ışınları toplama görevi yapan siyaha boyalı alüminyum yüzeyleri (6) ısıtır. Bir fanla (7) üflenmiş hava bu yüzeylerin her iki tarafından geçirilerek ısıtılır ve kurutulacak ürünlerin bulunduğu ortamdan geçirilir. Şekilde bulunan 8 numaralı hava giriş ve çıkış damperleri ve alüminyum yüzeylerin eğimleri değiştirilerek dış havanın ürün yüzeyine doğrudan yönelmesi ya da içerideki havanın dolaşımı sağlanır.

Şekil2.9’da görülen oda tipi fanlı kurutucuda yapının güneye bakan duvarı (2) ve çatı yüzeyleri (2) ışık geçiren bir örtü ile kaplanmıştır. Isı yalıtımı yapılmış ve siyaha boyanmış yüzey ile örtü arasındaki bölgede bulunan ısıtılmış hava bir fan yardımı (4) ile emilerek 3 numaralı kanaldan geçer ve delikli döşeme üstüne yığılı ürünün içinden geçerek ürünü kurutur (Yağcıoğlu, 1999).

Aktif ve pasif kurutucular, güneşten etkileşimlerine ve havanın akışına göre sınıflandırılabilirler. Şekil2,10’da hava akımına göre sınıflandırılmış aktif ve pasif kurutucular gösterilmiştir.

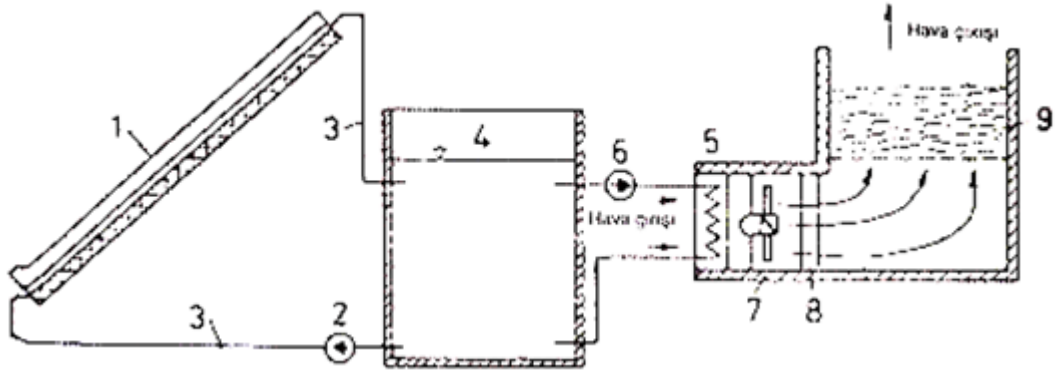
	Aktif	Pasif
Doğrudan Etkileşimli		
Dolaylı		
Birleşik		

Şekil 2.10. Aktif ve pasif kurutucu tipleri (Apaydın, 2007).

Şekil2.10’da görüldüğü gibi hava akımları zorlamalı konveksiyonlarda fanlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Doğal konveksiyon ise hava çıkışlarına kurulan bacalar aracılığı ile oluşmaktadır. Doğrudan etkileşimli sistemlerde kurutma ortamı güneş toplayıcıları altında kalmakta, sera etkisi ile de ısınan hava kurutma işlemini

gerçekleşmektedir. Dolaylı güneş enerjili kurutucularda ise kurutma kabini güneş ışımalarının altında tutulmayarak yalıtım ile sistemden ayrılmakta, hava yalnızca güneş panellerinde ısıtılarak sisteme aktarılmaktadır. Birleşik tip kurutucularda ise hava hem güneş panellerinde ısıtılmakta hem de kurutucu kabini güneş altında tutularak kurutma yapılmaktadır (Apaydın, 2007).

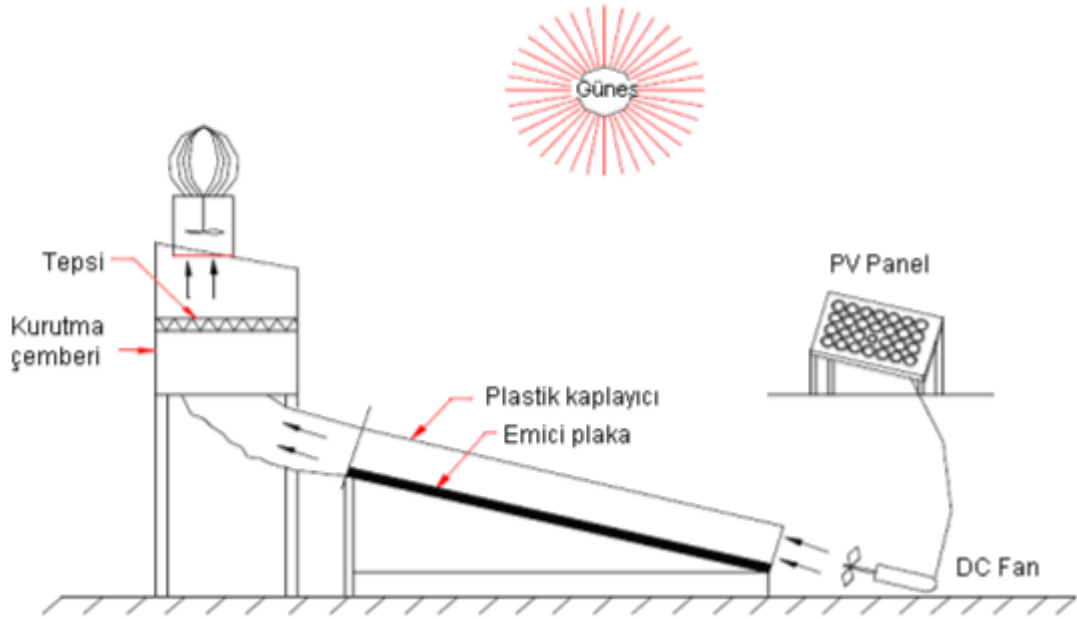
Güneş enerjili fanlı kurutucularda ısı depolarından da yararlanır. Güneş enerjisinin yeterli olduğu dönemlerde toplanan ısının bir bölümü ısı depolarında depolanır ve gereksinim duyulduğunda, depolanan bu ısı kurutma havasının ısıtılmasında kullanılır. Isı depolama malzemesi olarak genellikle su, taş havuzları ve sentetik bazı materyaller kullanılır. Bu ısı depolarının yararları ise; güneş enerjisinin olmadığı ya da yetersiz olduğu zamanlarda da kurutma yapılabilmesi ve güneş enerjisinin çok yoğun olduğu dönemlerde bu enerjinin bir bölümü depolandığında ürünün aşırı sıcak havada zarar görmesinin önlenmesidir. Isı depoları pahalı bir yatırım oldukları için karar vermeden önce çok iyi bir teknik ve ekonomik analiz yapılmalıdır. Sulu tip ısı deposuna sahip güneşle kurutma yapan bir kurutucunun ana elemanları Şekil2.11’de gösterilmiştir.



Şekil2.11. Sulu tip ısı deposuna sahip güneşle kurutma yapan bir kurutucu(Yağcıoğlu, 1999).

Isı deposundaki (4) su bir pompa (2) ve boru sistemi (3) ile toplaktan (1) geçirilerek ısıtılır. Depodaki sıcak su başka bir pompa ile (6) emilerek ısı değiştiriciye gönderilir (5). Kurutma havası bir fan (7) yardımı ile emilir ve kurutulacak ürüne alttan verilir. Eğer bu hava yeterince ısıtılmadıysa 8 numaralı ek ısıtıcı ile ısıtılır (doğal gaz, LPG, elektrik).

Zorlamalı konveksiyonlu kurutuculara bir örnek de tünel tipi kurutuculardır. Bu tip kurutucular güneş enerjili bir ısıtıcı ve kurutma odasından oluşmaktadır. Hava, fan aracılığı ile ısıtıcının yutucu yüzeyinin üstünden veya altından geçirilmekte ve kurutma odasına gönderilmektedir. Isıtıcı kısım izole edilerek ısı korunumu sağlanmaktadır. İstenilen sıcaklığa göre vantilatörün debisi ayarlanabilmektedir. Isıtıcının ve kurutma odasının uzunluğu kapasiteye göre değişmektedir. Isıtıcı ve kurutma odasının üst yüzeyi geçirgen örtü ile kaplanmıştır. Kakao, kahve ve hindistan cevizi kurutulmasında sererek kurutmaya göre kurutma süresi % 40 oranında azaltılmıştır. Üzüm, banya, domates, patates ve fesleğende bu azalma % 40–70 oranındadır. Zorlamalı konveksiyonun bir diğer kullanımı ise fotovoltaik panel destekli kurutucu sistemidir. Bu tip kurutucular plastikle kaplanmış düz kolektörlerden, kurutma çemberinden ve DC fandan oluşmaktadır. Bu sistemde havanın maksimum sıcaklık artışı 30 derece civarındadır. PV panelde elde edilen enerji 20 W olup bu da 12 Voltluk DC fanı çalıştırmak için kullanılır. Bu sistem Şekil2.14’de gösterilmektedir (Yağcıoğlu, 1999).



Şekil 2.12. Fotovoltaik panel destekli zorlamalı konveksiyonlu kurutucu(Yağcıoğlu, 1999).

2.1.10. Kurutma Sistemindeki Havanın Sıcaklığına Göre Güneş Enerjili Kurutucular

Kurutma havası sıcaklığına göre kurutucular çevre sıcaklığında veya çevre havası sıcaklığından yüksek sıcaklıklı kurutucular olarak sınıflandırılabilirler. Kurutma hacmine giren hava sıcaklığı; çevre sıcaklığında veya yüksek sıcaklıkta olabilir. Kolektör bulunan sistemlerde daha yüksek sıcaklıklarda hava girişi sağlanabilmektedir(Apaydın, 2007).

2.2. GIDALARIN KURUTULMASI

Gıdaların kurutulması, içerdikleri suyun yavaş bir şekilde uzaklaştırılmasıdır. Birçok durumlarda kurutma gıdada bulunan suyun buharlaştırılması suretiyle yapılır. Bunu yapabilmek için gizli buharlaşma ısısı sağlanmalıdır. Buna göre kurutma işlemi içerisine iki işlem-kontrol faktörü girer. a) Gerekli gizli buharlaşma ısısını sağlamak üzere ısının iletimi, b) Gıda maddesinde suyun veya su buharının hareketi ve sonra gıdadan uzaklaşmasının sağlanması ve böylece suyun gıda maddesinden ayrılması. Kurutma gıda maddelerini dayanıklı hale getirmek için uygulanan en eski yöntemlerdendir. Çok eski zamanlarda dahi insanlar et ve balığı güneşte kurutmuşlardır. Gıdaların kurutma suretiyle dayanıklı hale getirilmesi yöntemi halen önemli bir gıda muhafaza yöntemidir. Kurutulmuş gıdalar bozulmadan uzun süre depolanabilirler. Bunun nedenleri şunlardır:

- a. Gıdaların bozulmasına ve çürümesine neden olan mikroorganizmalar su bulunmadığında gelişemez ve çoğalamazlar,
- b. Gıdaların kimyasal bileşiminde arzu edilmeyen değişmeler neden olabilecek enzimlerin birçoğu su bulunmadığında faaliyet gösteremezler (Gürses, 1986).

Bu tez çalışmasında Kızılıçık, Karayemiş ve Muşmula güneş enerjili bir kurutucuda kurutma parametreleri açısından incelenmiştir. Bu ürünlerin özellikleri aşağıdaki gibi izah edilmiştir.

2.2.1. Kızılcık

Kızılcık (*Cornus mas* L), Umbelliflorae takımının Cornaceae familyasından, kışın yapraklarını döken çalı veya 7-8 metreye kadar boylanabilen, gövde çapı 25-45 cm olan bir ağaçtır. Sürgünlere karşılıklı olarak dizilmiş kısa saplı 3-10 cm boyundaki yaprakları mızrak şeklinden geniş eliptiğe kadar değişir, sivri bir ucu vardır, üst yüzü parlak yeşil, alt yüzü tüylüdür. Yaşlı gövdelerin koyu esmer renkteki kabuğu düzensiz çatlaklıdır. Yeşilimsi-sarı renkli genç sürgünler dört köşeli ve tüylüdür. Yaşlı sürgünler silindirik, ince sık tüylüdür. Yaprak tomurcukları küçük, sivri uçlu, karşılıklı kapanmış bir çift pulla örtülmüş üzeri hafif tüylüdür. Çiçek tomurcukları kısa sürgünlerin ucunda yer almış olup, büyük, küre ve ampul biçimindedir ve karşılıklı iki çift pulla örtülmüştür. Çiçek tomurcukları yaprak tomurcuklarından önce açılır. *Cornus mas* türü bu özelliği ile *Cornus* cinsinin diğer türlerinden ayrılır. Kızılcık bitkisi kuraklığa dayanıklı olup, gölgeli yerlere oranla güneşli yerlerde daha iyi yetişir. Genelde her tür toprağa uyum göstermekle birlikte, kalsiyum içeren topraklarda daha verimli olur. Ovalarda ve dağ eteklerinde yayılış gösterir ve nadiren 1200-1300 metrenin üzerine çıkar. Kızılcık kışın -35 °C ye kadar düşen sıcaklık derecelerine karşı dayanıklıdır. Çok sık ve yüzeysel olarak dağılmış bir kök sistemi vardır. Kızılcık, kalite ve renklenme bakımından çok değişik meyvelere sahip olmakla birlikte, meyveler 12-15x7 mm ebadında, elipsoidten silindiriğe kadar Şekilli, başlangıçta sarı, olgunlukta ise koyu kırmızı renklidir (Genç, 2015).

Son yıllarda, obezite, metabolik sendrom ve diyabet gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde salgın gibi yayılmaktadır. Son deneysel ve klinik çalışmalar bu meyvenin fitokimyasal kompozisyonu ile ilişkili görünmektedir. Obezite ve metabolik sendrom potansiyel sağlık yararları, kızılcık tüketimine olan ilgiyi artırdı. İlginç bir şekilde, kızılcık tüketimi metabolik sendrom olan kişilerde dislipidemi, hiperglisemi ve oksidatif stres iyileşmelerikaydedilmiştir. Bu çalışma obezite ve metabolik sendrom üzerine kızılcığın yararlı etkileri ile ilgili son bulgular üzerinde tartışılmaktadır. Çalışmaların sonuçları kızılcık, diyete bağlı kilo alımı ve visseral obeziteyi azaltır, insülin direnci ve plazma lipid profili düzeltir ve oksidatif stresin kan değerlerini azalttığını göstermiştir. Bu nedenle, kızılcık metabolik

komplasyonları olan bireyler için faydalı ve sağlıklı olabilir (Kowalska ve Olejnik, 2016).

