

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİLİ GIDA KURUTUCUSU TASARIMI VE KURUTMA
PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİ**

Ezgi MEMUR

**Danışman
Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2023**



© 2023 [Ezgi MEMUR]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1. Gıda Kurutma İşlemi	7
2.1.1. Gıda kurutmasının amaçları.....	8
2.1.2. Gıda kurutmasını etkileyen faktörler.....	9
2.1.3. Gıda kurutması aşamaları.....	9
2.1.4. Gıda kurutmasının avantaj ve dezavantajları.....	10
2.2. Kurutmadaki Termodinamik Tanımlamalar	11
2.3. Kurutma Yöntemleri	13
2.3.1. Geleneksel gıda kurutma sistemi.....	14
2.3.2. Endüstriyel gıda kurutma sistemi	15
2.3.3. Güneş enerjisi ile gıda kurutma sistemi.....	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Çalışmada kullanılan ürün	22
3.1.2. Çalışmada kullanılan cihazlar.....	23
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Geleneksel kurutma sistemi.....	28
3.2.2. Güneş enerjili ve ısı depolamalı kurutma sistemi tasarımı.....	28
3.2.2.1. Kurutma sisteminin seçimi	28
3.2.2.2. Kurutma kabini sistemi	31
3.2.2.3. Güneş toplayıcı sistem ve açısı ayarlı sehpa	34
3.2.2.4. Kurutma sisteminde kullanılan otomasyon sistemi	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	39
4.1. Geleneksel Kurutma Deneyi ve Sonuçları.....	39
4.2. Tasarımı Yapılan Sistemin Kurutma Deneyleri.....	39
4.2.1. 1. Kurutma deneyi çalışma ve sonuçları.....	39
4.2.2. 2. Kurutma deneyi çalışma ve sonuçları.....	44
4.2.3. 3. Kurutma deneyi çalışma ve sonuçları.....	49
4.2.4. Tasarlanmış sistemin kurutma hızı analizleri	53
4.3. Kurutulan Gıdaların Analiz Sonuçları	55
4.3.1. Su aktivitesi tayini	55
4.3.2. Nem tayini	57
4.3.3. Renk tayini	58
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	65
KAYNAKLAR.....	68
EKLER.....	72
EK A. Grafikler	73
EK B. Kurutma sistemi verileri.....	75
EK C. Fotoğraflar.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	94

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİLİ GIDA KURUTUCUSU TASARIMI İLE KURUTMA PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİ

Ezgi MEMUR

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yenilenebilir Enerji Kaynakları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL

Gıda ürünlerinin tüketilmesinde, ürünün besin ve kalite özelliklerini yitirmeden raf ömürlerinin uzatılması için bazı işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemlerin başında kurutma uygulamaları gelmektedir. Ürünlere kurutma uygulama yapılmasındaki amaç ürün içerisindeki su aktivitesinin (Aw) azaltılarak nem içeriğinin düşürülmesidir. Bunun yanında ürünün gerek taşıma gerek depolama koşullarında oluşabilecek mikrobiyal ve kimyasal bozulmaların minimum düzeye indirilmesi amacıyla sıcak hava ile kurutma yapılmaktadır. Endüstriyel olarak yapılan bu uygulamalar ürünün koruma metodu olarak tanımlanabilmektedir.

Bu çalışmada, Antalya ilinde armut kurutma uygulamalarının yapıldığı kurutma sistemlerinin karşılaştırılması amacıyla kurutma denemeleri yapılmıştır. Geleneksel kurutma sistemi ve tasarımı yapılan kurutma sistemlerinde armut dilimleri numuneleri eş zamanlı şekilde kurutulmuştur. Tasarımı yapılan sistemin etkinliği ve kurutma kalitesi üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Kurutulacak ürün bazında, tasarımı yapılan sistemde ürün özelliklerine uygun sıcaklık ve nem değerleri set edildiğinde kurutmanın stabilizasyonun ne yönde olacağı konusunda gözlemler yapılmıştır.

Tasarımı yapılan sistemle yenilenebilir enerji kaynağı olan Güneş enerjisinden faydalanılarak meyve kurutmada, istenilen kalitede ve özelliklere uygun ürün elde edilmesi sağlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda PLC ve Arduinio uygulamaları kullanılarak, tasarım sistemi için otomasyon kontrollü deney çalışmaları yapılmıştır. Kurutulan ürünlerde, kurutma sırasına gerçekleşen olayların ürünün içeriğine, duysal özelliklerine ve kurutma performansına olan etkileri irdelenmiştir.

Geleneksel kurutma ve yenilenebilir enerji kaynaklı tasarımı yapılan bu sistemde armut kurutulmuştur. Geleneksel kurutma sisteminde tepsiye dizilerek açık havada kurutma yapılmış ve ürün tartımları manuel şekilde ± 0.01 g hassas terazi ile yapılmıştır. Geleneksel kurutmanın sonlandırılmasına, kurutma süresi kuruyan ürünün rengin ve ağırlık değişimine bakılarak karar verilmiştir. Denemelerde çapları 3 ile 6 mm arasına değişen kalınlıklarda armut dilimleri kurutulmuş ve kurutma performansları analiz edilmiştir. Denemeler boyunca tasarımı yapılan sistemde kurutucu kabin ve panel içerisine yerleştirilen sıcaklık ve sıcaklık-nem sensörleri ile değerler ölçülerek kaydedilmiş ve veri tabanına aktarılmıştır. Aynı zamanda sistem için yapılan otomasyon sistemi ile kurutma sırasında kabin ve panel sıcaklıkları ile kabin içi nem değerleri izlenip kontrol edilebilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklı tasarımı yapılan sistemde kurutulan numunelerin kütle değişimleri her 1 dakikada ara ile ölçülmüştür. Deney çalışmalarında kabin içerisindeki nem %20-30 arasında set edilerek, kurutucu kabin içi nemin belli bir değere ulaşması sağlanmıştır. Nem değerinin belirlenen set değerleri dışına çıktığında klepe sistemi devreye girerek, kabin içerisinde oluşan nemin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Kurutucu kabin içerisindeki nemin yükselmesi havanın neme doymasına ve ürün kurumasının yavaşlamasına sebep olduğundan dolayı klepe sistemi kullanılmıştır. Tasarlanan sistemlerde kurutulan ürünlerin kuruma süreleri 4-6 saat arasında değişmektedir.

Kurutma denemeleri sonucu kuruyan bazı armut numuneleri Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği'ne getirilerek su aktivitesi, nem tayini ve renk tayini gibi analizleri yapılmıştır.

Bu alışmalar sonucunda, geleneksel kurutma denemesi yapılan numuneler ile tasarımı yapılan Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Kurutma denemesinde kuruyan numunelerin karşılaştırmaları yapılmıştır. Her iki sistemde kuruyan numunelerin nem tayinlerinin %17 altında çıkmasından dolayı kuru madde olarak kabul edilebileceği sonucuna varılmıştır. Ancak kurutma kalitesinin performansının değerlendirilmesinde, tasarımı yapılan Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Kurutma sisteminde kuruyan numunelerin renk ve duyusal bazda özelliklerine bakılarak, her iki sistemdeki bulgularla ilgili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Gıda Kurutucusu, Kurutulmuş Armut, Geleneksel Kurutma

2023, 94 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DRYING WITH SOLAR FOOD DRYER DESIGN PERFORMANCE EVALUATIONS

Ezgi MEMUR

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Renewable Energy**

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL

In the consumption of foods, some processes are not carried out to extend the shelf life without losing the product and quality characteristics. At the beginning of these processes, drying should be performed. The purpose of drying the product is to reduce the moisture content by decreasing the water activity in the outcome. In addition to that, the product is dried with hot air in order to minimize the microbial and chemical deterioration that may occur during transportation and storage conditions. These industrial technics can also be defined as the protection method for the product.

In this study, drying experiments were achieved in order to compare the drying systems in which pear drying practices are made in Antalya. The pear slice samples were dried simultaneously in the conventional drying system and the designed drying system. The efficiency of the designed system and its effects on the drying quality were examined during this experiment. On the basis of the product to be dried, when the temperature and humidity values suitable for the product.

With the designed system, it has been ensured that products of the desired quality and specifications are obtained in the fruit drying process by making use of solar energy, which is a renewable energy source. For this purpose, automation-controlled experiments were performed for the design system by using PLC and Arduino practices. In dried products, the effects of events during drying on the content, organoleptic properties, and drying performance of the product were examined.

In this system, which is designed with traditional drying and renewable energy sources, pears are dried. In the traditional drying system, drying was done in the open air by arranging it on the tray and the product was weighed manually with a ± 0.01 gr precision scale. It was decided to terminate the traditional drying by looking at the color and weight change of the drying time of the dried product. In the experiments, pear slices with diameters varying between 3 and 6 mm were dried and their drying performance was analyzed.

During the trials in the designed system, the values were recorded and transferred to the database after they were measured with the temperature and temperature-humidity sensors placed in the dryer cabinet and the panel. The changes in the mass of the samples dried in the system designed with renewable energy sources were measured every 1 minute. In the experimental studies, the humidity in the dryer cabinet was ensured to reach a certain value by setting the humidity in the cabinet between 20-30%. When the humidity value exceeds the determined values, the valve system is activated in order to remove the moisture that formed in the cabin. The valve system is used because the increase in the humidity level in the dryer cabinet will cause the air to become saturated with moisture and that could slow down the drying process of the product. The drying times of the products which dried in the designed systems vary between 4-6 hours.

Some pear samples that were dried as a result of drying experiments were brought to "Süleyman Demirel University" Food Engineering Department to be analyzed for water activity, moisture and color determination.

As a result of these studies, comparisons were made between the samples in the conventional drying trial and the designed system with the Renewable Energy Source trail. It was concluded that the dried samples in both systems could be considered dry matter since their moisture levels are determined below 17%. In addition, in the evaluation of the performance of the drying quality, the color and organoleptic characteristics of the samples dried in the designed system with Renewable Energy Source were evaluated by the comparisons made with the findings in both systems.

Keywords: Drying, Renewable Energy Systems Food Dryer, Dried Pear,
Traditional Drying

2023, 94 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL'e teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımda yardımcı olan Gıda Mühendisliği Bölümünden değerli hocalarım Doç. Dr. Alper KUŞÇU'ya, analiz çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen hocalarım Doç. Dr. Ece SÖĞÜT'e ve Araştırma Görevlisi Salih EROĞLU'na teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımları ile sistemin tasarlanması ve montajında büyük destek veren Antalya Bilim Üniversitesi Dr. Öğretim Üyesi Selami PARMAKSIZOĞLU'na, sistemin otomasyon kurulumunda destek olan iş arkadaşlarımdan Elektrik Elektronik Mühendisi Seyit KARATEPE'ye, çalışmamda yardımları için Yüksek Kimya Mühendisi Sergen ÇETEBÖZAN'a teşekkür ederim.

Süleyman Demirel Üniversitesi idari işlerin yürütülmesinde yardımcı olan tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ezgi MEMUR
ISPARTA, 2023

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Geleneksel kurutma sistemi ile kurutma	14
Şekil 2.2. Tepsili kurutma sistemi.....	16
Şekil 2.3. Tünel tipi kurutucu sisteminde malzeme ve hava akışı.....	17
Şekil 2.4. Konveyör tip kurutma sistemi.....	18
Şekil 2.5. Akışkan yataklı kurutma sistemi	19
Şekil 2.6. Güneş enerjili kurutma sistemi diyagramı.....	20
Şekil 2.7. Tipik güneş enerjili kurutma sistemleri tasarımı	21
Şekil 3.1. Armut kurutma prosesi	27
Şekil 3.2. Sistemin sol-ön görseli.....	29
Şekil 3.3. Sistemin ön görseli	30
Şekil 3.4. Sistemin sağ-ön görseli.....	30
Şekil 3.5. Sistemin arka görseli	31
Şekil 3.6. Kurutucu kabini ön görseli.....	31
Şekil 3.7. Kurutma tepsisi.....	32
Şekil 3.8. Kurutucu kabini sağ yan görseli	33
Şekil 3.9. Kurutucu kabini arka görseli.....	32
Şekil 3.10. Kurutucu kabin içi ekipmanların yerleşim detayları.....	33
Şekil 3.11. Kurutucu kabin otomasyonunda kullanılan elemanlar	33
Şekil 3.12. Güneş toplayıcı sistem detay çizimi	35
Şekil 3.13. Güneş toplayıcı ön görseli.....	35
Şekil 3.14. Güneş toplayıcı arka görseli.....	36
Şekil 3.15. Güneş toplayıcı yan görseli	36
Şekil 3.16. Taşıyıcı sehpa sağ ve sol ön görseli	37
Şekil 3.17. Otomasyon elektrik panosu sağ ve sol ön görseli	38
Şekil 4.1. 1.Gün kurutma yerleşkesi güneşlenme açıları	41
Şekil 4.2. 1. Gün kurutma sıcaklık değerleri.....	41
Şekil 4.3. 1. Gün kurutma panel sıcaklık değerleri	42
Şekil 4.4. 1. Gün kurutma kurutucu kabin sıcaklık değerleri.....	42
Şekil 4.5. 1. Gün kurutma sistem nem değerleri.....	43
Şekil 4.6. 1. Gün kurutma ürünün zamana bağlı ağırlık değişimi	43
Şekil 4.7. 1. Gün kurutma ısıtıcı çalışma süresi	44
Şekil 4.8. 2.Gün kurutma yerleşkesi güneşlenme açıları	45
Şekil 4.9. 2. Gün kurutma sıcaklık değerleri.....	46
Şekil 4.10. 2. Gün kurutma panel sıcaklık değerleri	46
Şekil 4.11. 2. Gün kurutma kurutucu kabin sıcaklık değerleri	47
Şekil 4.12. 2. Gün kurutma sistem nem değerleri.....	47
Şekil 4.13. 2. Gün kurutma ürünün zamana bağlı ağırlık değişimi	48
Şekil 4.14. 2. Gün kurutma ısıtıcı çalışma süresi.....	48
Şekil 4.15. 3. Gün kurutma yerleşkesi güneşlenme açıları	50
Şekil 4.16. 3. Gün kurutma sıcaklık değerleri.....	50
Şekil 4.17. 3. Gün kurutma panel sıcaklık değerleri	51
Şekil 4.18. 3. Gün kurutma kurutucu kabin sıcaklık değerleri	51
Şekil 4.19. 3. Gün kurutma sistem nem değerleri	52
Şekil 4.20. 3. Gün kurutma ürünün zamana bağlı ağırlık değişimi	52
Şekil 4.21. 3. Gün kurutma ısıtıcı çalışma süresi.....	53
Şekil 4.22. Sabit ısı kaynaklı kurutucu sistemlerinin kurutma hızı grafiği.....	54
Şekil 4.23. Tasarlanan sistemin kurutma hızı grafiği.....	55
Şekil 4.24. Tasarımı yapılan sistemde kurutulan armut numuneleri su aktivitesi.....	56
Şekil 4.25. Geleneksel kurutma sisteminde kurutulan armut numuneleri su aktivitesi.....	56
Şekil 4.26. Tasarımı yapılan sistemde kurutulan armut numuneleri nem tayini	58
Şekil 4.27. Geleneksel kurutma sisteminde kurutulan armut numuneleri nem tayini.....	58
Şekil 4.28. Renk değerlerinin belirlenmesi için kullanılan sistem görseli.....	59

Şekil 4.29. Kurutulan ürünlerin renk değerlerinin belirlenmesi görseli.....	62
Şekil A.1. Antalya ili 8 Ekim 2021 sıcaklık grafiği.....	73
Şekil A.2. Antalya ili 9 Ekim 2021 sıcaklık grafiği.....	73
Şekil A.3. Antalya ili 10 Ekim 2021 sıcaklık grafiği.....	74
Şekil C.1. Tasarımı yapılan sistemde kurutma öncesi armut numuneleri.....	89
Şekil C.2. Geleneksel sistemde kurutma öncesi armut numuneleri.....	89
Şekil C.3. Kurutma öncesi yaş armut numuneleri tartımı.....	90
Şekil C.4. Kurutma sonrası kuru armut numuneleri tartımı.....	90
Şekil C.5. Tasarımı yapılan sistemde kuruyan armut numuneleri.....	91
Şekil C.6. Geleneksel sistemde kuruyan armut numuneleri	91
Şekil C.7. Tasarımı yapılan sistemde kurutucu kabin içi	92
Şekil C.8. Geleneksel sistemde kuruma sırasındaki armut numuneleri	92
Şekil C.9. Kurutma kontrol sistemi ekranı	93
Şekil C.10. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutucusu çatıdaki kurulumu.....	93



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Çeşitli gıdaların su aktivitesi değerleri	7
Çizelge 4.1. Kurutulan gıda ürünlerinin nem ve su aktivitesi sonuçları.....	57
Çizelge 4.2. Geleneksel kurutma sistemi ile kurutulan armut dilimleri renk tayini sonuçları.....	60
Çizelge 4.3. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutma sisteminde 1.gün kurutma renk tayinleri.....	60
Çizelge 4.4. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutma sisteminde 2.gün kurutma renk tayinleri.....	61
Çizelge 4.5. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutma sisteminde 3.gün kurutma renk tayinleri.....	61
Çizelge B.1. Kurutma denemeleri 1.gün verileri.....	75
Çizelge B.2. Kurutma denemeleri 2.gün verileri.....	80
Çizelge B.3. Kurutma denemeleri 3.gün verileri.....	84



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_w	Su aktivitesi
J	Enerji
KB	Kuru baz
My_b	Yaş baza göre nem içeriği
Mk_b	Kuru baza göre nem içeriği
m_s	Ürünün yaş kütlesi
m_k	Ürünün kuru kütlesi
ΔT	Sıcaklık farkı
W	Güç tüketimi
YB	Yaş baz



1. GİRİŞ

Gıdaların kurutulması saklanması metodu eski zamanlardan beri yaygın şekilde kullanılan bir yöntem olarak bilinmektedir. Kurutma kavramı kısaca; gıda yada diğer maddelerin yapısında bulunan nem içeriğinin uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Kurutma yöntemi ile gıdaların saklama koşullarının iyileştirilmesi ve raf ömrünün uzatılması ve dayanıklı ürünlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Doğada kuruma güneş enerjisi ile gerçekleşmektedir. Ancak kurutma işlemlerinin her yerde bu şekilde yapılması imkansız hale gelmektedir. Bunun yanında her ürünün güneşte kurutulma gibi bir durumu olmadığından dolayı farklı kurutma metotları geliştirilmiştir.

Gıda ürünlerinin kuruma karakteristiklerinin birbirinden farklı olmasından dolayı kurutmada kullanılan parametrelerin, ürünü kaliteli şekilde kurutacak özelliklere sahip olması gerekmektedir. Ürünün boyutları, ürünün kurutulması gereken sıcaklık, nem içeriği, kurutucu seçimi ve ürünün sıcaklığa olan duyarlılığı gibi durumlar baz alınarak kurutma yapılmaktadır.

Bu çalışmada, literatür çalışmaları araştırılarak, kurutma hakkında teorik bilgilere bakılmış ve bu bilgiler ışığında küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynağını en verimli şekilde kullanıp sistem tasarlanması yapılması ve yapılan bu sistem ile açık havada kullanılan sistemin karşılaştırmaları yapılmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında, küçük ölçekli bir havalı güneş kolektörü ile güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanıp sıcak havayı hızlandırmak amacıyla panel girişine konulan mikro fan yerleştirilmiştir. Panele giriş yapan sıcak havanın yukarı yönlü ısınması ve kurutucu kabin içerisine maksimum seviyede ısıtılan havanın girmesi sağlanmıştır. Sistem içerisindeki sıcaklık ve nem ayarının otomasyon sistemine bağlı bir mekanizma ile kurutma sırasında bir ekrandan takip edilmesi, ürünün kurutma koşulları ile alakalı veriler elde edilmesine sebep olmuştur.

Bu tez çalışmasında, tasarımı yapılan Yenilenebilir Enerji Kaynaklı sistemde yapılan kurutma denemeleri ile geleneksel kurutma sisteminde yapılan kurutma denemeleri kıyaslanarak, tasarımı yapılan sistemdeki kurutma performansı ve kurutulan ürün kalitesi özelliklerine etkinliği araştırılmıştır. Yapılan bu sistem kullanılarak armut kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tasarımı yapılan sistemde ürün kuruma süresinin belirlenmesi, geleneksel kurutma sistemi ile kurutulan ürünlerin özelliklerinin incelenmesi, güneş enerjisinin kullanarak etkin bir kurutma sağlanması ve kurutma sonrasında kalite analizlerinin yapılarak sonuçlar sunulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde gıda kurutması alanında yapılan çalışmalar detaylı olarak incelenerek, çalışmalar hakkındaki bilgiler literatür özeti olarak sunulmuştur. Yapılan çalışmalarda, kurutma süreci için yaygın olarak tüketilebilir enerji kaynakları kullanan sistemlere yer verilmiş, tüketilebilir enerji kaynakları ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarını da birlikte kullanan sistemler de sunulmuştur. Ayrıca gıda kurutmasının sadece yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak gerçekleştirildiği sistemler de sunulmuştur. Tüm bu sistemlerin çalışma yapıları, avantajlı ve dezavantajlı yönleri incelenerek bu bölümde sunulmuştur.

1999 yılında yapılan çalışmada güneş enerjisinden daha verimli şekilde faydalanmak için ısı borulu güneş kolektörü ile bir kurutma sistemi tasarımı yapılarak kurutma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kurutucu tasarımı yapılırken ısıtma kanalı içine ısı boruları ve ısı transferinin etkinliğini artırmak için kanatçıklar eklenmiştir. Kurutma sistemi; ürün kurutma hücresi, hava dolaşımını sağlayan fan, güneş paneli ve çıkışa yerleştirilen evaporatörden oluşmuştur. Çalışmada kayısı kurutma işleminin sonuçları sunulmuş olup, kurutma ile kayısının yaklaşık %78 civarında sıvı miktarı uzaklaştırılmıştır. Kayısı için hedeflenen %17'lik kuru madde oranına bu çalışmada sunulan sistem ile %22 olarak yaklaşılabilmektedir. Ayrıca kurutucu sistemin gölgede ve güneşte yapılan kurutma sonuçları kıyaslanmış; gölgede yapılan kurutmanın renk yönünden daha kaliteli olduğu sonucu çıkarılmıştır (Doğan, 1999).

Araştırmacılar, incir kurutmasında kullanılan geleneksel sergi kurutma sürecinde yaşanan olumsuzlukları azaltmak için güneş enerjisine dayalı incir kurutma sistemi kurarak kurutma parametrelerini incelemişlerdir. Buna göre; kurutma havası sıcaklığı, nem oranı ve kurutma havasının kütsel debisi gibi değişkenlerin kurutma için kontrol edilmesi gereken parametreler olduğu sonucuna varmışlardır. Güneş enerjisi sistemi ile yapılacak kurutma sürecinde enerji giderlerinin ve ilk yatırım maliyetinin düşük olduğu belirtilmiştir.

Fakat kurutma işlem süresinin ve süreçteki işçilik giderlerinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Mutlu ve Öztürk,2004).

Patates kurutması için yapılan çalışmada, kurutma öncesi yapılan farklı ön işlemlerin ve farklı hava sıcaklığı ile hava hızının kurutma sürecine etkisi incelenmiştir. Çalışmada 3 farklı hava sıcaklığı ve hava hızı referans alınarak kurutma denemeleri yapılmıştır. Farklı ön işlemlerin etkisinin incelenmesi için patates örnekleri kurutma öncesi farklı kalınlıklarda kesilmiştir. Farklı kalınlıklardaki bu ürünlerin kurutulmasında sıcaklığın ve hava hızının etkisi incelenmiştir. Denemeler ile patates kalınlığının arttıkça kuruma süresinin arttığı, sabit kalınlıkta uygulanan kurutmada ise sıcaklığın ve hava hızının arttıkça kurutma süresinin kısaldığı sonucuna varılmıştır. Patates örnekleri için yapılan farklı kurutma deneylerine bağlı

kuruma hızı sabitinin incelenmesinde; kuruma hızının kuruma sabiti değerleri ile orantılı olarak arttığı sonucuna varılmıştır (Mengeş, 2005).

Portakal dilimleri kurutulması için yapılan çalışmada, güneş enerjisine kullanan kurutma sistemi sunularak, sistemin yapısal incelemelerine yer verilmiştir. Kurutma sistemi, güneş enerjili hava kollektörü, hava dolaşımını sağlayan fan ve kurutma kabini kullanılarak oluşturulmuştur. Farklı kollektör yapılarının kurutmadaki verimliliği incelenmiş ve her bir kollektör yapısının performansları değerlendirilmiştir. Dik ve açılı hava akış yapısına sahip ısıtıcı kollektör tasarımları sunularak, sabit akış debisine dayalı verimlilik kıyaslaması yapılmıştır. Referans Güneş ışıyım değeri ile farklı kollektör yapılarının karşılaştırmaları yapılarak, kollektördeki yapısal farklılığın kollektörün çıkış sıcaklığına etki ettiği sonucuna varılmıştır. Sunulan farklı kollektör yapıları ile portakal dilimlerin kurutulması sonuçları incelenmiştir. Sonuçlara göre, kollektör giriş-çıkış yönüne açılı hava akışına sahip kollektördeki sıcaklık verimliliğinin diğer tasarıma göre daha yüksek olduğu parametrik olarak sunularak belirlenmiştir. Bunun yanında kurutma havası sıcaklığının ve kuruma havası hızının, kurutma hızı ile doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır (Slama vd., 2009).

Güneş enerjisi yardımıyla çalışan bir sistemde nane ve reyhan kurutması için deneyler yapılmıştır. Tasarlanan kurutma sistemi; kurutma kabini, hava dolaşımını sağlayacak olan fan, hava şartlandırmasının yapılacağı ısıtma ünitesi ve kontrol-ölçüm ünitesinden meydana gelmiştir. Havanın aktığı kanal içine farklı açılarla kanatçıklar yerleştirilerek ısı performansları incelenmiştir. Performans analizlerine bakılırken hava şartlandırmasını yapan ünite, ısı sağlayıcı olarak düşünülerek hava akış durumuna göre incelemelere yer verilmiştir. Deneyler sırasında, aynı güneş ışıyımı olan günler için farklı hava debileri kullanılarak, karşılaştırmalar yapılmıştır. Kollektör verimliliği zamana göre etkinliğini sunmuşlardır. Bunun yanında kanatçıkları olan kollektörün, klasik düzlem yüzeyli kollektörle kıyaslandığında etkinliğinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Gülçimen vd., 2010).

Muz meyvesinin farklı ön işlem şartlarında ve farklı kurutma havası sıcaklıklarındaki kurutma karakteristiklerinin incelendiği çalışmada belli bir hava hızı referans alınmış ve farklı sıcaklıklarda kurutma denemeleri yapılmıştır. Muz meyveleri, kurutma işlemi öncesinde farklı kalınlıklarda kesilerek kurutma işlemi işlemine tabi tutulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; kurutma havasının sıcaklığı arttığında kuruma süresinin kısalarak, uzaklaştırılan nem miktarında artış olduğu sonucuna varılmıştır. Kurutma işlemi öncesi farklı kalınlıkta dilimlemenin kurutma hızına etki ettiği sonucuna varılmıştır. Kurutulan muz örneklerinin kalınlığının artmasının kuruma hızına azaltıcı yönde etki ettiği görülmüştür. Bunun yanında kuruma hızı sabitinin, örneklerdeki kalınlığa göre değiştiği sonucuna varılmıştır (Kara ve Demir, 2012).

Laboratuvar ölçekli bir kurutucu kullanılarak yapılan elma kurutulması çalışmasında, elmalar küp şeklinde farklı kalınlıklarda kesilmiş ve dilimlere ön işlem uygulanmamıştır. Kurutulacak ürünler ile hava akımının parametreleri belli denemelerden sonra kontrol altına alınarak, sıcaklık ve kurutma hızı belirlenmiştir. Kurutulan elmaların kurutma kinetikleri ve sonuçları analiz edilerek kurutma modelleri ile kıyaslamalar yapılmıştır.

Bununla beraber farklı kalınlıkta kesilmiş küp şeklindeki elma dilimlerinin sıcaklık, bağıl nem, kesim kalınlığı ve kurutma havası hızı gibi durumların kuruma kinetiği ile olan bağlantısı araştırılmıştır (Zlatanovic vd.,2013).

Araştırmacılar kırmızıbiber kurutmak amacıyla küçük çapta sera tipi bir kurutucu tasarlamış ve imal etmişlerdir. Kurutucunun boyutlandırılma işlemi güneş enerjisinden elde edilecek enerjinin durumuna göre tasarlanmıştır. Sistemde enerji üretimi için güneş paneli, giriş çıkış hava akışının sağlanması içinde fanlar kullanılmıştır. Havanın dağılımı ve yönlendirilmesini sağlamak için bakır kanatçık ve ısı emici yüzeyler kullanılmıştır. Yapılan sistemde kırmızıbiber kurutması yapılmış; sonuçlar gölgede kurutma ve sererek kurutma sonuçları ile kıyaslanmıştır. Tasarlanan kurutma sisteminin, kıyaslama yapılan diğer yöntemlere göre üründe daha hızlı nem düşüşü sağladığı ve kurutmasının daha etkin olduğu sonucu çıkarılmıştır (Şevik vd., 2014).

Çilek kurutma esnasında meydana gelen C vitamini kaybının araştırıldığı çalışmada, çilek kurutmasında hem yüksek sıcaklığın etkisi hem de kurutma süresinin uzaması ile C vitamini kaybının arttığı bildirilmiştir. Yapılan araştırma ile çilek örneklerinin duyuşal özellik ve rehidrasyon kabiliyetleri için tamamlayıcı bir çalışma sunularak, konvektif kurutmanın uygun olduğunu ifade edilmiştir. Önerilen sistemle, yüksek biyoaktivite ve yüksek kalitede kurutulmuş çilekler elde edilebileceği sonucuna varılmıştır (Gamboa-Santos vd.,2014)

Elma ve havuç kurutma işlemlerinde kurutma verimliliklerin kıyaslanması için zorlanmış taşıma sahip güneş enerjili gıda kurutucusunun tasarlandığı çalışmada, kurutucunun performansı ve farklı kurutma yöntemlerinin kurutma üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Zorlanmış taşıma sahip güneş enerjili kurutma sistemi, güneş kollektörü, iki tepsili kurutma kabini ve havayı uzaklaştıracak fan yapısına sahiptir. Yapılan çalışmada kurutma esnasında ortam sıcaklığı, kollektör sıcaklığı ve kurutma kabinindeki sıcaklık verileri kayıt edilmiştir. Bununla birlikte kollektör, kurutma kabini ve ortamın nem oranları takip edilerek nemin etkisi incelenmiştir.

Çalışma ile kurutma sistemi hava sıcaklığının ortam hava sıcaklığının önemli ölçüde üzerine çıkarılması sağlanarak kurutma süresince ürünlerin nem oranlarında düşüş belli bir seviyeye getirilmiştir. Kurutma sonunda kurutulan ürünlerdeki ağırlık kayıpları parametrik olarak saptanmıştır. Bunun yanında, zorlanmış akışa sahip bu kurutma sisteminde elma kurutma ve havuç kurutma işlemlerinin verimlilikleri saptanmıştır. Tarımsal ürünlerin kuruma hızının

arttırılmasına yönelik yapılan bu sistemde kurutma verimliliği yükselterek, gıda ürünlerinin güvenli nem seviyesine yeterli zaman aralığında ulaştığı sonucu çıkarılmıştır (Elhagar, 2015).

Çoğunlukla ahşap malzemeler kullanılarak oluşturulan güneş enerjisi destekli kurutma sistemi ile yapılan çalışmada sistemin kurutma karakteristikleri incelenmiştir. Bu sistemde ısı tutucu yüzey levhası çelik malzemeden, hava şartlandırma paneli ise ahşap malzemeden oluşturulmuştur. Sistemin temel çalışma prensibi, kurutma kabinine gelen havayı kurutulacak ürünlerden geçirerek baca kısmına iletmektedir. Kurutma kabininde iki adet ürün rafına sahip sistemde ilave bir enerji kaynağı bulunmamaktadır. Bu çalışmada kurutma sisteminde elma, muz, biber ve incir ürünlerinin kurutma işlemleri yapılmıştır. Bu kurutma işlemi öncesinde HYSYS isimli program ile modelleme yapılarak teorik sonuçlar sunulmuştur. Bu program ile teorik olarak hava hızı, ortalama sıcaklık değerleri, nem içeriği, sistem ve kollektör verimliliği verileri ve kurutmanın yaklaşık ne kadar sürede tamamlanacağı belirtilmiştir (Khuresi ve Walke, 2016).

Güneş enerjisi destekli meyve ve sebze kurutulmasında kullanılan sistemlerin karşılaştırılması için yapılan çalışmada, doğal akımlı kurutucu sistemi ve zorlanmış taşınımlı kurutucu sistemleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada kurutulan ürünlerdeki nem içeriği, kuruma hızları ve ağırlık düşümü verileri incelenmiştir. Kurutma işlemlerinde ürün olarak farklı kalınlıklarda kesilmiş portakal, elma, mango kullanılmıştır. Kurutma işlemi süresince belli aralıklarla ölçümler yapılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda ağırlık kaybının en fazla olduğu sistemin zorlanmış taşınımlı kurutma sisteminde olduğu sonucuna varılmıştır.