2.2.2. Karayemiş

Karayemiş 5-6 m boyunda veya boylu çalı şeklinde kışın yaprağını dökmeven ağaçtır. Özellikle kayın ormanlarının altında yer alır. Güneşli yarı gölge kuytu nemli deniz iklimlerinde asitlik derin nemli humuslu –killikumlu topraklarda yetişir. 5-15 cm boyundaki yaprakları kısa saplı uzun şerit halinde ve deri gibi serttir. Sivri uçlu tam kenarlı veya düzensiz seyrek dişlidir. Üst yüzü koyu yeşil alt yüzü açık renkli ve tüsüzdür. Yaprakların orta damarı alt yüzde bariz çıkıntı yapar. Açık yeşil renkteki genç sürgünleri tüsüzdür. Bitkiler dünyasının geniş bir ailesi gülgiller familyasından olan karayemişin nisan-mayıs aylarında beyaz açan çiçekleri 1-5 cm boyundaki dik bir eksen üzerinde sıralanır ve 30-35 tanesi bir arada salkım teşkil eder. Zeytin biçimindeki tek çekirdekli sivri çarpık yumurta biçimli az-çok sulu mayhoş buruk meyveleri 8-10 mm boyunda önceleri yeşil olgunlaşınca siyaha yakın bir renk alır. Büyüme biçimi, yaprak boyu ve şekli kışa dayanıklılık açısından farklı 20 bodur türü bulunan karayemişin yabancı literatür de önemli 9 çeşidi vardır. Bunlar *Angustifolia* (yaprakları ince ve şerit biçimli), *Ottoluyken* (yavaş gelişmeli), *Pyramidalis* (dar tepeli pramit Formlu), *Schipkaensis* (Bulgaristan kökenli bol çiçekli kışa dayanıklı), *Schipkaensis Macrophylla* (gevşek dokulu), *Zabelina* (sarkık formu). Ülkemizde ise meyve biçimi ve meyvenin olgunlaşma mevsimine göre 7 karayemiş çeşidi vardır. Bunlar, Su (acı) (temmuz ortası acımsı –buruk –lezzetli), Vavul (çok etli ve az lezzetli Yabani (temmuz ilk haftası buruk lezzetli), Ağustos İstavrit (meyveler genç ve kırmızı renkte olgunlaşır), Orak (Selvi) (temmuz ortası tatlı lezzetli), Ayran(beyaz) (haziran ortası tatlı lezzetli), Kiraz (ekmek) karayemişleri(haziran ortası mayhoş –hafif buruk) olarak sıralanabilir (<http://www.istanbul.tarim.gov.tr/Brosurler/Meyvecilik/karayemiş.pdf>, 2015).

2.2.3. Muşmula

Muşmula, erik, kiraz ve şeftali gibi gülgiller (Rosaceae) familyasında yer alan bir meyve ağacıdır. Anayurdu Avrupa ve Batı Asya olan bu ağaç (*Mespilus germanica*) Türkiye' de özellikle Marmara ve Kuzey Anadolu Dağları'nda yabani olarak yetişir. Yabanilerin çok 3 metreye kadar boylanabilen çalı boyutunda dikenli bitkiler olmasına karşılık, tarımı yapılan çeşitleri 6 metre boyunda ve dikensizdir. Dalları kaplayarak sık bir örtü oluşturan yapraklarının üst yüzü koyu yeşil, altı beyaz tüylü, kenarı ise düz ya da dişlidir. Muşmula ağaçları bahar geldiğinde beyaz çiçekler açar. Çiçeklerin döllenmesiyle iri birer ceviz büyüklüğünde yuvarlak meyveler oluşur. Her meyve, içinde beş tane taş gibi sert çekirdek barındırır. Meyvelerin önceleri buruk ve acımsı tadı, sert beyaz eti, meyve olgunlaştıkça yumuşayarak kahverengiye döner.

İlk bakışta çürümüş gibi görünse de meyveler ancak bu haliyle yenilebilir. Meyvenin tepesinde bulunan dikensi çıkıntılar halindeki çanak yaprak kalıntılarından ötürü muşmulaya "beşbiyık" adı da verilmiştir. Ayrıca bazı yörelerde "döngel" de denir. (<http://www.bursaobm.ogm.gov.tr/Documents/Subeler/Silvikultur/YMEP>, 2015).

2.3.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Meyve ve sebzelerin kurutma yoluyla muhafaza ve saklanmaları, eski çağlardan beri bilinen ve uygulanan bir yöntemdir. Önceleri güneş enerjisi bu amaçla kullanılmış, bugün ise teknolojik gelişmeye uyarak, modern ve yüksek kapasiteli kurutma sistemleri gelişmiştir. Yurdumuzda son 5-6 yılda büyük gelişmeler gösteren meyve sebze işletme sanayii bazı kollarında teknolojik bir aşama yapma dönemine girmiş bulunmaktadır. Bunlardan biride kurutarak işleme tekniğidir. Yıl boyunca taze tüketimi her zaman var olan meyve ve sebzelerin kurutma yoluyla saklanmasının gereği bir görüş olarak ortaya konabilir(Yiğit, 2014).

Meyve ve sebzelerin kurutulmuş muhafaza edilmesi, ilk çağlardan bu yana kullanılan eski bir muhafaza metodu olup, daha çok güneşte kurutma kullanılmıştır. Genel olarak tüketime hazır olan ürünler kuru meyvelerken, tüketilmeden önce haşlama,

ısıtma, pişirme gibi rehidre edilerek tüketilebilen gıdalar ise kuru sebzeler olmaktadır. Son yıllarda, hammaddenin özelliklerinden daha az ödün vererek, yeme kalitesi yüksek yeni ürünler elde edilmeye çalışılmaktadır. Gelişen gıda teknolojisi ile geleneksel gıda muhafaza işlemlerine alternatif olarak geliştirilen kombine yöntemler arasında su aktivitesinin (aw) azaltılmasıyla pH düşürülmesi, hafif ısıtma, koruyucu kullanımı vb. gibi koruyucu etkenlerin bir arada ve düşük oranda kullanılmasıyla gıdanın orijinal niteliklerinin çok az değiştiği ürünler elde edilmektedir (Seçkin ve Taşeri 2015).

Gıda maddelerinin kurutulması için en uygun kurutucu tipinin ve proses koşullarının saptanmasında, kuruma süresine bağlı olarak, gıda maddesinin nem miktarında ve sıcaklığında gözlenen değişimlerin ölçülmesi gereklidir. Proses kinetiğinin kalite üzerine etkisi, gıda maddesi tarafından tutulan suyun özellikleriyle ilgilidir. Bu makalede, gıda maddesi tarafından tutulan suyun özellikleri, gıda maddesinin nem içeriğine bağlı olarak toplam buharlaşma ısısının değişimi, denge nemi, su aktivitesi, kuruma mekanizmaları ve kurutma koşullarının kalite üzerine etkileri üzerinde durulmuştur(Evranuz, 2014).

Türkiye’de gıda kurutma çalışmalarının önemli bir kısmı güneşte sergi yöntemi ile yapılmakta ve doğal olarak kurutulan ürünlerin kalitesi düşük olmaktadır. Günümüz rekabetçi piyasa şartlarında gıdaların daha gelişmiş teknikler ve cihazlar kullanılarak daha kaliteli olarak iç ve dış piyasaya sürülmesi son derece önemli hale gelmiştir. Ürün kalitesinin yanı sıra kurutma prosesinin düşük enerji tüketimli bir proses olması piyasa şartlarında ürünün rekabet gücünü arttırmaktadır. Bu nedenle kurutma işleminde temel amaç maksimum düzeydeki suyu yüksek kalite değerlerinden ödün vermeden minimum enerji kullanımı ile uzaklaştırmaktır(Gürlek vd, 2015).

Güneş kolektörlerinin sistem verimleri araştırmacılar tarafından sürekli incelenmektedir. Kolektör tasarımcıları kolektörkasa içerisine tasarladıkları farklı tip kanatçıklar ile enerji verimlerini artırmayı, bununla beraber kurutma işlemi yapılan kurutma sistemlerinde kurutucu performansını artırmayı planlamışlardır. Bu iki konuyla ilgili ülkemiz ve dünyada incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler iki başlık halinde verilmiştir.

2.3.1. Havalı Güneş Kolektörlerinin Ürün Kurutmaya Etkisi Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Havalı güneş kolektörlerinin ürün kurutma üzerinde yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir;

Lahnine vd. tarafından yürütülen bu çalışmada gıdaların korunması için kurutma işleminde güneş enerjisi gelecek vadeden uygulamadır. Ürünlerde su seviyesini azaltıp mikrobik kontaminasyonu azaltarak raf ömrünü uzatır. Thymus satureioides (kekik), sürdürülebilir enerji entegreli yeni nesil koruma işlemleri uygulanarak korunan tıbbi ve aromalı bir bitkidir. Konvektif kurutmanın ardından doğal ve organik kalması için asit ve sulu çözeltinin kombinasyonu işlemine dayanmaktadır. İşlenmiş kekiğin, kurutma kinetiği ve kurutma süreci karşılaştırıldığında kurutmaya etki eden parametreler belirsiz kalmaktadır. Bu nedenle kurutma koşulları (50 ile 80 °C değişen sıcaklık 150 ve 300 m³/h kurutma akış hacim oranı ve hızı), süreç verimliliği ve ön işlem parametreleri (konsantrasyon hacim ve sitrik asit) üzerinde çalışılmıştır. Bu parametrelerin dışında mevsim, sıcaklık, kurutma hacim akış oranı, kurutma hızı, toplam fenolik içeriği ve sitrik asitte incelenmiştir(Lahnine vd, 2016).

Fudholi vd. tarafından yapılan bu çalışmada, güneş kolektörlü dolaylı zorlanmış hava taşınımlı kurutma sistemi ile hurma yağı yaprakları kurutulması test edilmiştir. Güneş enerjili kurutma sisteminde 100 kg hurma yağı yaprakları 22 saatte %10 (YB) ve %60 (YB) oranında nem içeriği azalmıştır. Kurutma işlemi sırasında kurutma odası, kurutma odası giriş, kurutma odası çıkış sıcaklığı ve güneş ışınım değer aralıkları 26 °C ile 75 °C, 25 °C ile 65 °C, 26 °C ile 67 °C ve 96 W/m² ile 1042 W/m² olarak belirlenmiştir. Bu aralık değerlerine karşılık gelen ortalama değerler ise 53 °C, 46 °C, 48 °C ve 580 W/m² saptanmıştır. Yaklaşık 600 W/m² güneş ışınımında ve 0,13kg/s hava akış oranında havalı kolektör kurutma sisteminde pick-up verimleri %31, %19 ve %67 olarak bulunmuştur. Özgül nem alma oranı (SMER) 0,29 kg/kWh. Ekserji verimliliği %47 ortalama değer bir saptanmış ve %10 ile %73 değerler arasında değişmektedir. Buna ek olarak hurma yağı yaprakları güneşkolektörlü dolaylı zorlanmış hava taşınımlı kurutma sisteminin iyileştirmesi

durumunda 172 W ortalama değere sahip olur ve 8 W ile 455 W arasında değişiklik göstermiştir (Fudholi vd, 2015).

Cauhan vd. yaptıkları bu çalışmada havalı güneş kolektöründen alınan sıcak hava ile hem güneşli hem de kapalı günlerde deneyler yapmak suretiyle bir partide 0,5 ton ürün alabilen kurutuma odasında kişniş kurutulması işlemini incelemiştir. İnce tabakalar halinde üst üste istiflenmiş kişniş tanelerini kurutup, sistemin farklı bileşenleri için enerji ve kütle dengesi denklemlerini yazarak ve sonlu fark yaklaşımını benimseyerek sistemin nümerik analizi yapılmıştır. Deneyler güneşli gün saati 27 saat yani yaklaşık 3 güneşli gün sürmüştür. Sonuçta üründeki nem miktarının %28,2'den %11,4'e düştüğü görülmüştür (Cauhan vd,1995).

Lotfalian vd. tarafından yürütülen bu çalışmada üretilen 2 farklı tip (demir ve alüminyum) güneş kolektöründe performanslarını karşılaştırmak amacıyla, portakal ve limon kurutulması süreçlerini incelemiştir. 3 kez rast gele tekrarladıkları deney sonuçları göstermiştir ki limon ve portakal meyvelerinin her ikisi de turuncgillerden olduğu için aynı tip kolektörde kaybettikleri nem miktarları önemli ölçüde farklılık göstermemiştir. Sonuç olarak kurutulmuş bu ürünlerin piyasa da satış eğilimleri incelenmiş ve geleneksel yöntemlerle kurutulanlarına oranla portakal ve limonun pazar değerlerinin sırasıyla 5,6 ve 4,2 kat arttığı gözlenmiştir (Lotfalian vd, 2010).

Fudholi vd. yaptıkları bu çalışmada, kırmızıbiberi kurutmak için güneş enerjili kurutma sisteminin performans analizi incelenmiştir. Kırmızıbiber, bu sistemi kullanarak 33 saat içinde %10 YB ile %80 YB nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Ayrıca Kırmızıbiberin kurutma işleminin enerji ve ekserji analizleri de yapılmıştır. Termodinamiğin birinci yasasını kullanarak, toplanan verilerden yararlı enerjiyi bulmak mümkün olmuştur ancak ekserjiyi ise termodinamiğin ikinci yasası kullanarak bulunmuştur. Spesifik enerji tüketimi (SEC), 5,26 kWh/kg olmuştur. Buharlaştırma kapasitesi ve iyileştirme potansiyeli sırasıyla 0,13 kg/s ile 2,36 kg/s ve 135W olarak hesaplanmıştır. Güneş kolektörü, kurutma sistemi verimi, pick-up, ve ekserji sırasıyla %28, %13, %45 ve %57 güneş ışınım değeri ve kütle akış oranı ise 420 W/m² ve 0,07 kg/s olarak bulunmuştur (Fudholi vd, 2014).

El-Sebaii ve Shalaby. yaptıkları bu çalışmada güneş enerjili dolaylı zorlanmış konveksiyon kurutucusu tasarlanarak imal edilmiştir. Tanta'nın hava koşullarında sistemin kurutma performansı deneysel olarak incelenmiştir. Sistemi, kurutma odasına bağlı çift geçişli v oluklu levha ve ısıtıcı oluşturmuştur. Isınmış havayı kurutma odasına iletmek amacıyla fan kullanılmıştır. Kurutma deneylerine 29°C 'lik başlangıç sıcaklığında kekik (başlangıç nem içeriği ıslak bazda %95) ve nane (başlangıç nem içeriği ıslak bazda %85) uygulanmıştır. Ürünlerin son nem içeriklerine kekik 34 nane ise 5 saatte ulaşmıştır (El-Sebaii ve Shalaby, 2013).

Nourhene vd. tarafından yürütülen bu çalışmanın amacı, Tunus zeytin yapraklarının dört farklı kurutma kinetiğini incelemektir. Deney düzeneğinde güneş kolektörü, ek ısıtıcı, sirkülasyon fanı, zorlanmış dolaylı konvektif kurutma ve kurutma kabini kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan parametreler ise sıcaklık, 40, 50 ve 60 °C, bağıl nemi, 29-32%, hava akış hızı ise 0,0556 m³/s olarak tanımlanmıştır. Literatürlerde geçen üç model kurutma kinetiği kullanılmıştır. Deneysel kurutma eğrileri sadece düşme oranını belirtmiştir. Hava sıcaklığı kurutma kinetiği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. İstatistiksel parametreler (korelasyon kat ayırları ve standart sapma hataları) kurutma eğrileri, denklemlerini belirlemek için sayfa modeli kullanılmıştır. Zeytin yaprakları karakteristik kuruma eğrileri, denklemleri kullanılarak deneye dayalı olarak belirlenmiştir. Zeytin yaprağının nem difüzyonu Fick'in denkleminin analitik çözümlerinden belirlenmiş ve değerler 2,95x10⁻³ ile 3,60x10⁻³ m²/s arasında değişiklik gösterir ve bu değerler zeytin yaprağı çeşitlerine ve sıcaklığına bağlıdır (Nourhene vd, 2008).

Ghazanfaria vd. tarafından yürütülen bu çalışmada incetabakalı zorlanmış dolaşımli bir güneş kolektöründe kabuğundan ayrılmış fındık ve fıstık kurutulmasının uygulanabilirliğini incelemiştir. 36 saat süren kurutma süresinde hava giriş sıcaklığı 20°C iken çıkışta 56 °C'ye kadar yükselmiştir. Kurutmanın ilk gününde (08:00-17:00) nem içeriğinin yaklaşık %21'e kadar düştüğü görülmüştür. Son durumda ürün %6'lık bir neme kadar kurutulmuştur. Her iki ürünün kurutma parametrelerinde kayda değer bir fark görülmemiştir. Her iki ürün içinde Fick difüzyon denklemi ve üstel çürüyen modellerinin matematiksel modellemesi yapılarak kurutma sabitleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; havalı güneş kolektöründeki kurutma hızı geleneksel

yolla yapılarına oranla daha yüksek olduğu için kurutma kalitesinin daha iyi olduğu anlaşılmıştır (Ghazanfaria vd, 2003).