Bununla birlikte zorlanmış taşınımlı sistemin kurutulan ürünlerin nemini almada daha başarılı olduğu, bu başarının da kurutma işlem hızını daha yükselttiği ve ayrıca ince dilimlenen ürünlerin daha fazla nem kaybına uğradığı gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışma ile ortam sıcaklığı, havanın bağıl nemi, rüzgar hızı ve kollektör verimliliği gibi çevresel ve kurutucunun yapısal faktörlerinin kurutma performansına etki eden faktörlerin olduğu sonucuna da çıkarılmıştır (Baradev vd., 2016).

Tarımsal ürünlerin kurutulması için zorlanmış taşınımlı güneş enerjili kurutucu sisteminin oluşturulduğu çalışma, Hindistan'da iklime bağlı nedenlerle ürün depolama ve ürünlerin bozulması sıkıntılarının giderilmesi amacıyla sunulmuştur. Önerilen sistem ile tarımsal faaliyetler sonrası üretilen ürünlerin kurutularak uzun süreli muhafaza edilebilmesi önerilmiştir. Sistemin hava şartlandırılmasını sağlayan kollektör kısmı, güneş ışınlarını verimli şekilde alacak şekilde konumlandırılmıştır. Ayrıca kollektörün içine bölmeler oluşturularak hava akım hızının yavaşlatılıp güneş ışınlarına maruz kalma süresinin arttırılarak hava sıcaklığının olabildiğince yükseltilmesi hedeflenmiştir. Ürünlerin yerleştirildiği kurutma kabinine şartlandırılmış havanın aktarımı bir pompa yardımı ile

sağlanmıştır. Tasarımı yapılan bu sistemin teorik analizleri yapılarak parametrik değerleri saptanmıştır. Kurutulacak ürün için elma seçilerek, tasarlanan kurutma sisteminin kurutma sonuçları dış ortam şartlarında yapılan kurutma ile karşılaştırılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçları ve analizlere göre tasarlanan güneş enerjili kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin kalitesinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Bharadwaz vd., 2017).

Meyve kurutma işleminin yapılabilmesi için güneş kolektörlü bacalı bir kurutma sistemi tasarlanan çalışmada, farklı boyutlarda kesilmiş elma dilimlerinin kurutması yapılmıştır. Kurutma esnasında nem içeriği istenilen seviyeye düşürülene kadar sıcaklık değerleri ve nem oranları kaydedilmiştir. Kaydedilen verilere dayandırılarak elma kurutulması işleminde parametrelere bağlı nem oranı eğrileri elde edilmiştir.

Kurutma işleminde, küçük parça ve ince boyutlarda kesilen ürünlerin daha büyük boyutlarda kesilen ürünlere kıyasla daha hızlı kuruyacağı sonucuna varılmıştır (Khan ve Min, 2017).

Güneş enerjisi destekli bir kurutma sistemi ile kurutulacak olan ürünlerdeki performansa etki eden faktörlerin deneysel olarak belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada, kurutma işleminin sürekliliğini sağlanması için faz değişim malzemesi kullanılarak bir depolama sistemi geliştirilmiştir. Çilek kurutmasının yapıldığı bu sistemde kurutmayı etkileyen parametrelerin, kurutma havası sıcaklığı, kurutulacak ürünün fiziksel ve kimyasal özelliği ve ürünün nem içeriği olduğu saptanmıştır. Belirlenen parametreler göz önüne alınarak, sistemin ticari boyutta tarımsal ürün kurutulabileceği ve yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde edilebileceği sonucuna varılmıştır (Cankurtaran, 2018).

Limon dilimlerinin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmada uygun nem kapasitesi ve sıcaklığının belirlenmesi için gıda kurutma sistemi kullanılmıştır. Bu çalışmada limon dilimlerinin ağırlık kaybı ve kurutma sürecindeki renk değişimi görsel olarak tespit edilmiştir. Matematiksel hesaplar kullanılarak, kurutma sürecindeki ağırlık, büyüklük kaybı ve renk değişiminin önerilen yöntem ile tespit edilebileceği sonucuna varılmıştır (Özden ve Kılıç, 2020).

Kurutma havasının kurutma karakteristikleri üzerine etkisini deneysel olarak inceleyen araştırmacılar, kızılcık meyvesini kurutmak için konvektif kurutma sistemi kullanmışlardır. Bu sistem; güç kaynağı, kurutma kabini, kurutucu, ısıtıcı ve fan sistemi ile ölçümlerin yapılacağı ekipmanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Taze kızılcık meyvesi belirlenen sıcaklık ve kurutma hızlarında kurutularak, nem içeriği istenen seviyeye düşürülmüştür. Çalışmada en düşük ve en yüksek kuruma zamanı verileri elde edilmiştir. Bunun sonucunda kurutma havası hızı ile bu meyvenin kuruması için gereken enerji miktarının paralel olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu konvektif kurutucu sistem, meyve ve sebze kurutulmasında kullanılmış ve sistemin farklı kurutma hava hızlarının kurutmadaki etkisi belirlenmiştir.

Bunun yanında, bu sistemde kurutulan ürünlerin, renk kalitesi ve parlaklık bakımından kayıplarının az olduğu sonucuna varılmıştır (Özgen, 2021).

2.1. Gıda Kurutma İşlemi

Gıda kurutma işlemi, gıdaların içeriğindeki su oranının azaltılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Kurutma işlemi ile gıdadaki su oranı azaltılarak gıdanın birim ağırlıktaki katı/sıvı oranı yükseltilmiş olmaktadır. Katı/sıvı oranının yükseltilmesi ile gıdanın su aktivitesi düşürülerek, bozulmaya sebebiyet veren mikroorganizmaların gelişmesine ortam sağlayan serbest suyun gıda içeriğinden uzaklaştırılarak kimyasal değişimlere sebep olan enzimlerin aktivite göstermesi engellenmektedir. Düşük su aktivitesi küf, maya gelişimini ve bakteri ile enzimatik reaksiyonların oluşmasını yavaşlatmaktadır (İcier ve Sabancı, 2013).

Bu sayede gıdaların raf ömrü uzatılarak uzun ömürlü saklanması mümkün olmaktadır. Çeşitli gıdaların su aktivitesi değerleri ve bu değerlerde üreyebilen mikroorganizmalar Çizelge 2.1'de yer almaktadır.

Çizelge 2.1. Çeşitli gıdaların su aktivitesi değerleri (Duckworth, 1975)

Aw Dağılımı	Aw Sınırlarının Alt Sınırında Gelişmesi Engellenen Mikroorganizmalar	İçerdiği Nem Oranı Belirtilen Su Aktivitesi İle Dengede Olan Gıdalar
1.00-0.95	Gram (-) çubuklar, bakteri sporları, bazı küfler, C. botulinum Tip E, P. Fluorescens 0.97, Salmonella, E.coli, Lactobacillus, B.cereus, B.megaterium, C. botulinum Tip A, C. perfringens 0.95	Piştirilmiş sosisler, ekmek ve yaklaşık %40 sakkaroz ya da %7 tuz içeren gıdalar, taze etler, taze sebze ve meyveler, tavuk, balık, peynirler
0.95-0.91	Kokların çoğu, laktobasiller, vejetatif basil hücreleri, bazı küfler, Vibrio parahaemolyticus, Enterobacter aerogenes, C. botulinum Tip B, Microbakterium 0.94, B. Streathermophilus, Rhizopus nigricans 0.93, Rhodotorula 0.92	Salam, eski olgun peynir, yaklaşık %55 sakkaroz içeren gıdalar, %12 tuz içeren gıdalar, orta olgunlukta peynirler, kekler
0.91-0.87	Mayaların çoğu, Bacillus subtilis 0.90, Streptococcus 0.89, Candida 0.88, Debaryomyces 0.87	Yaklaşık %65 sakkaroz içeren gıdalar, %15 tuz içeren gıdalar, salam, olgun peynirler (beyaz peynir hariç)
0.87-0.80	Küflerin çoğu, S.aureus 0.86, Penicillium islandicum 0.83, P.expansum ve P. Patulum 0.81	%15-17 su içeren gıdalar, un, pirinç, baklagiller, şekerle koyulaştırılmış ürünler

Çizelge 2.1. Çeşitli gıdaların su aktivitesi değerleri (Devam)

0.75-0.65	Kserofilik küfler, Chrysosporium fastidium 0.69	%10-13 su içeren hububat, çikolatalı şekerler
0.65-0.60	Ozmofilik mayalar	%15-20 su içeren kuru meyveler, %8 su içeren şekerlemeler ve karemelalar
0.50-0.60	Hiçbir mikroorganizmanın gelişmesine izin vermeyen bölge	%12 su içeren şehriye, makarna, %10 su içeren baharatlar
0.40	Hiçbir mikrobiyolojik faaliyet görülmez	%5 su içeren yumurta tozu
0.30		%3-5 su içeren bisküviler, peksimet, kızarmış ekmek
0.20		%2-3 su içeren süt tozu, %5 su içeren kurutulmuş sebzeler, %5 su içeren mısır gevreği, hububatlar

Gıdada su aktivitesinin 0.65'in altında olması durumunda küf gelişimi, 0.70'in altında olması durumunda maya oluşumu, 0.85'in altında olması durumunda ise bakteri oluşumu engellenmektedir. Genel olarak 0.50-0.60 değerlerinin altında bakteri oluşmaz. Su aktivitesinin 0.80'nin üzerinde olduğu durumlarda hızlı bozulmalar meydana gelmektedir. Gıdaların su aktivitesinin 0.60'ın altında olması durumunda ise mikroorganizma gelişimi engellenmektedir (Cemeroğlu, 2004).

2.1.1. Gıda kurutmasının amaçları

Kurutma işleminin gıdalara uygulanmasının birçok amacı vardır. Ancak önemli olanı gıdaların depolanma şartları göz önüne alınarak, gıdaların bozulmasını önlemek ve depolanma verimliliğinin artırılarak ürün ağırlığının azaltılması amaçlanmaktadır.

Gıdaların kurutulmasının diğer amaçları; ürün içeriğindeki su oranının ve su aktivitesinin azaltılması, gıda ürünlerindeki hızlı bozulmaları engellemek, ürün içerisinde oluşabilecek mikrobiyal gelişmenin ve enzim aktivitelerinin en düşük düzeye getirilmesi ile bakteri, maya-küf oluşumunun engellenmesidir. Nem oranının düşürülmesi, ürünlerin saklama koşullarının ve raf ömürlerinin uzatılması, yeni ürünler için formülasyonları geliştirilmesi, ürün hacminin azaltılarak depolama özelliklerinin uzun süre korunmasının sağlanması, ürünlerdeki birim başına düşen besin değerlerinin artırılması, gıda ürünlerindeki besin kayıplarının en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Kurutulmamış ürüne göre birim ağırlıkta daha yüksek karbonhidrat, karoten, mineral, antioksidan ve lif madde içeriği sağlamak gıda kurutmasının temel amaçlarıdır (Kutlu, 2012).

2.1.2. Gıda kurutmasını etkileyen faktörler

Kurutmayı etkileyen faktörler çevresel ve ürüne özgü olarak değerlendirilmektedir. Çevresel faktörlerin başında, kurutucu yapısı, ısı kaynağının verimi, kurutma ortamındaki havanın sıcaklığı, kurutucu içinde havanın hareket yönü, kurutucu havanın bağıl nemi, dış hava sıcaklığı ve nemi gibi parametreler gelmektedir. Ürüne özgü faktörlerin başında ürünün kuru madde oranı, su aktivitesi, ürün nem oranı, serbest su oranı ve ürünün su tutma kapasitesi gibi parametreler ile ürün boyutları ve ürün yüzey alanı gibi fiziksel parametreler gelmektedir.

Kurutma ortamındaki hava sıcaklığındaki artış ile hava içinde tutulacak olan nem miktarı artar ve kurutulacak olan gıda ürününe ısı transfer hızlarını arttırır. Bu sebeple yüksek buharlaşma meydana gelerek nem çıkışı kolaylaşmaktadır.

Kurutma esnasında kurutulan ürün yüzeyinden geçen hava akımı yüksek akış hızında olduğunda, ürün yüzeyindeki su tabakasının azaltacak biçimde etkiler ve buharlaşma hızının artarak ısı transferi gerçekleşmektedir.

Dış hava sıcaklığı ve nemi, kurutma havasındaki nem içeriği az olması durumunda kuruma hızı artmaktadır.

Kurutucu hava bağıl nemi, bağıl nem %100 olduğu durumda, havanın suyla doyurulmuş olduğu anlamı çıkarılmaktadır. Bunun yanında, kurutulan ürünün içeriğindeki nem değişikliği bağıl neme bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Havanın ısınması ile bağıl nem azalmakta tersi durumda artış göstermektedir.

2.1.3. Gıda kurutmasının aşamaları

Gıda kurutulması işlemi için öncelikle kurutulacak olan gıda ürünlerinin taze ve yenilebilir tat yapısında olması gerekmektedir. Taze meyve ve sebze ürünlerinin kurutulması sürecinde, kurutma öncesi zarar görmüş ya da bozuk olan ürünler ayıklanmalı, sonrasında kurutulacak olan meyve ve sebzeler yıkama ile temizlenmelidir. Küçük boyuta sahip meyve ve sebze türleri boyutlandırılmadan kurutulabilirken, büyük boyuta sahip meyve ve sebzelerin etkin kurutulması için soyma, ayıklama ve dilimleme gibi ön işlemlerin yapılması önerilmektedir (Bingöl ve Devres, 2010).

Soyma ve dilimleme sonrası özellikle elma, armut gibi gıda ürünlerinin hava ile temasından dolayı ürün yüzeyindeki kararmaların önlenmesi için bazı işlemler ve özel saklama koşullarının sağlanması gerekmektedir. Bu işlemlerden bazıları;

Kükürtleme İşlemi: Eski bir uygulama olup, kurutulacak ürünün kükürtdioksit gazı ile dumanlanarak ya da ürünün kükürt içerikli bir çözeltiye daldırılması ile yapılmaktadır.

Meyve Suyuna Daldırma İşlemi: C vitamini içeren meyve suyu içerisine kurutulacak gıda ürünün daldırılması ile yapılmaktadır. Doğal bir yöntem olması avantajına karşın C vitamini açısından yoğun meyve gereksinimi maliyeti arttırmakta ve kullanılan meyvenin tadının kurutulacak ürüne geçmesine neden olabilmektedir.

Askorbik Asit (C vitamini) Çözeltisine Daldırma İşlemi: Meyve suyuna daldırma işlemindeki temele dayanan bu işlemde kimyasal askorbik asit tozu ile oluşturulan çözeltiye kurutulacak gıda ürünü daldırılmaktadır. Bu uygulamanın etki durumu, askorbik asitteki fenolik maddelerin tüketimi kadar olmaktadır.

Etil Oleat Çözeltisine Daldırma İşlemi: Bu işlem meyve kabuğunda bulunan mumsu tabakayı eriterek suyun daha hızlı buharlaşmasını sağlamaktadır. Bu ön işlem yukardaki açıklanan diğer işlemlerden daha farklı bir etkiye sahiptir. Bu teknikte amaç kurutma süresini kısaltarak kurutma için gerekli süreyi düşürmek için kullanılmaktadır.

2.1.4. Gıda kurutmasının avantaj ve dezavantajları

Gıda ürünlerinin bozulmalarını engelleyerek, tüketici için sağlıklı ve yüksek kaliteli daha üstün güvenli gıda ürünleri sunmak için birçok muhafaza yöntemi bulunmaktadır. Bunlar içerisinde bilinen en eski ve güvenli yöntemlerden biri kurutma işlemidir. Gıda ürünlerinin kurutulması birçok avantajlar sunmakla beraber bazı dezavantajlara da sahiptir.

Gıda kurutmasının başlıca avantajları; Mikrobiyal gelişme ve enzimatik aktivitelerin sınırlandırılması ile bozulmaların önlenmesi, ürün besin değerinin ve aromasının uzun süre korunmasını sağlamak, birim ağırlıktaki ürün içeriğindeki besin değerlerinin artırılması, hasat zamanı ve sezonunda kurutma ile ürünün tüm yıl boyunca tüketiminin mümkün hale gelmesi, amaca uygun son ürün elde edilmesi, birim ağırlıkta besin içeriğinin zenginleştirilmesi ve bu sayede aynı besin değerinin daha az tüketimle elde edilebilmesi, depolamada yer tasarrufu sağlanması, paketlenme ve istiflemeye maliyet avantajı sağlaması olarak sıralanabilmektedir.

Gıda kurutmasının sıralanan avantajların yanında, bazı dezavantajlarda bulunmaktadır. Bunlar; Ürünün yanlış kurutma koşullarından ya da ürüne uygun kurutucu seçimi yapılmamasından dolayı meydana gelen ürünün tekstüründe ve renginde bozulmalar (Saldamlı vd.,2004), Ürünün kurutulması esnasında oluşan yüksek sıcaklıklar sonucu meydana gelen renk değişimleri, kuruması esnasında, sıcaklık dolayısıyla uçucu lezzet bileşenlerinin kaybolması, az oranda da olsa toplam ürünlerdeki besin ögesinde kayıpların oluşması, yanlış kurutma sıcaklıklarından dolayı kurumuş ürünlerde pişmiş tat gelişmesi,

kurutma yönteminin ve kurutma sıcaklığının ürüne özgü olması nedeni ile kurutma için standart bir yöntemin ve sıcaklığın sağlanamaması, dış ortamlarda yapılan sergi usulü kurutma işlemi esnasında ürün üzerinde yaygın olarak toz ve yağmur gibi zararlı etkilere maruz kalması ile (Ayhan, 2005) ürün kalitesi düşüşü ve hijyenik kayıpların oluşması gibi durumlar sıralanabilmektedir.

2.2. Kurutmadaki Termodinamik Tanımlamalar

Kurutma kavramı, kurutulan ürün ve ürün çevresindeki hava arasında gerçekleşen karmaşık bir nem alışveriş işlemi olarak tanımlanmaktadır (Ertekin, 2002). Bu işlem süresince ürün nemi, çevresindeki farklı fazdaki ortama geçmektedir. Kurutma işleminde çevre faktörü olarak hava kullanılmaktadır.

Kurutma sistemleri tasarlanırken belli parametreler incelenmektedir. Kurutmada temel amaç üründeki nemin kurutma ortamına transferini sağlamak olduğu için incelenen parametreler kurutulan gıda ürününün ve kurutma ortamının özelliklerine bağlı parametrelerdir. Ürünün kuruması sırasında, ürün nem oranında oluşan değişimler ve bu değişimlerde etkili olan durumlar kinetik ve statik yönlerden incelenmektedir.

İstenen dış görünüş, şekil özellikleri ile kinetik ve statik kuruma özellikleri dikkate alınarak belirlenen bir kurutma sistemi verimli bir kurutmanın yapılabilmesi için önem arz etmektedir. Bunun yanında etkin bir kurutma yapısı sağlamak için kritik nemi, kurutma havası, kurutma sıcaklığı, kurutma hızı ve denge bağıl nemi gibi değerlerin dikkate alınması gerekmektedir (Çanakçı, 2005).

Kurutmanın kinetiği, kurutulan bir ürünün kuruduğu süre içindeki hava ve nem transferini tanımlamaktadır. Kuruma süreci üç aşamada gerçekleşmektedir (Güneş, 1994).

1. Ürünün ısınma aşaması
2. Ürünün sabit hızla kuruma aşaması
3. Ürünün azalan hızla kuruma aşaması

Ürünün ısınma aşaması, kurutma başlangıcından ürün sıcaklığı ile hava sıcaklığı dengeye gelene kadar olan süreyi kapsamaktadır. Bu aşamada verilen ısı ile kurutulan ürünün içeriğindeki katının ve suyun sıcaklığı yükselmektedir.

Ürün sabit hızla kuruma aşaması, sıcaklığın dengeye gelmesi ile başlamakta ve bu aşamada ürün yüzeyinde oluşmuş ince su tabakası hızlı bir şekilde buharlaşmaktadır. Buharlaşma hızının sabit kalarak devam ettiği bu aşama, buharlaşma hızının yavaşlamasıyla sonlanmaktadır. Sabit hızda kuruma aşamasının sona erdiği noktadaki nem değeri kritik nem olarak tanımlanmaktadır.

Ürünün azalan hızla kuruma aşaması, sabit hızlı buharlaşmanın yavaşlama başladığı aşamada başlamakta ve kurutma sonlanıncaya kadar devam etmektedir. Bu aşama en uzun süren aşama olmakla beraber bu aşamanın hızını belirleyen temel faktörler hava nemi, hava akış hızı ve sıcaklık değerleridir.

Kritik nem; kurutma esnasında sabit hızlı kuruma aşamasının sona erdiği noktadaki nem değeri kritik nem olarak tanımlanmaktadır. Kurutulan gıda ürünün yüzeyinde kuruma meydana geldiğinde bu da kuruyan gıdanın içeriğindeki su oranı difüzyon hızı değiştiğinde kurutmanın hızı düşmektedir. Tam bu noktada kuruyan gıdanın nem içeriği kritik nem seviyesine ulaşmaktadır.

Her gıda ürününde kritik nem seviyesi farklılık göstermekte ve içerdiği ürünün bileşimine göre değişiklik göstermektedir.

Genele bakılacak olursa, gıda maddelerinin kritik nemi, havanın %50 civarındaki bağıl nemi ile dengeye ulaştığı zamandaki içerdiği su miktarı olarak tanımlanabilmektedir. Kuruma esnasında gıda maddesinin kritik nem seviyesine ulaştığı zamandan itibaren, ürün yüzeyindeki sıcaklık yükselerek ürünün kuruma durumuna göre kuru termometre sıcaklığına yaklaşmasına sebep olmaktadır.

Kurutma havası; gıda kurutması sırasında uygulanan sıcaklık içini havanın kuruyan üründen çekeceği nem miktarı belli bir değere kadar olabilmektedir. Kurutma havasının gıda içeriğinde kurutma esnasında alabileceği nem miktarı sınırlı olmasından dolayı, hava hızı çok düşük olunca malzeme iç yüzeylerine doğru hava hareketi yavaşlamaktadır.

Kurutma sıcaklığı; kurutma hava sıcaklığı artmasıyla, ürünün içindeki sıvı viskozitesi ve havanın su buharını tutma özelliği artmaktadır. Bu sayede kurutma süresi azalmaktadır. Ürüne temas eden kurutma hava akış hızının aşırı yüksek olması durumunda nem akışının bozulması dolayısıyla ürün yüzeylerinde sertleşmeler meydana gelmektedir. Kurutma havası akış hızının düşük olması durumunda ise ürün yüzeyinden nem istenilen hızda uzaklaştırılamadığından kurutma kalitesinde düşmektedir. Bu nedenle kurutma kriterlerinin sağlanması ve kaliteli bir kurutma gerçekleşmesi için hava akış hızının belirli sınır aralığında olması önem taşımaktadır (Bayhan, 2011.)

Kurutma hızı; kurutma sisteminde kurutma hızı, kurutulacak ürünün hava ile etkileşimi, hava sıcaklığı, ısı kütle alışverişini etkileyen havanın bağıl nemi, kurutucu içindeki hava hızları parametrelerine bağlı olarak değişmektedir (Abduljabbar, 2018). Kuruma aşamasının başlamasıyla hava sıcaklığı ve ürün sıcaklığı arasındaki fark süre geçtikçe azalmakta ve dolayısıyla ısı transferinde de azalma olmaktadır. Kurutma hızı ayrıca kurutulacak ürünün

fiziki özelliklerine de bağlıdır. Kurutulacak ürünün ebatları, ürünün yüzey alanı ve ürün kalınlığı kurutma hızını doğrudan etkilemektedir. Ürün içinde bulunan gevşek bağlı serbest su molekülleri ile güçlü bağlı su moleküllerinin oranı da kuruma hızına direk etkilemektedir. Serbest su molekülleri kurutmada hızlı bir şekilde ürün den havaya transfer edilirken, serbest su moleküllerinin azalmasıyla kuruma hızı azalmaktadır.

Kurutulacak olan gıda ürününün kimyasal özelliğinin kuruma hızına etkisi çok büyüktür. Kurutulacak olan gıda ürünün yapısında bulunan tuz, şeker gibi maddeler ve bu maddelerin oranı suyun buhar basıncını düşürmesinden dolayı buharlaşmayı zorlaştırarak kuruma hızını düşürmektedir.

Denge bağıl nemi; gıda ürünlerinin kurutulmasında ürün kalınlığı, ürünün kuru madde içeriği ve nem içeriği yapısına göre kurutma ortamındaki havanın içerdiği nem miktarının belli bir seviyede olması kurutma kalitesini ve başarısını doğrudan etkilemektedir.

Kurutma aşamalarında kurutma yapılan hava içinde yeterli seviyede nem olmadığı durumlarda, gıda ürünlerin yüzeyler çok hızlı şekilde kurumakta; bu nedenle ürün yüzeyinde kabuklanma ve buna bağlı üründe kusurlar ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple gıda ürünlerinin kurutulmasında, ürünün kalitesinde meydana gelebilecek bu tip kusurların oluşumuna engel olunması için kurutma aşamalarında havanın belli seviyelerde nem içererek ürün iç yüzeyinde nem farkının oluşturulması ve sürekli nem akışının sağlanması gerekmektedir. Havadaki nem seviyesinin düşük olmasının kusurlara neden olmasının yanında, fazla olması da kurutma işleminin süresinin uzamasına neden olmaktadır. Uzun süren kuruma hem enerji tüketimi hem de hijyen yönünden istenmeyen durumlara neden olabilmektedir. Bu nedenle ürün ve kurutma ortamında bir ürünün özelliklerine göre belirlenecek bir nem dengesinin sağlanması önem arz etmektedir (Tonyalı, 2013).

2.3. Kurutma Yöntemleri

Kurutma sürecinde kurutulacak gıdaya en uygun kurutma yönteminin belirlenmesi için ürün ile ilgili bazı özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Kurutulacak gıda ürününün, taze hal nem miktarı, kuru halde içermesi gereken nem miktarı aralığı, ürünün kimyasal içeriği, fiziksel boyut özellikleri, kabuk, çekirdek, sap gibi ayrıştırılmaya ihtiyaç durumu, kurutulacak ürün miktarı ve rehidrasyon kapasitesi gibi özellikler başarılı kurutmanın yapılabileceği kurutma yönteminin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Ürünün efektif kurutma derecesi, kuru ürün nem içeriğinin belirlenen aralıkların dışında olması ürünün fiziksel yapısında zedelenmeler sebep olmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008). Kurutma havasının fiziksel ve psikrometrik özellikleri kurutma sürecinde kurutma kalitesi ile birebir ilişkili olmakla beraber (Demir,

2015) seçilen kurutma yöntemi en önemli etmendir. Farklı kurutma yöntemlerinin önerilmesi ve çoğalmasi ile ürün kurutması da önem kazanarak yaygınlaşmıştır (Ertekin, 2013).

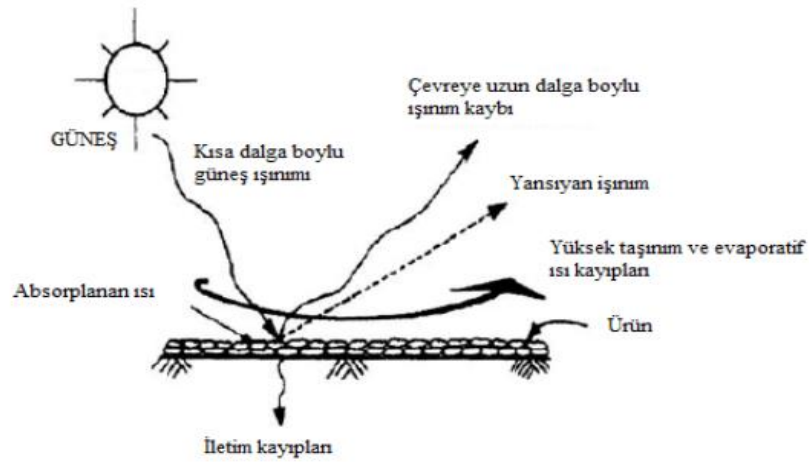
Üretici ve tüketicinin istek ve ihtiyaçlarına göre tasarlanan ürün kurutma yöntemleri ile kurutma teknolojisi geniş uygulama alanlarına sahip olmuştur (Karakaya, 2017). Bu bölümde yaygın olarak kullanılan kurutucu yöntemlerinin ve sistemlerinin sınıflandırılması yapılmıştır.

2.3.1. Geleneksel gıda kurutma

En eski ve yaygın olarak kullanılan geleneksel kurutma, açık havada sergide kurutma olarak yapılmaktadır. Doğal bir kurutma yöntemi olarak bilinen bu yöntemde ürünün direk açık havaya maruz kalmasından dolayı, başta kontaminasyon olmak üzere birçok problemi beraberinde getirebilmektedir. Bu yöntemde ısı kaynağının güneş olması ve bu kaynağın gün boyu olmaması nedeniyle ürünün kuruması vakit almakta ve kurutma gün boyu stabil olarak devam etmemektedir.

Kurutma ortamının açık hava şartları, ürünlerde aflatoksin başta olmak üzere haşere ve küf gibi zararlı etkilerin oluşumuna zemin hazırlamaktadır.

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi yaygın kullanılan geleneksel kurutma yönteminde gıda ürünü (örneğin; kayısı, biber, üzüm) direkt toprağa, kumaşa ya da hasır üzerine serilmektedir. Bu şekilde birçok bulaşıya sebep olmaktadır. Bu yöntemle kurutma yapılırken, üst üste istifleme yapılmadan seyrek dizilimlerle kurutma yapılması bulaşmayı azaltmakla beraber hava akımını kolaylaştırmaktadır.



Şekil 2.1. Geleneksel kurutma sistemi ile kurutma (Özbalta ve Güngör, 2012)

Geleneksel kurutmanın yüksek oranda asit ya da şeker içeren meyveler için uygun bir yöntem olmasının yanında, sebzeler için güneşte kurutmadaki süre zarfında bozulma riskleri yüksek olmaktadır. Güneşte kurutma için hava sıcaklığı en az 30-35 derece olması gerekmektedir. Kurutma birkaç günden birkaç haftaya kadar uzayabildiğinden dolayı, kuruyan ürünün kalitesinde meydana gelebilecek muhtemel kayıplarda artmaktadır. Geleneksel kurutma sonrası üründe genel olarak rehidrasyon yeteneği az ve zarar görmüş düşük kaliteli ürün elde edilmektedir.

Geleneksel kurutmada kaynağın güneş olmasından dolayı kurutma maliyeti düşüktür ve bu yüzden daha ekonomik açıdan katkı sağlamaktadır (Yıldız ve Gökayaz, 2019).

Geleneksel kurutma yöntemi uzun zaman alan bir yöntem olmaktadır. Geleneksel kurutma sonrasında ürün kalitesinin istenen şekilde olmaması ve gıda güvenliği anlamında risk oluşturmamasından dolayı, daha hijyenik hızlı ve kaliteli kurutulmuş ürün elde edilmesi için farklı kurutma metotlarının gelişmeye çalışılmıştır (Doymaz, 2003). Ayrıca her zaman her koşulda güneşten faydalanmanın mümkün olmaması, ürünün dış etkilere maruz kalması gibi durumlardan dolayı geliştirilen yapay kurutma sistemleri zaman geçtikçe geleneksel kurutma yöntemine göre daha fazla tercih edilmektedir (Cemeroğlu, 2003;2004).

2.3.2. Endüstriyel gıda kurutma

Gıda ürünlerinde suyun uzaklaştırılması için kurutma işlemi yapılarak bu sayede gıdanın taşınmasının kolaylaştırılması, ürünün satış aşamalarında yeterli koşulların sağlanarak ürün kütlesinin azaltılması ve ürün sterilizasyonu gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Buna göre de kurutma yapılan işlemi ve kurutucu seçimlerinde göz önüne alınarak maksimum seviyede ürün elde edilmesi ve minimum enerji tüketimi durumu baz alınmaktadır.

Gıda ürünlerindeki kurutma işlemi uygulamaları başlangıcında, ürünlerin nem içerikleri, hangi nem tipinde oldukları, ürünlerin kurutma sıcaklıkları, yüzde kaç nemin uzaklaştırılacağı, büyük miktarda kuruyan ürünler için işlenecek zamana göre miktar ve sistemin kesikli ya da sürekli olması ve atık ısının geri kazanımı ile ilgili parametreler baz alınarak farklı kurutucu tipleri geliştirilmektedir.