Khalil vd. yaptıkları bu çalışmada kurutma sistemi güneş kolektörü, kurutma kabini ve fandan oluşmak üzere üç parçadan oluşmuştur. V-oluklu, tek camlı plakaları olan absorpsiyonlu özdeş havalı güneş kolletör kullanılmıştır. Havalı güneş kolektörünün toplam alanı 2,4 m², kurutma kabinin ise boyutları 1x0,33x2 m (genişlik, derinlik ve yükseklik). Kurutma kabini beş adet raftan olmak üzere alt bölmeye ayrılmıştır. Raflar arasındaki mesafe kurutma kabinin tavını ile üst raf arası 0,5 m, her raf arası ise 0,3 m'dir. Her raf 0.95x0,3 m'dir. Kurutma kabinin duvarlarını 1x2x0,002 m olan cam plaka güney yönünü oluşturmuş diğer yönler ise alüminyum levha ile yapılmıştır. Bu deneyde üzüm ve kayısı olmak üzere iki farklı meyve ve bir adette sebze olan fasulye kurutulmuştur. Kayısının nem içeriği yarım günde 80-13%, üzüm iki buçuk içinde 80-18% ve fasulye 65-18% oranlarında düşürülmüştür. Kurutma hızı kabin içindeki hava sıcaklığı üzerinde etkili olmuştur. Kurutma kabini içindeki hava hızının varyasyonları düşük olduğu için ihmal edilmiştir. Kabin içerisindeki bağıl nem %25-30 arasında olduğu sebebiyle kabin içerisinde yüksek hava hızına ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Khalil vd, 2007).

Adelaja vd. yaptıkları bu çalışmada yerelmasının nem giderilme modelini oluşturmak üzere bir havalı güneş kolektörü tasarlamışlardır. Deneyler 2008 yılının Ekim ve Kasım aylarında açık hava ve kurutucuda olmak üzere iki farklı biçimde gerçekleştirilmiştir. Her iki durumda da 0,52 kg'lık meyveler kurutulmuş ve kıyaslamalar yapılmıştır. Sistem verimleri sırasıyla %54,8 ve %65,6 olarak hesaplanmıştır. Nem içeriği kolektörde %75'e kadar ulaşırken diğer sistemde bu oran %61,5 olmuştur. Açık havadaki kurutma hızı 0,0447 kg/saat iken kolektörde bu değer 0,0481kg/saat olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak sistem tasarımcıları kolektörde gerçekleştirilen kurutma veriminin daha yüksek olduğu gerçeğine ulaşmışlardır (Adelaja vd, 2010).

Banout ve Ehl. Vietnam hava koşullarında yaptıkları bir çalışmada bambu filizlerinin güneş kolektöründe kurutulmasını incelemişlerdir. Çalışmada 3 farklı sistem birbirleri ile kıyaslanmıştır. Bunlar; geleneksel metotla açık havada kurutma, doğal konveksiyonlu bir kolektörde kurutma ve zorlanmış dolaşımli çift geçişli bir kolektörde kurutmadır. Deneyler sırasında her saat kurutma sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem, güneşlenme ve nem kaybı gibi değerler ölçülmüştür. Güneş ışıyım değerinin 670 W/m^2 olduğu durumda 3 sistemin kurutma odalarında sıcaklık ve bağıl nem değerleri çift geçişli, doğal dolaşımli ve geleneksel metodun kullanıldığı sistem için sırasıyla $55,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $\%23,7$, $47,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $\%37,6$, $36,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $\%47,8$ olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak en hızlı kurutma işleminin çift geçişli kolektörde gerçekleştiği görülmüştür. Çift geçişli kolektörde yapılan deney 16 saat sürerken doğal dolaşımli kolektörde deney 7 saat daha fazla sürmüştür. Sonuçta çift geçişli kolektörün diğerine göre $\%42,8$ daha düşük kurutma maliyeti gerektirdiği hesaplanmıştır (Banout ve Ehl, 2010).

Joy vd. tarafından yürütölen bu çalışmada Hindistan'ın Kerala eyaletinde yaptıkları bir çalışmada bir güneş tüneline karabiber kurutulmasını incelemişlerdir. İthal bir kurutma tüneline farklı türlerde biberleri yerleştirmiş ve deneyleri yaptıktan sonra kurutulan ürünleri kalite bazında ticari örnekleriyle karşılaştırmışlardır. Her ürünün kurutulduktan sonra ASTA ve AGMARK kalite standartlarına uygunluğu test edilmiştir. Deneylerde numune alma birimlerinde ürün kalitesi bazında oldukça farklı sonuçların ortaya çıktığını görmüşlerdir. Güneş tüneline kurutulan ürünlerin deney süresi sadece 8 saat sürerken ticari numunede ise bu süreç 6 günde ancak tamamlanabilmiştir. Deney sonuçlarına göre kurutma örneklerinde ağırlık olarak piperine içeriği (antibiyotik özelliği olan madde) $\%4,5$ iken, bu değer ticari örnekte $\%4$ olmuştur. Sonuç olarak Hindistan'ın karabiber ihtiyacının $\%97$ 'sini karşılayan Kerala eyaletinde yapılan bu deneylerde güneş tüneline kurutulan ürünlerin ticari örneklerine oranla hem daha kısa sürede hem de daha kaliteli ürün verdikleri görülmüştür (Joy vd, 2002).

Derbala vd. yaptıkları bu çalışmada bir dizi kurutma sisteminde 2x18 m ebatlarında olan güneş paneline bitişik vaziyetteki kurutma kabini kabak dilimlerini kurutmuşlardır. Sistemin gerekli fan gücü de yine fotovoltaik piller vasıtasıyla güneş enerjisinden sağlanmıştır. Sistemde güneş ışınları yoğunluğu ve hava sıcaklığının beraberce havanın bağıl nemi ile ters ilişki içinde olduğu görülmüştür. Bükreş ilinde yapılan deneylerde, kabak dilimleri kalınlıkları 0,5-1 cm iken çalıştırılan sistemde hava giriş-çıkış sıcaklıkları farkının maksimum olduğu saat 14.20'de 30°C olarak ölçülmüştür. Sistemde maksimum nem kabak dilimleri kalınlıkları 1 cm iken uzaklaştırılabilmektedir (80 kg/saat). Sonuç olarak kurutulmuş kabakların yaşlarına oranla potasyum ve fosfor açısından daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Böylece, yapılan bu çalışmada güneş enerjisi ile kurutulan ürünlerde ürün kalitesi bazında artış olduğu görülmüştür (Derbala vd, 2009).

Eze. yaptığı bu çalışmada Nijerya'da ev tipi bir güneş kurutucuda manyok köklerinin kurutma verimliliklerini incelemiştir. Sistemde deneylerden önce ürünün su aktivitesi, nem miktarı, toplam küf miktarı, pH seviyesi ve siyanür miktarları ölçülüp kaydedilmiştir. Deneylerde kullanılan manyok kökleri kabukları soyulup 4 cm uzunluğunda 1cm genişlik ve 1cm kalınlığında kesilmiş ve 5 eşit parçaya ayrılmıştır. İlk 3 parça sırasıyla 1, 2 ve 3 gün boyunca ıslatılmış diğer iki parça ise 3 gün kurutucuda kurutulmuştur. Numunelerin pH değeri, su aktivitesi ve nem miktarları her gün kaydedilmiştir. Islatılmış ürünler ise yine kendi arasında ikiye bölünmüş, biri açık havada kurutulmuş, diğeri ise güneş kolektöründe kurutulmuştur. Yine bunların da pH değeri, su aktivitesi nem içeriği ve siyanür miktarı ölçülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki ıslatıldıktan sonra kurutucuda kurutulan ürünlerin siyanür ve küf sayısı sürekli ıslatılan ve açık havada kurutulana göre azalmaktadır. Bir başka sonuç ise kurutulan ürünlerin tamamında açık havada kurutulana göre güneş kolektöründe kurutulan ürünlerin renk ve koku bazında daha tercih edilir olduğu yönündedir (Eze, 2010).

Usub vd. tarafından yapılan bu çalışmada kurutma deneyleri Tayland'ın Mahasarakham ilinde tropikal hava koşulları altında güneş enerjili kurutucu sisteminde ipekböceği pupa kurutulmuş olarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma sistemi, şeffaf cam kaplı düz yüzeyli kolektör ve tünel yardımıyla kurutma kabini doğrudan

bağlanılmıştır. Deneyler sırasında temizlenmiş ipekböceği pupa 0,32 kg/s hava hızıyla 4,37 kg/s dan 0,15 kg /s' a nem içeriğine 373 dakikada ulaşmıştır. On farklı kurutma modelleri kurutma eğrilerini belirlemek üzere katsayı açısından karşılaştırılmıştır. Maksimum nem, kurutma hızı, kurutma havası akım oranı sırasıyla 0,6723 kg/s, 0,32 kg/s ve $2,7696 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$ olarak belirlenmiştir. Lipid içeriği etkilenmemiş kaliteli bir kurutma gerçekleşmiş ve çoklu doymamış yağ asidinde düşük değerlerde azalma gözlenmiştir (Usub vd, 2010).

Manaa vd. tarafından yürütülen bu çalışmada Cezayir'in güneyindeki Adrar kentinde yapılmış ve deneysel olarak incelenmiştir. Adrar kentinin diğer kentlerle arasındaki mesafe 700 km'den fazladır. Bu sebepten diğer şehirlere domatesin pazarlaması zor olduğu için bizde yıl boyunca bu üretilen bu ürünü depolamayı düşündük. Deneylerde bu kentte üretilen domatesler çeşitleri kullanılmıştır. Bu çeşitlerden su içeriği ve olgunluk derecesi 68-75% oranında değişmektedir. Deneyler güneş enerjili konveksiyon kurutma sistemi ile yapılmıştır. Kurutma eğrileri, çeşitli büyüklüklerde kesilmiş domates dilimleri ve kurutma havasının sıcaklığı ile çeşitlilik göstermiştir (Manaa vd, 2013).

2.3.2. Havalı Güneş Kolektörlerinin Sistem Verimlerinin Değerlendirilmesi Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Gedik vd. tarafından yapılan bu çalışmada Model I (zigzaglı emici yüzeye sahip) ve Model II (düz emici yüzeye sahip) olarak adlandırılan iki farklı havalı tip güneş kolektörü imal edip deneysel sonuçlarını incelemişleridir. Deneyler Ağustos ve Eylül aylarında Karabük şartlarında saat 10.00-17.00 saatleri arasında olmak şartıyla toplam 5 günde yapılmıştır. Deneylerde ölçülen parametreler ışığında sistemin enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Model II isimli kolektörün enerji ve ekserji verimlerinin Model I kolektörüne göre daha büyük değerlerde olduğu görülmüştür. Model II kolektörünün enerji ve ekserji verimlerinin %46,5 ve %1,35 olduğu hesaplanırken, Model I'in verimlerinin ise %32,72 ve %1,13 değerlerinde kaldığı görülmüştür (Gedik vd, 2008).

Özgen, yaptığı bu çalışmada düzlemsel havalı güneş kolektöründe çift geçişli kanal içerisine silindirik teneke kutulardan yapılmış yutucu plakanın yerleştirildiği bir düzeneği deneysel olarak incelemiş ve sonuçlarını değerlendirmiştir. Deneysel çalışma için tasarlanan üç farklı tipte yutucu plakayı test etmiştir. Birinci tipte (Tip I), silindirik teneke kutular yutucu plaka üzerinde zikzaklı olarak kaydırılmış, ikinci tipte (Tip II) ise sıralı olarak dizilmiştir. Tip III ise, üzerinde kutuların olmadığı bir düzlem plaka şeklinde tasarlanmıştır. Deneyler 0,03 kg/s ve 0,05 kg/s'lik hava debileri için gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre en yüksek verimi Tip I için elde etmiştir (Özgen, 2007).

Bulut vd.Tarafından yapılan bu çalışmada tasarımı ve imalatı yapılan trapez kanatçıklı havalı güneş kolektörünün ısı performans analizini yapmışlardır. Yapılan deneysel çalışmada, havanın kolektöre giriş-çıkış sıcaklıkları, kolektörün yutucu plaka ve cam yüzeyi sıcaklıkları, kolektör yüzeyine gelen güneş ışınım miktarı, kolektör yüzeyindeki rüzgâr hızı ve kolektörden geçen hava debisi ölçülmüştür. Sonuç olarak kolektör anlık ısı veriminin %30 ile %90 arasında değiştiğini, ortalama ısı veriminin ise %71 olduğunu belirlemişlerdir (Bulut vd, 2007).

Koçayiğit, yaptığı bu çalışmada üzerinde farklı kanatçıklar ve dikdörtgen blok şeklinde engeller (Tip I, Tip II, Tip III) bulunan ve engel bulunmayan (Tip IV) düz tip bir havalı güneş kolektörünün enerji ve ekserji analizini deneysel olarak incelemiş ve birbirleriyle mukayese etmiştir. Farklı geometrilerin yanı sıra farklı kütleli debilerde (0,0074, 0,0052, 0,0016 kg/s) de tekrarlanan deneylerde optimum verim değerlerinin (enerji ve ekserji) Tip II yutucu yüzeyine sahip havalı güneş kolektöründe elde edildiği ve kanatçıklı olan havalı güneş kolektörlerinin kanatçıksız olana göre daha iyi değerler aldığını gözlemlemiştir. Sonuçlara göre debi değerlerinin verime katkısı en yüksek olanının da 0,0074 kg/s'lik değer olduğu görülmüştür. Tip 2'de 0,0074 kg/s'lik kütleli debi için enerji verimi %0,34 ile 0,79 arasında değişim göstermiş ekserji verimlerinde ise bu değer %0,14 ile 0,41 arasında olduğu belirlenmiştir (Koçayiğit, 2008).

Mohseni-Languri vd. tarafından yürütülen bu çalışmada İran'ın kuzeyinde bölge şartlarında düz plakalı bir güneş ısıtıcı oda tasarlamışlar ve bu sistemin enerji ve ekserji analizleriyle ilgilenmişlerdir. Bu sistemin kış aylarında ısıtma ihtiyacını karşılayabileceğini belirlemişlerdir. Farklı kütleli debilerde (0,0011 kg/s, 0,0014 kg/s, 0,0016 kg/s, 0,0017 kg/s, 0,0018 kg/s ve 0,0025 kg/s) çalıştırılan sistemde optimum ekserji değerini veren debinin 0,0011 kg/s olduğu saptanmıştır. En yüksek enerji veriminin ise 0,0016 kg/s'lik debi ile elde edildiği belirlenmiştir (Mohseni-Languri vd, 2009).

Hematian vd. tarafından yapılan bu çalışmada düz yüzeyli bir havalı güneş kolektörünün verim analizini yapmışlardır. Sistem doğal ve zorlanmış taşınım olarak iki farklı tipte hava akışı ile tasarlanmıştır. Sonuç olarak zorlanmış taşınımın hava hazının diğerine oranla %21 daha hızlı olduğu hesaplanmış, doğal taşınımın kolektörün giriş-çıkış sıcaklık farkının daha düşük olduğu görülmüştür. Sistem verimleri ise zorlanmış taşınımında %13,1-27,9 arasında seyrederken bu oran doğal taşınımında %20,1-%64,9 olmuştur (Hematian vd, 2012).