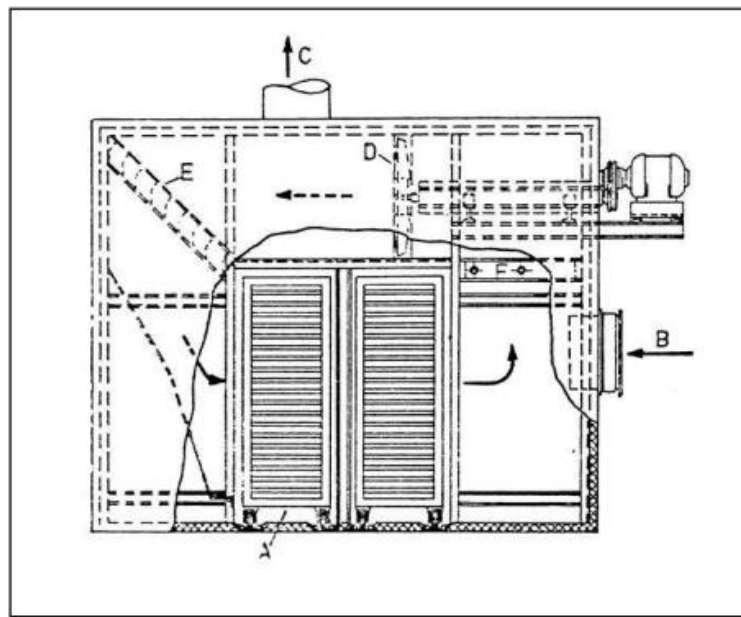
Buna dayalı geliştirilen endüstriyel kurutuculardaki ilk hedef, kurutma sistemindeki ısının verimli şekilde kullanılmasına yönelik gerçekleşmektedir. Endüstriyel kurutma sistemlerindeki ısı transferi, kurutma tipine göre değişkenlik göstermekte olup, iletim, taşınım, ışıınım şeklinde yada bunların kombine hali şeklinde olabilmektedir. Bu sistemlerde

kurutma sistemleri içinde gezen havanın kuruyan üründen nemi alıp uzaklaştırılmasına yönelik bir prensip gerçekleşmektedir (Güngör ve Özbalta, 1997).

Endüstriyel kurutuculardan biri olan Şekil 2.2’de gösterilen tepsili kurutuculu kurutma sistemi; dilimlenmiş katı gıda ürünlerinin raf yada tepsiler üzerine yerleştirilip sistem içerisinde dolaşan ısıtılmış havanın fan vasıtasıyla doğrusal veya paralel şekilde sistem içerisinde sirkülasyon sağlanarak kurutmanın sağlanması prensibine dayanmaktadır (Tekgül, 2019). Bu kurutucu sisteminde, kurutulacak olan ürünler tepsi üzerine düzgün dağılımlı şekilde serilerek ürün kurumaya bırakılmaktadır (Kutlu vd., 2015).

Sistem içerisinde havanın tekrar tekrar kullanıldığı ve homojen kurutmanın sağlanması için yalıtılmış sistemler olmalıdır. İstemin ısıtma işlemi kontrollü şartlar altında yapılmaktadır. Dezavantajları; kesikli ve düşük kapasiteleri olmalarından kaynaklanmaktadır.

Bu tip kurutucular sıvı ürünler için kullanılmaz. Havanın kurutma odasındaki zayıf akışı sebebiyle düzensiz bir kurutma sağlamaktadır (Misha vd., 2013). Tepsili kurutma sisteminde ürün kurutma için kullanılan ekipmanın imalatı ve çalıştırılması, ev ya da küçük ölçekli işletmeler için basit ve en uygun maliyetli seçim olmaktadır. Tepsili kurutma sisteminde kurutma kabının boyutu ve ısı kaynağı, ihtiyaca ve mevcut kaynaklara bağlı olarak değişmektedir. Hava sirkülasyonu ideal olmadığı durumlarda, ısı kaynağına daha yakın olan tepsiler önce kurumaktadır ve uzaktaki tepsiler susuz kalmadan önce küflenmektedir. Meyve, sebze ve baharat gibi küçük gıda ürünleri tepside kurutma için uygun olmaktadır. Tepsili kurutucu sistemi ilk yatırım maliyeti açısından diğer sistemlere göre daha uygun ve ucuz olmaktadır.

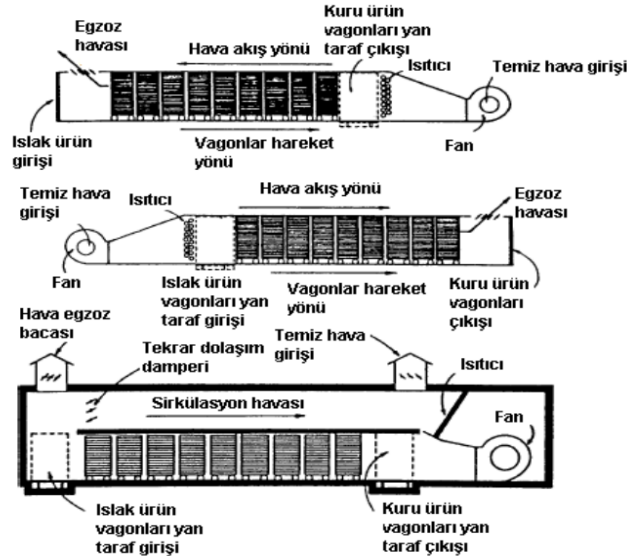


Şekil 2.2. Tepsili kurutma sistemi (Güngör, 2013)

Tünel tipi kurutucu sistemler; yarı zamanla veya sürekli olarak çalışmaktadır. Tünel tipi kurutucu sisteminde, ürünü kurutmak için fanlar aracılığıyla sıcak hava dolaştırılmaktadır. Bu tip kurutma sisteminde, kurutulacak olan gıda ürünleri arabaların üzerindeki raflara yerleştirilmektedir, bu arabalarda bir yada daha fazla tünel boyunca ilerleyen arabalardaki ürünler, kurumuş halde sistemden çıkar. Hareket halindeki kurutma tepsileri bulunmaktadır ve sıcak hava bu tepsilerin üzerine paralel veya çapraz şekilde bu kurutma bölmesine gönderilmektedir. Şekil 2.3'de yer alan sistemde yer aldığı gibi kurutulacak ürün sisteme girişten çıkışına kadar sıcak hava ile kurutulmaktadır. Bu tip sistemde kurutma havası olarak ısıtılmış ve atık hava kullanılmakta ve atık hava tekrar kurutma havasına karıştırıldığında enerji kaybı azalmaktadır (Günerban, 2005).

Sistemdeki mevcut havanın ısıtılarak tekrar kullanımı verimliliği arttırmanın yanında kurutucu içerisindeki nem kontrolünü de sağlamaktadır. Bu tip kurutucu sistemi ile daha az bir zamanda yüksek kapasiteli ürün kurutma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bu kurutucu sisteminde ürün kalitesi ve enerji verimliliği yüksek, maliyeti düşüktür (Yağcıoğlu, 1999).

Farklı tipte ürünler için gerekli olan hava hızı, sıcaklık ve nem gibi özelliklerin sağlanması bu sistem ile mümkün olmaktadır. Kurutulacak ürün miktarının fazla olduğu ve yavaş kurutulması istendiğinde bu tip kurutucular tercih edilmektedir. Ürünü kurutmak için gereken ısıtma işlemi tünel içinde ya da tünel dışına güneş kolektörü ile desteklenerek fan yardımıyla tünel içine sıcak havanın verilmesi ile gerçekleştirilmektedir.

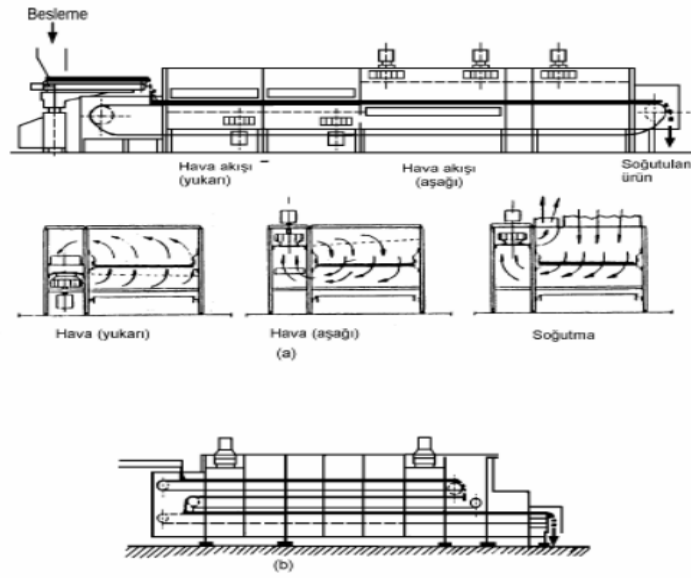


Şekil 2.3. Tünel tipi kurutucu sisteminde malzeme ve hava akışı

Konveyör tip kurutma sistemlerinde bir veya daha fazla bant ilerlerken, üstten veya alttan gelen sıcak havanın ürünleri ısıtması ile kurutma sağlanmaktadır. Ürünler hareketli konveyör

bantları veya elek teller üzerinde kurumaktadırlar. Paslanmaz çelik örgü zincirinden yapılmış bandın kaydığı ürüne üstten ve alttan sıcak hava verilmektedir. Çok katlı olan sistemde, kuruyan ürün bant sonuna geldiğinde bir alta düşmektedir. Şekil 2.4'de verilen bu tip sistemlerde önemli olan kurutma havasının her bir kata istenilen miktarda verilerek etkin hava dolaşımının sağlanması olmaktadır. Çok katlı yapı kullanıldığında, kurutucu sistem içerisinde ürünler bir kattan diğerine döküldüğünde hava hızının karışmasıyla tüm ürünlerde eş kuruma sağladığı görülmektedir.

Bantlı kurutucu sisteminin ilk aşamasında, kurutma hızlı olmaktadır. Bunun sebebi, yüksek sıcaklıkta orta derecede nem kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Üründen uzaklaşan su, hızlı şekilde havayı soğutmaktadır bu yüzden yüksek sıcaklıktaki ürüne zarar vermemektedir. İkinci aşamada, daha düşük sıcaklıkta, miktar olarak daha çok kuru hava kullanılmaktadır. Ayrı bölmelerin kullanıldığı sistemde, ilk bölmede hava bandın altından üstüne diğer bölmelerde üstten alta doğru hava verilmektedir. Ürünün kuruma evresinde, hava üstten verilmektedir.



Şekil 2.4. Konveyör tip kurutma sistemi (Kocayığit, 2010)

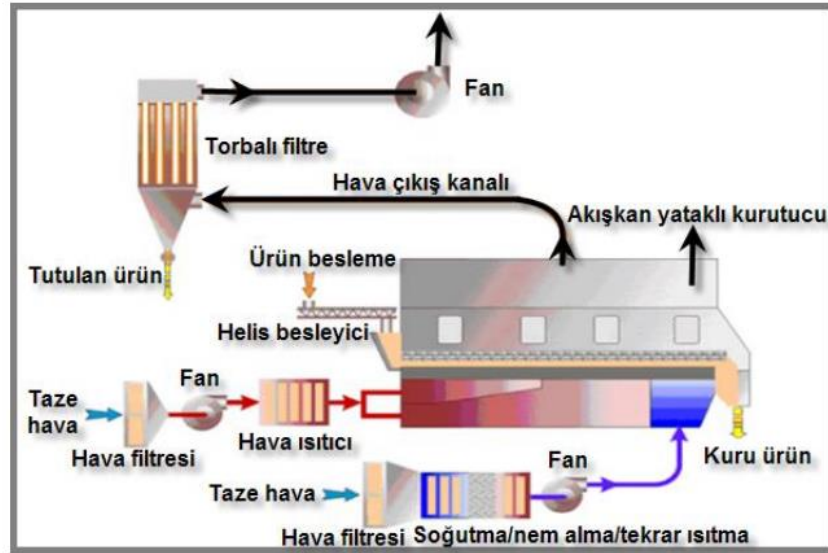
Akışkan Yataklı Kurutma sistemi modern kurutma yöntemleri içinde önemli bir yere sahiptir. Genelde küçük taneli ürünlerin kurutulmasına uygundur ve akışkan yatak içinde pürelerin ve eriyik ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır. Endüstriyel alanlarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu tip kurutucu sisteminde, kurutulmak istenen ürünün her noktası ile sirküle ettirilen sıcak havanın teması ile kurutma gerçekleşmektedir.

Şekil 2.5 'de verilen akışkan yatak kurutucu sisteminde, kurutma işleminin gerçekleşmesi için kurutulacak olan ürün alttan verilen kuru hava ve hızlı sıcak hava ile kaynama görünümünde askıda kalan bir yatak durumunda görünmektedir. Gaz tanecikleri havada askıda kalarak kurutma havası ile arasında ısıl bağ kurmaktadır. Kurutulacak olan tanecikler hareket eder ve bölmede toplanır. Kurutulacak olan her tanecik için akışkan yatakta bekleme süresi değişmekte ve ürünün nem içeriğine göre süre uzayıp kısalabilmektedir.

Nemli hava da sistemin tepesinden dışarıya atılmaktadır. Hızlı kurutma sağlandığından bu tip kurutma sistemlerinde bezelye, tahıllar ve parçalı sebzeler kurutulabilmektedir.

Akışkan Yataklı Kurutucular kendi aralarında sınıflandırılabilir. Bu tip sistemlerin avantajları şöyle sıralanabilir;

- Sürekli bir sistem olmakla beraber yüksek kapasitede çalışmaktadırlar.
- Doldurulması ve boşaltılması basit şekilde yapılmaktadır.
- Hareketli parçalarının olmaması arıza olasılıklarını azaltmaktadır.
- Kuruyan ürünler ile kurutucu akışkan arasındaki ısı kütle transfer hızının yüksek olması ürünün aşırı ısınmasını önlenmektedir.
- Bakım ve satın alma masrafları az olmakla beraber otomatik şekilde kontrol sağlanmaktadır. Bunun yanında dezavantajı olarak sadece küçük ebattaki akışkan tipteki gıda ürünlerine uygun olması dezavantajı sayılmaktadır.

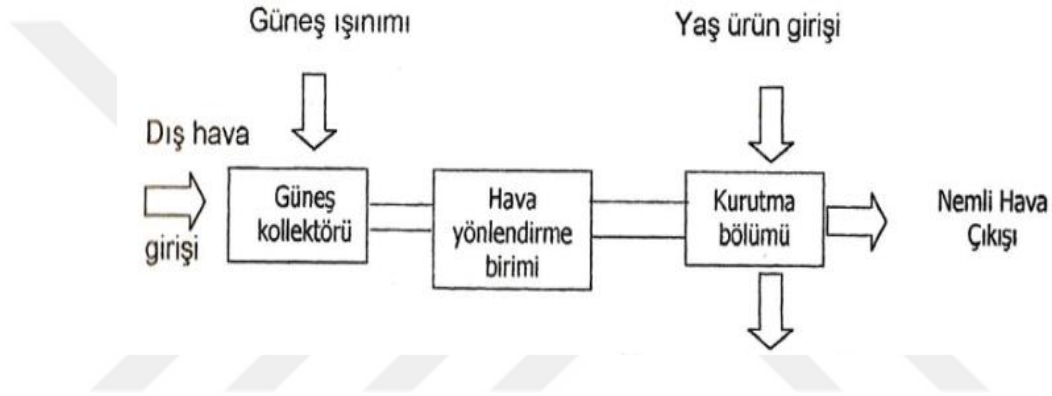


Şekil 2.5. Akışkan yataklı kurutma sistemi (MEB, 2015)

2.3.3. Güneş enerjisi ile gıda kurutma sistemi

Güneş enerjili kurutma sistemleri, gıda ve tarım ürünlerinin kurutulmasında kullanılmaktadır. Güneş enerjili kurutma sistemlerinin enerji tasarrufu açısından da kullanıma uygun sistemler olduğu bilinmektedir. Güneş enerjili kurutma sistemleri, kurutulan ürüne ve sistem şartlarına göre farklılıklar oluşturmaktadır.

Güneş enerjili kurutuculu sistemlerde, genelde yüksek bir hava akış hızı ile düşük sıcaklıkta uzun bir kurutma periyodu olmaktadır. Gıda ürünlerinden nemin uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanan kurutma işlemi, dış ortamdaki havanın ısıtıldığı ve ürünlerdeki nemin alınmasının gerçekleştiği bir kurutma sistemi ve hava yönlendirici bir sistem ile sağlanmaktadır. Şekil 2.6'da güneşli kuruma sistemini gösteren diyagram verilmiştir.

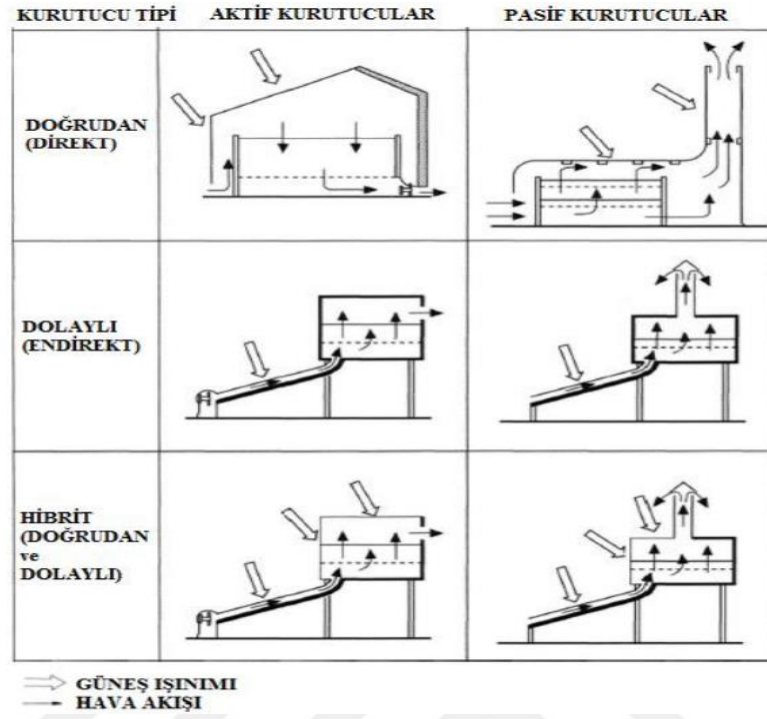


Şekil 2.6. Güneş enerjili kurutma sistemi diyagramı (Çay vd., 2017)

Bu diyagrama göre, güneş ışınları ürün kurutmanın gerçekleşebilmesi için gerekli ısıyı sağlamaktadırlar. Kurutma sırasındaki hava akışı farklı yollardan sağlanabilmektedir. Bunun yanında ürün içeriğindeki su nemli olan kurutulacak ürün yüzeyinden buharlaşmaya başlamaktadır. Ürün yüzeyindeki nemin ürün içerisine difüzyon ile nüfuz etmesi ürün cinsi ve ürünün içerdiği nem oranlarına göre farklılık göstermektedir. Çoğu tarım ürünleri yüksek oranda nem içermektedirler. Ayrıca kurutulan ürünün ısı iletkenliği de göz önüne alınmaktadır. Nemli ürün kurudukça gözenekli yapıların oluşması ısı iletimini zorlaştırmaktadır (Çay vd., 2017a).

Bu sistemde kurutulan ürünlerin kuruma süreleri, sisteme gerekli enerji miktarı ile paralel olarak sağlanmaktadır. Bu sistemlerde kurutulacak ürünlerde kaliteli bir ürün eldesi için yeterli bir kuruma hızı gerekmektedir. Kurutma sırasında ürün özelliklerinde oluşabilecek pişme, kavrulma gibi istenmeyen durumların oluşmaması için çok yüksek sıcaklıkların kullanılmaması gerekmektedir. Ayrıca kurutma işleminin çok hızlı olduğu zamanlarda ürün yüzeyinde hızlı bir kuruma gerçekleşerek, ürün içerisindeki suyun dışarı çıkmasına engel olan durum oluşmaktadır. Bunlar baz alınarak kurutma sisteminde, ürün özelliklerine uygun

şekilde ısı transferi ve nem alma şartlarının sağlanması için dikkat edilmesi gerekmektedir (Çay vd., 2017a, b). Şekil 2.7’de güneş enerjili kurutma sistemleri görülmektedir.



Şekil 2.7. Tipik güneş enerjili kurutma sistemi tasarımları (Ekechukwu ve Norton, 1999)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışması için kullanılan deney cihazları ve ekipmanlar aşağıda kısa şekilde özetlenmiştir. Deneylerin yapıldığı bölgede kullanılan cihazlar ve deney sonucu elde edilen ürünün analizinin yapılmasında kullanılan cihazlarla ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Yenilenebilir Enerjili Kurutma Sistemi tasarımının elektronik sisteminde kullanılan cihazlar (sıcaklık sensörleri, nem sensörleri, ağırlık ölçüm sensörleri, PLC ekran, destek ısı üreticileri, arduino sistemi, PLC denetleyici, Klepe motoru, emiş fanı, tahliye fanı, elektrik panosu vb.) teknik firmalardan tedariki sağlanmış ve kullanılmıştır. Güneş kollektörü Antalya Uluçay firmasından tedarik edilmiştir. Kollektör sisteminin kurulacağı demirler, fırının ve elektrik panosunun üzerine kurulacağı tahta materyaller Bauhaus firmasından tedarik edilmiş ve kullanılmıştır. Gıda kurutmasında kullanılan Ankara armudu Antalya şehrinde pazardan tedariki sağlanarak aynı gün birkaç saat içerisinde kurutma için kullanılmış, diğer günlerde yapılan kurutma için hava almayan kullanılmıştır. Kurutulan ürünün hassas şekilde tartılması için 0.01 hassasiyette Gomax marka hassas terazi internetten tedarik edilmiş ve kullanılmıştır. Kurutmanın yapılacağı fırın, tasarımı yapılan sisteme uygun özellikte seçilerek internetten tedarik edilmiş ve yalıtımının etkin şekilde sağlanması için farklı montaj işlemleri yapılarak kurutma fırını olarak kullanılmıştır.

3.1.1. Çalışmada kullanılan ürün

Bu çalışma kapsamında tasarımı yapılan yenilenebilir enerjili gıda kurutma sisteminde kurutması yapılacak ürün olarak armut tercih edilmiştir. Yapılan çalışmada kurutma ürünü olarak armut tercih edilmesinin sebeplerinden biri, kurutulmuş armut'un aroma ve lezzetinin tazesine kadar güzel olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında diğer sebze/meyve türlerine göre maliyet anlamında daha uygun olmasıdır. Kurutma sisteminde bu ürünün kurutulması ile alınacak verilerle ulaşılabilecek sonuçların daha öngörülebilir olacağından dolayı bu ürün kullanılmıştır.

Armut (*Pyrus communis* L.), gülgiller familyasının alt familyasına ait olan ve insan sağlığına çok faydası olan bir meyve olarak bilinmektedir. Armut meyvesinde bulunan antioksidanlar; kalp damar sağlığını koruduğu ve beyin işlevselliğini arttırdığı bilinmektedir (Chen vd., 2007; Özaydın ve Özçelik, 2014). Armut meyvesi K vitamini içermekte ve bu vitamin kanın pıhtılaşmasını engelleyerek proteinlerin aktivitesini hızlandırmaktadır (Doymaz ve İsmail, 2012; Özaydın ve Özçelik, 2014). Armut meyvesi kurutulmuş da taze olarak da

tüketilmektedir. Bunun yanında kurutulmuş ürünlerle sos, meyve reçeli, meyve suyu meyve çayı üretimleri de yapılabilmektedir (Lutovska vd., 2016).

Kurutma sırasında ve kurutma sonrasında gerek duyuşal, gerek ağırlık kaybına bağılı gerçekleşen nem kontrolü gibi durumlar baz alınmaktadır. Kurutma aşamalarında ürün için uygun nem miktarının bilinerek kontrol edilmesi ve bu şartların oluşturulması için kuru ağırlığına bakılması gerekmektedir. Buna istinaden ürünün kurutma başlangıcında nem miktarına bakılması gerekmekte ve ürün kurutmasının sonlandırılacağı su içeriğı miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu durumlar göz önüne alınarak kurutulmuş armut numunesi için uygun olan su oranın 0,17 g su /g kuru ağırlık olduğı belirtilmektedir. Kurutulan armutların kontrolünde bazı kontrol parametreleri kullanılmaktadır. Diğler günlerdeki kurutma yapılması için tazeliğinin korunması için yeterli şartlar sağlanmıştır.

Yapılan tasarım çalışmasında kurutma için gerekli olan Ankara armutları Antalya ilindeki pazardan tedarik edilmiştir. Tedarik edilen armutların mevsimine ve yetiştirildiğı bölgeye uygun şekilde olup olmadığı ve tadı kontrol edilerek kurutma için uygun olup olmadığına bakılmıştır. Armutlar kurutmanın yapılacağı sabah pazardan tedarik edilmiş, diğler 2 gün kurutma yapılacak olan armutlar hava almayan poşete konularak +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Ayrıca kurutma çalışmaları yapılmadan öncesinde, armut numunelerinin kuru madde tayini etüvde yapılmış ve kurutulacak ürünün kuru madde içeriğıne bakılmıştır. Kurutma için kullanılacak olan numunenin kuru madde oranın %16,85-17 olduğı sonucuna varılmıştır.

3.1.2. Çalışmada kullanılan cihazlar

Kurutma kabini (20 litre hacimli kabin): Ürünlerin kurutulmasında kurutma kabini olarak belli montaj ve yalıtım işlemleri yapılarak kullanılmıştır.

Otomasyon ekranı (Omron NB-7W-TW00B HMI): Görsel arayüz ve raporlama için kullanılmıştır.

PLC kontrol sistemi (GMT-396R): Tasarımın otomasyon sisteminde ana kontrolcü olarak kullanılmıştır.

Sıcaklık ve nem sensörleri (I2C haberleşmeli): Kurutma kabini içerisine yerleştirilen bu sensörler hem kabin içi hemde ürün içi sıcaklık nem ölçümleri için kullanılmıştır.

Ardunio uyumlu loadcell (GMT-396R): Kurutma kabini içerisinde, ürün ağırlıklarının zamana bağılı ölçüm ağırlıklarının otomasyon sisteminde izlenmesi için kullanılmıştır.

Arduinio Mega: PLC ve sensörler arasında haberleşme ara yüzü olarak kullanılmıştır.

Mini - mikro fan (XIANG KIN, DC5V Brushless Fan Motor Model, DF2507S5M): Kollektör sisteminde, kollektörün alt köşesine sıcak hava hareketini kollektör içine nüfuz ettirmesi için kullanılmıştır. Bunun yanında kurutma kabiniinde, kabin içerisindeki sıcaklık nem dengesinin sağlanmasında klepe kısmında kullanılmıştır.

Turbo fan: Kabin içerisindeki havanın karıştırılıp kaliteli kurutma sağlanmasında sıcaklık ve nem dengesinin ayarlanması için kullanılmıştır.

Klepe: Kabin içerisinde, otomasyon sisteminde belirlenen sıcaklık ve nem dengesine ulaşıldığında, açılır kapanır sistemi ile kabin içerisindeki ortam dengesini sağlamak için kullanılmıştır.

Solid state relay (Power Box- BL- 24040D): Kurutma kabini içerisindeki rezistansa enerji gönderilmesinde otomasyon sistemi içerisinde kullanılmıştır.

Etüv (Nuve FN500): Kuru madde analizleri gibi yüksek sıcaklık gerektiren analizlerde kullanılmıştır.

Hassas terazi (GOMAX-0.01 g hassasiyet): Kurutulan ürün numunelerinin tartımı için kullanılmıştır.

Su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina Labswift_Aw ± 0.001 hassasiyet): Kurutulan armut numunelerinin su aktiviteleri analizlerinde kullanılmıştır.

Nem tayin cihazı (RADWAG MA.R ± 0.001 hassasiyet): Deneyleri yapılan kurutulmuş ürünlerin nem tayinlerinin ölçümünde kullanılmıştır.

Renk tayin cihazı (Konica Minolta Chroma Meter CR-400): Kurutulmuş olan armut numunelerinin renk ölçümlerinde kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında, su içeriği yüksek olan armut meyvesinin geleneksel şekilde kurutulması ve tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı sistem ile kurutulması çalışmaları yapılmıştır. Geleneksel kurutma ile yapılan kurutma sonucunda kurutulan ürünün kalite, renk, tekstür, kuruma süresi gibi özelliklerine bakılmıştır. Aynı zamanda tasarımı

yapılan kurutma sisteminde kurutulan ürünün tekstür, renk ve kalite, kuruma süresi, enerji maliyeti ve yenilenebilir enerji kaynağını kullanımı gibi durumlara bakılarak sistemin etkinliği araştırılmıştır. Bu iki kurutma sistemleri de Antalya ilinde Ekim ayı içerisinde sıcaklık ve nem dengesinin mevsim ve il şartlarına göre uygun olduğu düşünülen bir zaman diliminde yapılmıştır. Sistemin montajı Antalya ilinde bir binanın çatı katına güneş ışınımının verimliliğinin en iyi şekilde alabilecek şekilde ve 45 °C 'lık açı ile konumlandırılmıştır. Montaj işlemleri bitirildikten sonra geleneksel kurutma ve yenilenebilir enerji kaynaklı kurutmaların yapılması için deneysel çalışmalara başlanılmıştır. Yapılan denemelerde, armut meyveleri kurutma işlemi deneyleri öncesinde 0.1 g ölçüm hassasiyetli hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir. Üç günlük yapılan denemelerde her deneme için kullanılan taze ürün miktarı 100-110 gram arası alınmıştır. Armut kurutulması sırasında ağırlık değişimleri otomasyon sistemi ile takip edilmiştir. Bu şekilde armuttan uzaklaşan su miktarının belirlenmesi sağlanmıştır. Kurutma işlemi sonucunda armut dilimlerinin tepsideki görünüşü Şekil 3.1'de ve geleneksel kurutma sistemi denemeleri aşamalarındaki resimler Ek-C'de verilmiştir. Bu şekilde, farklı kalınlıklarda dilimlenen armut dilimlerinin kuruma süreleri, içeriğindeki nem miktarı ve kuruma davranışları gibi durumlar tespit edilerek kıyaslamalar yapılmıştır.

Kurutma işleminin her iki uygulamasında kullanılacak olan armut numunelerinin ilk nem içeriklerinin belirlenmesi amacıyla etüvde kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ürünün kurutulması sırasındaki nem kontrolünün yapılması için ürünün kuru ağırlığının bilinmesi gerekmektedir. Armut dilimi için kurutma sonrasında uygun olan su oranı en çok 0.17 g su/g kuru ağırlıktır.

Kurutma çalışmasında kullanılacak armut numunesi içindeki su miktarının % olarak ifade edilmesi hususunda Yaş Baza (YB) göre nem ve Kuru Baza (KB) göre nem kavramları kullanılmaktadır. Kuru baza göre nem M_{kb} , numunedeki su ağırlığının, numunenin kuru ağırlığına oranını ifade etmektedir. Yaş baza göre nem M_{yb} , numunede bulunan su ağırlığının numunenin tüm ağırlığına oranı olarak ifade edilmektedir. Bu oranlar aşağıda verilen 3.1. ve 3.2. denklemlerindeki bağıntılarla hesaplanabilmektedir (Şen, 2010).

$$M_{kb} = \frac{m_s - m_k}{m_k} \times 100 \quad (3.1)$$

$$M_{yb} = \frac{m_s - m_k}{m_s} \times 100 \quad (3.2)$$

Bu bağıntılarda, M_{kb} ürünün kuru baza göre nem içeriğini, m_s ürünün yaş kütlesi (g), m_k ürünün kuru kütlesi (g) olarak M_{yb} ürünün yaş baza göre nem içeriği belirtilmektedir.

Yenilenebilir enerji kullanılarak sağlanan kurutma sistemindeki verim, 3.3 denkleminde belirtilen kurutma süresince üründeki nemin uzaklaştırılması için gerekli toplam enerji miktarının hesaplanarak, 3.4 denkleminde verilen kabin ısıtıcısının kurutma süresince tükettiği enerjiden çıkarılması ile elde edilmiştir.

$$\Sigma Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (3.3)$$

$$\Sigma Q = Q_{kollektör} - Q_{ısıtıcı} \quad (3.4)$$

Burada;

$Q(J)$: kurutma için gerekli enerji miktarı,

$m(g)$: kurutma için uzaklaştırılan su kütlesi,

$c(J/kg \cdot ^\circ C)$: kurutmada uzaklaştırılmak istenen suyun öz ısı değeri ($4186 J/kg \cdot ^\circ C$),

$\Delta T (^\circ C)$: Anlık kabin giriş sıcaklığı ve anlık kabin çıkış sıcaklığı arasındaki farktır.

Kurutma süresince kabin içi ısıtıcının enerji miktarı 3.5'te verilen denklem ile elde edilmiştir.

$$Q_{ısıtıcı} = P_{ısıtıcı} \times t_{çalışma} \quad (3.5)$$

$Q_{ısıtıcı} (J)$: kurutma süresince kabin içi ısıtıcının enerji miktarı,

$P_{ısıtıcı} (watt)$: kabin içi ısıtıcının saniye güç tüketimi,

$t_{çalışma} (s)$: kurutma süresinde ısıtıcının toplam çalışma süresidir.

Kabin içi ısıtıcının saniyedeki güç tüketimi ($P_{ısıtıcı}$) $0.389 watt$ 'dır.

Deneyisel çalışmaların $Q_{kollektör}$ hesaplaması aşağıdaki verilen 3.6 denklem kullanılarak elde edilmiştir.

$$Q_{kollektör} = \Sigma Q - Q_{ısıtıcı} \quad (3.6)$$

1.Gün kurutma deneyleri için,

$t_{çalışma} = 1080s$ çalışma süresi için $Q_{ısıtıcı} = 420.12 J$ hesaplanmıştır.