Qenawy ve Mohamad. yaptıkları bu çalışmada havalı güneş kolektörünün soğuk iklim şartlarında mahal ısıtılması amacıyla kullanılması için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Yapılan deney sonuçlarında; özellikle düşük ortam sıcaklıkları için hava akış debisinin kolektör performansı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Verime direkt etki eden diğer bir faktörün de kolektör boyutları olduğu saptanmıştır. Yapılan deneyler sonunda 20 °C ortam sıcaklığı için kolektörün enerji ve ekserji veriminin sırasıyla %85 ile %39 civarında değerler aldığı görülmüştür. 10 °C ortam sıcaklığı için ise bu değerler %55 ve %40 olmaktadır (Qenawy ve Mohamad, 2007).

Hedayatizadeh vd. tarafından yürütülen bu çalışmada çeşitli pürüzlü yüzeylere sahip farklı konfigürasyonlarda v oluklu bir yutucu yüzeye sahip havalı güneş kolektörü farklı giriş sıcaklıkları kütleli debi ve kolektör en-boy oranları ile deneyler yapmış ve sistemin çalışma parametrelerini inceleyerek ekserji analizi yapmışlardır. Sonuç olarak enerji çıkışında bir artış sağlamak için kolektör en-boy oranının yüksek giriş sıcaklığını ise mümkün olduğunca düşük değerlerde tutmak gerektiğini

belirlemişlerdir. Deneyler sonucunda ekserji veriminin ise belirli bir hava akış debisinde olmak koşulu ile enerji ve entropi değerlerindeki değişime bağlı olarak farklı değerler aldığı görülmüştür. Yine düşük hava giriş sıcaklığı ve düşük kütlesel debide maksimum ekserji elde edildiği belirlenmiştir (Hedayatzadeh vd, 2012).

Ucar ve Inallı. yaptıkları bu farklı tip kanatçıkların (Type A, Type B, Type C, Type D, Type E) kullanılmasıyla gerçekleştirdikleri deneylerde giriş ve çıkış ekserji değerlerini, ekserji kaybını, 1. Ve 2. Yasa verimlerini hesaplamışlardır. Type B,C,D ve E’de 3 ya da 6 kanatçık kullanılan sistemde verim değerlerinin Type A’ya göre %10 ila %30 daha fazla verimli olduğu belirlenmiştir. En büyük ekserji verimini ise yatayla %2 eğime sahip inişli çıkışlı bir yapıda 3 kanatçığın kullanıldığı Type D kolektörü sağlamıştır. Her bir kolektöre ait ekserji verimlerini ise sırasıyla %35,61, %41,01, %46,25, %56,09, %49,37 şeklinde hesaplanmışlardır (Ucar ve Inallı, 2006).

Omojaro ve Aldabbagh. yaptıkları bu çalışmada tek ve çift geçişli kanatçık ve elik tel örgünün kullanıldığı havalı güneş kolektörlerinin deneysel performansını incelenmiştir. 0,012 kg/s ve 0,038 kg/s’lik kütlesel debiler arasında çalıştırılan sistemin çıkış sıcaklıkları ölçülmüş ve enerji verimleri irdelenmiştir. Sonuçlara göre artan hava debisiyle birlikte verimliliğin de arttığı gözlemlenmiştir. Aynı akışkan debisinde tek geçişli kolektörün ısıl verimi %7-19,4 arasında olurken çift geçişli sistemde bu oranın daha yüksek olduğu hesaplamalar sonunda belirlenmiştir. Maksimum enerji veriminin elde edildiği kütlesel debi değerinin 0,038 kg/s olduğu belirlenmiş, bu akış debisinde tek ve çift geçişli kolektörlerin ısıl verimleri sırasıyla %59,62 ve %69,74 olarak hesaplanmıştır (Omojaro ve Aldabbagh, 2010).

Samaneh vd. tarafından yapılan bu çalışmada İndirek bir güneş enerjili kurutucunun önceden belirlenen matematiksel modelleri kullanarak enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır. Önceden yapılan mevcut deney verileri kullanılarak öngörülen modelin uygulanabilirliği tartışılmıştır. Sonuçlara göre yüksek enerji verimleri hesaplanmıştır. Ekserji verimleri ise buna nispeten daha düşük değerler almıştır. Deney sonuçlarına göre maksimum ekserji kaybının gün ortasında elde edildiği belirlenmiştir. Sonuçlara göre 1. Ve 2. Günde yapılan deneylerde minimum ekserji verimi sırasıyla %37,3 ve

%47,2 olmuştur. Bu sonuçlara etki eden parametrelerin ise kolektör uzunluğu, yüzeyi ve giriş havası debisi olduğu belirlenmiştir (Samaneh vd, 2011).

Kuzgunkaya, yaptığı bu çalışmada güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompalı (TKIP) bir kurutucunun enerji ekserji analizini yapmıştır. Kurutma ürünü olarak ise defne yaprakları seçilmiştir. TKIP cihazı ve tüm sistemin ekserjetik etki katsayısı (EK) değerlerini belirlemiş, buna göre sistemin performans değerlerini irdelemiştir. Deneyleerde defne yaprakları, 40-50°C sıcaklık aralığında, %16-19 arasında değişen bağıl nemlerde ve 0,5 m/s hava hızında, 9 saat deney süresi boyunca kurutulmuştur. Kurutucunun ekserji verimi, ürün ekserjisinin, ekserji girdisine oranına dayandırılan ve ürün/yakıt temeline göre hesaplanan ekserji verimi olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılarak belirlendi. Ekserji verimliliği değerleri birincisinde %81,35-87,48 arasında hesaplanırken, ikincisinde ise, %9,11 15,48 arasında değiştiği belirlenmiştir. TKIP cihazının ve tüm sistemin EK değerleri sırasıyla; 1,63-2,88 ve 1,45-2,65 aralığında hesaplanırken, ürün/yakıt bazında hesaplanan ekserji verimi ise, 27°C ölü hal sıcaklığında sırasıyla %21,1 ve %15,5 olarak elde edilmiştir. Ekserjetik EK değerleri ise sırasıyla 0,174 ve 0,196 arasında hesaplanmıştır (Kuzgunkaya, 2006).

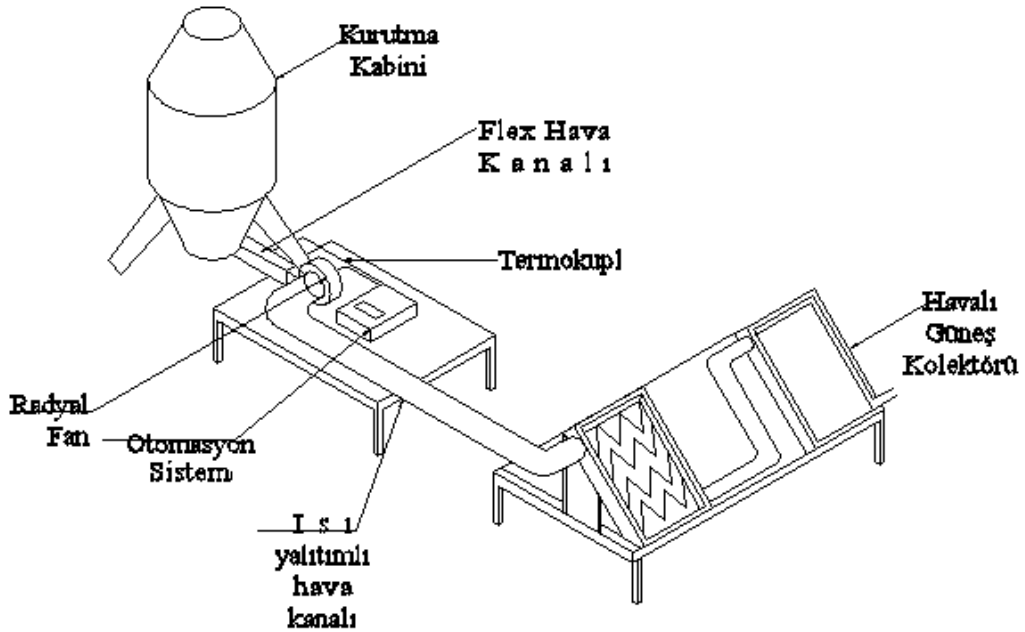
Çakmak ve Yıldız. yaptıkları bu çalışmada Elazığ ilinde Temmuz ayı şartlarında yaptıkları deneyler neticesinde klasik düz yüzeyli kolektör ile onunla aynı ebatlara sahip, türbülans etkisi artırılmış genişletilmiş yüzeyli kolektörün hava hızı ve zamana bağlı olarak verimlerini mukayese etmişlerdir. Aynı anda çalıştırdıkları düz yüzeyli havalı kolektör ve genişletilmiş yüzeyli havalı kolektörlerde 0,5 m/s, 1m/s ve 1,5 m/s'lik üç farklı hava debisinde deneyler yapmışlar ve sonuçları irdelemişlerdir. Deneyleerin sonuçlarına göre yeni geliştirilen havalı güneş kolektörünün ortalama ısı veriminin düz yüzeyli kolektöre göre %15 daha iyileştiğini tespit etmişlerdir(Çakmak ve Yıldız, 2004).

BÖLÜM 3

GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCUNUN TASARIMI VE İMALATI

3.1.DENEY DÜZENEGİ VE KISIMLARI

Tasarlanan sistem Şekil 3.1’de gösterildiği şekilde imal edilmiştir. İmalat resimleri (Şekil Ek A.1 ve Şekil Ek A.2) gösterilmiştir. Sistem akışkan yataklı kurutma kabini, proses kontrol cihazı, invertörden oluşan otomasyon sistemi ve 2 adet havalı güneş kolektörlerinden oluşmuştur. Her biri 0,5 m²’lik havalı kolektörler kendi içerisinde seri olarak bağlanmıştır. Havalı güneş kolektörlerinden geçen hava, ısı yalıtımlı hava kanalından geçerek fan vasıtasıyla akışkan yatak içerisindeki ürünler üzerine iletilmiştir.



Şekil 3.1. Deney düzeneği şematik gösterimi.

3.1.1. Havalı Kolektörler Ve İmalatı

Üzerine düşen güne ışınımını, ısı enerjisine dönüştüren ekipmanlara kolektör denir. Kolektörler içerisinden geçen akışkanın cinsine göre havalı ve sulu olmak üzere 2 grupta toplanabilir. Bir havalı kolektör, kolektör kasası, izolasyon malzemeleri, emici plaka ve saydam örtüden oluşmaktadır. Bir düz yüzeyli, diğer şaşırtmalı kanatçıklardan oluşturulan 2 adet havalı kolektör resim Şekil Ek A.3'de gösterildiği gibi imal edilmiştir. Kolektörler kendi içerisinde seri bağlanarak çıkış havasının sıcaklığını yükselmesi amaçlanmıştır. Havalı kolektörden çıkan havanın sıcaklık kontrolü Şekil Ek A.4'deki gibi proses kontrol cihazı ve invertör kullanılmıştır. Kurutma işleminde havalı kolektör seçilmesinin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar;

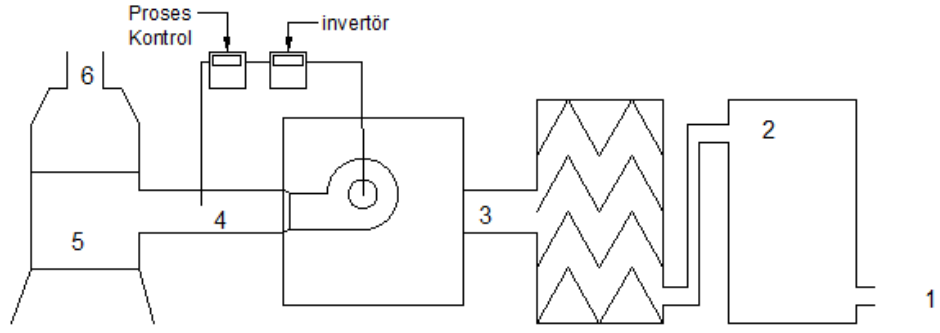
- a. Düşük ilk yatırım maliyeti,
- b. Düşük bakım maliyeti,
- c. Korozyon oluşmaması,
- d. Akma ve sızıntı problemi oluşmaması,
- e. Yüksek verim,
- f. Donma problemleri yaşanmaması.

Şeklinde sıralamak mümkündür.

3.1.2. Otomasyon Sistemi

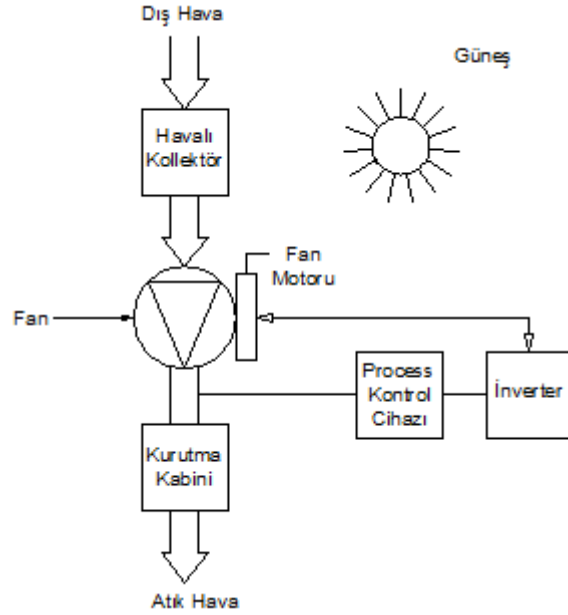
Şekil 3.2'de gösterilen sistem üzerinde;

1. Dış hava sıcaklığı
 2. Havalı kolektörler üzerinden güne ışınımı
 3. Kolektörden çıkan havanın sıcaklığı
 4. Kurutma havası hızı
 5. Kurutulan ürünlerdeki kütle değişimi
 6. Kurutucudan çıkan havanın sıcaklığı
- Ölçümleri yapılmıştır.



Şekil3.2. Otomasyon sisteminin deney düzeneğinde gösterimi.

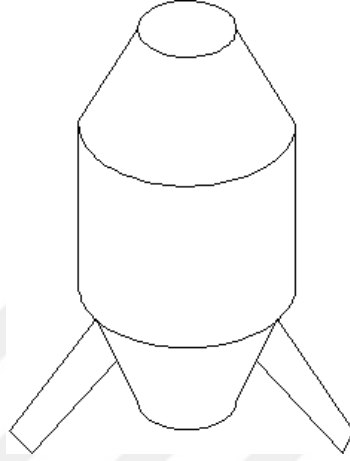
Şekil 3.3'deki kontrol akış şemasında fan devri proses kontrol cihazında set edilen değere göre artmış ya da azalmıştır. İstenilen kurutma havası sıcaklığı ya da kontrol cihazında set edilen değer sağlanabilmesi için sisteme dışarıdan giren hava debisi, invertör aracılığıyla değiştirilmektedir. Güneş ışınımının artmasına paralel bir şekilde sıcaklığın istenilen değerin üzerine çıkmaması için fan devri yükselecek, düşmesi ile birlikte fan devri azalarak sıcaklığın istenilen set değerinde tutulmasını sağlayacaktır. Otomasyon sistemine ait resimleri (Şekil Ek A.4) verilmiştir



Şekil3.3. Otomasyon sisteminin akış şeması.

3.1.3. Kurutma Kabini

Deney düzeneğinde kullanılan kurutma kabini Şekil 3.4'dekitasarlanıp Şekil EK A.5'deki gibi imaledilmiŐtir.



Şekil 3.4. Akışkan yataklı kurutma kabini.

BÖLÜM 4

DENEYLERİN YAPILIŞI VE ÜRÜNLERİN TAM KURU AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ

Deneyleerin yapıılışında aşığıdaki prosedür izlenmiştir.

- a. Ürünlerin hazırlanması, yıkanması, saplarını ayırma ve yıkama sonrası ıslaklığın giderilmesi,
- b. Tam kuru madde ağırlıklarının bulunması,
- c. Ürünlerin siklon tip kurutucuda kurutulması,
- d. Kurutma sırasında sıcaklık, ağırlık, nem, güneş ışınımı ve hava hızı değerlerinin ölçülmesi,
- e. Kurutmanın sonlandırılması.

Her bir ürünün (kızılıık, karayemiş ve muşmula) kurutulmasında yukarıdaki kronolojik sıraya dikkat edilmiştir.

4.1.ÜRÜNLERİN TAM KURU AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ

Deneyleere başlamadan önce muşmula, karayemiş ve kızılıık ürünlerinin kuru ağırlıklarının belirlenmesi için ön hazırlıklar yapılmıştır. Karabük ilinin Safranbolu ilçesinden tedarik edilen ürünler kuru ağırlıkları belirlenmeden önce temizlenerek hazır hale getirilmiştir. Hazır hale getirilen ürünler, elektrikle ısıtılan, sıcaklığı kontrol edilebilen hava dolaşımına sahip, sıcaklığı (103 ± 2) °C de tutabilen bir fırında 100 °C de 100'er gramlık numuneler 12 saat kurutma süresi boyunca 2 saatlik periyotlarla ürünlerin ulaştığı ağırlıklar ölçülerek not edilmiştir. Ölçülen ağırlıklar tekrara düştükten sonra kurutma işlemi tamamlanmıştır. Tam kuru ağırlıkları belirlenen ürünler Şekil Ek A.6 7 ve 8'de gösterilmiştir. Karayemişin tam kuru haldeki nem miktarı % 138, kızılıığın tam kuru haldeki nem miktarı % 222 vemuşmulanın kuru haldeki nem miktarı % 127 olarak bulunmuştur.

4.2. DENEYLERİN YAPILIŞI

Deney düzeneği Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünde, güneş ışınımını her daim görebilen deney sahasına kurulmuştur. Kurutma kabini içerisine her ürün farklı günlerde muşmula ve karayemiş 1000'er gram kızılıcık ise 892 gram olarak kütleleri belirlendikten sonra yerleştirilmiştir. Proses kontrol cihazında istenilen kurutma havası sıcaklığı 40°C olarak set edilerek muşmula ve kızılıcık kurutma işlemine baŐlanmıŐtır. Deney setinde Şekil Ek A.2'de görüldüğü gibi kolektör çıkışının bağlı olduğu pasif fan grubu, kolektörden gelen sıcak havaya direnç gösterdiğinden dolayı Şekil EK A.1'deki halinde değiştirilmiştir. Bu değişimden sonra karayemiş için kurutma havası sıcaklığı 45 °C'ye set edilerek deneyler toplam üç günde yapılmıştır.

Kurutma işlemi süresince her yirmi dakika da bir ölümü yapılan parametreler aşağıda verilmiştir:

- a. Güneş ışınımı (W/m^2)
- b. Kolektör giriş sıcaklığı(°C)
- c. Kolektör  ıkıŐ sıcaklığı(°C)
- d. Kurutucu havası giriş hızı(m/s)
- e. Kurutucu  ıkıŐ sıcaklığı(°C)
- f. Kütle(g)

BÖLÜM 5

DENEY SONUÇLARI VE ANALİZİ

5.1. DENEY SONUÇLARI VE ANALİZİ

Deneylere başlamadan önce numunelerden kızılılık, muşmula ve karayemişin tam kuru esasa göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak başlangıç nem miktarları hesaplanmıştır.

$$MC = \frac{YA-KA}{KA} * 100 \text{ (g su/g kuru madde)} \quad (5.1)$$

Burada;

MC: Nem içeriği (g su/g kuru madde)

YA: Ölçümde okunan yaş ağırlık (g)

KA: Ürünün kuru ağırlığı (g)

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{I.A} \quad (5.2)$$

Burada;

η : Verim (%)

\dot{Q} : Kolektör yutucu yüzeyin tarafından havaya verilen enerji (W)

A: Kolektör yüzey alanı (m²)

I: Birim yüzeye gelen güneş radyasyonu (W/m²)

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_c - T_g) \quad (5.3)$$

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho \quad (5.4)$$

Burada;

\dot{m} : Çalışma akışkanının kütleli debisi (kg/s)

ρ : yoğunluk (kg/m³)

\dot{V} : Hacimsel debi (m^3/s)

c_p : Akışkanın özgül ısısı (J/kgK)

T_c : Havanın Kolektörden çıkış sıcaklığı (K)

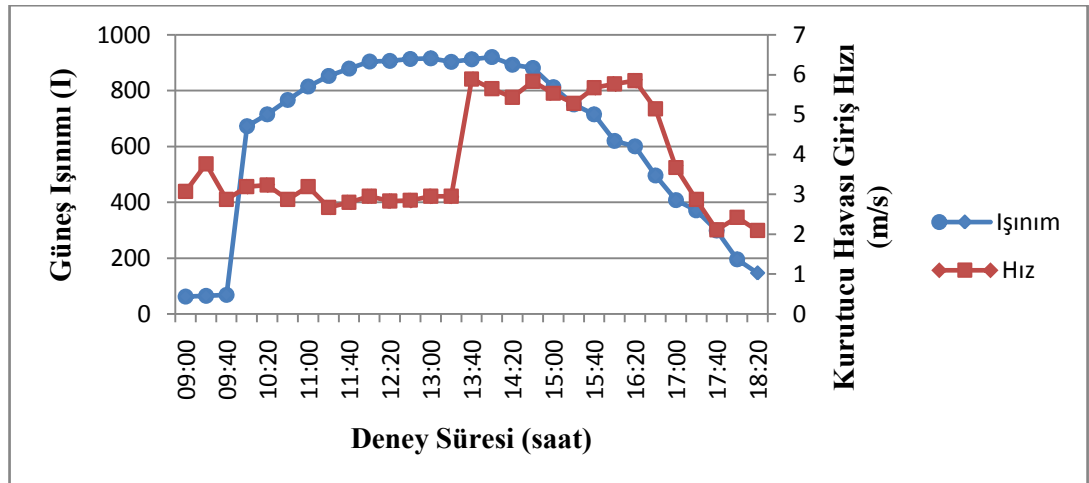
T_g : Havanın Kolektöre giriş sıcaklığı (K)

Kurutma deneyi esnasında ölçülen parametrelerin zamana bağlı olarak değişimlerini gösteren grafikler, kurutulan ürün bazında aşağıda verilmiştir.

5.1.1. Kızılçık

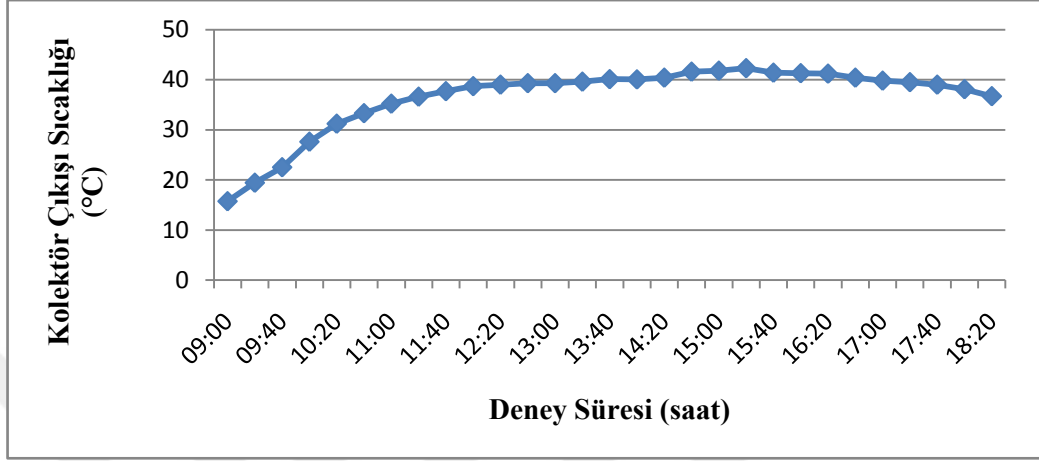
Kızılçık ürünün kurutulması esnasında elde edilen değerlerin (Çizelge Ek B.1) grafik verileri ise aşağıda verilmiştir.

Kurutma deneyi esnasında ölçülen parametrelerden biri olan güneş ışınımı sabah saatlerindeki ilk üç(3) ölçümün, havanın bulutlu olmasından dolayı düşük değerler ölçülmüştür. Deney süresince güneş ışınım değerleri yükselmiş ve buna bağlı olarak sıcaklıkta artmıştır. Saat 13.40'ta sıcaklığında artmasıyla beraber otomasyon sistemi kontrolünde artan kurutucu giriş hızı ile ilişkisi Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



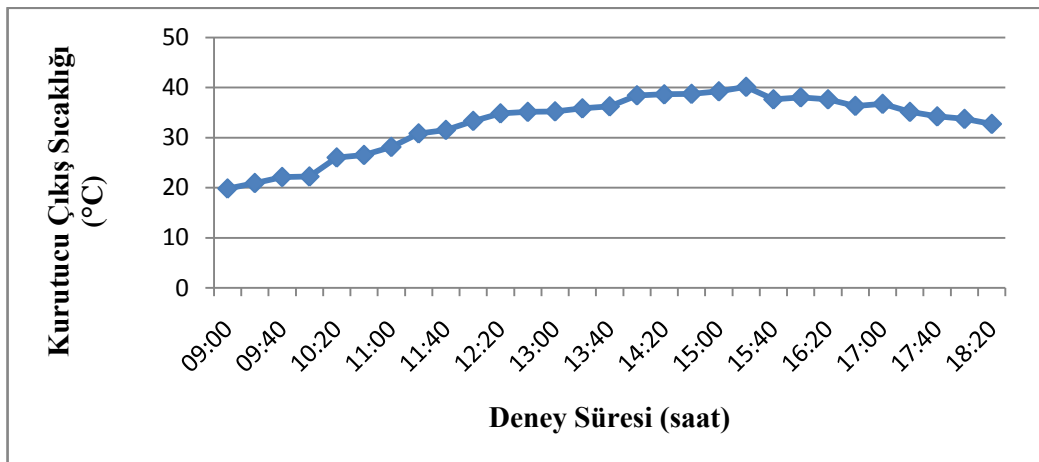
Şekil 5.1. Güneş ışınımının ve kurutucu giriş hızının deney süresine bağlı değişimi.

Kolektör çıkış sıcaklığı ya da üfleme havası sıcaklığının 40 °C'ye set edilmesiyle deney sırasındaki değişimi Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Şekil 5.2'deki grafikten geçici rejimin güneş ışınımına bağlı olarak ulaştığı söylenebilir.



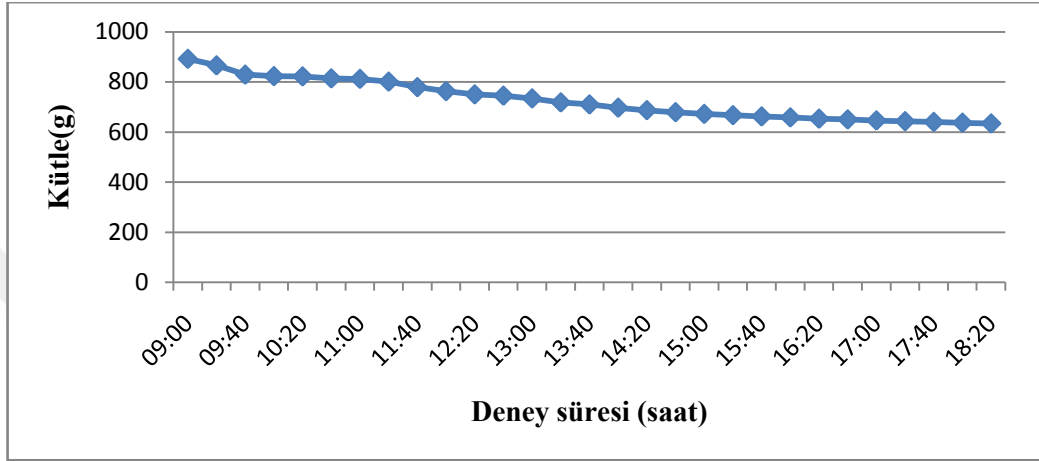
Şekil5.2.Kolektör çıkış sıcaklığının deneş süresine bağılı değişimi.

Deneş süresince takip edilen parametrelerden biri olan kurutucu çıkış sıcaklığı kurutma kabin içi sıcaklığı göstermektedir. Bu grafikte kolektörden gelen sıcak hava, kurutma kabinine iletilerek ürünlerle teması sağlanmış ve kurutma kabini bacasından dış ortama salınmıştır. Kurutucu çıkış sıcaklığının zamana bağılı değişimi Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



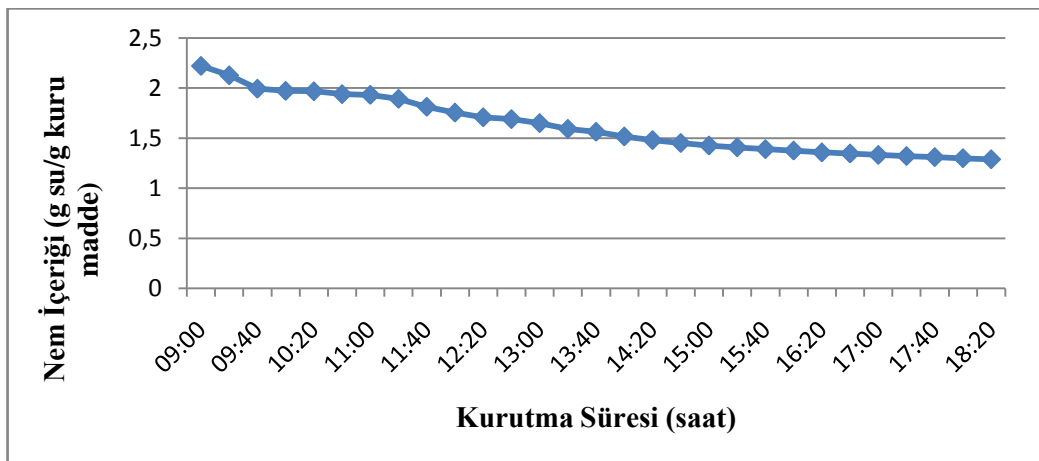
Şekil5.3. Kurutucu çıkış sıcaklığı deneş süresine bağılı değişimi.

Kurutulması planlanan kızılçık ürünü 892 g başlangıç kütlesi ile kurutma kabineine yerleştirilmiştir. Kurutma kabineine gelen sıcak hava ürünle temas ederek kurutulması amaçlanmıştır. Deney süresince her 20 dakikada bir takibi yapılarak ürünün değişim gösteren kütlesi hassas ölçüm yapan elektronik terazide okunarak elde edilmiştir. Veriler Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



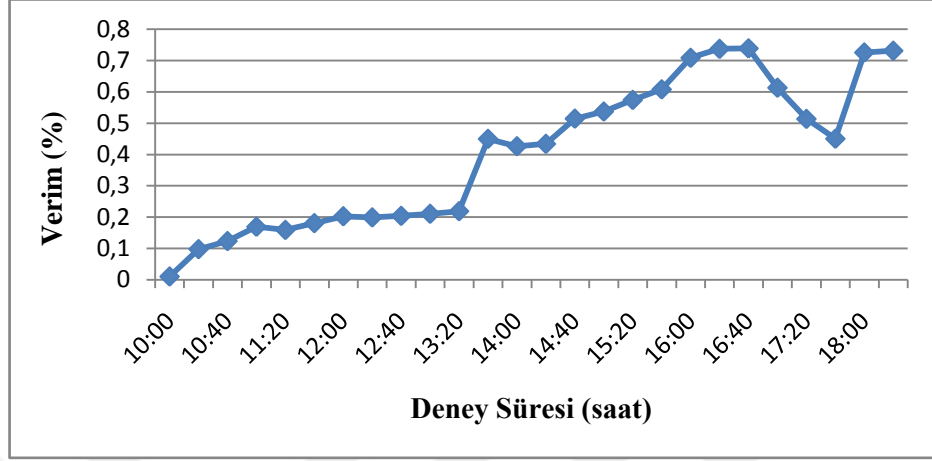
Şekil5.4. Kurutulan ürün kütlesinin deney süresine bağlı değişimi.