$\Delta T = 46.25^\circ C$ ve $m = 83.9 g$ için $\Sigma Q = 16243.25 J$ 'dür.

Kollektör tarafından sağlanan verimli enerji miktarı:

$Q_{kollektör} = 15823.13 J$ olarak hesaplanmıştır.

2. Gün kurutma deneyleri için,

$t_{çalışma} = 960s$ çalışma süresi için $Q_{ısıtıcı} = 373.44 J$ hesaplanmıştır.

$\Delta T = 48.78^\circ C$ ve $m = 84.5 g$ için $\Sigma Q = 17254.32 J$ 'dür.

Kollektör tarafından sağlanan verimli enerji miktarı:

$Q = 16880.88 J$ olarak hesaplanmıştır.

3. Gün kurutma deneyleri için,

$t_{çalışma} = 1140s$ çalışma süresi için $Q_{ısıtıcı} = 443.46 J$ hesaplanmıştır.

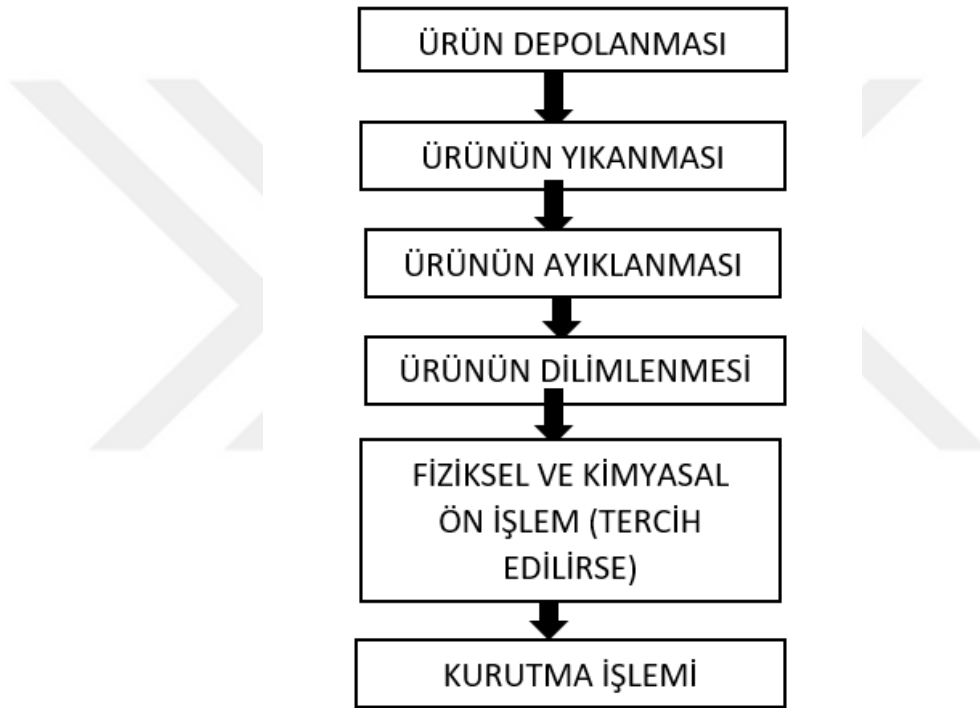
$\Delta T = 43.40^\circ C$ ve $m = 102.6 g$ için $\Sigma Q = 18639.59 J$ 'dür.

Kollektör tarafından sağlanan verimli enerji miktarı:

$Q_{kollektör} = 18196.13 J$ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın önemi her iki sistemde de yapılan ürün kurutmalarında, kurutma aşamalarındaki sıcaklık, nem gibi parametrelerin kurutma kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Aynı zamanda, tasarımı yapılan otomasyon sistemine bağlı kurutma sisteminin gıda kurutmasındaki etkinliği ve kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Her iki sistemde (geleneksel kurutma ve güneş enerjili kurutucu tasarımı) yapılmış olan gıda kurutması için uygulanan işlemlerin genel hatları Şekil 3.1'deki akış şeması izlenmiştir.



Şekil 3.1. Armut kurutma süreci

Armut numuneleri kurutmanın yapılacağı ilk gün temin edildiğinden dolayı, geleneksel kurutma ve 1. Gün kurutma denemeleri için kullanılmıştır. Diğer günlerde yapılacak olan kurutma işlemleri için numuneler kilitli poşete konularak +4°C 'de muhafaza edilmiştir. Ürünlerin dilimlenmesinde keskin bir bıçak kullanılmış ve eşit şekilde kesilmiştir. Ürünlerin yıkanma ve dilimlenme aşamasında sonra kurutmaya kadar geçene kadarki zaman çok hızlı olduğundan dolayı ön işleme tabi tutulmamıştır.

3.2.1. Geleneksel kurutma sistemi

Güneş enerjisini kullanarak açık havada kurutma uygulaması çok eski yıllardan beri süregelen ve uygulanan bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Geleneksel kurutma dediğimiz bu yöntem uzun bir süreçte gerçekleşmektedir. Bunun yanında gerek ürün tekstüründe, gerekse ürün renginde ve tadında bozulmalara sebebiyet vererek kurutulan üründe kalite kayıplarına yol açmaktadır. Bunun teknikte dış hava şartlarının olumsuz etkilerine karşı bir koruma sağlanamamaktadır. Geleneksel kurutmada, üründeki kalite özelliklerinin bozulmasının yanı sıra aflatoksin oluşması, dış faktörlerden kaynaklı olan üründe böceklenme, kuruyan ürünlerde mikotoksinlerin oluşması ve mikroorganizmaların oluşması gibi dezavantajlar bulunmaktadır. Bunun yanında olumsuz hava şartlarının olması, iklim şartlarına göre gerçekleşen değişimler, küflerin oluşması ve kurutulan ürünlerdeki malzeme kayıpları görülmektedir. Bu süreçler göz önüne alındığında hem zaman hem de alan genişliği bakımından sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu dezavantajları baz alarak yeni sistemler geliştirilmeye ve halihazırda olan kaynakların en verimli şekilde kullanılarak enerjinin sürdürülebilirliği sağlanması ve maliyet tüketiminin düşürülmesi adına çalışmalar yapılmaktadır.

Bu yapılan çalışmada, geleneksel kurutma deneyi Antalya ilinde merkezde bir binanın çatısında yere serilerek yapılmıştır. Kurutma işlemi uygulanacak olan armut numuneleri yıkanarak, 4 ± 1 mm kalınlığında yarım ay şeklinde dilimlenmiştir. Kurutma denemeleri yapılan günlerde ortam sıcaklığı en yüksek 28 olarak ölçülmüştür. Kurutma işlemine başlamadan önce 0.01 g hassas terazi ile başlangıç ağırlığı tartılıp kayıt altına alınmıştır. Başlangıç ağırlığı 105,5 g 8 Ekim’de açık havada kurutulmaya başlanan ürün 9 Ekim saat 15.00 civarında sonlandırılmıştır.

3.2.2. Güneş enerjili ve ısı depolamalı kurutma sistemi tasarımı

Bu tez çalışmasında tasarımı yapılan sistem için kurutma sistemi, kurutma kabini, sistemde kullanılan güneş toplayıcı kollektör, ürün kurutulması için sisteme uygun hazırlanan tepsi, verilerin alınacağı ekran, kuruyan ürünlerin manuel tartımının yapıldığı hassas terazi ve sistemin kontrol ve otomasyonun sağlanması için PLC kontrol sisteminden oluşmuştur.

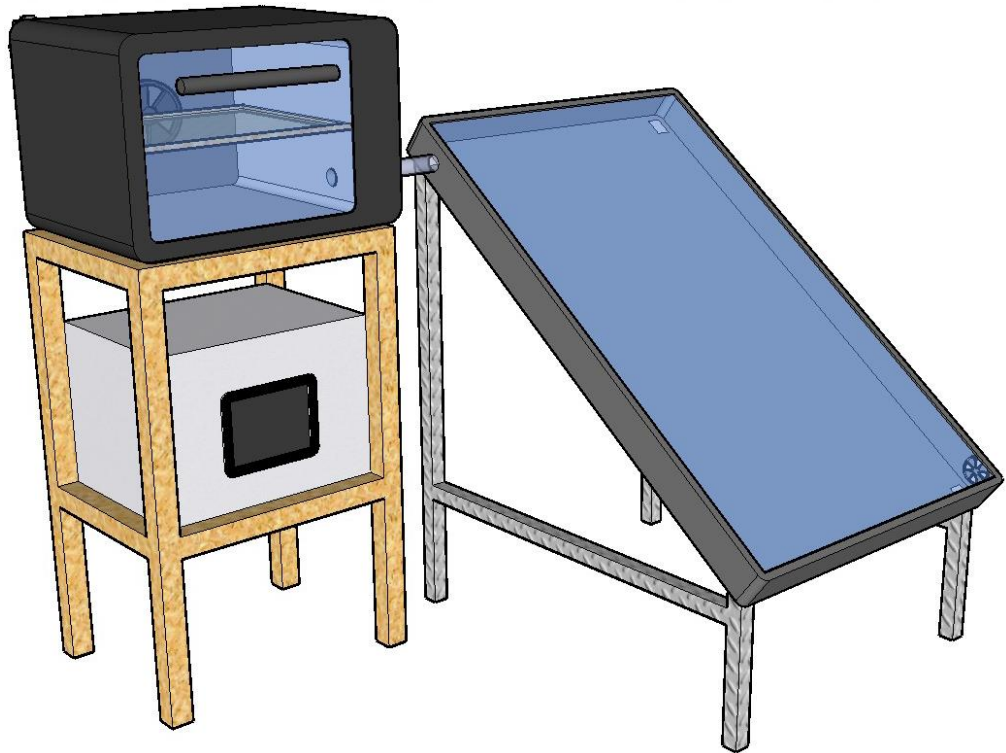
3.2.2.1. Kurutma sisteminin seçimi

Kurutma sisteminin tasarımı ve çalışma yapısı, kurutulacak olan ürünün istenilen kalite ve tekstürde kurutulabilmesi için önemlidir. Kurutma araştırmalarında kurutma sistemlerinde genelde güneş enerjisinin kullanıldığı görülmektedir (Cankurtaran, 2018).

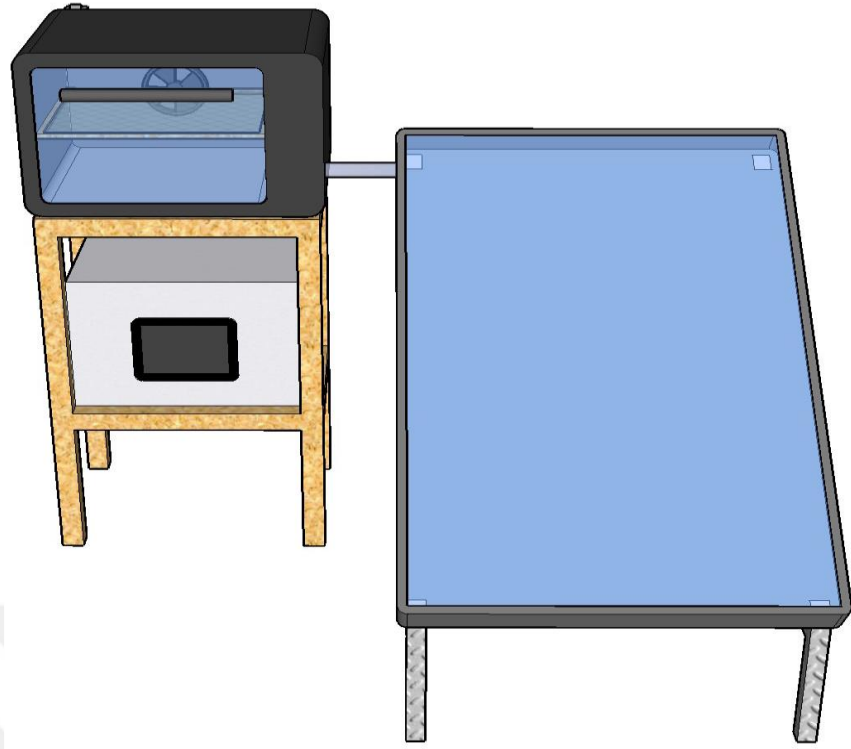
Bu tez çalışmasında, güneş kaynağının kullanılmasında en büyük etken doğal bir kaynak olması ve maliyetinin oldukça düşük olmasındandır. Kurutma süreci ürüne özgü olarak değişiklik gösterdiğinden dolayı tekstürü bozulmamış kaliteli kurutmanın yapılabilmesi için kurutma sisteminin çalışma yapısı kurutulacak ürüne göre ayarlanmalıdır. Ayrıca tasarımı yapılan sistemde sıcaklık ve nem dengesi ürüne göre kontrolü sağlanacak şekilde ayarlanmış olduğundan dolayı kurutma kalitesi anlamında iyi bir ürün elde edilmesi sağlanmıştır. Farklı gereksinimler kurutucu sisteminin tasarım esaslarını belirlemektedir. Kurutulacak gıda ürünün durumu, nem içeriği, üründen uzaklaştırılması gereken su miktarı, ürünün fiziksel boyutları, kimyasal içeriği ve çevre şartları gibi durumlar kurutma sisteminin seçiminde etkili olmaktadır.

Bu çalışmada tasarımı yapılan kurutma sistemi güneş enerjisini kullanarak, mevsim normallerine göre olan hava sıcaklığının kollektörde yüksek bir sıcaklığa ulaşması ve ürün kurutmasının etkin şekilde gerçekleşmesi için yapılmıştır.

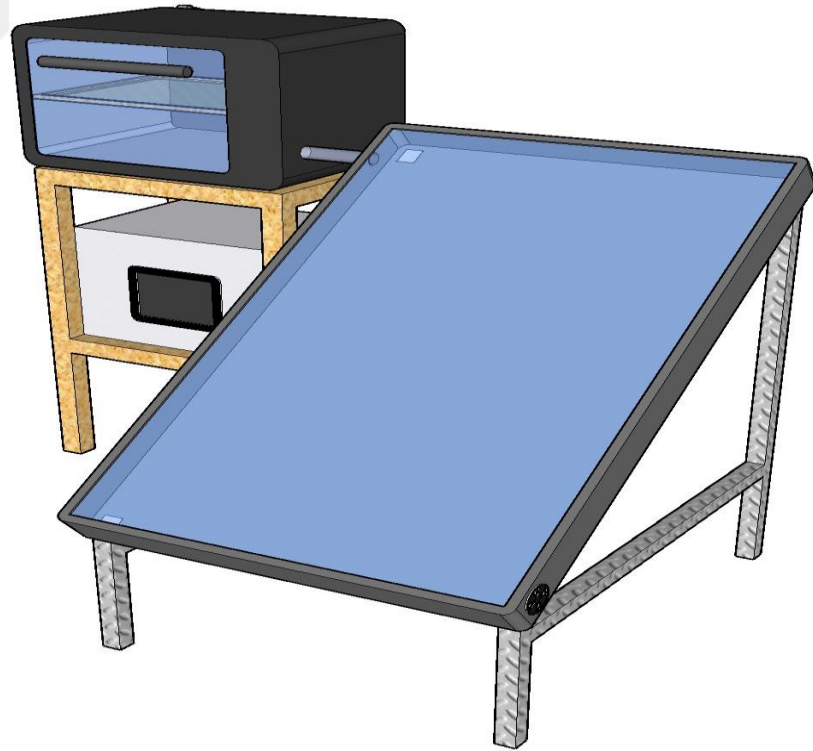
Bu tez çalışmasında tasarımı yapılan kurutma sistemi, yenilenebilir enerji ile gıda kurutması uygulaması yapılması ve ürün üzerindeki kalite özelliklerinin araştırılarak kurutma etkinliğinin araştırılması için dizayn edilmiştir. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı kurutma sisteminin Şekil 3.2’de sol ön görseli, Şekil 3.3’de ön görseli, Şekil 3.4’de sağ ön görseli, Şekil 3.5’de arka görseli’nin yapılmış çizimleri verilmiştir.



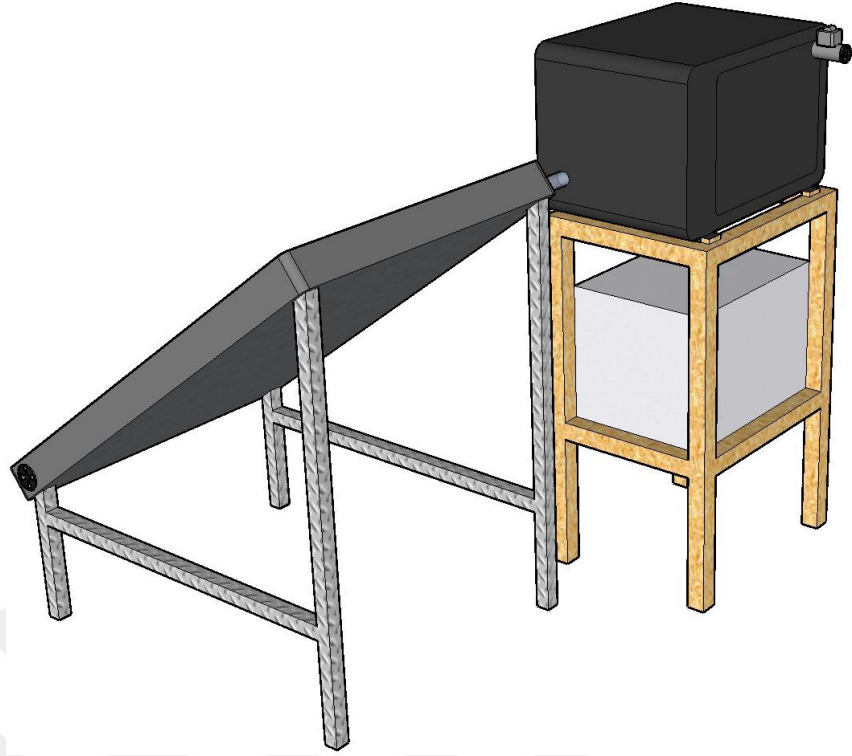
Şekil 3.2. Sistemin sol-ön görseli



Şekil 3.3. Sistemin ön görseli



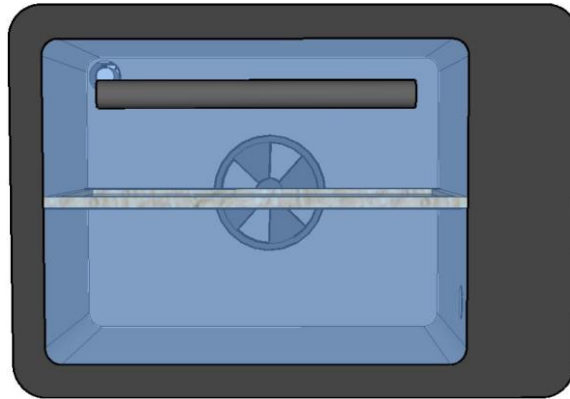
Şekil 3.4. Sistemin sağ-ön görseli



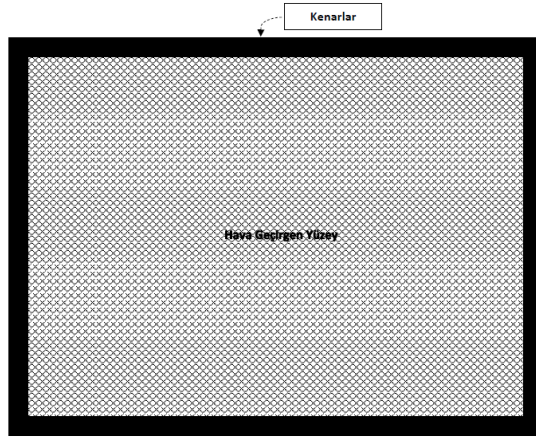
Şekil 3.5. Sistemin arka görseli

3.2.2.2. Kurutma kabini sistemi

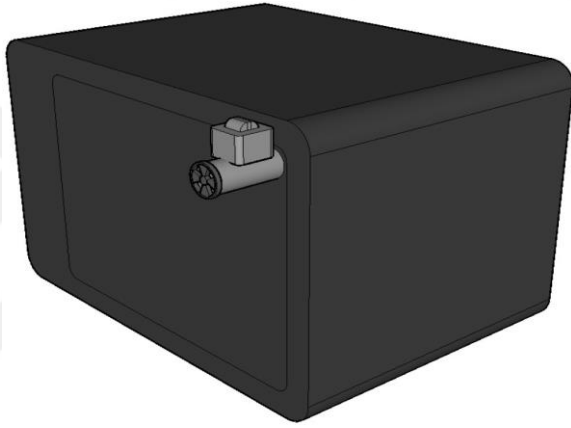
Proje kapsamında 440 x 440 x 330 mm (En x Boy x Yükseklik) dış ölçülerde, 280 x 350 x 200 mm (En x Boy x Yükseklik) iç ölçülerde kurutma kabini tasarımı yapılmıştır. İç ve dış yüzey malzemesi olarak paslanmaz çelik metal kullanılmıştır. Dış ve içi yüzey arasında izolasyon malzemesi kullanılarak ısı kayıpları minimum düzeye düşürülerek ısı tutma kapasitesi arttırılmıştır. Şekil 3.6'da kurutucu kabin ön görseli, Şekil 3.7'de verilen hava geçirgen yüzey olarak çیتالara gerilen paslanmaz tel ile yapılmış kurutma tepsisi olarak kullanılmıştır. Şekil 3.8'de kurutucu kabin sağ görseli, Şekil 3.9'da kurutucu kabin arka görseli çizimleri verilmiştir.



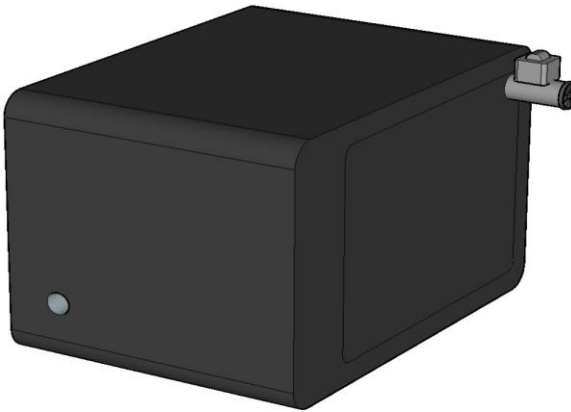
Şekil 3.6. Kurutucu kabini ön görseli



Şekil 3.7. Kurutma tepsisi



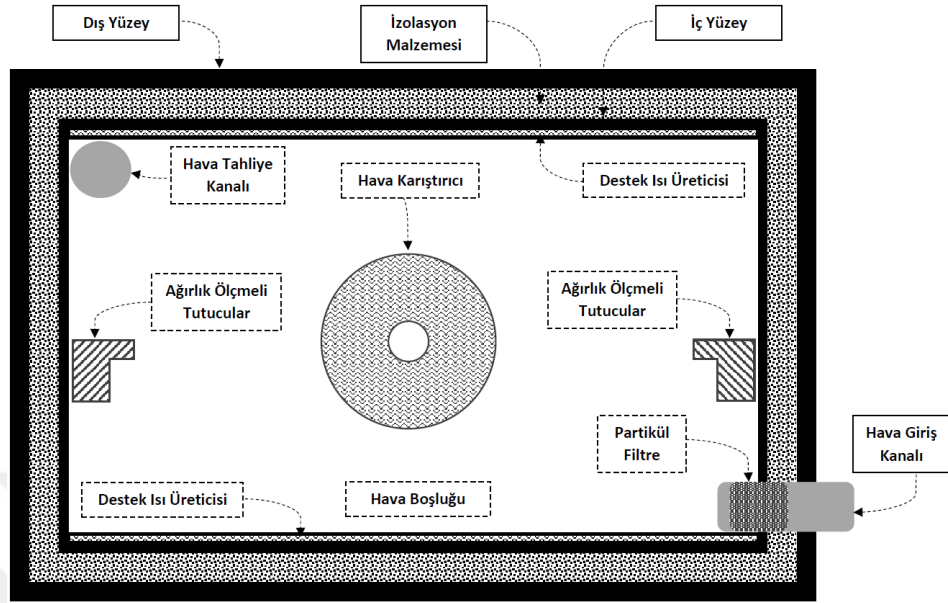
Şekil 3.8. Kurutucu kabini sağ yan görseli



Şekil 3.9. Kurutucu kabini arka görseli

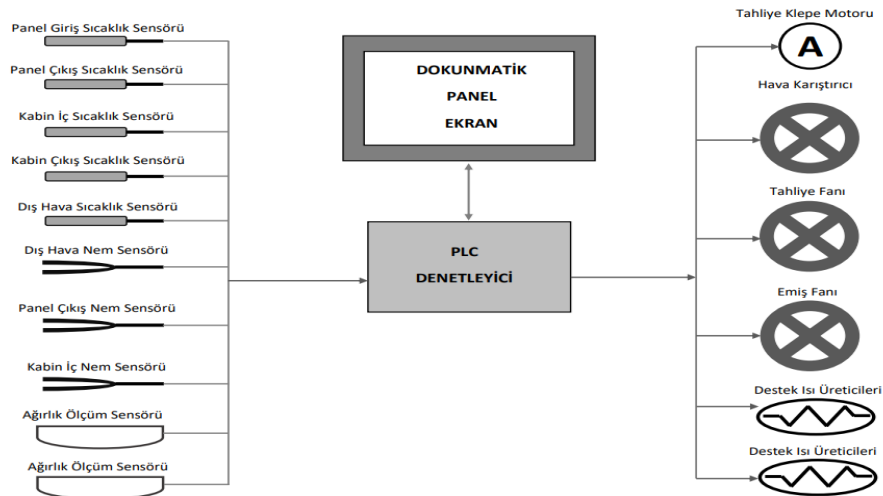
Şekil 3.10’de detaylı çizimi yapılmış kurutucu kabin içi detayında, kabin üzerinde hava giriş ve hava tahliye kanalları açılmıştır. Kabinin iç arka yüzeyine kabin iç bölgesinde her noktada eşit ısı ve neme sahip hava dengesinin sağlanması için hava karıştırıcı fan yerleştirilmiştir. Ayrıca karıştırıcı fanın hava hareketi ve hava sirkülasyona destek sağlaması amaçlanmaktadır.

Kurutma kabini içerisinde 3.10’de görüldüğü gibi cihaz ve ekipmanlar konumlandırılarak, kurutmanın kabin içerisinde gerçekleşeceği sistem yapılmıştır.



Şekil 3.10. Kurutucu kabin içi ekipmanların yerleşim detayları

Kurutma kabini olarak kullanılacak fırındaki ısı kayıplarının önüne geçmek ve ısı yalıtımını sağlamak için izolasyon malzemesi olarak camyünü malzemesi kullanılmıştır. Kurutma kabini içerisine giren sıcak havanın karıştırılıp, eşit kuruma dengesinin sağlanması ve kaliteli bir kurutma yapılması için hava karıştırıcı kullanılmıştır. Destek ısı üreticisi olarak kullanılan ve kurutma fırının içerisinde hali hazırda olan turbo fırın rezistansları, turba fanın neden olduğu devir daim havasına ek olarak, kapsamlı bir ısı kaynağının sağlanması için kullanılmıştır. Şekil 3.11’de verilen elektronik elemanlar kurutucu kabinin kontrol ve otomasyonu için kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Kurutucu kabin otomasyonunda kullanılan elemanlar

Bunun yanında kurutma sırasında, kurutulacak olan gıda numunelerinin pişmesini, kavrulmasını ve yanmasını engellemektedir. Destek ısı üreticisi olarak kullanılan fırın rezistansları kurutmanın eşit şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Kurutma kabini içerisindeki hava giriş kanalı, kabin içerisine kollektörden sıcak havanın girişini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Hava tahliye kanalı, kabin içinde sıcaklık ve nem dengesinin sağlanmasında hava tahliyesinin sağlanması için şekil 3.10'da görüldüğü şekilde ayarlanmıştır. Kurutma kabini içerisine ağırlık ölçmeli tutucular olarak Loadcell yerleştirilmiştir. Kurutulan ürünlerin kurutma başlangıcından, kurutma bitimine kadarki kaybettikleri su ağırlıklarının otomasyon sisteminde takip edilmesi için ayarlanmıştır.

Kurutma kabini içerisine yerleştirilen sıcaklık sensörlerinin yerleştirildiği noktalar aşağıdaki şekilde verilmiştir.

- T₁- Panel giriş sıcaklık değeri,
- T₂- Panel çıkış sıcaklık değeri,
- T₃- Kabin iç sıcaklık değeri,
- T₄- Kabin çıkış sıcaklık değeri,
- T - Dış hava sıcaklık değeri ,

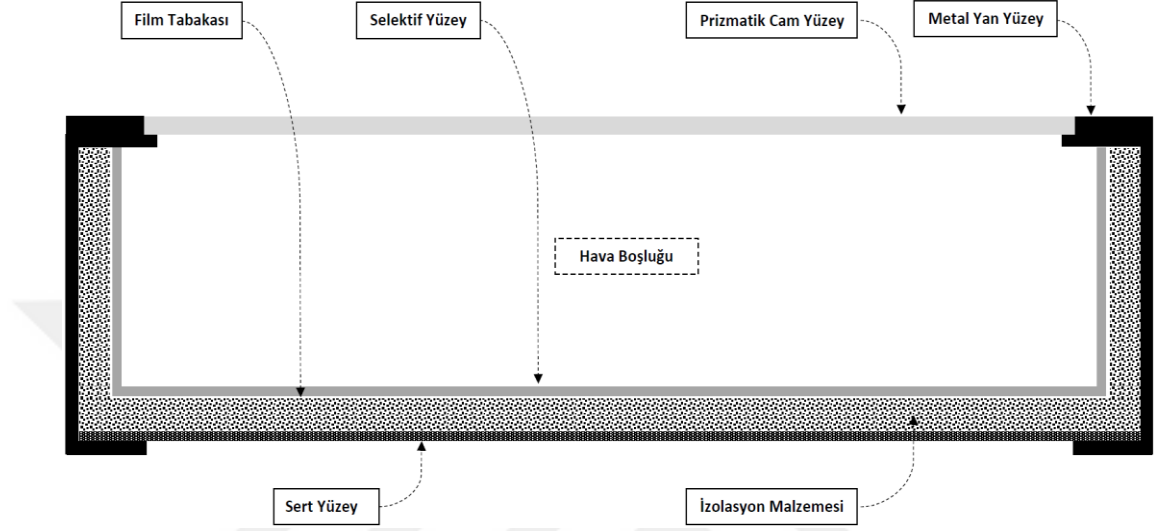
Nem sensörlerinin yerleştirildiği noktalar: kabin içi nem değeri, dış hava nem değeri, panel çıkış nem değeri.

3.2.2.3. Güneş toplayıcı sistem ve açılı sehpa sistemi

Güneş enerjisinin kullanıldığı sistemlerin parçalarından en önemlisi güneş kollektörleri olmaktadır. Güneş enerjisi ile gelen ısının kollektör içerisinde artırılarak, ek ısıtıcılarında yardımı ile tarımsal ürünleri kurutmada kullanılabilir. Bunun yanında orta ve düşük sıcaklık uygulamalarının yapıldığı alanlarda sıcak havanın temini bu sistemler ile sağlanabilmektedir.

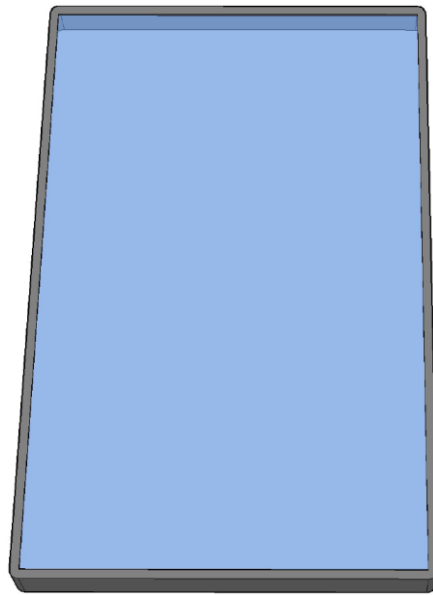
Bu tez çalışmasında güneş toplayıcı sistem olarak kullanılan havalı güneş kollektörü kullanılmasındaki sebep ağırlıkça hafif olması, kollektör malzemelerinin teminin kolay olması, kollektöre yapılacak ek montaj işlemleri ve ısı özelliklerindeki durumların uygun olmasından dolayı tercih edilmiştir. Kollektör dış ölçüleri 1150x800x95 mm (Boy x En x Derinlik)' dir. Havalı güneş kollektöründeki kasa malzemesi alüminyumdur. İç yan ve taban yüzeyi 20mm kalınlıkta yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır. Şekil 3.12'de güneş toplayıcı olarak kullanılan toplayıcı sistemin kesit detayı ve Şekil 3.13'de sketch up çizim görselleri ile oluşturulan sistemin yüzeyi ve iç yapısı belirtilmiştir. Bunun yanında yutucu levha olarak kullanılan levha yüzeyi siyah mat boyalı selektif kaplanmış alüminyum levha kullanılmıştır. Kollektörünün güneş ışığını

topladığı kısım prizmatik cam yüzeyden oluşmaktadır. Kollektördeki sızdırmazlığın tam anlamıyla sağlanması için kasa ile cam arasında ultraviyole ışınlarına karşı dayanıklı olan conta kullanılmıştır.