Kızılçık ürününün eşitlik (5.1) kullanılarak nem miktarı hesaplanmış ve hesaplar sonucu son nem içeriği 1,28 gsu/g kuru madde olarak bulunmuştur. Deney süresi boyunca nem içeriği değişimi Şekil 5.5'da gösterilmiştir.



Şekil5.5. Kızılçığın nem miktarının kurutma süresi boyunca değişimi.

Kızılılık ürününe ait verim hesabı eşitlik (5.2), (5.3), (5.4) kullanılarak hesaplanmış ve Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Ortalama verim değeri ise %40 olarak bulunmuştur.

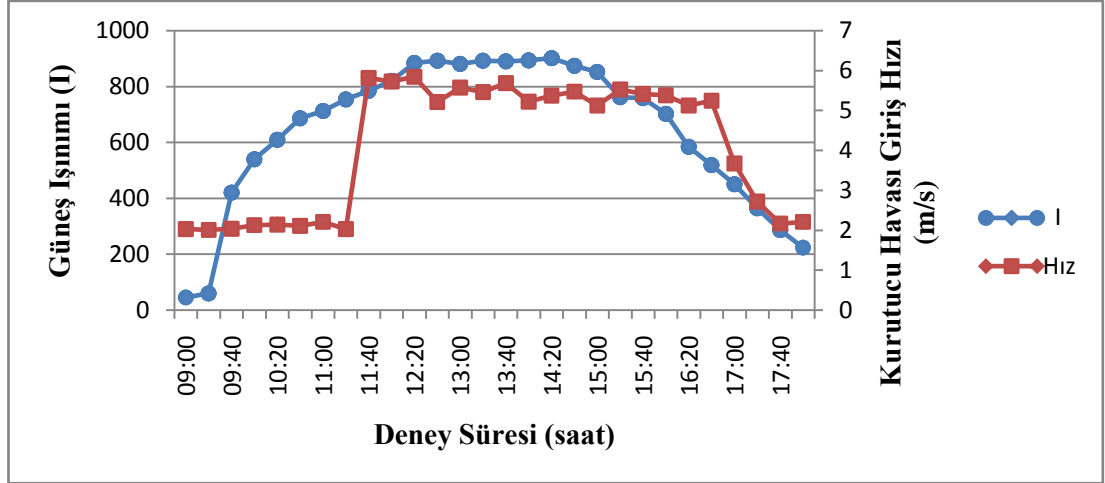


Şekil5.6. Verimin deneş süresine bağlı değişimi.

5.1.2. Muşmula

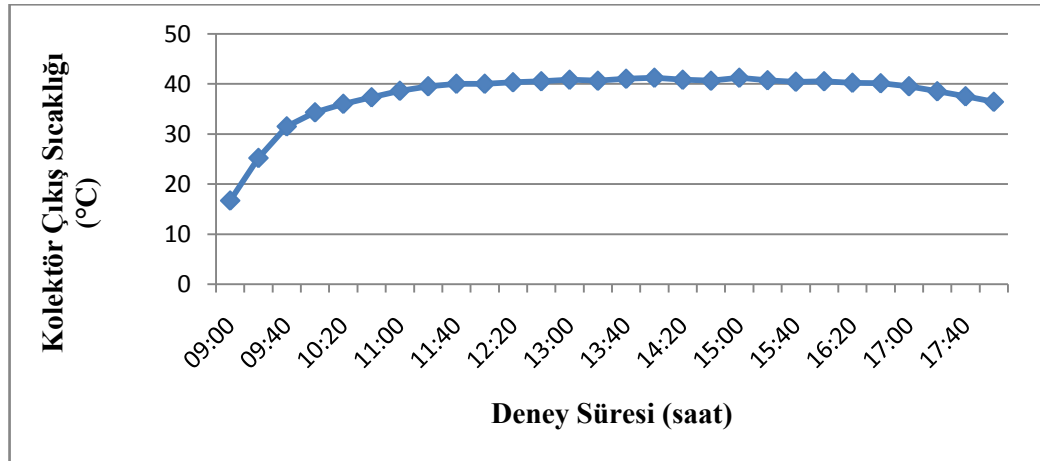
Muşmula ürünün kurutulması esnasında elde edilen değerlerin (Çizelge Ek B.2) grafik verileri ise aşağıda verilmiştir

Kurutma havası sıcaklığı set edilen 40 °C'ye ulaşana kadar fan en düşük hava debisinde çalışmaktadır. Bu hava hızının 2 m/s olduğu Şekil 5.7'den söylenebilir. Kurutuma havası sıcaklığı set edilen 40 °C'ye ulaştığında fan debisi güneş ışınımına bağlı olarak artmış ya da azalmıştır. Deneş sırasında havanın saat 09.00 ve 09.20'de bulutlu olması sebebiyle güneş ışınım değerleri düşük ölçülmüştür. Grafikte saat 11.20'de kurutucu giriş hızının, artan güneş ışınımı ve sıcaklıkla beraber otomasyon sistemi kontrolünde yükseldiği gözlenmektedir. Güneş ışınımı ve kurutucu hava hızı Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



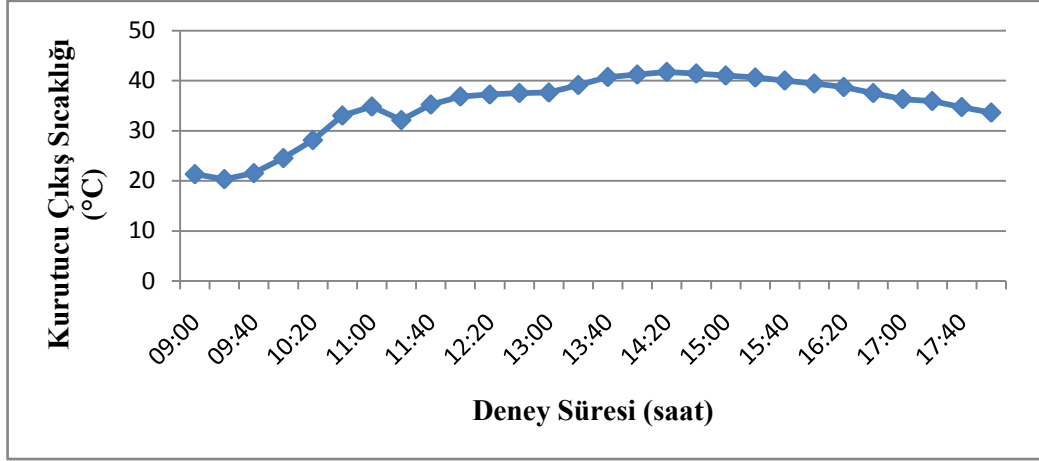
Şekil 5.7. Güneş ışınımının ve kurutucu giriş hızının deney süresine bağlı değişimi.

Kolektör çıkış sıcaklığı aynı zamanda kurutucu giriş sıcaklığını göstermektedir. Kızılalık ürünü için geçerli olan 40 °C muşmula içinde geçerli olup otomasyon sistemi 40 °C'ye set edilerek bu değerde tutulması amaçlanmıştır. Ölçülen değerler set edilen değer ile bağdaştığı gözlenmiş ve kaydedilmiştir. Kaydedilen ölçüm değerleri Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



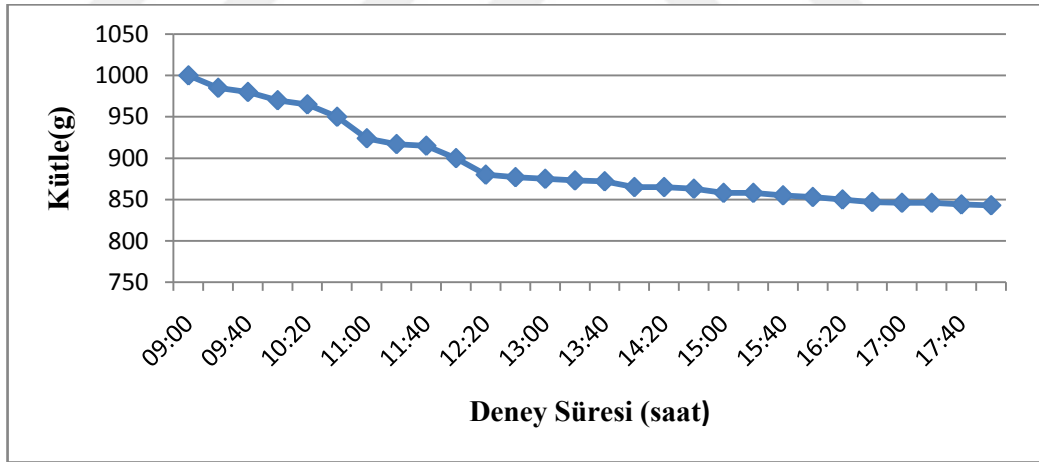
Şekil 5.8. Kolektör çıkış sıcaklığının deney süresine bağlı değişimi.

Kurutucu çıkış sıcaklığı kurutma kabin içi sıcaklığını göstermektedir. Saat 11.20'de kurutucu giriş hızının yükselmesiyle kurutucu çıkış sıcaklığındaki anlık sıcaklık değişimi gözlenmiştir. Deney süresince takip edilen parametrelerden biri olan kurutucu çıkış sıcaklığı zamana bağlı değişimi Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



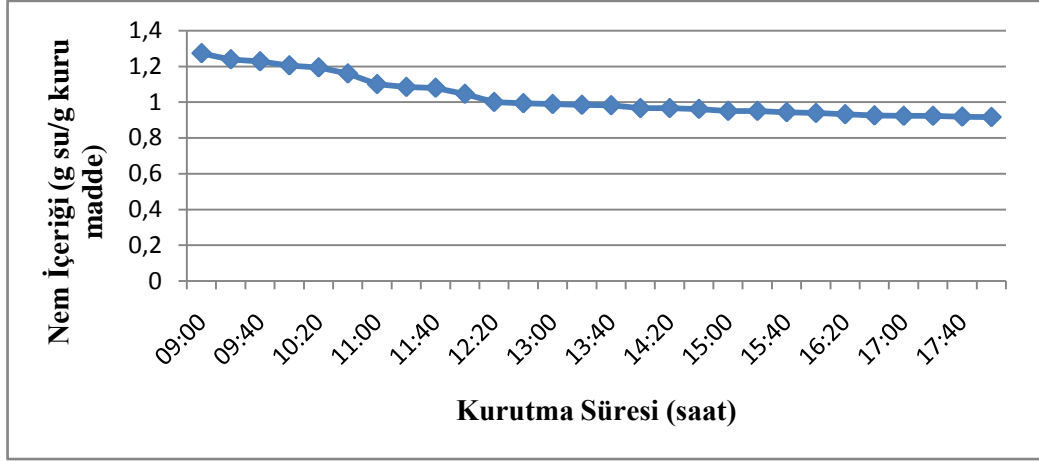
Şekil5.9. Kurutucu çıkış sıcaklığı deney süresine bağlı değişimi.

Kurutulması planlanan muşmula ürünü 1000 g başlangıç kütlesi ile deney süresince her 20 dakikada bir takibi yapılarak ürünün değişim gösteren kütlesi hassas ölçüm yapan elektronik terazide okunarak elde edilmiştir. Veriler Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



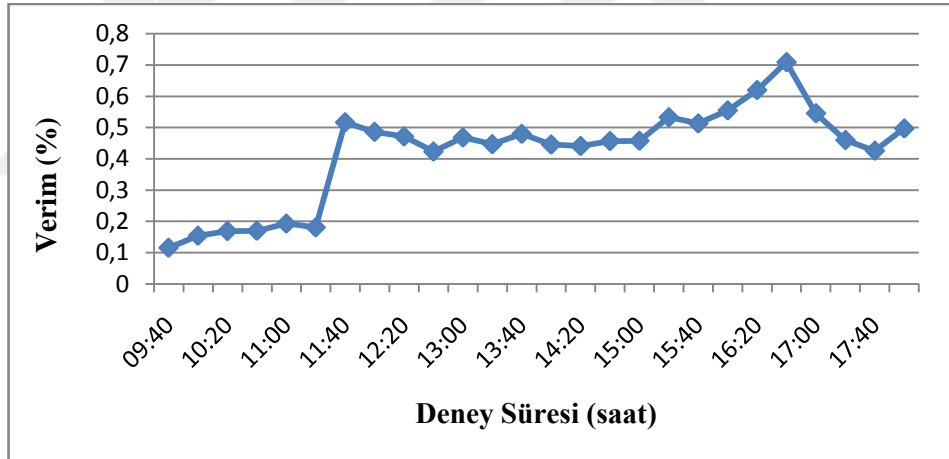
Şekil 5.10.Kurutulan ürün kütlesinin deney süresine bağlı değişimi.

Muşmula ürününün eşitlik (5.1) kullanılarak nem miktarı hesaplanmış ve hesaplar sonucu son nem içeriği 0,915 gsu/g kuru madde olarak bulunmuştur. Deney süresi boyunca nem içeriği değişimi Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. Muşmulanın nem miktarının kurutma süresi boyunca değişimi.

Muşmula ürününe ait verim hesabı eşitlik (5.2), (5.3), (5.4) kullanılarak hesaplanmış ve Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Ortalama verim değeri ise %42 olarak bulunmuştur.



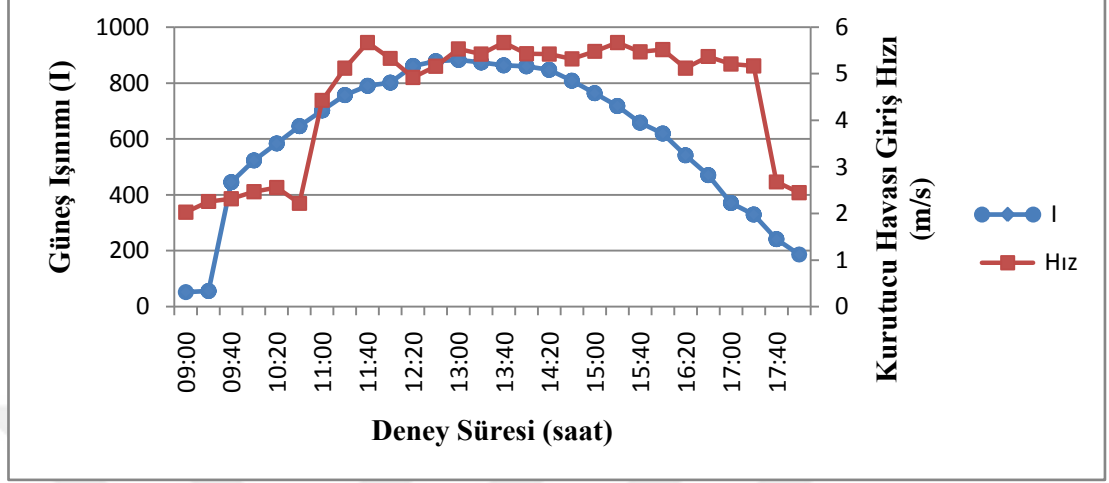
Şekil 5.12. Verimin deney süresine bağlı değişimi.