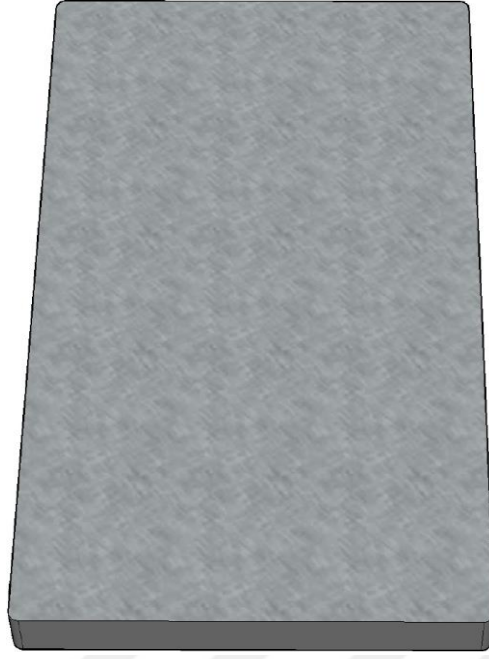


Şekil 3.12. Güneş toplayıcı sistem detay çizimi

Çalışmada güneş toplayıcı sistem olarak kullanılan havalı güneş kollektörünün içerisine gıdaya uyumlu poşet konularak kurutmanın hijyenik şartlarda yapılmasının sağlanması amaçlanmıştır. Güneş toplayıcı sistem olarak kullanılan güneş kollektörünün ön görseli Şekil 3.13'de, güneş kollektörünün arka görseli Şekil 3.14'de ve güneş kollektörünün yan görseli Şekil 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.13. Güneş toplayıcı ön görseli



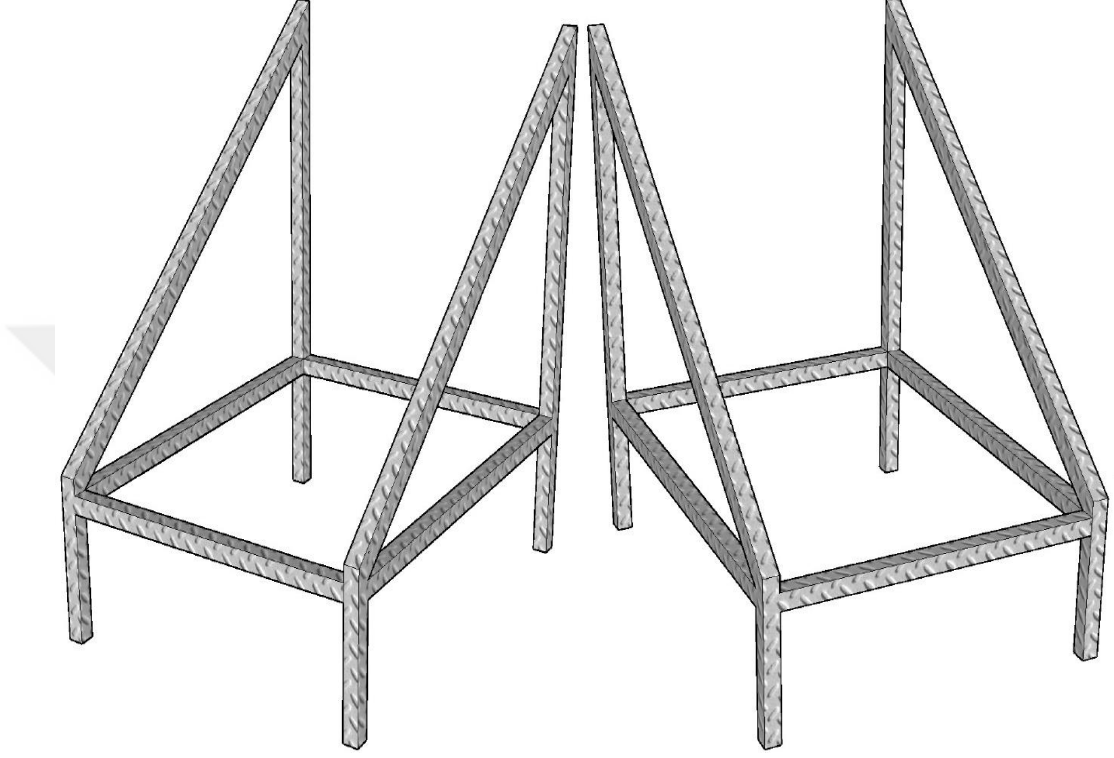
Şekil 3.14. Güneş toplayıcı arka görseli



Şekil 3.15. Güneş toplayıcı yan görseli

Çalışması yapılan kolektörün konumlanacağı ve güneş ışığını toplayacağı durumlar baz alınarak alt köşesine sıcak hava girişini hızlandıracak olan elektrikli DC 5V-6V özellikli fan monte edilerek, sıcak havanın kolektöre girişi ve aşağıdan yukarıya doğru, yukarı yönlü bir hava akışının sağlanması ve kolektör üzerinden havanın geçirilmesi hedeflenmiştir. Kolektörden kurutma kabinine sıcaklığın aktarılacağı bölümdeki contalı kısma, sıcaklık sensörü yerleştirilerek kolektörden çıkış sıcaklık ölçümünün yapılması sağlanmıştır. Kolektörden kurutma kabinine sıcak hava akışının sağlanması amacıyla yalıtkan bir hortum

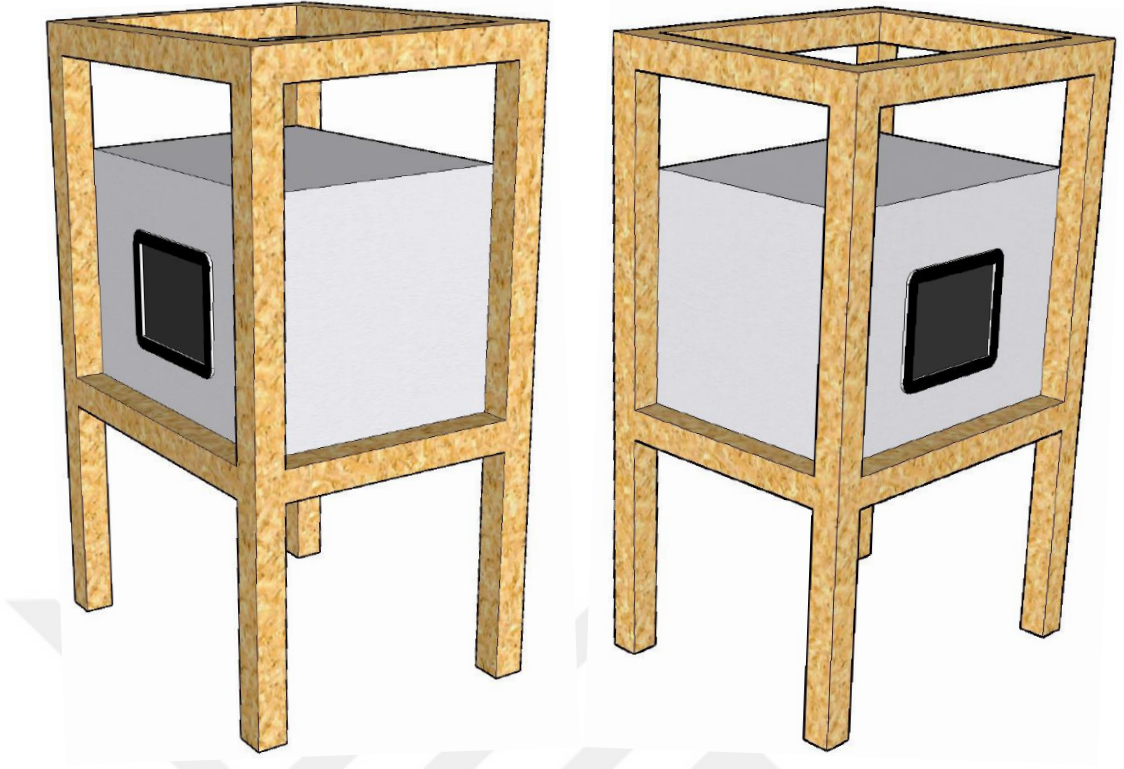
ile bağlantı yapılmış ve sıcak havanın aktarımı sağlanmıştır. Güneş ışınımından en yüksek seviyede yararlanılması amacıyla, Antalya ilindeki kurutma yapılan ay ve mevsim şartları ve güneş ışınımı göz önüne alınarak optimum eğim açısının ortalama 45 °C eğimli olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bunun için metal parçalarla montajı yapılan, taşıyıcı sehpa sağ ve sol ön görseli Şekil 3.16’da verilmiştir.



Şekil 3.16. Taşıyıcı sehpa sağ ve sol ön görseli

3.2.2.4. Kurutma sisteminde kullanılan otomasyon sistemi

Güneş enerjili kurutma sistemi tasarımıdaki, ürün kurutma deneylerinin kontrol ve kurutma sırasındaki verilerin gözlemlenmesi için GMT- 369 R PLC ve Arduino kullanılarak bir otomasyon sistemi ayarlanmıştır. Bu ekipmanlar kurutma kabininin konumlandırıldığı, tahtadan montajı yapılmış platform altına elektrik panosunun içine sisteme uygun şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 3.17’de sağ ve sol ön görseli verilen platformda konumlandırılan elektrik panosu içerisine yerleştirilen cihazlardaki haberleşme sağlanarak ekranda verilerin okunması sağlanmıştır.



Şekil 3.17. Otomasyon elektrik panosu sağ ve sol ön görseli

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Geleneksel Kurutma Deneyi ve Sonuçları

Kurutma işlemi için armut numunelerini yıkanarak, 4 ± 1 mm kalınlığında yarım ay şeklinde dilimlenmiştir. Armutlar sabah tedarik edildiği için yıkanıp dilimlendikten sonra kararma olmaması için hiçbir ön işleme tabi tutulmadan kurutma tepsisine yerleştirilerek kurutma denemesine başlanmıştır. Dilimlenen numuneler tepsiye kısa aralıklarla dizilmiştir. Kurutma denemeleri yapılan günlerde ortam sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Geleneksel kurutma denemeleri ile aynı anda tasarımı yapılan kurutma sistemi denemeleri yapılmaya başlandığından dolayı dış hava sıcaklık sensörleri güneş enerjili tasarımı yapılan sistemde, belli bir zaman dilimine kadar ölçüm gerçekleştirmiştir. Gerek tasarımı yapılan sistemin dış hava sıcaklık sensör verilerine göre gerek Ek-A'da verilen Weather Spark verilerine göre Antalya ilinde kurutmanın yapılacağı gün hava sıcaklığı en yüksek 28°C , en düşük 16°C olarak ölçülmüştür. Kurutma işlemine başlamadan önce 0.01 g hassas terazi ile başlangıç ağırlığı tartılıp kayıt altına alınmıştır. 8 Ekim 'de saat 09:40'da başlangıç ağırlığı 105,5 g olarak açık havada kurutulmaya başlanan armut numuneleri geleneksel kurutma uygulamasına tabi tutularak kurumaya bırakılmıştır. 8 Ekimde tasarımı yapılan sistemin 1.gün kurutmasında tasarımı yapılan sistemde kuruyan numunelerin kurutma işlemi sonlandırıldığında, geleneksel kurutulan armut numuneleri tartımı hassas terazi ile yapılmıştır. Tasarımı yapılan sistemin 1.Kurutması saat 14:30 civarında sonlandırıldığında, geleneksel kurutmadaki armut numunelerinin ağırlığının 61.1 olduğu ölçülmüştür. Numuneler 1 gün sonra kontrol edilerek, kurutma işlemi 9 ekim saat 15.00 civarında sonlandırılmıştır. Kurutma işlemi 1760 dk (29 saat 20 dk) sürmüştür. Kuruyan armut numuneleri tepside alınarak 0.01g hassasiyete sahip terazi ile tartılmış ve ürünün son ağırlığı 21,1 g olarak ölçülmüştür.

Bu kurutma deneme sırasında ölçülen ağırlık değişim durumlarına göre 3 ± 2 mm kalınlığındaki armut numuneleri 105,5 g'dan 21,1 g'a kadar kurutulmuştur.

Bu da numune ürün nem içeriğinin %20 olduğunu göstermektedir. Armut numuneleri %83 $\pm$ 0.52 nem içeriğinden %20 civarındaki nem içeriğine yaklaşık 29 saat 20 dk sürede indirilmiştir.

4.2. Tasarımı Yapılan Sistemin Kurutma Deneyleri ve Sonuçları

4.2.1. 1. Kurutma deneyi çalışma ve sonuçları

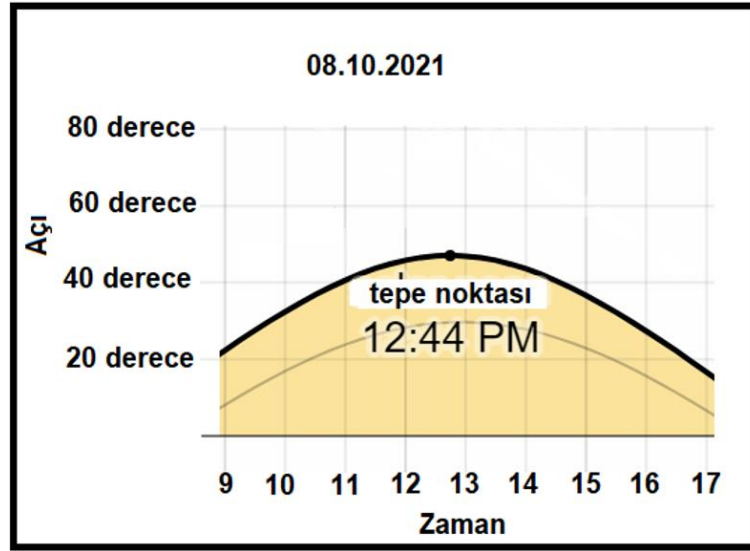
Tasarımı yapılan kurutma sisteminin ilk deneyi 8 Ekim 2021 tarihinde yapılmıştır. Gerek tasarımı yapılan sistemin dış hava sıcaklık sensör verilerine göre gerek Ek-A'da verilen Weather Spark verilerine göre Antalya ilinde kurutmanın yapılacağı gün hava sıcaklığı en yüksek 28°C , en düşük 16°C olarak ölçülmüştür. Ancak tasarımı yapılan sistemdeki kurutma

belli zaman aralıklarında olduğundan dolayı günün en düşük sıcaklığı bu kurutma üzerinde etkili olmamıştır. Aynı günün sabahında temin edilen ve aynı tarihte yapılan geleneksel kurutma sisteminde de kullanılacak olan armut numuneleri yıkanarak 4 ± 1 mm kalınlığında yarım ay şeklinde dilimlenmiştir. Dilimlenme ile kurutma fırınına alınması arası kısa sürdüğünden dolayı herhangi bir ön işleme tabi tutulmamıştır. Üzeri sıcaklığa dayanıklı tel gerilen tepsi üzerine kısa aralıklarla dizilerek kurutma fırınına alınmıştır. Fırın içi sıcaklık 65°C 'ye ayarlandıktan sonra kurutma işlemi başlatılmıştır. Kabin içi nem oranı, armut ürün özellikleri baz alınarak alt sınır % 20 ve üst sınır % 30'a ayarlanmıştır. Kurutma kabini içerisinde set edilen nem değerlerinin altında kalması ya da üstüne çıkması durumunda fan sistemi devreye girerek nem kusturma işlemi yapılmıştır. Bu şekilde hem sıcaklık hem sabit nem oranı sağlanarak kurutma işleminin stabil olarak devam etmesi sağlanması amaçlanmıştır.

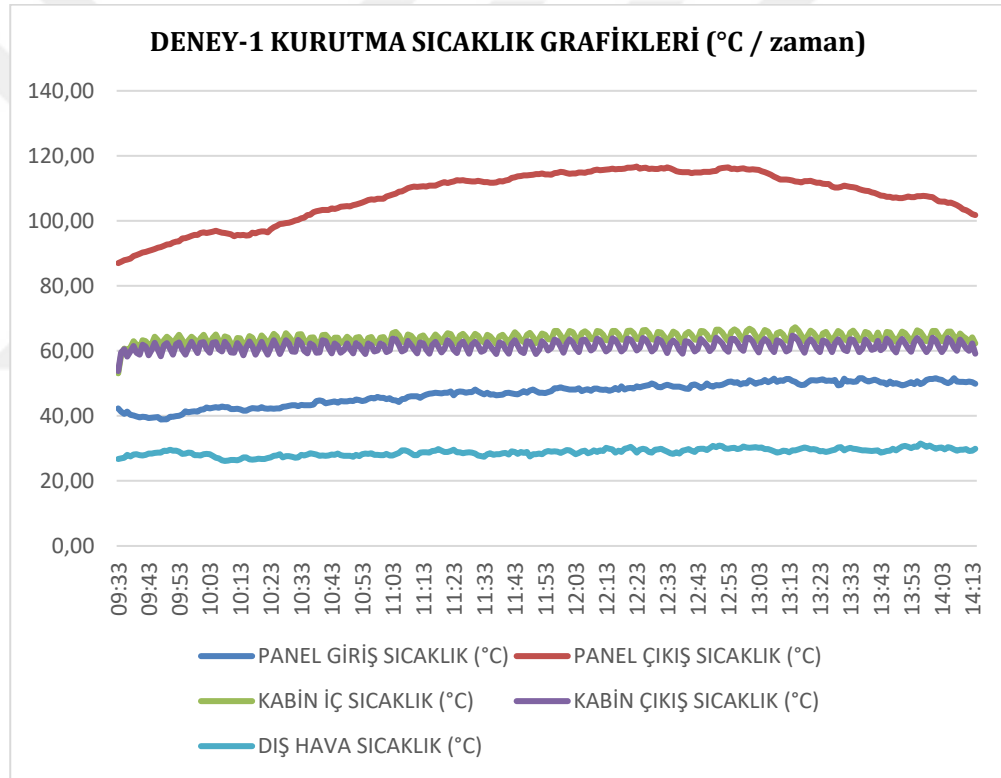
Sıcaklık ve nemin belirlenen değerlere göre sistemde ayarlanmasının sebebi, kurutulan armut numunelerindeki kalite kriterlerinin sağlanması ve kurutulan üründe tekstür ve duysal olarak iyi bir ürün elde edilmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Tasarımı yapılan sistemde 1.gün kurutma işleminde 8 Ekim saat 09:30 civarında başlangıç ağırlığı 104,6 g olarak kurutma işlemi otomasyon sisteminden başlatılmıştır. Saat 14:20 civarında kurutma sonlandırılmış ve armutlar kurutma fırınından aldıktan sonra 0.01 g'lık hassas terazi ile ölçümleri yapılmış ve ağırlıkları 20,8 g olarak ölçülmüştür.

Bu kurutma deneme sırasında ölçülen ağırlık değişim durumlarına göre 4 ± 1 mm kalınlığındaki armut numuneleri 104,6 g'dan 20,8 g'a kadar kurutulmuştur. Bu da numune ürün nem içeriğinin %19,9 olduğunu göstermektedir. Armut numuneleri 83 ± 0.52 nem içeriğinden %19,9 civarındaki nem içeriğine yaklaşık 5 saatlik sürede indirilmiştir.

Kurutma deneylerinin yapıldığı zaman aralığında Antalya bölgesinin güneşlenme açıları Şekil 4.1'de sunulmuştur. Deney sırasında Şekil 4.2'de 1.gün kurutma sıcaklık değerleri, Şekil 4.3'de panel sıcaklık değerleri, Şekil 4.4'de kabin sıcaklık değerleri, Şekil 4.5'de kabin içi nem değerleri, Şekil 4.6'da ürün ağırlığının zamana bağlı değişimi ve Şekil 4.7'de ısıtıcı çalışma süresi verileri grafikte gösterilmiştir.

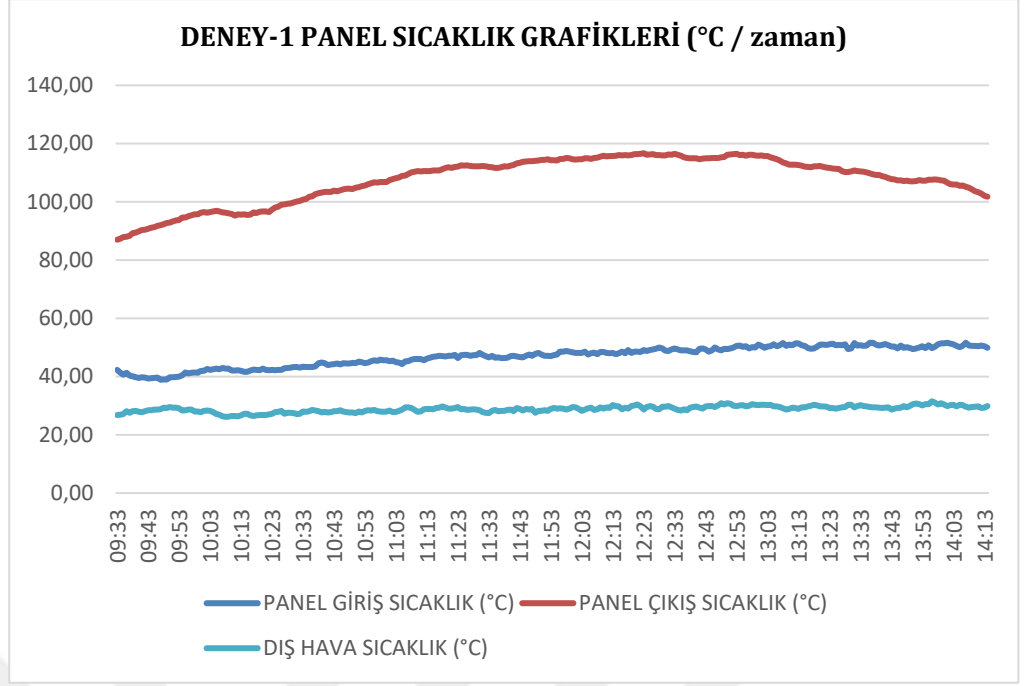


Şekil 4.1. 1.Gün kurutma yerleşkesi güneşlenme açıları



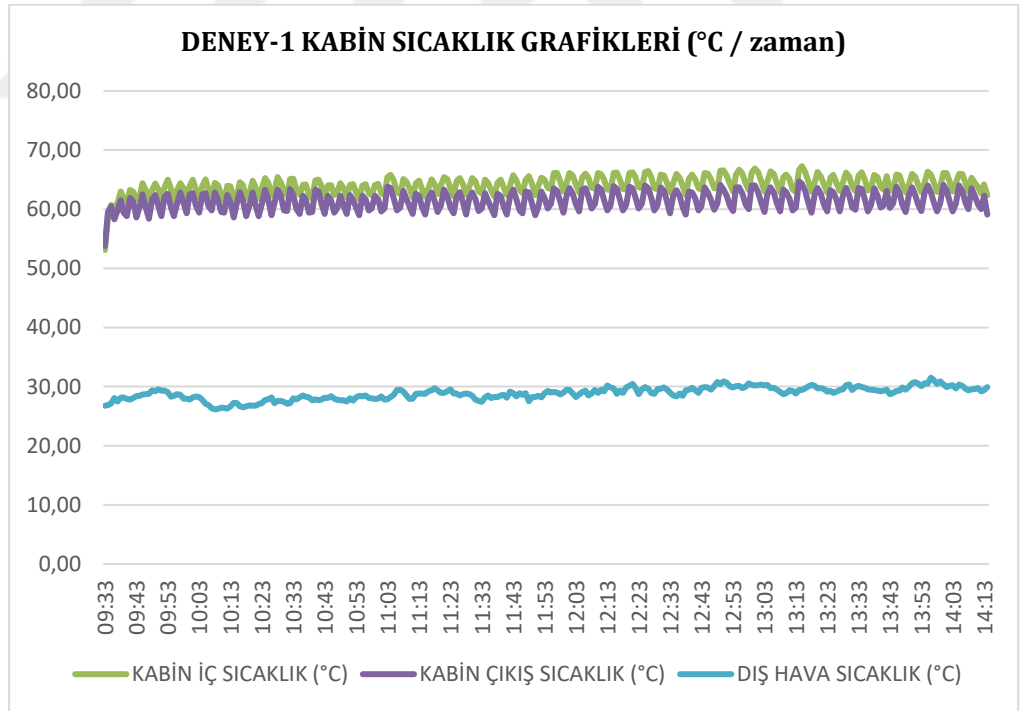
Şekil 4.2. 1. Gün kurutma sıcaklık değerleri

Şekil 4.2.'de verilen 1.gün kurutma sıcaklık grafiğinde panel çıkış sıcaklığının zamana bağlı artışı ve azalışı görülmektedir. Diğer sıcaklık değerlerinin birbiriyle yakın artış azalışta olduğu görülmüştür. Panel çıkış sıcaklığının yani kurutucu kabine giren sıcak havanın Şekil 4.1. 'de verilen kurutma yerleşkesi güneşlenme açısı ile paralel şekilde arttığı güneşin en tepede olduğu zamanda panel çıkış sıcaklığının üst noktada olduğu görülmüştür.



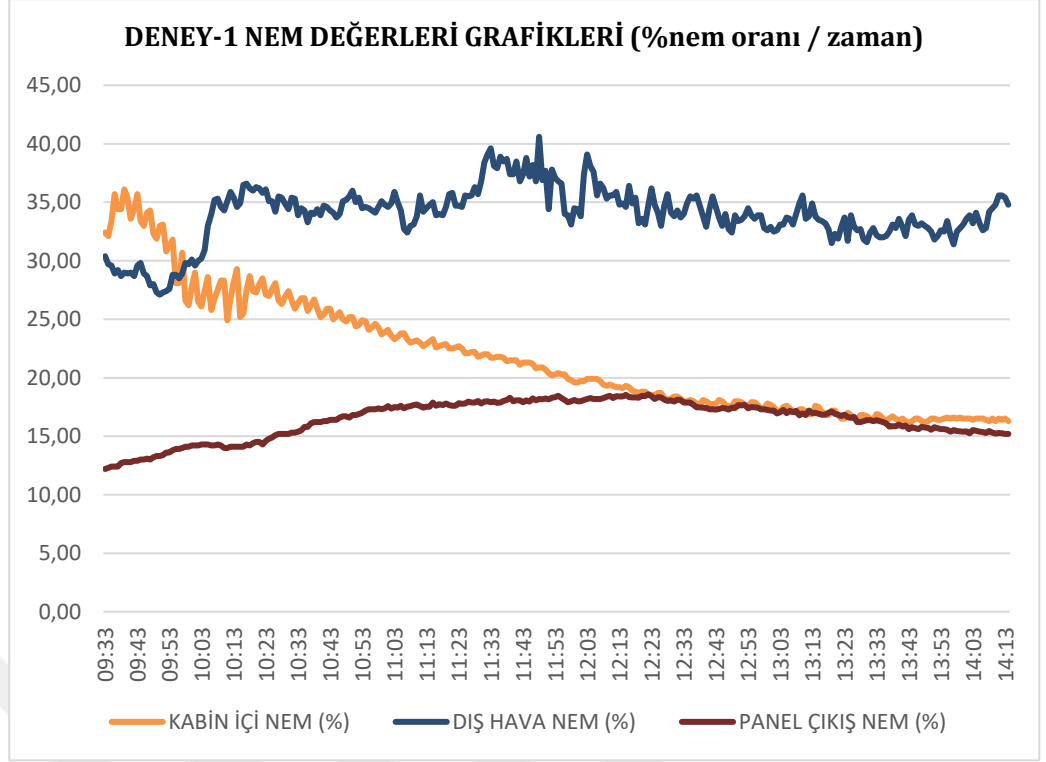
Şekil 4.3. 1. Gün kurutma panel sıcaklık değerleri

Şekil 4.3.'de verilen panel sıcaklık grafiğinde zamana bağlı sıcaklık artışı görülmektedir.



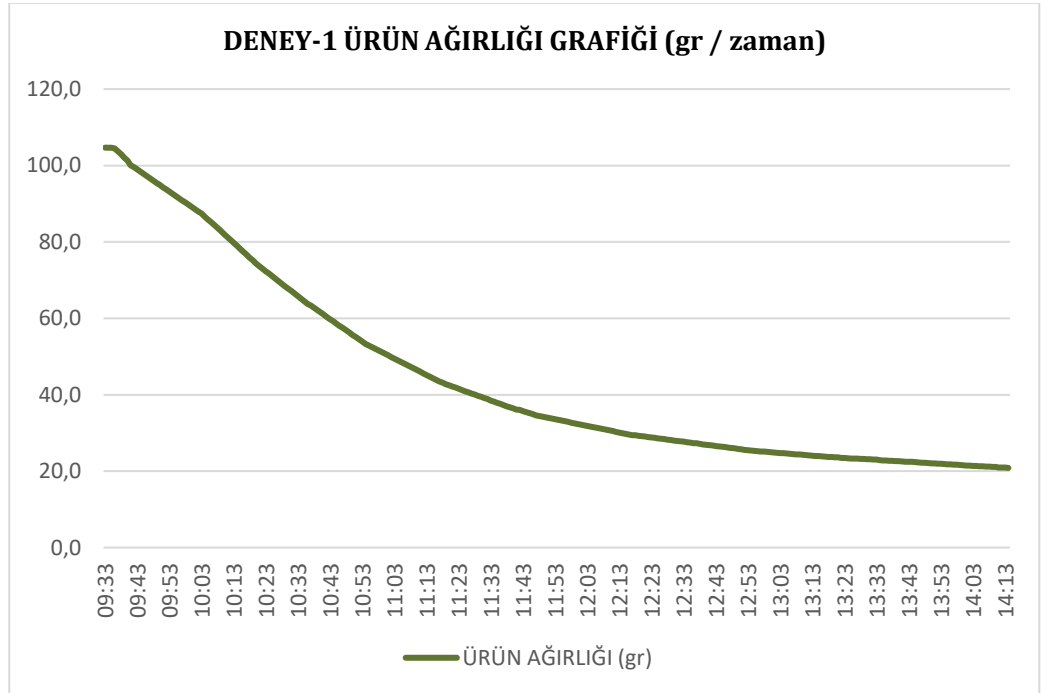
Şekil 4.4. 1. Gün kurutma kurutucu kabin sıcaklık değerleri

Şekil 4.4.'de verilen kabin sıcaklık değerlerinin dış hava sıcaklığı ile orantısı görülmektedir. Buna göre dış havadaki sıcaklık kollektöre girerek, burada ısınarak yüksek sıcaklıklarda kurutma kabinine giriş yapmıştır.



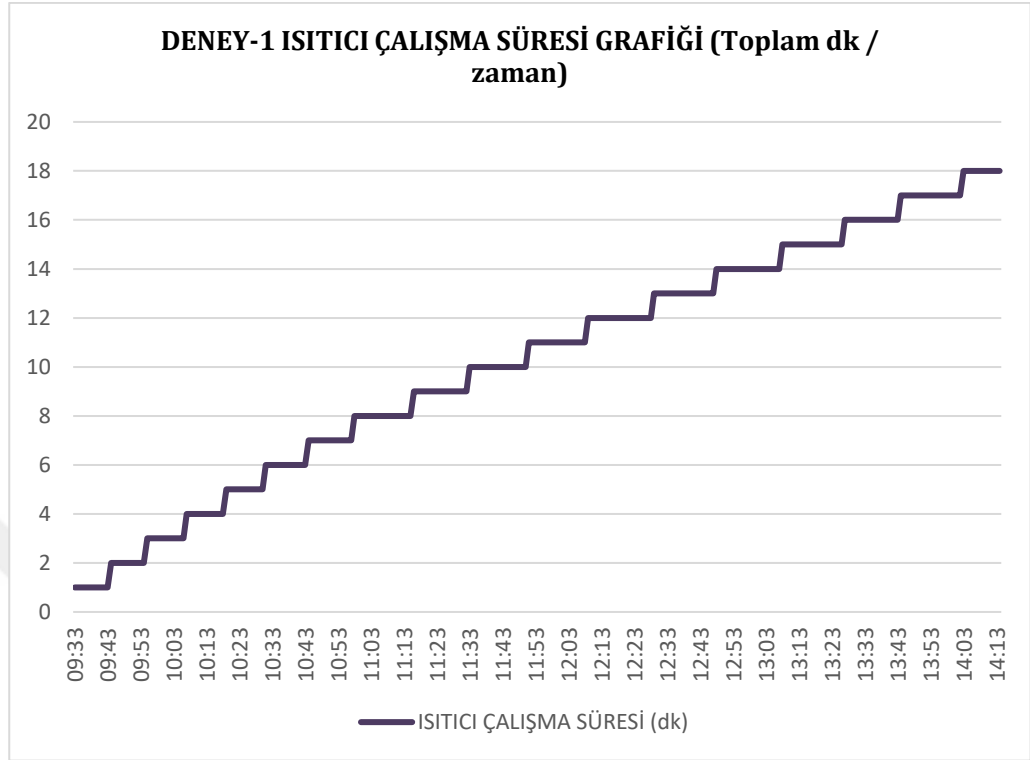
Şekil 4.5. 1. Gün kurutma sistem nem değerleri

Şekil 4.5.'de verilen zamana bağlı nem değerleri gösterilmiştir. Buna göre panel çıkış neminin en yüksek noktasındaki nemi ve kabin içi nemin düşüşe geçtiği noktalardan sonra düşüşe geçtiği görülmektedir.



Şekil 4.6. 1. Gün kurutma ürünün zamana bağlı ağırlık değişimi

Şekil 4.6.'da verilen ürün ağırlığının zamana bağlı değişiminde, ürün ağırlığının su kaybettikçe ağırlığının azaldığı ve sabitlendiği görülmektedir.



Şekil 4.7. 1. Gün kurutma ısıtıcı çalışma süresi

Şekil 4.7.'de verilen zamana bağlı ısıtıcının çalışma süresi görülmektedir. Buna göre ısıtıcı güneş enerjisinden gelen sıcaklığın yeterli olmadığı yada gölge durumunda yetersiz sıcaklık olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.2.2. 2. Kurutma deneyi çalışma ve sonuçları

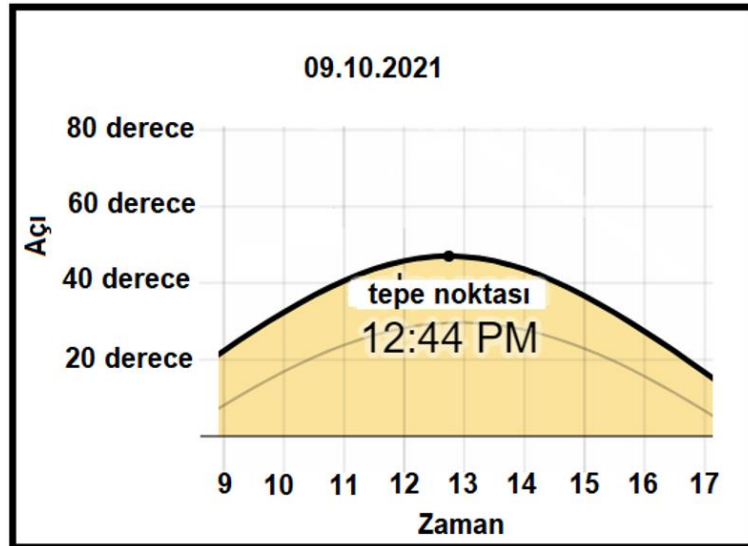
Tasarımı yapılan kurutma sisteminin ikinci deneyi 9 Ekim tarihinde yapılmıştır. Gerek tasarımı yapılan sistemin dış hava sıcaklık sensör verilerine göre gerek Ek-A'da Weather Spark verilerine göre Antalya ilinde 2. Kurutma denemesinin yapılacağı gün kurutma yapılan zaman dilimleri arasında hava sıcaklığı en yüksek $31^{\circ}\text{C} \pm 2$, en düşük $27^{\circ}\text{C} \pm 2$ olarak ölçülmüştür. Bir gün öncesi temin edilen armut dilimleri kilitli poşete konularak $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. 3.gün kurutması için armut numuneleri yıkanarak 4 ± 1 mm kalınlığında yarım ay şeklinde dilimlenmiştir. Dilimlenme ile kurutma fırınına alınması arası kısa sürdüğünden dolayı herhangi bir ön işleme tabi tutulmamıştır. Üzeri sıcaklığa dayanıklı tel gerilen tepsi üzerine kısa aralıklarla dizilerek kurutma fırınına alınmıştır. Fırın içi sıcaklık değeri 1.gün kurutmasındaki set edilen değerlerle aynı şekilde 65°C 'ye ayarlandıktan sonra kurutma işlemi başlatılmıştır. Kabin içi nem oranı, armut ürün özellikleri baz alınarak alt sınır % 20 ve üst sınır % 30'a ayarlanmıştır. Kurutma kabini içerisinde set edilen nem değerlerinin altında kalması yada üstüne çıkması durumunda fan sistemi devreye girerek nem atma işlemi

yapılmıştır. Bu şekilde hem sıcaklık hem sabit nem oranı sağlanarak kurutma işleminin stabil olarak devam etmesi sağlanması amaçlanmıştır.

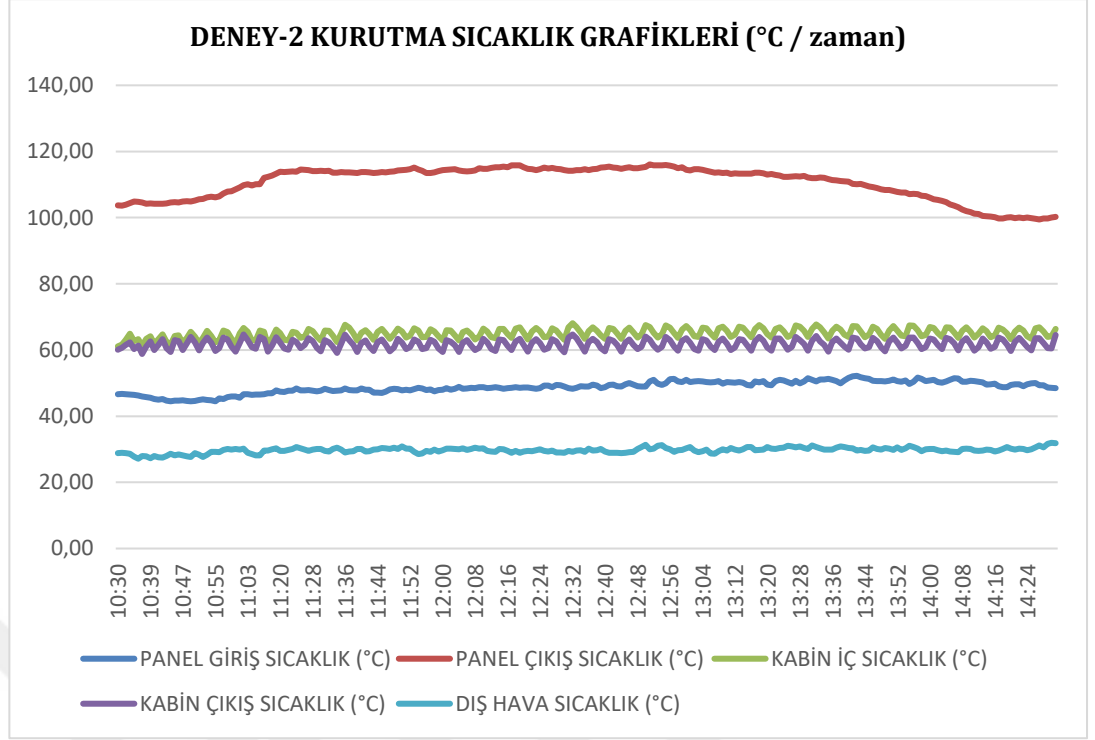
Sıcaklık ve nemin belirlenen değerlere göre sistemde ayarlanmasının sebebi, kurutulan armut numunelerindeki kalite kriterlerinin sağlanması ve kurutulan üründe tekstür ve duysal olarak iyi bir ürün elde edilmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Tasarımı yapılan sistemde 2.gün kurutma işleminde 9 Ekim saat 10:30 civarında başlangıç ağırlığı 105,6 g olarak kurutma işlemi otomasyon sisteminden başlatılmıştır. Saat 14:30 civarında kurutma sonlandırılmış ve armutlar kurutma fırınından aldıktan sonra 0,1 g'lık hassas terazi ile ölçümleri yapılmış ve ağırlıkları kurutma sonrası ağırlıkları 21,1 gram olarak ölçülmüştür.

Bu kurutma deneme sırasında ölçülen ağırlık değişim durumlarına göre 4 ± 1 mm kalınlığındaki armut numuneleri 105,6 g'dan 21,1 g 'a kadar kurutulmuştur. Bu da numune ürün nem içeriğinin %20 olduğunu göstermektedir. Armut numuneleri 83 ± 0.52 nem içeriğinden %20 civarındaki nem içeriğine 4 saatlik sürede indirilmiştir.

Kurutma deneylerinin yapıldığı zaman aralığında Antalya bölgesinin güneşlenme açıları Şekil 4.8'de sunulmuştur. Deney sırasında Şekil 4.9'da kurutma sıcaklık değerleri, Şekil 4.10'da panel sıcaklık değerleri, Şekil 4.11'de kabin sıcaklık değerleri, Şekil 4.12'de sistem nem değerleri, Şekil 4.13'de ürün ağırlığının zamana bağlı değişimi ve Şekil 4.14'de ısıtıcı çalışma süresi verileri grafikte gösterilmiştir.

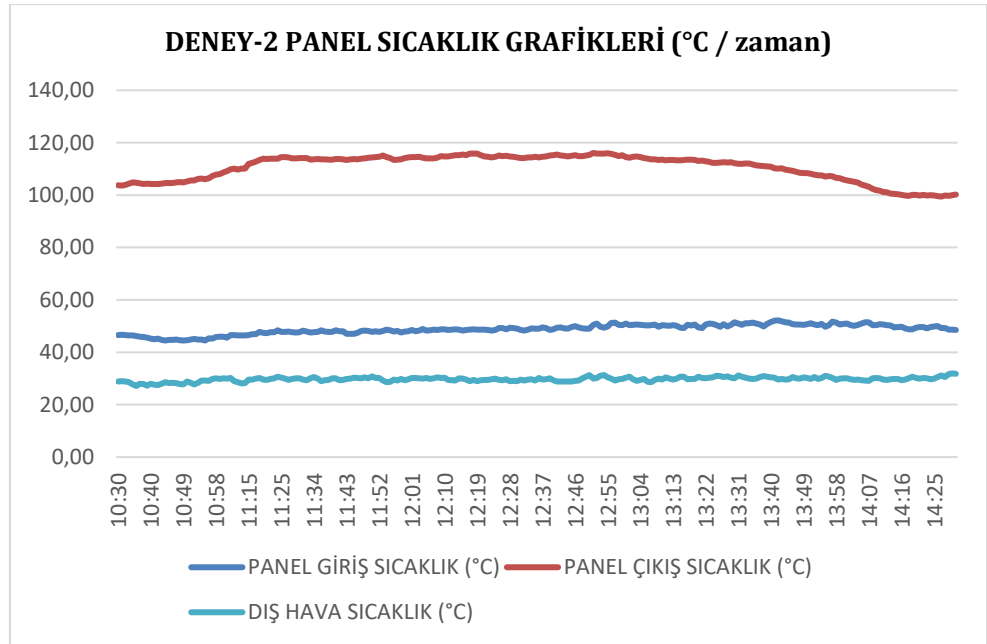


Şekil 4.8. 2.Gün kurutma yerleşkesi güneşlenme açıları



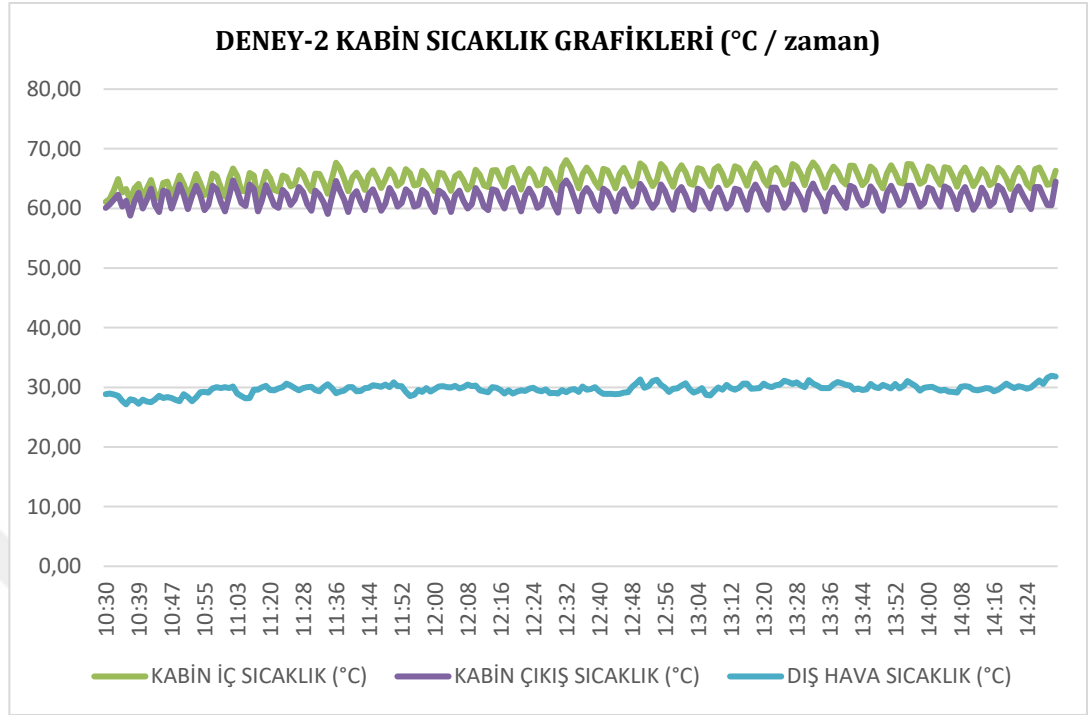
Şekil 4.9. 2. gün kurutma sistem sıcaklık değerleri

Şekil 4.9.'da verilen 2.gün kurutma sıcaklık grafiğinde panel çıkış sıcaklığının zamana bağlı artışı ve azalışı görülmektedir. Diğer sıcaklık değerlerinin birbiriyle yakın artış azalışta olduğu görülmüştür. Panel çıkış sıcaklığının yani kurutucu kabine giren sıcak havanın Şekil 4.8.'de verilen kurutma yerleşkesi güneşlenme açısı ile paralel şekilde arttığı güneşin en tepede olduğu zamanda panel çıkış sıcaklığının üst noktada olduğu görülmüştür.



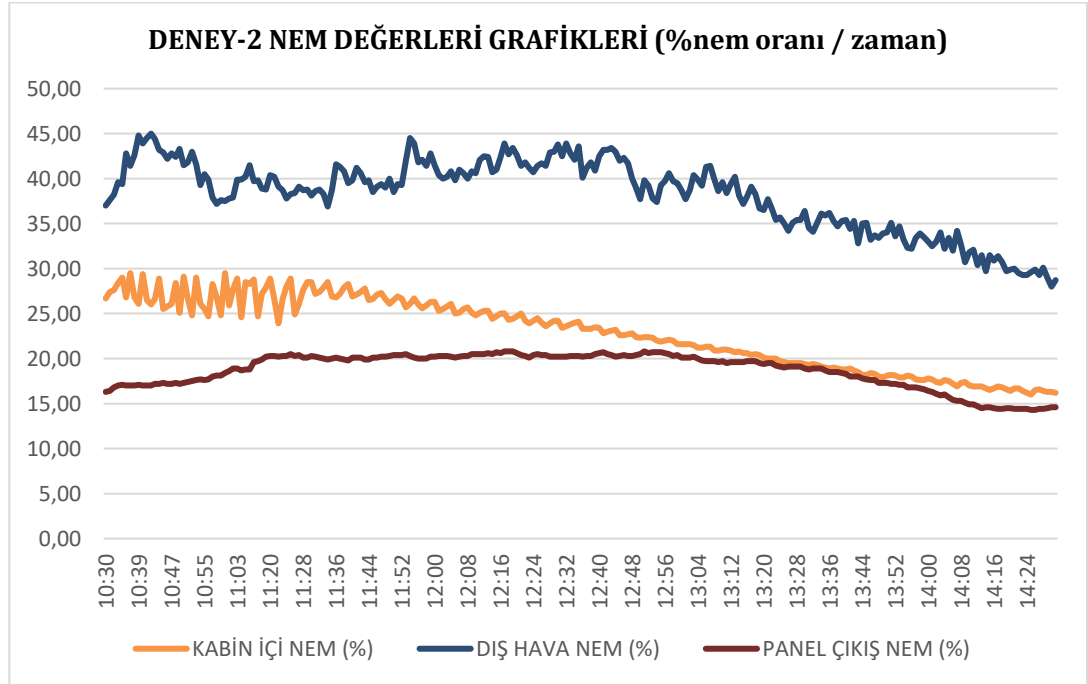
Şekil 4.10. 2. gün kurutma panel sıcaklık değerleri

Şekil 4.10.'da verilen panel sıcaklık grafiğinde zamana bağlı sıcaklık artışı görülmektedir.



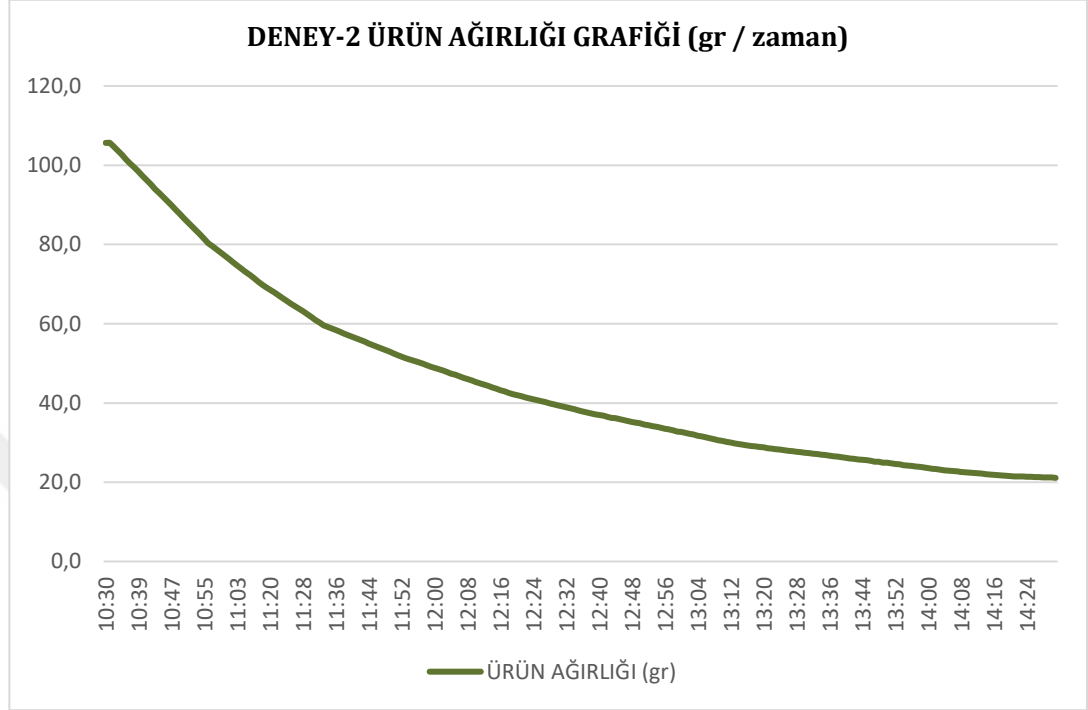
Şekil 4.11. 2. Gün kurutma kabin sıcaklık değerleri

Şekil 4.11.'de verilen kabin sıcaklık değerlerinin dış hava sıcaklığı ile orantısı görülmektedir. Buna göre dış havadaki sıcaklık kollektöre girerek, burada ısınarak yüksek sıcaklıklarda kurutma kabinine giriş yapmıştır.



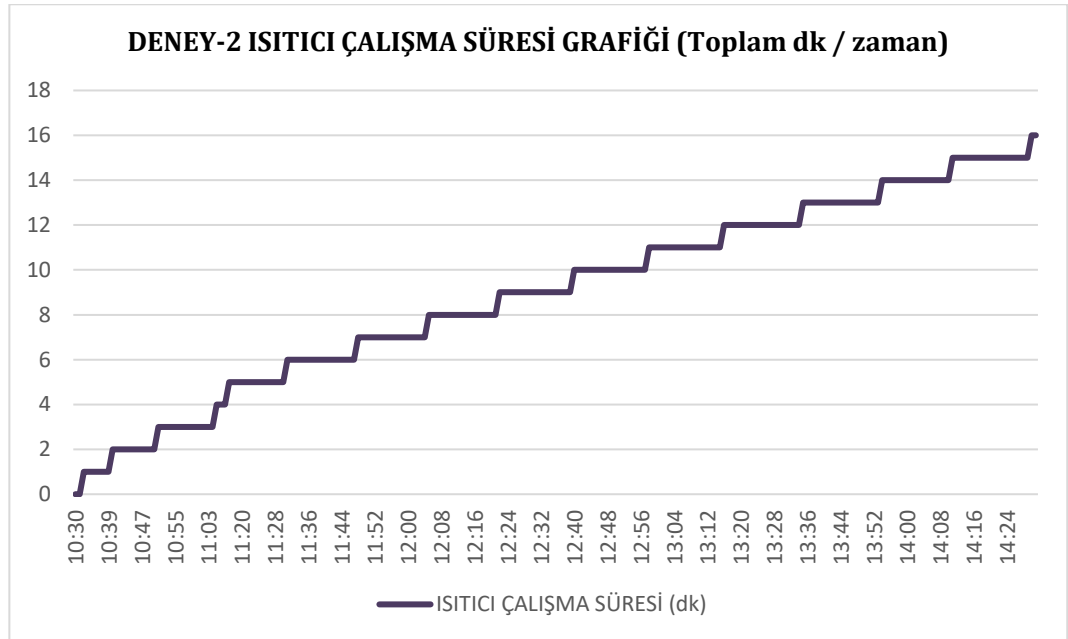
Şekil 4.12. 2. Gün kurutma sistem nem değerleri

Şekil 4.12.'de verilen zamana bağlı nem değerleri gösterilmiştir. Buna göre panel çıkış neminin en yüksek noktasındaki nemi ve kabin içi nemin düşüşe geçtiği noktalardan sonra düşüşe geçtiği görülmektedir.



Şekil 4.13. 2. Gün kurutma ürün ağırlığının zamana bağlı değişimi

Şekil 4.13.'de verilen ürün ağırlığının zamana bağlı değişiminde, ürün ağırlığının su kaybettikçe ağırlığının azaldığı ve sabitlendiği görülmektedir.



Şekil 4.14. 2. Gün kurutma ısıtıcı çalışma süresi

Şekil 4.14.'de verilen zamana bağlı ısıtıcının çalışma süresi görülmektedir. Buna göre ısıtıcı güneş enerjisinden gelen sıcaklığın yeterli olmadığı yada gölge durumunda yetersiz sıcaklık olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.2.3. 3. Kurutma deneyi çalışma ve sonuçları

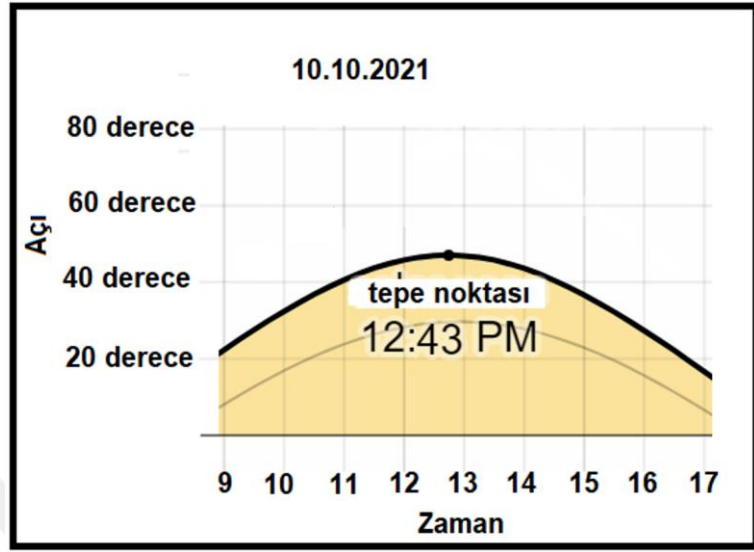
Tasarımı yapılan kurutma sisteminin ikinci deneyi 10 Ekim tarihinde yapılmıştır. Gerek tasarımı yapılan sistemin dış hava sıcaklık sensör verilerine göre gerek Ek-A'da verilen Weather Spark verilerine göre Antalya ilinde 3. Kurutma denemesinin yapılacağı gün kurutma yapılan zaman dilimleri arasında hava sıcaklığı en yüksek $31^{\circ}\text{C} \pm 2$, en düşük $28^{\circ}\text{C} \pm 2$ olarak ölçülmüştür. $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen armut numuneleri kullanılmıştır. 3.gün kurutması için armut numuneleri yıkanarak 5 ± 1 mm kalınlığında yarım ay şeklinde dilimlenmiştir. Dilimlenme ile kurutma fırınına alınması arası kısa sürdüğünden dolayı herhangi bir ön işleme tabi tutulmamıştır. Üzeri sıcaklığa dayanıklı tel gerilen tepsi üzerine kısa aralıklarla dizilerek kurutma fırınına alınmıştır. Fırın içi sıcaklık değeri 1.gün kurutmasındaki set edilen değerlerle aynı şekilde 65°C 'ye ayarlandıktan sonra kurutma işlemi başlatılmıştır. Kabin içi nem oranı, armut ürün özellikleri baz alınarak alt sınır % 20 ve üst sınır % 30'a ayarlanmıştır. Kurutma kabini içerisinde set edilen nem değerlerinin altında kalması yada üstüne çıkması durumunda fan sistemi devreye girerek nem atma işlemi yapılmıştır. Bu şekilde hem sıcaklık hem sabit nem oranı sağlanarak kurutma işleminin stabil olarak devam etmesi sağlanması amaçlanmıştır.

Sıcaklık ve nem belirlenen değerlere göre sistemde ayarlanmasının sebebi, kurutulan armut numunelerindeki kalite kriterlerinin sağlanması ve kurutulan üründe tekstür ve duysal olarak iyi bir ürün elde edilmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Tasarımı yapılan sistemde 2.gün kurutma işleminde 10 Ekim saat 10:50 civarında başlangıç ağırlığı 128.10 g olarak kurutma işlemi otomasyon sisteminden başlatılmıştır. Saat 16:40 civarında kurutma sonlandırılmış ve armutlar kurutma fırınından aldıktan sonra 0.1 g'lık hassas terazi ile ölçümleri yapılmış ve ağırlıkları kurutma sonrası ağırlıkları 25.50 gram olarak ölçülmüştür.

Bu kurutma deneme sırasında ölçülen ağırlık değişim durumlarına göre 5 ± 1 mm kalınlığındaki armut numuneleri 128,10 g'dan 25,50 g 'a kadar kurutulmuştur. Bu da numune ürün nem içeriğinin %19,9 olduğunu göstermektedir. Armut numuneleri $\%83 \pm 0.52$ nem içeriğinden %19,9 civarındaki nem içeriğine yaklaşık 6 saatlik sürede indirilmiştir.

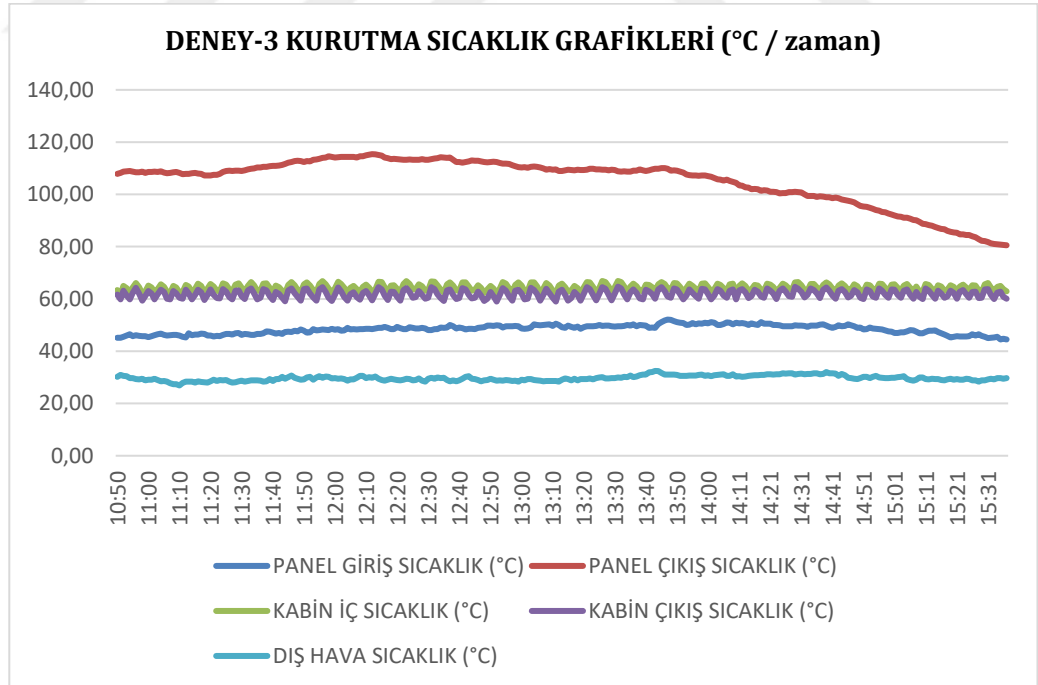
Kurutma deneylerinin yapıldığı zaman aralığında Antalya bölgesinin güneşlenme açıları Şekil 4.15'de sunulmuştur. Deney sırasında Şekil 4.16'da kurutma sıcaklık değerleri, Şekil 4.17'de panel sıcaklık değerleri, Şekil 4.18'de kabin sıcaklık değerleri, 4.19' da kabin içi nem değerleri,

Şekil 4.20'de ürün ağırlığının zamana bağlı değişimi ve Şekil 4.21'de ısıtıcı çalışma süresi verileri grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.15. 3.Gün kurutma yerleşkesi güneşlenme açıları

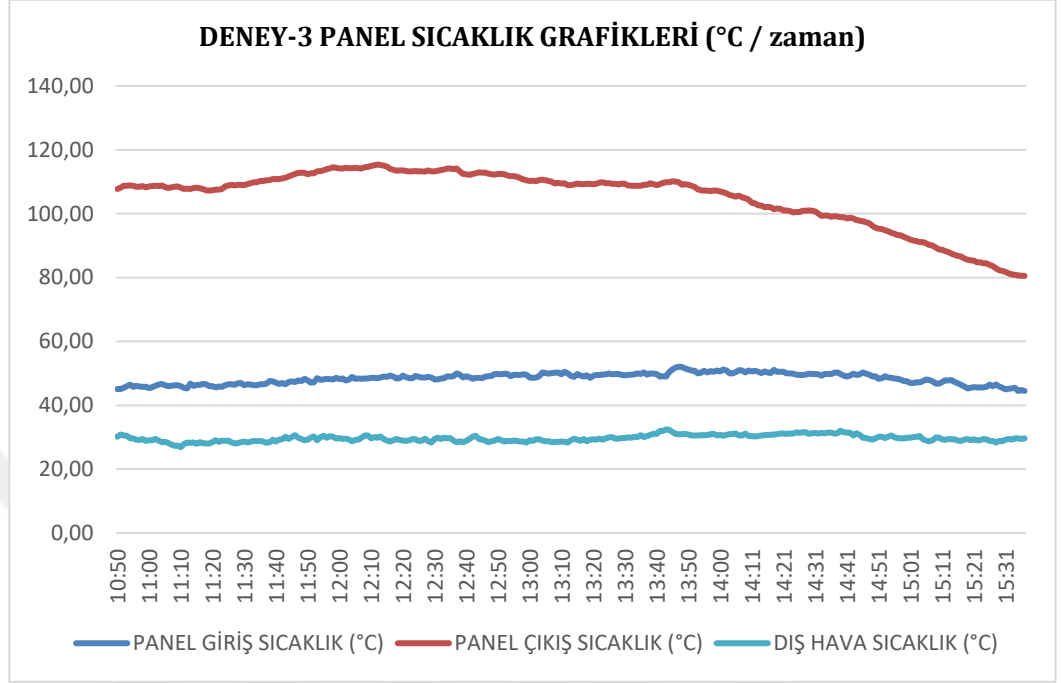
Şekil 4.15' de verilen güneşlenme açıları grafiğinde saat 12:43'te güneşin tepe noktasına ulaştığı görülmektedir.