5.1.3. Karayemiş

Karayemiş ürünün kurutulması esnasında elde edilen değerlerin (Çizelge Ek B.3) grafik verileri ise aşağıda verilmiştir

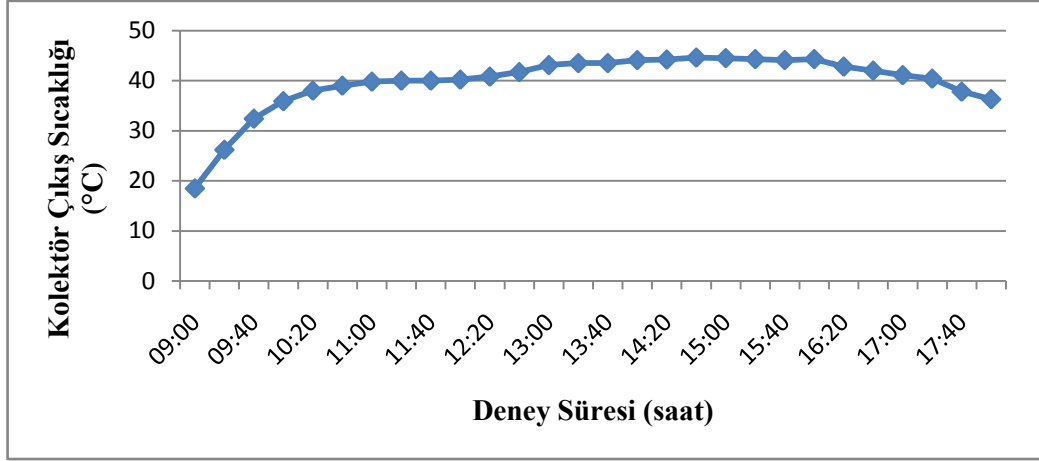
Deney düzeneğinde yapılan değişiklik kurutucu giriş hızının güneş ışınımına bağlı olarak saat 10.40’tan sonra artış göstermiş ve deney süresince güneş ışınım değerlerine bağlı olarak değişmiştir. Kurutma deneyi esnasında ölçülen

parametrelerden biri olan güneş ışınımı ve kurutucu giriş hızı deney süresine bağlı olarak değişimi Şekil 5.13'te gösterilmiştir.



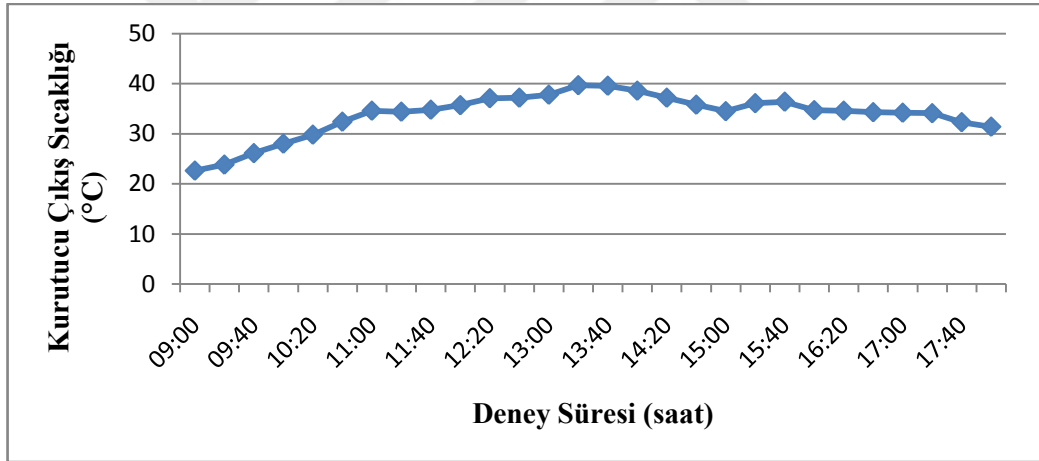
Şekil 5.13. Güneş ışınımının ve kurutucu giriş hızının deney süresine bağlı değişimi.

Deney düzeneğinde yapılan değişiklik Şekil Ek A.1'de gösterilmiştir. Deney setinde Şekil Ek A.2'de görüldüğü gibi kolektör çıkışının bağlı olduğu pasif fan grubu, kolektörden gelen sıcak havaya direnç gösterdiğinden dolayı Şekil Ek A.1'deki halinde değiştirilmiştir. Yapılan bu değişiklik kızılçık ve muşmula için ön görülen set değeri 40 °C iken karayemiş ürünü içinde 45 °C olarak değiştirilmiştir. Deney düzeneğinde ve otomasyon sisteminde yapılan bu değişimlerden takip sonucunda elde edilen değerler Şekil 5.14'de gösterilmiştir.



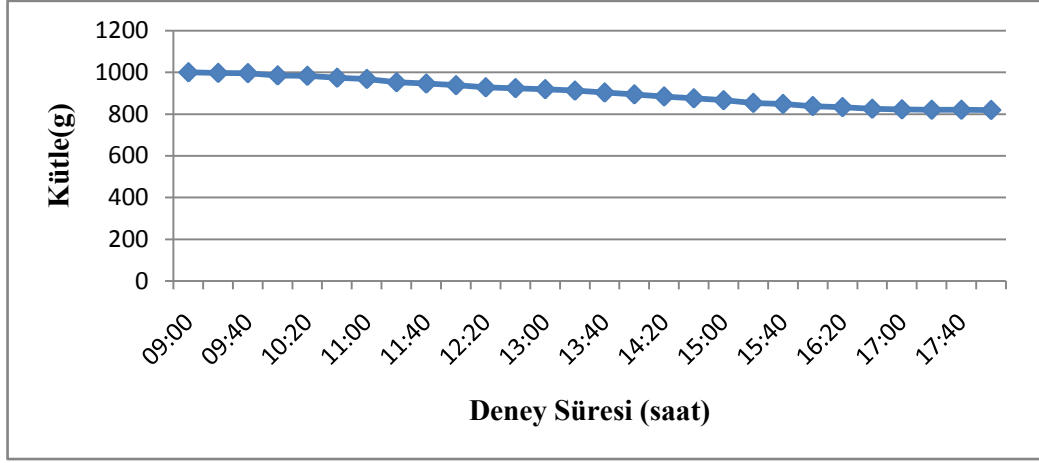
Şekil 5.14.Kolektör çıkış sıcaklığının deney süresine bağlı değişimi.

Kurutucu çıkış sıcaklığı, kurutma kabin içerisindeki ürüne temas eden sıcaklığın deney süresince kurutma kabin bacasından salınımı Şekil 5.15’de gösterilmiştir.



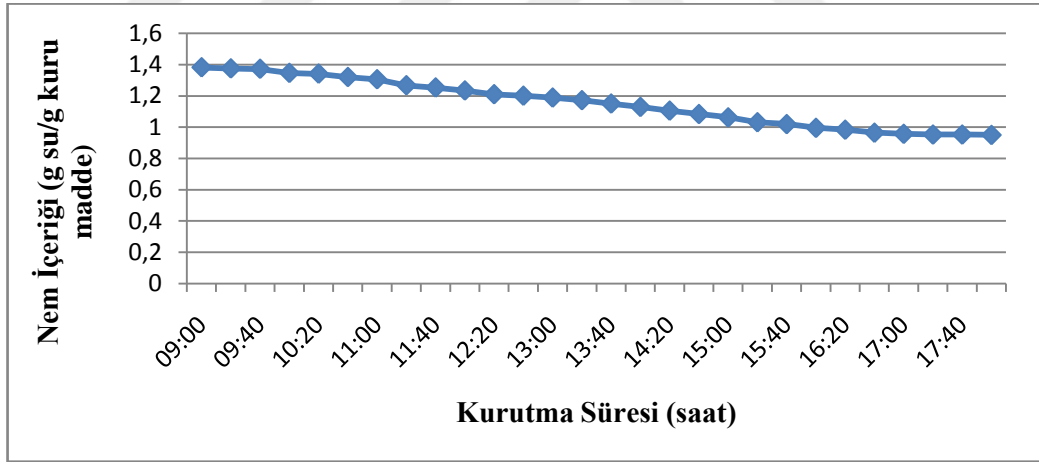
Şekil 5.15. Kurutucu çıkış sıcaklığı deney süresine bağlı değişimi.

Kurutulması planlanan karayemiş ürünü 1000 g başlangıç kütlesi ile deney süresince her 20 dakikada bir takibi yapılarak ürünün değişim gösteren kütlesi hassas ölçüm yapan elektronik terazide okunarak elde edildi. Veriler Şekil 5.16’da gösterilmiştir.



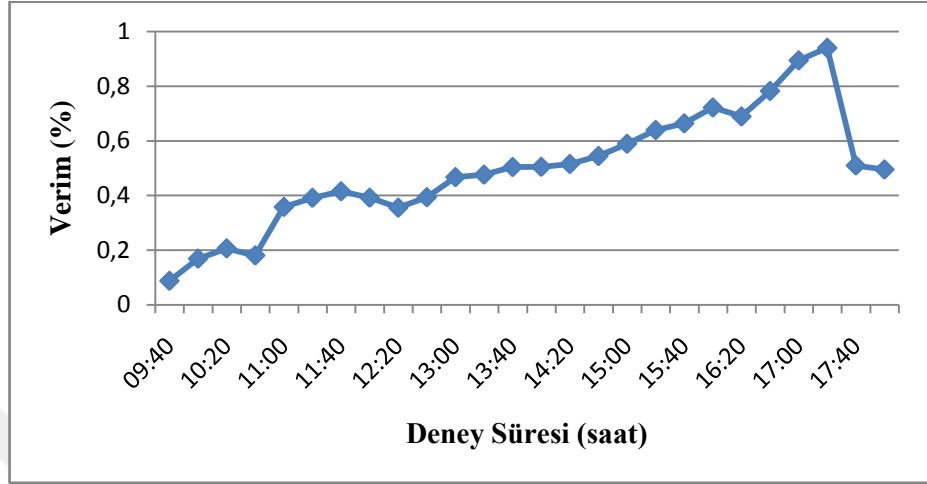
Şekil 5.16. Kurutulan ürün kütlelerinin deney süresine bağlı değişimi.

Karayemiş ürününün eşitlik (5.1) kullanılarak nem miktarı hesaplanmış ve hesaplar sonucu son nem içeriği 0,95 gsu/g kuru madde olarak bulunmuştur. Deney süresi boyunca nem içeriği değişimi Şekil 5.17’de gösterilmiştir



Şekil 5.17. Karayemişin nem miktarının kurutma süresi boyunca değişimi.

Karayemiş ürününe ait verim hesabı eşitlik (5.2), (5.3), (5.4) kullanılarak hesaplanmış ve Şekil 5.18’de gösterilmiştir. Ortalama verim değeri ise %49 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.18. Verimin deney süresine bağlı değişimi.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçmişten günümüze ve gelecekte insanoğlunun en önemli gereksinimi enerjidir. Bu enerji gereksinimi geçmişten günümüze kadar fosil yakıtlardan karşılanmıştır. Lakin fosil yakıtlar hızla azalarak tükenmek üzeredir. Günümüzde tükenen bu fosil yakıtlara alternatif olarak birçok enerji kaynağı kullanılmaktadır. Bu enerji kaynaklarından biri ve en önemlisi olan güneş enerjisi her alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanlardan biri olan kurutma da güneş enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Bu tez çalışmasında güneş enerjili havalı kolektörlü akışkan yataklı proses kontrol cihazlı kurutucu tasarlanıp imal edilmiş kızılçık, muşmula ve karayemiş ürünleri kurutulmuştur. Kurutulan bu ürünlerin güneş ışınımı, sıcaklık, hava hızı parametreleri ve tam kuru haldeki nem miktarları belirlenmiştir. Bu veriler ürün bazında aşağıda verilmiştir;

- a. Kızılçık: Deney süresince 40 °C ye set edilmiş ve güneş ışınımı ortalama 636.741 W/m², hava hızı ortalama 3.84 m/s değerlere sahip olmuştur. Tam kuru haldeki nem miktarı ise % 222 olarak belirlenmiştir,
- b. Muşmula: Deney süresince 40 °C ye set edilmiş ve güneş ışınımı ortalama 644.225 W/m², hava hızı ortalama 4.09 m/s değerlere sahip olmuştur. Tam kuru haldeki nem miktarı ise % 127 olarak belirlenmiştir,
- c. Karayemiş: Deney süresince 45 °C ye set edilmiş ve güneş ışınımı ortalama 611.928 W/m², hava hızı ortalama 4.47 m/s değerlere sahip olmuştur. Tam kuru haldeki nem miktarı ise % 138 olarak belirlenmiştir.
- d. Sistemin sadece yaz mevsiminde değil bütün yıl kullanımının sağlanabilmesi için kolektörlere seri bağlanacak havalı kolektörler kullanılabilir,

- e. Kolektörler ve otomasyon sistemi sadece kurutma amacı için değil sıcak havanın kullanıldığı sera ısıtılması, konfor için ısıtma gibi diğer uygulamalar içinde kullanıma uygundur.

Deneysel tecrübeler sonucunda aşağıdakiler önerilebilir;

- a. Havalı kolektörlerin ısıyı depolayamama özelliğinden dolayı kesikli çalışmaktadır. Sisteme ısı pompası, gecede kurutmanın sürdürülebilmesi için eklenmesi önerilebilir,
- b. Ürünlerin kurutma kabininden çıkarılmadan kütle değişimini ölçen teknolojilerin (load cell) kullanılması önerilir,
- c. Kurutma kabininin ve otomasyon sisteminin çevreden bağımsız ortamda bulunması ısı kayıplarının azaltılması için önerilir. Kolektör grupları dışarıda sistemin diğer ekipmanları içeride olması durumunda enerji tasarrufu yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

Adelaja, A.O., Asemota, O.S. and Oshiafi, I. K., “Experimental determination of the moisture content pattern in yam during drying”, *Journal of Applied Sciences Research*, 6(8): 1171-1181 (2010).

Akoy, El-Amin, Ismail M., Ahmed, El-Fadil and Luecke, W., “Design and Construction of A Solar Dryer for Mango Slices”, *Prosperity and Poverty in a Globalised World-Challenges for Agricultural Research*, Bonn (2006).

Apaydın N., “Aydın yöresinde incir kurutmada kullanılacak olan doğal akımlı bir güneş enerjili kurutucunun modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aydın, 8-18 (2007).

Banout, J. and Ehl, P., “Using a double-pass solar drier for drying of bamboo shoots”, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 111 (2): 119-127 (2010).

Bulut, H., Durmaz, A. F., ve Aktacir, M. A., “bir havalı güneş kolektörünün ısı performans analizi”, 3. *Güneş Enerjili Sitemler Sempozyumu ve Sergisi*, Ankara, 57-59 (2007).

Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., ve Özkan, M., “Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi” *Gıda Teknolojisi Derneği*, 28, 541–542, 544-570, Ankara (2003).

Claude, A. K. and René, T., “on the comparison of some selected artificial roughness geometries used in solar air collectors: energy and exergy analysis”, *European Journal of Scientific Research*, 45 (2): 232-248 (2010).

Chauhan, P.M., Choudhury, C., and Garg, H.P., “Comparative performance of coriander dryer couplet to solar air heater and solar air-heater-cum-rockbed storage”, *Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology*, India (1995).

Çakmak, G. ve Yildiz, C., “türbülansetkisi artırılmış genişletilmiş yüzeyli havalı güneş kolektöründe verim analizi”, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 20 (4): 641-648 (2008).

Derbala, A., Udriou, N.A.2, Mitroi, A. and Iacomi, C., “Drying of squash using solar tunnel dryer with photovoltaic”, *Misr J. Ag. Eng.*, 26(2): 922-934 (2009).