Şekil 4.16. 3. gün kurutma sistem sıcaklık değerleri

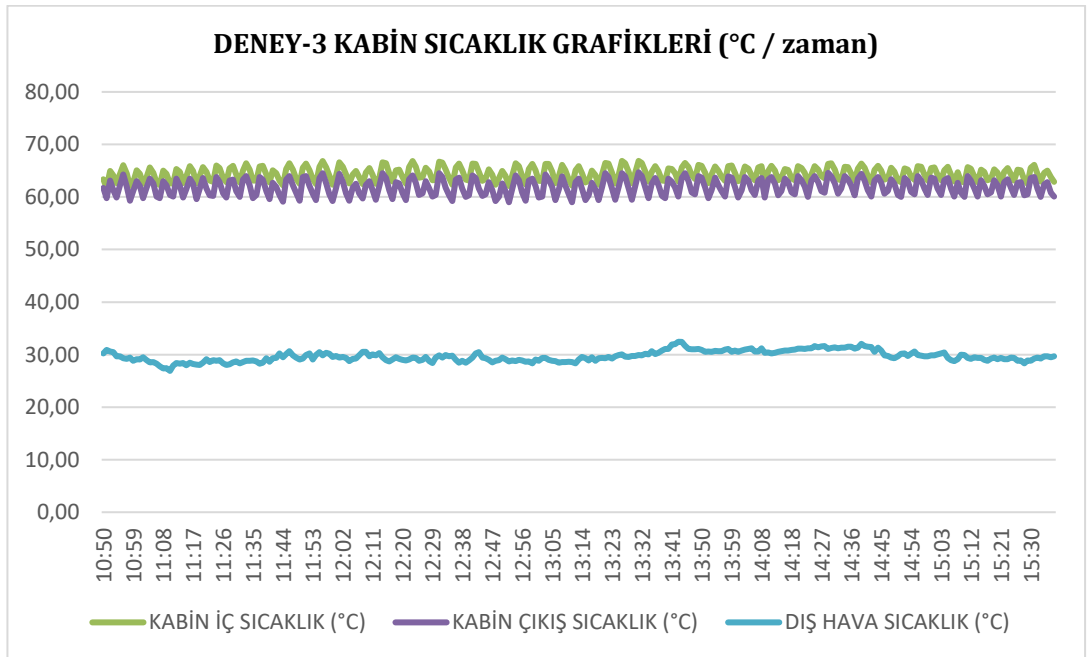
Şekil 4.16.'da verilen 3.gün kurutma sıcaklık grafiğinde panel çıkış sıcaklığının zamana bağlı artışı ve azalışı görülmektedir. Diğer sıcaklık değerlerinin birbiriyle yakın artış azalışta

olduğu görülmüştür. Panel çıkış sıcaklığının yani kurutucu kabine giren sıcak havanın Şekil 4.8.'de verilen kurutma yerleşkesi güneşlenme açısı ile paralel şekilde arttığı güneşin en tepede olduğu zamanda panel çıkış sıcaklığının üst noktada olduğu görülmüştür.



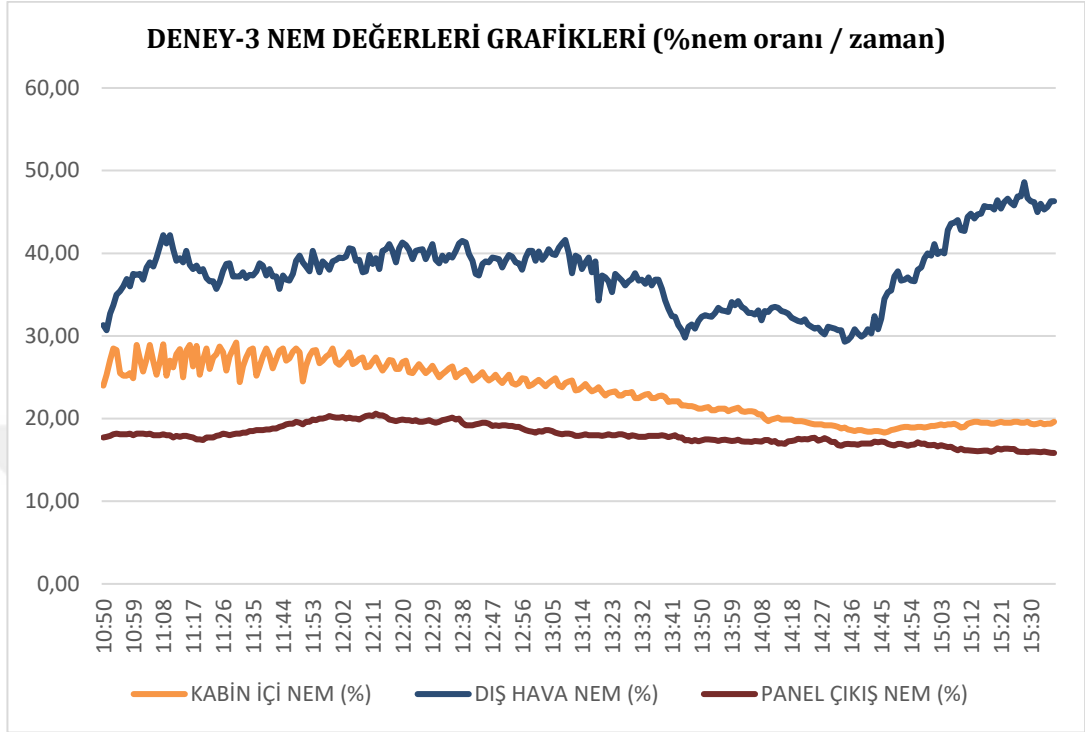
Şekil 4.17. 3. gün kurutma panel sıcaklık değerleri

Şekil 4.17.'de verilen panel sıcaklık grafiğinde zamana bağlı sıcaklık artışı görülmektedir.



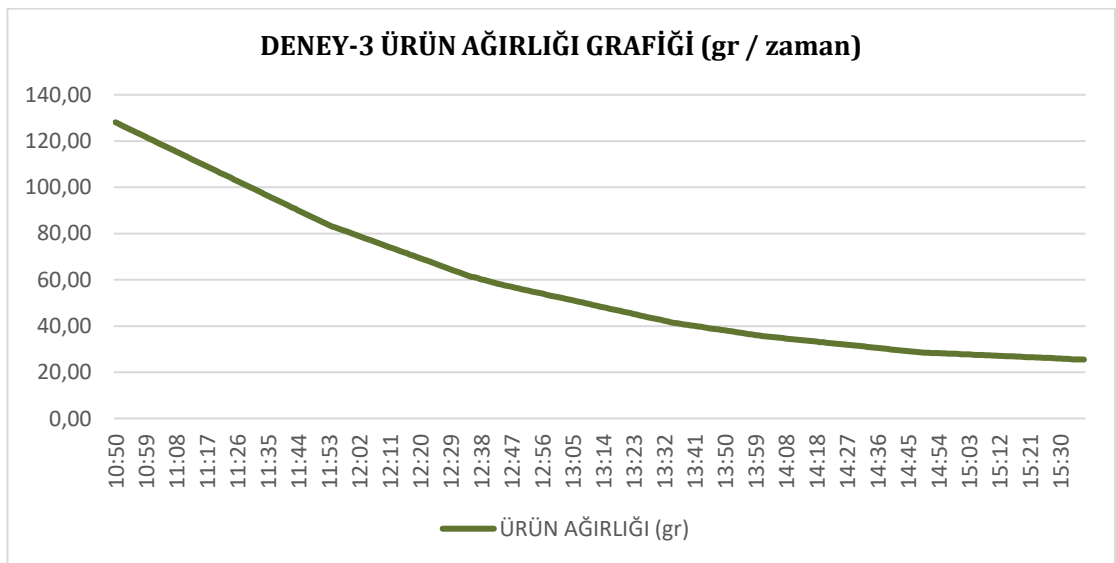
Şekil 4.18. 3. Gün kurutma kabin sıcaklık değerleri

Şekil 4.18.'de verilen kabin sıcaklık değerlerinin dış hava sıcaklığı ile orantısı görülmektedir. Buna göre dış havadaki sıcaklık kollektöre girerek, burada ısınarak yüksek sıcaklıklarda kurutma kabinine giriş yapmıştır.



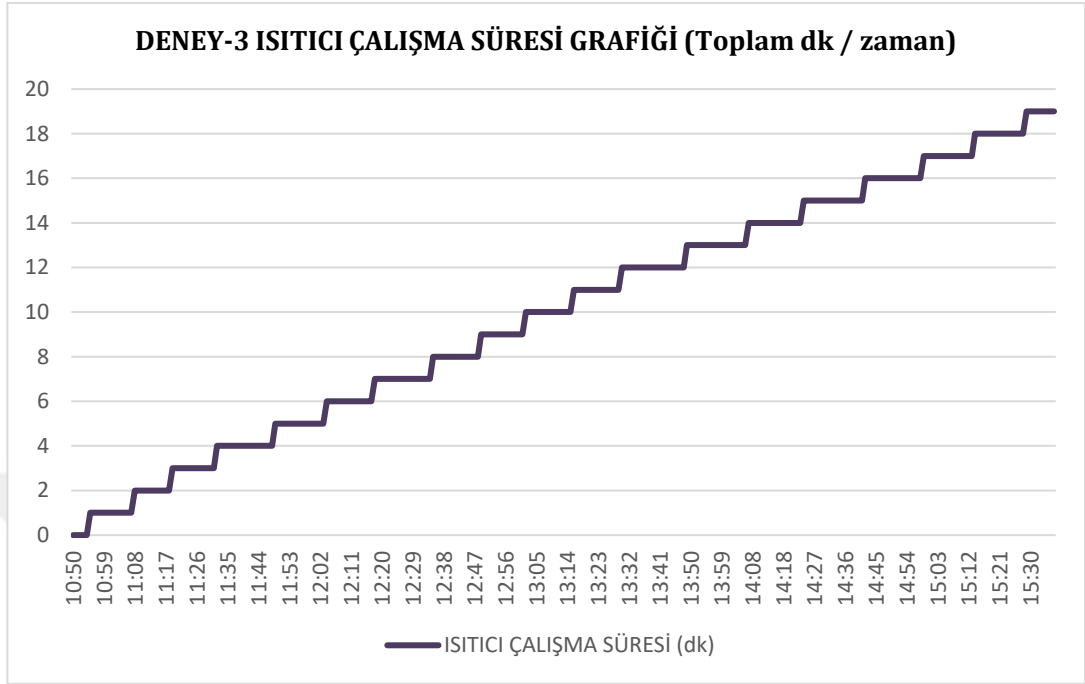
Şekil 4.19. 3. Gün kurutma sistem nem değerleri

Şekil 4.19.'da verilen zamana bağlı nem değerleri gösterilmiştir. Buna göre panel çıkış neminin en yüksek noktasındaki nemi ve kabin içi nemin düşüşe geçtiği noktalardan sonra düşüşe geçtiği görülmektedir.



Şekil 4.20. 3.Gün kurutma ürün ağırlığının zamana bağlı değişimi

Şekil 4.20.'de verilen ürün ağırlığının zamana bağlı değişiminde, ürün ağırlığının zamanla su kaybettikçe ağırlığının azaldığı ve sabitlendiği görülmektedir.

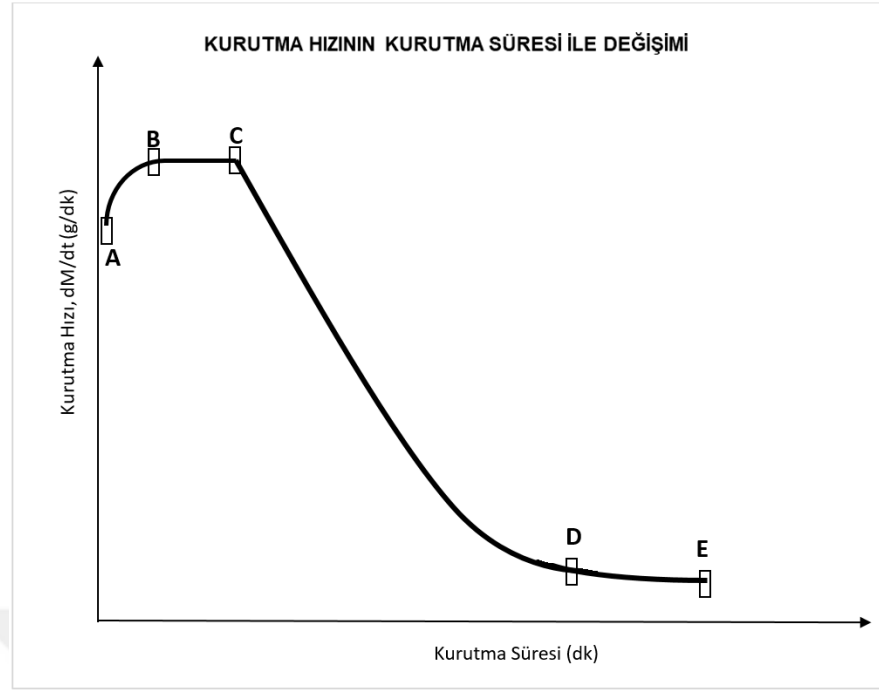


Şekil 4.21. 3.Gün kurutma ısıtıcı çalışma süresi

Şekil 4.21.'de verilen zamana bağlı ısıtıcının çalışma süresi görülmektedir. Buna göre ısıtıcı güneş enerjisinden gelen sıcaklığın yeterli olmadığı yada gölge durumunda yetersiz sıcaklık olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.2.4. Tasarlanmış sistemin kurutma hızı analizleri

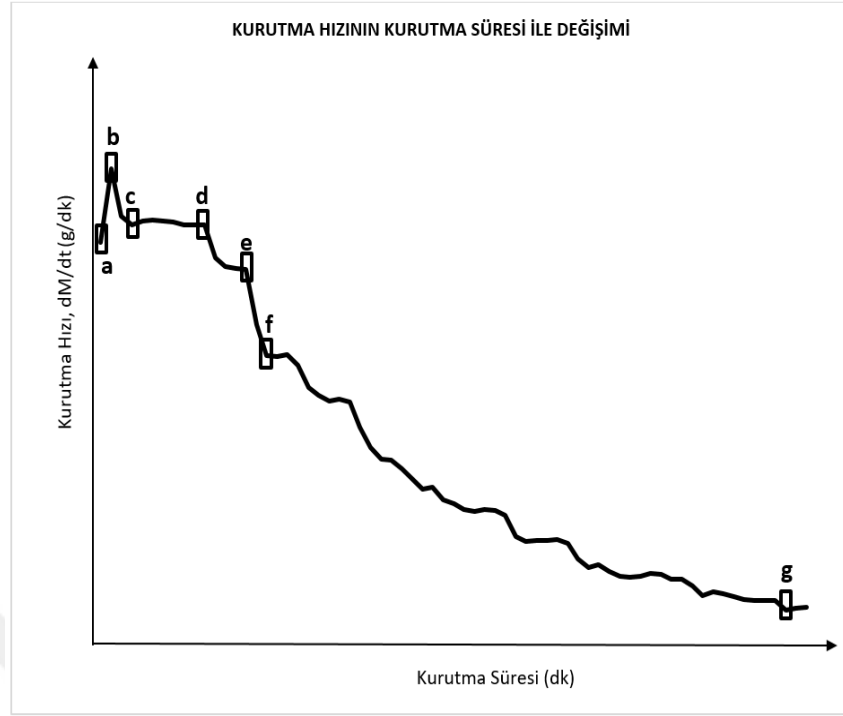
Gıda maddelerinde kurutma sürecinde, ürünün nem içeriği azalma eğilimi göstermekte ve bir süre sonra bu azalma eğilimi sabitlenmektedir. Kullanılan kurutma tekniği, çevre şartları ve kurutulan maddenin kimyasal ve fiziksel özellikleri kurutma hızını etkileyen en önemli faktörlerdir. Sabit ısı kaynaklı kurutma sistemlerinde kurutma sürecinde 4 periyodik bölge gözlemlenmektedir. Bu sistemlere ait kurutma hızı grafiği Şekil 4.22'de sunulmuştur.



Şekil 4.22. Sabit ısı kaynaklı kurutucu sistemlerinin kurutma hızı grafiği

Şekil 4.22’de A-B bölgesi kısa süreli denge bölgesidir. Kısa süreli olası nedeni ile genellikle kurutma da ihmal edilmektedir. B-C bölgesi sabit hızlı kuruma bölgesidir. C-D bölgesi azalan kuruma periyodu olup asıl kuruma sürecinin gerçekleştiği bölgedir. Difüzyonun olduğu bölge bu bölgedir. D noktası yüzey kuruluğunun olduğu bölgedir ve bu noktadan sonra E noktasına kadar ikinci azalan hız periyodu başlamaktadır.

Tasarlanan sistem yenilenebilir enerji güneş kaynağını ana kaynak olarak kullanırken çevre şartlarından etkilenmesinin minimuma indirgenmesi için yardımcı elektriksel ısı kaynağı kullanılmıştır. Bu sayede, kurutma hızının ve kurutma zamanına bağlı değişimi için sabit bir eğri yapısı sağlanabilmiştir. Kurutma hızının zamanla değişimi için kurutma deneylerinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Şekil 4.23’deki kurutma hızı grafiği elde edilmiştir. Deney çalışmalarında 3 günün ürün ağırlıkları ve uzaklaştırılan nem miktarlarının zamana göre ortalamasının anlık değişimi dikkate alınarak oluşturulan grafiklerde sistemin 7 adet değişim geçiş bölgesi sergilediği gözlemlenmektedir.



Şekil 4.23. Tasarlanan sistemin kurutma hızı grafiği

Şekil 4.23.'de elde edilen kurutma hızı grafiğinde a-b bölgesi kurutmanın ilk başlangıç noktasıdır ve denge bölgesidir. Bu bölgede kurutma hızı artıyor olmasına rağmen kısa süreli bir durumdur. b-c bölgesi kurutma hızının yavaşlayarak sabit hızlı kurutmaya geçiş bölgesidir. c-d bölgesi sabit hızlı kurutmanın gerçekleştiği bölgedir. Bu bölgede uzaklaştırılan nem miktarı birim zaman göre sabittir. Kararlı bir kurutma davranışı göstermektedir. d-e bölgesi kurutmada yavaşlama periyoduna geçiş bölgesidir. Bu geçiş periyodun değişiminde çevre şartları ve kurutma için verilen enerji önemli rol oynamaktadır. e-f bölgesi azalan kuruma periyodudur ve bu periyodun sonuna doğru asıl kuruma işlemi başlamaktadır. f-g bölgesinde kurumada difüzyon etkilidir ve kurutma hızı zamanla azalmaktadır. Bu periyodun ortalarında ürünün yüzeyi kurumuş hale gelmektedir ve g noktasına ilerledikçe buharlaşma düzlemi yüzeyden iç kesimlere yavaşça ilerlemektedir. g noktasına ulaşıldığında hedeflenen ağırlığa ulaşılmış ve kurutma süreci tamamlanmıştır.

4.3. Kurutulan Gıdaların Analiz Sonuçları

4.3.1. Su aktivitesi tayini

Kurutma denemeleri sonrası kurutulmuş armut numuneleri kilitli poşete konularak hava almayacak şekilde muhafaza edilmiştir. Kurutulmuş armut numunelerinin su aktivitesi, ± 0.001 hassasiyete sahip Novasina Labswift_Aw su aktivitesi ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla yaklaşık, 2-3 g kurutulmuş armut numunesi cihazın paslanmaz

elikten yapılmış sızdırmaz haznesine yerleştirilmiştir. şekil 4.24’de tasarımı yapılan sistemde kurutulan armut numuneleri su aktivitesi ve şekil 4.25’de geleneksel kurutma ile kurutulan armut numuneleri su aktivitesi ölçümü sonuçlarına ait fotoğraflar yer almaktadır.



şekil 4.24. Tasarımı yapılan sistemde kurutulan armut dilimleri su aktivitesi



şekil 4.25. Geleneksel kurutma sisteminde kurutulan armut dilimleri su aktivitesi

Cihazdaki su aktivitesi değerinde 0.001’den az bir değişim olduğunda, sistemin gerekli dengeye ulaştığı kabul edilerek gösterge kısmından su aktivitesi değeri okunmuştur. Su aktivitesi 0,60 değeri altında olduğunda mikrobiyolojik faaliyet olmadığı görülmektedir. Su aktiviteleri 0,60 ile 0,70 değerlerinde olan ürünler kurutulmuş meyve olarak değerlendirilmektedir (Seçkin ve Taşeri, 2015). Çizelge 4.1’de geleneksel kurutma ve tasarımı

yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutucu sistemi kurutma denemeleri numuneleri nem ve su aktivitesi analizine ilişkin deney sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 4.1 Kurutulan gıda ürünlerinin nem ve su aktivitesi analiz sonuçları

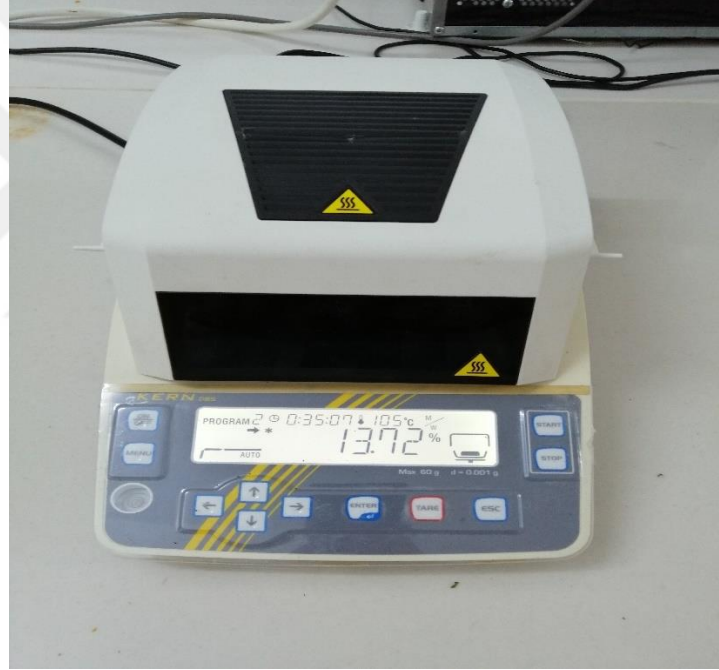
Kurutma Yöntemi	Su Aktivitesi (Aw)	Nem Miktarı (%)
Geleneksel Kurutma	0.533	%13,720
Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Kurutma	0.477	%13,171

4.3.2. Nem tayini

Kurutulmuş armut numunelerinin nem tayini analizi ± 0.001 hassasiyete sahip RADWAG MA.R cihazı ve KERN DB 60-3 cihazı ile yapılmıştır. Kurutulmuş armut dilimi numuneleri 2-3 gram alınarak petri kabında sabit tartıma gelene kadar cihazda tutulmuştur. Nem miktarı sonucu yüzde olarak okunmuştur. Şekil 4.26'da tasarımı yapılan sistemde kurutulan armut numuneleri nem tayini ve Şekil 4.27'de geleneksel kurutma ile kurutulan armut numuneleri nem tayini analiz sonuçları fotoğrafları yer almaktadır. Yapılan nem tayini sonucu kurutulmuş armut meyvesinin nem oranının %17'in altında olduğu belirlenmiştir. Nem tayini analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiş, geleneksel kurutma ve tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutucu sistemi ile kurutulan armut numunelerinin nem oranları karşılaştırılmıştır. İki uygulamada yapılan denemeler sonucunda kurutulan armut numuneleri nem içeriklerinin, ürün için istenen nem değerlerinde olduğu sonucu görülmüştür. (Ferreira vd., 2008), güneşte kurutulmuş armutta ortalama nem değerlerini %20,6 olarak tespit etmişlerdir. Kurutulmuş armut standardına göre de nem %25'den fazla olmamalıdır (TS, 1998). Bu tez çalışmasında kurutulan armut numunelerinin nem içerikleri bu değerden daha düşük çıkmıştır. Bu durumun sebebi olarak, az miktarda armut kurutulmasından kaynaklı olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 4.26. Tasarımı yapılan sistemde kurutulan armut dilimleri nem tayini



Şekil 4.27. Geleneksel kurutma sisteminde kurutulan armut dilimleri nem tayini

4.3.3. Renk tayini

Gıda ürünün kabul edilebilirliği bakımından tat, renk ve tekstür önemli parametreler olarak bilinmektedir. Gıda kalitesi hakkındaki ilk yorum o gıda ürünün rengine bakılarak yapılmaktadır. Bu anlamda üretimi yapılan gıdada ürünün renk özellikleri ve proses sırasında renkte meydana gelen değişimler dikkate alınmaktadır. Bu yüzden, gıdaların işlenmesi, kurutulması ve depolanması gibi durumlar sonucundaki ürünün kalite analizlerine

bakıldığında, gıda kalitesinin standartlara uygunluğu veya gıdaların kalite kontrollerinde renk ölçümü parametrelerinden yararlanılmaktadır.

Kurutulmuş armut dilimlerinin renk değerlerinin belirlenmesinde Konica Minolta Chroma Meter CR-400 cihazı kullanılmıştır. Şekil 28'de bu renk cihazının resmi ve renk ölçüm aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Renk değerlerinin belirlenmesi için kullanılan sistem görseli

Yapılan ölçümlerde cihazın renk skalası kısmında CIE L^*a^*b olarak tanımlanmış ve kurutulmuş gıdaların renk ölçümünde yaygın olarak kullanılan renk skalası olan L^*a^*b değerleri tespit edilmiştir. CIE Lab renk sisteminde, rengi belirlenecek materyalin ışığa veya gözlemciye ilişkin tanımları da belirlediğinden dolayı diğer renk sistemlerine göre daha hassas sonuçlar vermektedir. CIE L^*a^*b renk koordinat sisteminde L^* değeri 0 ile 100 arasında değişmekte olup ürünü parlaklık durumunu göstermektedir. L^* değeri 0'a eşit olduğunda siyah, L^* değeri 100 olduğunda beyaz rengi ifade etmektedir.

a^* değeri belirli bir ölçüm aralığına sahip değildir ve a^* değeri pozitif olduğunda kırmızılık, a^* değeri negatif olduğunda yeşil rengi temsil etmektedir. b^* değeri belirli bir ölçüm aralığına sahip değildir ve b^* değeri pozitif olduğunda sarı, negatif olduğunda ise mavi rengi temsil etmektedir (Ülger vd., 2008).

C* değeri kroma olarak adlandırılmaktadır, a* ve b* değerlerinden hesaplanabilmektedir. Kroma değerinin yüksek olması ürün renginde canlılık, kroma değerinin düşük olması üründe matlık olduğunu göstermektedir. Yani kroma değeri ürün renginde doymuşluğu göstermektedir.

Kurutulmuş armut dilimlerinin renk değerleri Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği laboratuvarında ölçülmüştür. Renk tayinlerine ilişkin görseller Ek- C'de verilmiştir. Geleneksel kurutma denemelerinde kurutulan armut numuneleri renk tayini analiz sonuçları Çizelge 4.2'de, tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutma sisteminde 1.gün, 2.gün ve 3.gün kurutulan armut numunelerine ilişkin renk tayini analizlerine ilişkin sonuçlar sırası ile 4.3, 4.4. ve 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Geleneksel kurutma sistemi ile kurutulan armut dilimleri renk tayinleri

GELENEKSEL KURUTMA NUMUNELERİ				L		a		b	
	L	a	B	ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA
1. NUMUNE (1. YÜZEY)	67.24	16.30	31.40	66.80	6.84	13.35	7.34	26.05	7.36
2. NUMUNE (1. YÜZEY)	63.46	20.44	34.07						
3. NUMUNE (1. YÜZEY)	56.91	22.52	32.66						
1. NUMUNE (2. YÜZEY)	76.40	5.62	18.70						
2. NUMUNE (2. YÜZEY)	72.11	7.42	20.31						
3. NUMUNE (2. YÜZEY)	64.68	7.77	19.16						

Çizelge 4.3. Tasarımı yapılan güneş enerjili gıda kurutucusu sisteminde 1.gün kurutulan armut numuneleri renk tayinleri

DENEY-1 NUMUNELERİ				L		a		b	
	L	a	b	ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA
1. NUMUNE (1. YÜZEY)	78.03	4.25	16.98	79.18	2.22	5.02	1.43	17.74	1.27
2. NUMUNE (1. YÜZEY)	78.00	4.69	17.11						
3. NUMUNE (1. YÜZEY)	81.65	3.48	16.36						

Çizelge 4.3. Tasarımı yapılan güneş enerjili gıda kurutucusu sisteminde 1.gün kurutulan armut numuneleri renk tayinleri(Devamı)

1. NUMUNE (2. YÜZEY)	80.08	6.63	19.27						
2. NUMUNE (2. YÜZEY)	75.97	6.95	19.39						
3. NUMUNE (2. YÜZEY)	81.34	4.10	17.32						

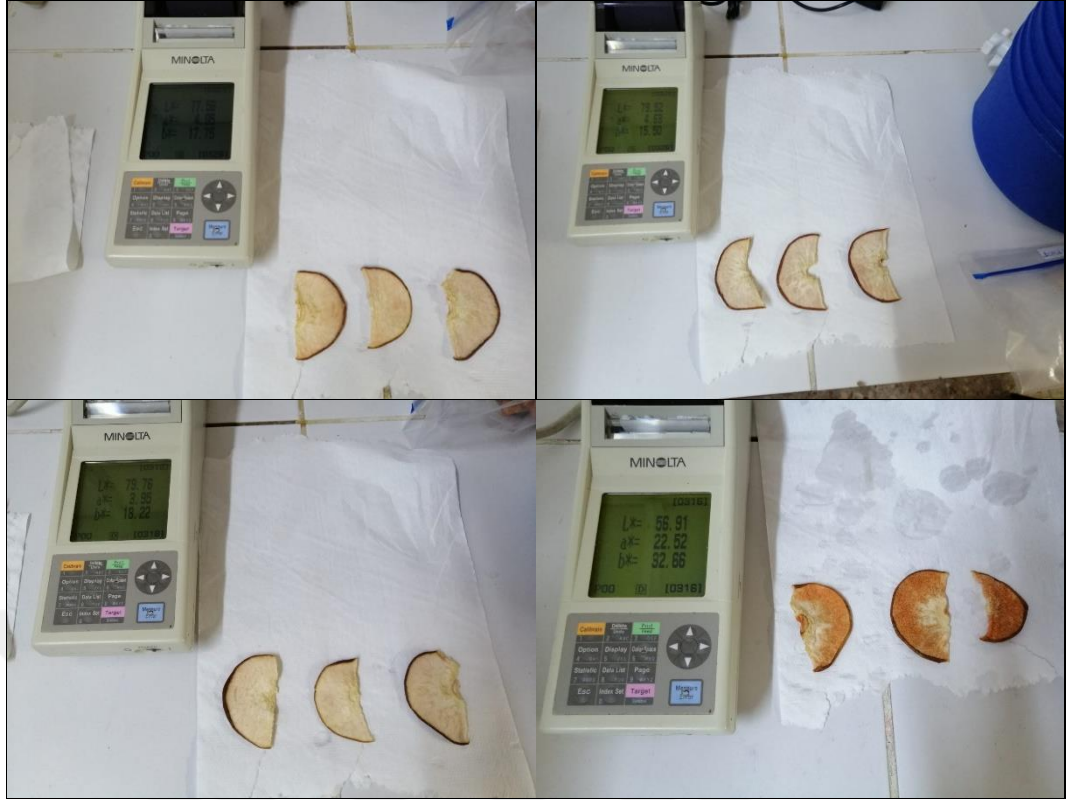
Çizelge 4.4. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutma sisteminde 2.gün kurutulan armut numuneleri renk tayinleri

DENEY-2 NUMUNELERİ	L	a	b	L		a		b	
				ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA
1. NUMUNE (1. YÜZEY)	79.76	3.95	18.22	78.30	1.51	5.59	1.85	19.50	2.61
2. NUMUNE (1. YÜZEY)	80.32	4.70	19.29						
3. NUMUNE (1. YÜZEY)	76.63	4.36	16.44						
1. NUMUNE (2. YÜZEY)	76.97	6.83	22.39						
2. NUMUNE (2. YÜZEY)	78.57	8.77	22.90						
3. NUMUNE (2. YÜZEY)	77.56	4.95	17.75						

Çizelge 4.5. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutma sisteminde 3.gün kurutulan armut numuneleri renk tayinleri

DENEY-3 NUMUNELERİ	L	a	b	L		a		b	
				ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA	ORT.	STD. SAPMA
1. NUMUNE (1. YÜZEY)	77.16	4.06	14.95	77.41	1.73	4.44	0.87	15.52	0.57
2. NUMUNE (1. YÜZEY)	75.00	3.03	15.00						
3. NUMUNE (1. YÜZEY)	79.52	4.63	15.50						
1. NUMUNE (2. YÜZEY)	77.65	5.66	16.38						
2. NUMUNE (2. YÜZEY)	76.06	4.84	16.02						
3. NUMUNE (2. YÜZEY)	79.05	4.43	15.26						

Şekil 4.29'da kurutulan armut numunelerinin renk tayinlerine ilişkin örnek görseller verilmiş olup $L*a*b$ değerleri değişimleri aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 4.29. Kurutulan ürünlerin renk değerlerinin belirlenmesi görseli

L* değeri değişimi, yarım ay şeklinde dilimlenerek kurutulmuş armut dilimlerinin 1. ve 2. yüzey renk değerlerindeki L*a*b değerlerine bakılmış ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Bu değerlere göre geleneksel kurutmadaki L* değerleri ortalaması 66,80 iken, güneş enerjili kurutucu sistemimizin 1. ve 2.yüzey L* değerleri 78-79 arasında değiştiği görülmektedir. Daha önce bahsedildiği üzere L* değeri; gıdanın renginin parlaklık matlık indeksine göre ölçüm sonucu olmaktadır. Bu değer 0 ile 100 arasında değişmektedir. Sonuçlara göre geleneksel açık havada kurutmadaki renk parlaklığı (L*) değerinin düşük olduğu görülmektedir. Tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sistemin (L*) değerleri 78-79 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Bu karşılaştırmaya göre tasarımı yapılan sistemdeki kurutma denemeleri sonucundaki kurutulmuş armut dilimlerinin parlaklığının daha yüksek olduğu ve ürünün kurutma sonrası renginin, açık havada yapılan geleneksel kurutma sonucu kuruyan armut dilimleri numunelerine göre parlaklığının yüksek olduğu ve kaliteli bir kurutma yapıldığı görülmektedir.