El-Sebaai, A.A., and Shalaby, S.M., “Experimental investigation of an indirect-mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint”, *Energy Conversion and Management*, 74: 109–116 (2013).

Erbay, B., ve Küçüköner, E. “Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri”, *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs, Erzurum, (2008).

Ertekin C.,ve Yıldız O. “Patlıcan kurutmada kurumanın çeşitli modeller ile açıklanması” *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*. 399-404, 405-411, Şanlıurfa (2001).

Ersöz, M. A., ve Doğan, H.,” Isı geri kazanımlı akışkan yataklı sürekli kurutucunun enerji analizi”, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir (2009).

Evranoz, Ö., “Gıda maddelerinin kurutulması sırasında kuruma kinetiğini kontrol eden faktör ve kalite üzerine etkileri”, *Gıda Dergisi*, 13 (1), (2014).

Eze, J.I. “Evaluation of the efficacy of a family sized solar cabinet dryer in food preservation”, *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 1 (3): 610-617 (2010).

Fudholi, A.,Sopian, K.,Alghoul, M.A., Ruslan, M.H., and Othman, M.Y., “Performances and improvement potential of solar drying system for palm oil fronds”, *Renewable Energy*, 78:561–565 (2015).

Fudholi, A.,Sopian, K., Yazdi, M.H., Ruslan, M.H., Gabbasa, M.H., and Kazem, H.A., “Performance analysis of solar drying system for red chili”, *Solar Energy*, 99: 47–5 (2014).

Gedik, E., Kecebas, A. ve Oz, E. S., “Havalı güneş kolektörlerinde farklı tip emici plakaların performansları olan etkisi”,*Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 23 (4): 777-784 (2008).

Genç, C.”Giresun ili merkez ilçede kıvılcık (cornus mas L.)seleksiyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu (2015).

Ghazanfaria, A., Tabil Jr.b, L. and Sokhansanj, S., “Evaluating a solar dryer for in-shell drying of split pistachio nuts”, *Drying Technology*, 21 (7): 13571368 (2003).

Güngör, A., ve Özbalt, N., “kurutmanın temelleri ve endüstriyel kurutucular kurs notları” , *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir (2009).

Gürlek, G., Akdemir, Ö., ve Güngör, A., “Gıda kurutulmasında ısı pompalı kurutucuların kullanımı ve elma kurutmada uygulanması”, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 21(9), 398-403, İzmir (2015).

Gürses, Ö. L., “Gıda işleme mühendisliği II”, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ders Kitabı, Ankara, 8,9 (1986).

Hassanain, A.A., “Simple solar drying system for banana fruit”, *World Journal of Agricultural Sciences*, 5 (4): 446-455 (2009).

Hedayatizadeh, M., Ajabshirchi, Y., Sarhaddi, F., Farahat, S., Safavinejad, A. and Chaji, H., “Analysis of exergy and parametric study of a v-corrugated solar air heater”, *Heat Mass Transfer*, 48: 1089-1101 (2012).

Hematian, A., Ajabshirchi, Y. and Bakhtiari, A. A., “Experimental analysis of flat plate solar air collector efficiency”, *Indian Journal of Science and Technology*, 5 (8): 3183-3187 (2012).

İnternet: Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, “Yabani Meyveli Orman Ağaçları Eylem Planı 2012-2016”, <http://bursaobm.ogm.gov.tr/Documents/Subeler/Silvikultur/YMEP> (2015).

İnternet: İstanbul İl Gıda Tarım Ve Hayvancılık Müdürlüğü, “Karayemiş”, <http://www.istanbul.tarim.gov.tr/Brosurler/Meyvecilik/karayemis> (2015).

Joy, C.M., Pittappillil, G. P., and Jose K. P., “Drying of black pepper (piper nigrum L.) using solar tunnel dryer”, *Pertanika J. Trap. Agric. Sci.*, 25(1): 39-45 (2002).

Khalil, E.J., Khalifa, J.N.A., and Yassen, T.A., “Testing of the performance of a fruit and vegetable solar drying system in Iraq”, *Desalination*, 209(1-3): 30 (2007).

Koçyiğit, F., “Yutucu plaka üzerine farklı türde kanatçıkların yerleştirildiği bir havalı kolektörün enerji ve ekserji analizi”, Doktora Tezi, *Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 70,71 (2008).

Kowalska, K., ve Olejnik, A., “Beneficial effects of cranberry in the prevention of obesity and related complications: Metabolic syndrome and diabetes – A review”, *Journal of Functional Foods*, 20:171-181 (2016).

Kuzgunkaya, E., “Güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı (jeotermal) ısı pompalı bir kurutucunun enerji ve ekserji analizi”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 130-134 (2006).

Lahnine, L., Idlimam, A., Mahrouz, M., Mghazli S., Hidar, N., Hanine, H., and Koutit, A., “Thermophysical characterization by solar convective drying of thyme conserved by an innovative thermal-biochemical proses”, *Renewable Energy*, 94: 72-80 (2016).

Lotfalian, A., Ghazavi, M.A., and Hosseinzadeh, B., “Comparing the performance of two type collectors on drying proses of lemon and orange fruits through a passive and indirect solar dryer”, *Journal of American Science*, 6 (10):248251 (2010).

Manaa, S., Younsi, M., and Moumami, N., “solar drying of tomato in the arid area of touat (Adrar, Algeria)”, *Energy Procedia*, 36: 511-514 (2013).

Mohseni-Languri, E., Taherian, H., Masoodi, R. and Reisel, J. R., “An energy and exergy study of a solar thermal air collector”, *Thermal Science*, 13 (1): 205–216 (2009).

Nourhène, B., Mohammed, K., and Kechaou Nabil, K., “Experimental and mathematical investigations of convective solar drying of four varieties of olive leaves”, *Food and Bioproducts Processing*, 86 (3): 176–184 (2008).

Omojaro, A.P. and Aldabbagh, L.B.Y., “Experimental performance of single and double pass solar air heater with fins and steel wire mesh as absorber”, *Applied Energy*, 87: 3759–3765 (2010).

Özbilir, V., “Konya bölgesinde yetiştirilen havucun kontrollü şartlar altında kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya 4-10 (2006).

Özgen, F., “Yutucu plakası silindirik teneke kutulardan yapılmış bir havalı güneş kolektörünün ısı performansının deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 4052 (2007).

Sami, S., Etesami, N. and Rahimi, A., “Energy and exergy analysis of an indirect solar cabinet dryer based on mathematical modeling results”, *Energy*, 36: 2847-2855 (2011).

Seçkin, Uysal, G., ve Taşeri, L., “Yarı-kurutulmuş meyve ve sebzeler”, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 21(9): 414-420 (2015).

Tarhan, S., Ergüneş, G., ve Tekelioğlu, O. “Tarımsal ürünler için güneş enerjili kurutucuların tasarım ve işletme esasları.” *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 9: 26-32 (2007).

Ucar, A., ve Inallı, M., “Thermal and exergy analysis of solar air collectors with passive augmentation techniques”, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 33: 1281–1290 (2006).

Usub, T., Lertsatitthakorn, C., Poomsa-ad, N., Wiset, L., Siriamornpun, S., and Soponronnarit, S., “Thin layer solar drying characteristics of silkworm pupae”, *Food and Bioproducts Processing* 88(2–3): 149–160 (2010).

Yağcıoğlu, A., “Tarım ürünleri kurutma tekniği”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No:536 (1999).

Yılmaz, H.N., “Güneş pili tahrikli model bir güneşli kurutucunun geliştirilmesi ve kurutulmuş domates üretiminde teorik ve deneysel incelenmesi”. Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir (2000).

Yiğit, V., “Yeni bir kurutma teknolojisi.”, *Gıda /The Journal Of Food*, 1: 4-5 (2014).

Qenawy, A. M. and Mohamad, A. A., “Analysis of high efficiency solar air heater for cold climates”, *2nd Canadian Solar Buildings Conference*, Calgary, 10-14 (2007).



EK AÇIKLAMALARA.

**DENEY DÜZENEĞİNİN İMALAT RESİMLERİ VE ÜRÜNLERİN TAM
KURU AĞIRLIKLARI**

DENEY DÜZENEĞİNİN İMALAT RESİMLERİ VE ÜRÜNLERİM TAM KURU AĞIRLIKLARI

DENEY DÜZENEĞİ İMALAT RESİMLERİ

Deney düzeneğine ve deney düzeneği kısımlarına ait imalat resimleri aşağıda verilmiştir.

Deney Düzeneği



Şekil Ek A.1. Deney düzeneği.

Deney Düzeneği Değişimden Önce



Şekil Ek A.2. Deney düzeneği değişimden önce.

Havalı Kolektörler Ve İmalatı



Şekil Ek A.3. Havalı kolektör.

Otomasyon Sistemi



Şekil Ek A.4. Otomasyon sistemi

Kurutma Kabini



Şekil Ek A.5. Kurutma kabini

ÜRÜNLERİN TAM KURU AĞIRLIKLARI

Ürünlerin tam kuru ağırlıkları aşağıda verilmiştir.

Karayemiş



Şekil Ek A.6. Tam kuru oranı belirlenmiş karayemiş.

Kızılıçık



Şekil Ek A.7. Tam kuru oranı belirlenmiş kızılıçık.

Muşmula



Şekil Ek A.8. Tam kuru oranı belirlenmiş muşmula.



EK AÇIKLAMALARB.

KURUTULAN ÜRÜNLERİN DENEY VERİLERİ

KURUTULAN ÜRÜNLERİN DENEY VERİLERİ

Kurutulan ürünlerin deney esnasında elde edilen veriler ürün bazında aşağıdaki gibi çizelge halinde verilmiştir.

Kızılçık

Çizelge Ek B.1. Kızılçık ürününe ait deney verileri.

KURUTULAN ÜRÜN:		KIZILCIK	28.8.2015		
Zaman	Güneş Işınımı(W/m ²)	Kolektör Çıkış Sıcaklığı(°C)	Hız (m/s)	Kurutucu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Kütle (g)
09.00	62,7	15,7	3,07	19,8	892
09.20	65,2	19,4	3,76	20,9	866
09.40	69,3	22,5	2,87	22,1	829
10.00	672,6	27,6	3,19	22,2	823
10.20	715,3	31,2	3,23	26	822
10.40	766,5	33,3	2,87	26,5	814
11.00	815,2	35,2	3,19	28,1	812
11.20	852,8	36,6	2,67	30,8	801
11.40	879,2	37,7	2,8	31,5	779
12.00	904,2	38,7	2,95	33,3	763
12.20	906,5	39	2,83	34,8	750
12.40	913,7	39,3	2,85	35,1	745
13.00	916,3	39,3	2,95	35,2	734
13.20	903,4	39,6	2,95	35,8	718
13.40	912,6	40,1	5,89	36,2	710
14.00	920,3	40,05	5,65	38,4	697
14.20	892,4	40,4	5,43	38,6	687
14.40	881,8	41,6	5,83	38,7	679
15.00	812,2	41,8	5,53	39,2	672
15.20	750,2	42,3	5,28	40,1	667
15.40	715,6	41,4	5,67	37,6	662
16.00	620,3	41,3	5,77	38	658
16.20	600,2	41,2	5,85	37,6	653
16.40	496,2	40,4	5,14	36,3	650
17.00	407,5	39,8	3,67	36,7	646
17.20	371,4	39,5	2,87	35,1	643
17.40	298,8	39	2,11	34,2	640
18.00	196,4	38,1	2,42	33,7	637
18.20	146,7	36,7	2,09	32,7	634

Muşmula

Çizelge Ek B.2. Muşmula ürününe ait deney verileri.

KURUTULAN ÜRÜN:		MUŞMULA	30.8.2015		
Zaman	Güneş Işınımı (W/m ²)	Kolektör Çıkış Sıcaklığı(°C)	Hız (m/s)	Kurutucu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Kütle (g)
09.00	45,7	16,7	2,03	21,3	1000
09.20	60,1	25,2	2,01	20,3	985
09.40	420,5	31,5	2,04	21,5	980
10.00	539	34,3	2,13	24,5	970
10.20	609,8	36	2,14	28,1	965
10.40	685,4	37,3	2,11	33	950
11.00	712,8	38,6	2,21	34,8	924
11.20	753,4	39,5	2,03	32,1	917
11.40	783,8	40	5,81	35,2	915
12.00	820,2	40	5,72	36,8	900
12.20	883,6	40,3	5,84	37,2	880
12.40	891,7	40,5	5,21	37,5	877
13.00	880,8	40,8	5,57	37,6	875
13.20	891,9	40,6	5,46	39,1	873
13.40	889,2	41	5,68	40,7	872
14.00	892,7	41,2	5,22	41,2	865
14.20	901,6	40,8	5,37	41,7	865
14.40	873,8	40,6	5,47	41,4	863
15.00	852,3	41,2	5,12	41	858
15.20	761,4	40,7	5,52	40,6	858
15.40	757,8	40,4	5,41	40	855
16.00	702,2	40,5	5,38	39,4	853
16.20	584,6	40,2	5,12	38,7	850
16.40	519,1	40,1	5,24	37,5	847
17.00	450,7	39,5	3,67	36,3	846
17.20	364,3	38,5	2,72	35,9	846
17.40	286,4	37,5	2,17	34,7	844
18.00	223,5	36,4	2,21	33,6	843

Karayemiş

Çizelge Ek B.3. Karayemiş ürününe ait deney verileri.

KURUTULAN ÜRÜN:		KARAYEMİŞ	31.8.2015		
Zaman	Güneş Işınımı (W/m ²)	Kolektör Çıkış Sıcaklığı(°C)	Hız (m/s)	Kurutucu Çıkış Sıcaklığı (°C)	Kütle (g)
09.00	52,6	18,5	2,03	22,6	1000
09.20	56,2	26,2	2,26	23,8	997
09.40	445,4	32,4	2,32	26,1	996
10.00	523,1	35,9	2,47	28	985
10.20	583,8	38	2,56	29,8	983
10.40	645,4	39	2,22	32,4	974
11.00	702,3	39,8	4,43	34,6	968
11.20	756,6	40	5,12	34,4	952
11.40	789,8	40	5,67	34,8	946
12.00	801,2	40,2	5,33	35,7	938
12.20	860,9	40,8	4,92	37,1	928
12.40	878,7	41,7	5,16	37,2	924
13.00	883,1	43,1	5,53	37,8	919
13.20	873,2	43,5	5,42	39,7	912
13.40	863,2	43,5	5,67	39,6	903
14.00	860,2	44,1	5,43	38,6	894
14.20	847,3	44,2	5,42	37,2	884
14.40	808	44,6	5,32	35,8	875
15.00	763,8	44,5	5,48	34,5	866
15.20	718,5	44,3	5,67	36,1	853
15.40	658,8	44,1	5,47	36,4	848
16.00	619,6	44,3	5,52	34,7	838
16.20	541,8	42,8	5,12	34,6	833
16.40	470,8	42	5,37	34,3	825
17.00	371,3	41,1	5,21	34,2	822
17.20	329,7	40,4	5,17	34,1	820
17.40	241,5	37,8	2,68	32,3	820
18.00	187,2	36,3	2,45	31,4	819

ÖZGEÇMİŞ

Ufuk EKİNCİ 1987’de Ereğli’de doğdu; ilk ve orta öğretimini aynı şehirde tamamladı; Yozgat Endüstri Meslek Lisesi, Bilgisayar Bölümü’nden mezun olduktan sonra 2007 yılında Karabük Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Tesisat Öğretmenliği Programına girdi; 2011’de mezun oldu. Halen Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı altında sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : 6234 sk no:43/1 Karacaoğlan Mah.
Bornova / İZMİR

Tel: (232) 461 54 62

E-posta: ekinciufuk86@hotmail.com