L* değeri standart sapma değerinin, açık havada yapılan geleneksel kurutmada 6,88 iken, tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sistemde 1,5 ile 2,2 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Bu karşılaştırmaya göre L* değeri standart sapmanın, geleneksel kurutmadaki değerinin büyük olması kurutmadaki homojensizliği yani güneş altında kurutmanın ürün renginde bozulmalara sebebiyet verdiğini göstermektedir. Tasarımı yapılan sistemdeki L* değeri standart sapma değerinin küçük olması, kurutma fırını içindeki sıcaklığın ve nemin

dengelendiğini fırın içindeki kurutmanın fırının her yerinde hemen hemen aynı oranda yapıldığını ve ürünlerde homojen bir kurutma gerçekleştiğini göstermektedir.

a* değeri değişimi, kurutulmuş armut dilimlerinin 1. ve 2.yüzey renk değerlerine bakılarak a* değeri ölçümleri yapılmıştır. Bu değerlere göre açık havada yapılan geleneksel kurutmadaki a* değerleri ortalaması 13.35 iken, tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sistemimizin 1. ve 2. Yüzey a* değerlerinin 4-6 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. a* değeri, gıdanın renginin kırmızı-yeşil renk skalası içinde bulunduğu durumu göstermektedir. Gıda ürünlerinin renk analizinde L* değerinden sonra önemli bir parametredir. Bu duruma göre, kurutulmuş ürünlerde a* değerinin yüksek olması kırmızılığın yüksek olduğunu yani kurutulan üründe kızarma olduğunu göstermektedir. Geleneksel kurutma ile tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sistemin a* değerleri karşılaştırıldığında; açık havada direkt güneş ile temas eden geleneksel kurutma sonucunda kuruyan armut dilimlerinin, tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucuda kuruyan armut dilimlerine göre a* değerlerinin yaklaşık 3 buçuk kat daha fazla olduğunu ve üründe kızarma olduğu görülmektedir. Bu durum için açık havada kurutmanın gece gündüz sürmesi, kurutma süresinin uzun olması durumlarının sebep olduğu sonucuna varılmaktadır. Tasarımı yapılan sistemde, güneş enerjisi ile direkt temas etmediğinden ve fırın içindeki sıcaklık dağılımından eşit şekilde etkilenmesinden dolayı kızarma durumunun çok az olduğu görülmektedir.

a* değeri standart sapma değerinin açık hava yapılan geleneksel kurutmada 7,34 iken, tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucuda bu değer 0.8 ile 1,8 arasında değişme gösterdiği gözlemlenmiştir. Verilere bakıldığında, açık havada yapılan geleneksel kurutma sisteminde kuruyan armut numunelerinin a* değerlerinin standart sapmalarının büyük olmasının sebebi ürünün tepside, 1.ve 2.yüzeylerinin güneş görme durumlarının farklı olmasından kaynaklandığı ve güneşi gören yüzeylerde kızarmanın daha fazla olduğu bunda renk farklılaşmasına sebep olduğu görülmektedir. Tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucudaki a* değeri standart sapma değerinin düşük olması fırın içindeki sıcaklığın homojen dağılarak ürünün kızarmasına sebebiyet vermeyecek ölçüde ürünü kurutmasından kaynaklandığı görülmektedir.

b* Değeri Değişimi, kurutulmuş armut dilimleri numunelerinin b* değerlerine bakıldığında; açık havada yapılan geleneksel kurutmadaki 1. ve 2. yüzey b* değerleri ortalaması 26,05 iken, tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sistemimizin 1. ve 2. yüzey b*değerleri ortalamasının 15 ile 19 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Gıda ürünlerinin renk analizinde b* değeri sarılık, mavilik durumunu göstermektedir. Geleneksel kurutma ile tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sisteminin b* değerleri karşılaştırıldığında; b*değerinin açık havada yapılan geleneksel kurutmada yüksek olduğu görülmektedir. Bu değerde geleneksel kurutmadaki armut dilimlerinin güneşin doğrudan etkisinden dolayı ve açık havada uzun süre kalmasından dolayı, kurutma süresi gece gündüz sürmesi sebebiyle sararmanın fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sisteminde kuruyan armut

dilimleri numunelerinin, açık havada yapılan kurutmaya göre b^* değeri düşüktür ve ürünlerdeki sararma az miktardadır. Bunun sebebi olarak, renk tayininin kurutma sonrası hemen yapılmamış olması ve kilitli poşette muhafaza edilen ürünün nem alması ve kuruması ile analizi yapılması arasında geçen zaman fazla olduğundan dolayı ürünün renginde bu gibi değişimlerin gözlemlenebileceği sonucuna varılmaktadır. Bunun yanında fırın içinde nem ve sıcaklık dengesinin stabil olması ile ürünün etkin bir şekilde kuruyarak rengindeki sararmanın, güneş altında kurutmaya göre daha çok daha az olduğu sonucuna varılmıştır.

b^* değeri standart sapma açık havada yapılan geleneksel kurutmada 7,36 değerinde iken, tasarımı yapılan güneş enerjili kurutucu sisteminde 0,5 ile 2,6 arasında değiştiği gözlemlenmektedir. B^* değeri standart sapma değeri geleneksel kurutmada oldukça yüksektir. Bu sapmanın sebebi, açık havada yapılan kurutmadaki armut dilimlerinin 1.ve 2. yüzeylerinin güneş görme durumlarının yani tepsideki yüzey ve güneşe bakan yüzeylerinin farklı kuruduğunu ve yüzey sararmasının güneşin durumuna göre çok farklılık göstermesi, yani homojen olmayan bir kurutma gerçekleştiğini ifade etmektedir. Tasarımı yapılan kurutucudaki b^* değeri standart sapma değerleri 3 günlük yapılan deneme sonuçları birbirine yakın seyretmiştir. Buda bize kurutma sistemimizin homojen bir kurutma gerçekleştirdiğini ve nem-sıcaklık dengesinin fırın içinde iyi şekilde sağlandığını göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutucu sisteminde armut ürünü kurutulmuştur. Eş zamanlı olarak geleneksel kurutma denemesi yapılmıştır. Bunun yanı sıra tasarımı yapılan sistem ile açık havada geleneksel kurutma yapılan armut numunelerinin, kurutma sonrası tekstür, renk gibi kalite özelliklerinin kıyaslanması ve tasarımı yapılan sistemin etkinliği araştırılmıştır.

Tasarımı yapılan sistemde sıcaklık ve nem dengesi değerleri sabit bir değere ayarlanarak yakın sonuçlar alınması hedeflenmiştir. Otomasyon sisteminden alınan verilerle, armut ürünün kurutma şartlarının tasarımı yapılan sistemle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Sisteme ilişkin veriler Ek-B'de verilmiştir.

İlk gün kurutma deneyi çalışmalarında armutlar yıkanıp çekirdek yuvaları temizlenerek, 3 ± 2 mm kalınlıkta dilimlenmiş ve tasarımı yapılan sistem ile geleneksel kurutma yapılacak tepsilere kısa aralıklarla yerleştirilmiştir. 2 ve 3 gün kurutma denemelerinde 3-6 mm arasında değişen farklı kalınlıklarda dilimlenerek armut numunelerinin kurutulması tasarımı yapılan sistemde gerçekleştirilmiştir. Kurutma denemeleri sonucunda armut numunelerinin %83,3 nem içeriğinden %19-20 nem içeriklerine düşürülmesi hedeflenmiştir.

Tasarımı yapılan sistemde gerçekleşen kurutma denemelerinde, arka arkaya 3 gün yapılan kurutma sonrası nem değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Kurutma yapılan 3 gündeki hava sıcaklıkları ve rüzgar hızları birbirine yakın olduğundan dolayı kurutma sonrasında ürünlerdeki nem içerikleri arasında büyük bir fark oluşmamıştır. Bunun yanında kurutma yapılacak armut numune ağırlıklarının az miktarda olmasından dolayı kurutma süreleri kısa zamanda tamamlanmıştır. Antalya ilinde kurutma yapılan tarihlerdeki hava şartları Ek-A'da verilmiştir.

Bu çalışmada, geleneksel kurutma ve tasarımı yapılan sistemde kurutma için kullanılacak olan armut numuneleri miktarları birbirine çok yakın gramlarda alınmıştır. Armutların hazırlanma süreci ile kurutma uygulamasına başlanması süreci arasındaki zaman çok kısa olduğundan dolayı armut numunelerinde bir kararma gözlenmemiştir.

Tasarımı yapılan kurutma sisteminin otomasyon sistemi için kullanılan sıcaklık, sıcaklık- nem sensörleri, elektrikli fanlar, turbo fan ve klepe sistemi kurutucu kabinin ve havalı güneş kolektörünün belirli noktalarına yerleştirilmiştir.

Tasarımı yapılan kurutma sisteminde gerçekleşen deneyler sırasında, kuruyan armut numunelerinin zaman bağlı ağırlık kaybı, sıcaklık ve sıcaklık-nem sensörlerinin yerleştirildiği fırın içi, dış hava ve havalı güneş kolektöründeki değerlerin ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler

Ardunio ve PLC üzerinden yapılmıştır. Kurutma esnasındaki otomasyon sistemi kurutucu kabinin üzerine konumlandırılan dokunmatik ekrandan sağlanmıştır. Ekranda sıcaklık, ağırlık ve nem alt üst sınırı gibi parametrelerin izlenmesi ve kontrolü sağlanmıştır. Sistemden alınan data verileri Ek-B'de verilmiştir. Otomasyon sisteminin aktif olması için sağlanan elektrik kurutmanın yapıldığı çatı katında prize bağlanarak ayarlanmıştır.

Kurutma sırasında ürünün kurutulması için gerekli sıcak hava panele gelen güneş enerjisi ile sağlanmıştır. Armut kurutma için gerekli olan sıcaklığın sağlanması havalı güneş kolektörü güneşi toplayacak şekilde ve kurutma yapılacak günün hava şartları ve konum baz alınarak ayarlanmıştır. Güneş kolektörü güneşe açılı ayarlı sehpa yardımıyla 40-45°C açı ile konumlandırılmıştır. Kolektör prizmatik yüzeyine çarpan güneşin, sıcak havayı aşağıdan yukarıya doğru arttırarak ilerlemesi ve kurutucu kabine giren sıcaklığın yüksek olması sağlanmıştır.

Panel alt köşesine konulan fan yardımıyla panele giren sıcak havanın hızlanması ve yukarı yönlü bir ilerleme yaparak kurutucu kabine yön alması amaçlanmıştır.

Tasarımı yapılan sistemde, miktarları 100-110 gram arasında değişen armut numuneleri kurutulmasında, 3 gün arka arkaya yapılan kurutma sonuçlarına bakılarak 3 günlük hava sıcaklıklarının ortalama en yüksek 29 ± 3 , en düşük 26 ± 2 olduğu ve 3 günlük hava rüzgar hızlarının Weather Spark verilerine göre ortalama 16,5 km/sa. Olduğu baz alınarak 5 saatte yukarıda belirtilen miktarlarda, istenilen nem değerinde armut kurutulabileceği belirlenmiştir.

Bunun yanında kurutma denemesine tabi tutulacak ürünlerin boyutlarının kurutma süresinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Farklı mm kalınlıklarda yapılan kurutma denemelerinde ürün ağırlığı ve nem içeriği ile orantılı olarak arttığı ya da azaldığı gözlemlenmiştir. 3.gün kurutmasında mm olarak daha büyük dilimlenen armut numunelerinin kuruma süresinin diğer günlerde yapılan kurutmalara göre daha uzun sürdüğü görülmüştür.

Tasarımı yapılan sistemde kurutulan ürünlerin zamana bağlı ağırlık değişimleri, nem oranı ve kuruma süreleri gibi veriler Bölüm 4'te grafiklerde gösterilmiştir. Sistemde armut kurutma uygulamalarında armut dilimlerinin yüzeyindeki nemin oluşturduğu ıslak yüzey, ürünün kurutulmaya başladığı andan itibaren başladığından dolayı sabit kurutma periyodu kısa sürede tamamlanmaktadır.

Farklı kurutma yöntemleri kullanılarak yapılan kurutmada, kurutulmuş ürünün kalite ve duyu özellikleri öncelik olursa, kurutma işlemi sadece suyun üründen uzaklaştırılması olarak ifade edilmemektedir. Amaç kaliteli ürün kurutma olduğunda üründeki tekstür, renk ve su alma kabiliyeti gibi durumlarda göz önünde bulundurulmaktadır.

Bu durumdan dolayı tasarımı yapılan yenilenebilir enerjili kurutma sistemi ile aynı hava şartlarında ve aynı ürün ile gerçekleştirilen geleneksel kurutma sisteminin de karşılaştırılması gerekmektedir. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı kurutma sisteminden elde edilen kurutulan armut numuneleri ile geleneksel kurutma sisteminden elde edilen kurutulmuş armut numuneleri karşılaştırıldığında kalite ve tekstür anlamında farklar olduğu saptanmıştır.

Kurutma denemeleri sonucunda kurutulan armut numunelerinin bazıları Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne getirilerek nem aktivitesi, su aktivitesi ve renk tayini gibi testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu testlerle ilgili detaylar Bölüm 4 ve 5'te yer almaktadır.

Yapılan testlere bakıldığında kurutulmuş ürünün nem değerinin, kurutma esnasındaki ağırlık kaybına göre daha düşük değerlerde olduğu sonucuna varılmıştır. Yani kurutulan ürünün zamana bağlı olarak, nemini dış hava şartlarından dolayı kaybettiği durumu gözlemlenmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre kurutulmuş armut numunelerinin nem değerleri %17'nin altında çıkmıştır. Bu şekilde kurutulmuş armut numunelerinin bozulmadan uzun süre kalabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma ile hem geleneksel kurutma ile kurutma denemeleri ve hem de yenilenebilir enerji kaynaklı kurutma sistem tasarımı ile kurutma denemeleri yapılarak, her iki sistemde kurutulan ürünlerin kalite kriterleri karşılaştırılmıştır. Bunun yanında yenilenebilir enerji kaynaklı tasarımı yapılan sistemin etkinliği ve çalışma parametreleri incelenmiştir. Tasarımı yapılan sistemde gerçekleştirilen kurutma denemeleri sonucunda, kurutma kalitesi yüksek ürün elde edilebilecek bir sistem olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak geleneksel kurutma sisteminin kurutma parametreleri ve koşulları gözönüne alındığında kaliteli bir ürün elde edilmesi konusunda geliştirilmesi gereken özellikler olduğu açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abduljabbar, A.I., 2018. Isparta Gülü (Rosa Damesceba Mill.) Nem Sorpsiyon İzotermelerinin ve En Uygun Kurutma Havası Koşullarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 203s, Isparta.
- Akıl, Y., 2019. Güneş Işınım Tahmini için Farklı Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Batman.
- Baradei, Y., Hawlader, M.N.A., Ismail, A.F., Hrairi, M. and Rapi, M.I., 2016. Solar Drying of Fruits and Vegetables. International Journal of Recent Development in Engineering and Technology, 5(1), 1-12.
- Bayhan, H.A., 2011. Kabin Tipi Bir Kurutucuda Kurutma Sürecini Etkileyen Parametrelerin Deneyel Olarak İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116s, Isparta.
- Bharadwaz, K., Barman, D., Bhowmik, D. and Ahmed, Z., 2017. Design, Fabrication and Performance Evaluation of An Indirect Solar Dryer for Drying Agricultural Products. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(7), 1684-1692.
- Cankurtaran, E., 2018. Güneş Enerjili Kurutma Sisteminde Çileğin Kurutma Karakteristiğinin Belirlenmesi. Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 128s, Yozgat.
- Cemeroğlu, B.S., Karadeniz, F., Özkan, M., 2003. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 541 – 542, 544-570, Ankara.
- Cemeroğlu, B.S., 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Bizim Grup Basımevi, 636s, Ankara.
- Chaudari, A.D., Salve, S.P., 2014. A Review of Solar Dryer Technologies. International Journal of Research in Advent Technology, 2(2), 218-232.
- Çanakçı, M., 2005. Güneş Enerjili Polen Kurutma İşleminin Matematik Modellemesi ve Termodinamik Analizi. Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Niğde.
- Çay, V.V., Koçyiğit, F., Akyüz, M.K., Koçyiğit, Ş., 2017. Güneş Enerjisi Destekli Kurutma Sistemleri ve Tarımda Kullanımı. International Engineering Conference (IEC2017), Ekim 2017, Diyarbakır, 302-314.
- Demir, Ö., 2015. Deniz Suyu Kaynaklı Isı Pompalı Tünel Tipi Defne Yprığı Kurutma Sistemi Tasarımı ve Deneyel Analizi. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 127s, Karabük.
- Devahastin, S. (Ed.), 2000. Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying. Exergex Corporation, 187p, Canada.
- Doğan, H., 1999. Isı Borulu Güneş Kollektörü ile Kurutma. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1, 921- 925.
- Doymaz, İ., 2003. Convective Air Drying Characteristics of Thin Layer Carrots, Journal of Food Engineering, 61, 359- 364.

- Dündar, H., 2010. Bir Vakumlu Gıda Kurutma Sisteminin Tasarımı ve İmalatı. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63s, Afyonkarahisar.
- Erbay, B., Küçüköner, E., 2008. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri. Türkiye 10.Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum, 1045-1048.
- Erdoğan, D., 1984. Doğal Akışlı Güneş Enerjili Kurutucular. 2. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, 23-27 Nisan, Ankara, 224-231.
- Eşlik, A.H., Akarslan, E., Hocaoglu, F.O., 2021. Güneş Işınımı Tahmininde Ayrıştırma-Birleştirme Öğrenme Yaklaşımı. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(1), 132-144.
- Seçkin, G.U., Taşeri, L., 2015. Yarı Kurutulmuş Meyve ve Sebzeler. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(9), 414-420.
- Sezer, S., 2017. Soğan Dilimlerinin Çeşitli Yöntemlerle Kurutma Karakteristiklerinin ve Kurutma Esnasında Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Osmaniye.
- Elhagar, M.M.E., 2015. A Comparative Study for Drying Apple and Carrot In An Indirect Solar Crop Dryer. Recent Advances on Energy and Environment, 44, 126-134.
- Ersöz, M.A., Doğan, H., 2009. Isı Geri Kazanımlı Akışkan Yatak Sürekli Kurutucu Tasarımı, İmalatı ve Tuz Kurutmasında İncelenmesi. 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, Karabük, 1-6.
- Ertekin, C., 2002. Bazı Sebze ve Meyvelerin Kurutulması. Tarım Ürünleri kurutma Tekniği Çalıştayı, 33-57, İzmir.
- Industrial drying systems”, ASHRAE Applications Handbook, 2003. 28: 1-2.
- Ferreira, D., Lopes da Silva, DA., Pinto, G., Santos, C., Delgadillo, I., Coimbra, M.A., 2008. Effect of sun-drying on microstructure and texture of S. Bartolomeu pears (Pyrus communis L.). Eur Food Res Technol, 226: 1545-1552.
- Giannelos P.N., Sxizas S., Lois E., Zannikos F., Anastopoulos G., 2005. Physical, chemical and fuel related properties of tomato seed oil for evaluating its direct use in diesel engines. Industrial Crops and Products.
- Gülçimen, F., Durmuş, A. ve Durmuş, A., 2010. Kurutmada Kullanılmak İçin Havalı Kollektörler Tasarlanması. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 118, 38-43.
- Günerban, H., 2005. Endüstriyel Kurutma Sistemleri. Türk Tesisat Mühendisliği Derneği Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, 13, 1-11.
- Güngör, A., Özbalta., 1997. Endüstriyel Kurutma Sistemleri. III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi. 20-23 Kasım, İzmir, 737-747.
- Kara, T., Demir, F., 2012. Muzun Farklı Kurutma Şartlarındaki Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science), 8(2), 179-184.
- Karakaplan, N., 2017. Nane (Mentha spicata) Bitkisinden Uçucu Yağ Eldesi İçin Optimum Koşullarının Araştırılması. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 141s, Malatya.

- Karakaya H., 2017. Güneş Enerjisi Destekli Doğal Taşınımli Kurutma Sisteminde Kurutma Parametrelerinin İncelenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 152s, Elazığ.
- Khan, F. and Min, K., 2017. Integrated Use of Flat Plate Solar Collector for the Dehydration Process of Fruit. *Annals of Biological*, 5(2), 77-84.
- Khuresi, N.A., Walke, S., 2016. Drying Characteristics of Fruits using Solar Drying. *International Journal of Emerging Technologies and Engineering (IJETE)*, 3(7), 48-52.
- Kılıç, F., Köse, A., 2017. Meyve-sebze kurutma makineleri için arduino tabanlı neme duyarlı fan kontrol tasarımı. 1st International Turkish World Engineering and Science Congress, Aralık 2017, Antalya, 176-180.
- Kocayigit, F., 2010. Bazı Sebzelerin Kurutma Karakteristiklerinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s, İstanbul.
- Kutlu, N., İşçi, A., Demirkol, Ö.Ş., 2015. Gıdalarda İnce Tabaka Kurutma Modelleri.
- Kutlu, N., 2012. Gıdalarda Kurutma Teknolojisi. Erişim Tarihi: 05.02.2022. <https://www.foodtime.com.tr/makale/gidalarda-kurutma-teknolojisi-m65.html#>
- Madhlopa, A., Jones, S.A., Kalenga Saka, J.D., 2002. A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. *Renewable Energy*, 27, s. 27-37.
- Mengeş, G., 2005. Patatesin Farklı Kurutma Şartlarındaki Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Konya.
- Mutlu, H., Öztürk, H. K., 2004. İncirin Güneş Enerjisi Kullanarak Kurutulmasının Esasları. II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi Bildiri Kitabı, 186-192.
- Misha, S., Mat, S., Ruslan, M.H., Sopian, K., Salleh, E., 2013. Review on the Application of a Tray Dryer System for Agricultural Products. *World Applied Sciences Journal*, 22(3), 424-433.
- İcier, F., Sabancı, S., 2013. Kurutma ve İşletmede Hijyen. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan, İzmir, 29-36.
- O.V. Ekechukwu O.V., Norton B., 1999. Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology, *Energy Conversion & Management* 40, 615-655.
- Özaydın, A.G., Özçelik, S., 2014. Ankara Armudunun Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Fırında Kurutma İşleminin Etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4), 17-26.
- Özden, S., Kılıç, F., 2020. Limon (Citrus limon L.) Diliminin Kurutma Sürecindeki Renk ve Boyut Analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (8), 1227-1235.
- Özgen, F., 2013. Kızılciğın Kurutma Karakteristiklerinin Deneysel Olarak incelenmesi ve Enerji Gerekliliğinin Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 33(2), 391-400.
- Öztürk, H. H., Yaşar, B., Eren, Ö., 2010. Tarımda enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği. VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, 909-932.
- Perera, C.O., 2005. Selected Quality Attributes of Dried Foods, *Drying Technology*. 23(4), 717-730.
- Saldamlı, İ., Saldamlı, E., 2004. Gıda Endüstrisi Makinaları. İkinci Baskı. Savaş Yayınevi. Ankara.

- Sakaldaş, M., Gündoğdu, M.A., 2016. Deveci'Armut Çeşidinde Hasat Öncesi 1-Methylcyclopropene (Harvista) Uygulamalarının Meyve Dökümü ve Olgunlaşmaya Etkileri, 4-7 Ekim, Isparta, 105-111.
- Slama, R.B., Mechlouch, F., Daoud, H.B., 2009. Experimental Investigation of Solar Drying for Orange Peels by Forced Convection. International Symposium on Convective Heat and Mass Transfer in Sustainable Energy, April 26-May 1, Hammamet, Tunisia, 311- 315.
- Şevik, S., Aktaş, M., Doğan, H. ve Yılmaz, A., 2014. Küçük Ölçekli Sera Tipi Bir Kurutucuda Kırmızı Biber Kurutulmasının Termoekonomik Analizi. Politeknik Dergisi, 4, 143-152.
- Tarhan, S., Ergüneş, G., Güneş, M., Mutlu, A., 2009. Farklı Kurutma Koşullarının Amasya Elmasının Kuruma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(2), 1-6.
- Tekgöl, Y., 2019. Limon Kabuğunun Farklı Kurutma Yöntemleriyle Optimum Kurutma Koşullarının Belirlenmesi ve Kurutma Yöntemlerinin Bazı Kalite Özellikleri ile Uçucu Bileşenler Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 211s, İzmir.
- Tonyalı, İ.H., 2013. Tanecikli Malzemelerin Kuruma Davranışının İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 125s, İstanbul.
- Ülger, P., Aktaş, T., Orak, H., Şahin, F.H., 2008. Domates Kurutmada Farklı Kurutma Yöntemlerinin ve Ön İşlemlerin Ürün Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Tübitak Projesi No:107-0-317, Tekirdağ.
- Yağcıoğlu, A., 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536. İzmir.
- Yaralı, E., 2014. Gıdalarda Temel İşlemler II. Erişim Tarihi: 22.08.2021. <http://www.akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders%20notlari/Gida%20temel%20islemler%20II.pdf>
- Yıldız, Z., Gökayaz, L., 2019. Elma Dilimlerinin Farklı Güneş Kurutma Yöntemleri İle Kurutulması. Gıda ve Yem Bilimi- Teknoloji Dergisi, 22, 29-36.
- Zlatanovic, I., Komatina, M., Antonijevic, D., 2013. Low Temperature Convective Drying of Apple Cubes. Applied Thermal Engineering, 53, 114-123.

EKLER

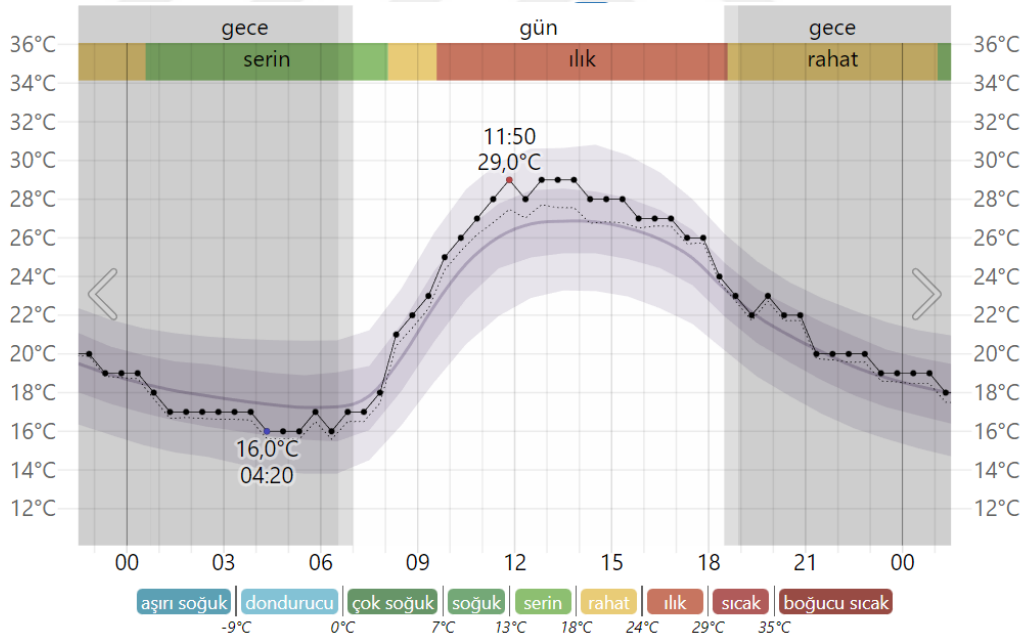
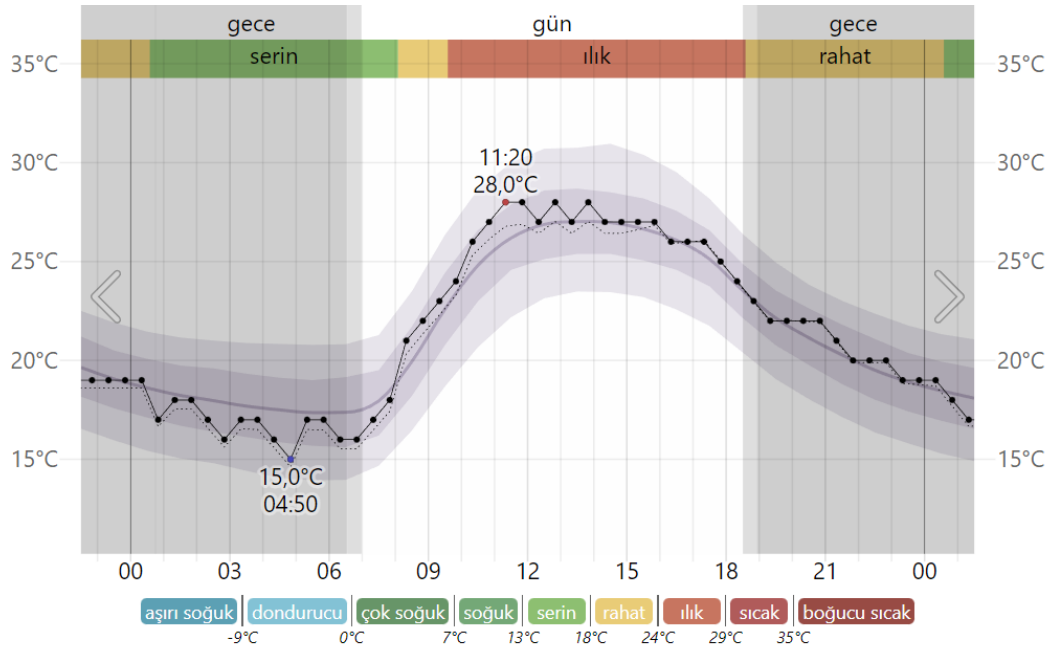
EK A. Yerleşke Sıcaklık Grafikleri

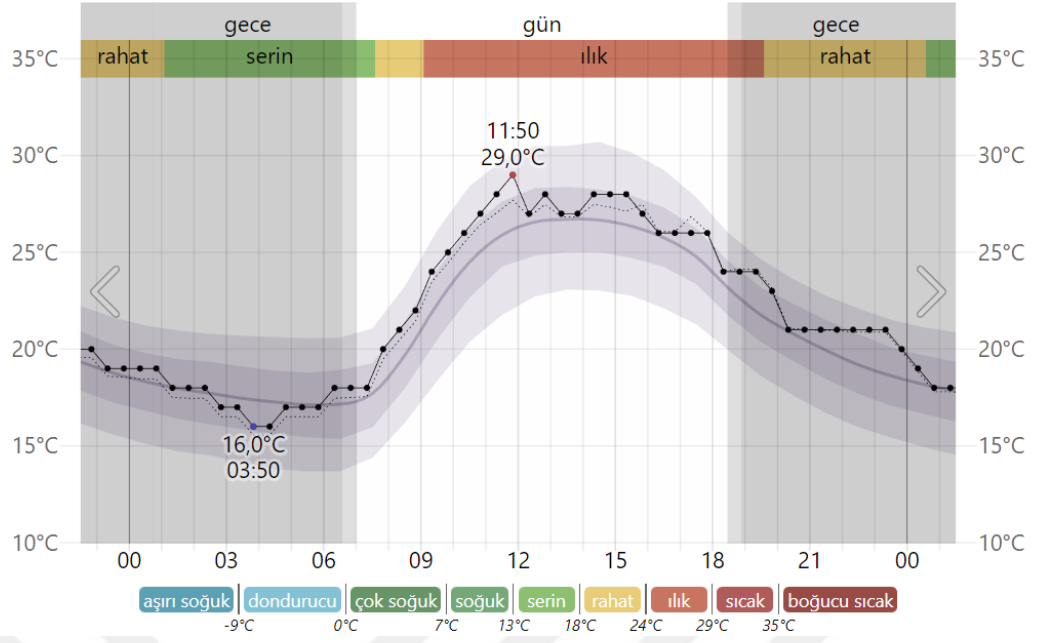
EK B. Kurutma Verileri

EK C. Fotoğraflar



EK A. Grafikler





Şekil A.3. Antalya ili 10 Ekim 2021 sıcaklık grafiği

EK B. Kurutma sistemi verileri

Çizelge B.1. Kurutma denemeleri 1.gün verileri

ZAMAN	PANEL GİRİŞ SICAKLIK (°C)	PANEL ÇIKIŞ SICAKLIK (°C)	KABİN İÇ SICAKLIK (°C)	KABİN ÇIKIŞ SICAKLIK (°C)	DIŞ HAVA SICAKLIK (°C)	KABİN İÇİ NEM (%)	DIŞ HAVA NEM (%)	PANEL ÇIKIŞ NEM (%)	ÜRÜN AĞIRLIĞI (gr)	ISITICI ÇALIŞMA SÜRESİ (dk)
9:33	42.30	87.00	53.10	53.80	26.75	32.40	30.40	12.20	104.7	1
9:34	41.30	87.40	58.67	59.50	26.90	32.10	29.70	12.30	104.7	1
9:35	40.60	87.85	60.70	60.50	27.15	33.40	29.60	12.40	104.6	1
9:36	41.30	88.05	60.23	58.30	28.05	35.70	28.90	12.40	104.5	1
9:37	40.30	88.35	61.03	59.80	27.50	34.40	29.20	12.40	103.7	1
9:38	40.10	89.20	63.00	61.50	28.10	34.40	28.70	12.70	103.0	1
9:39	39.80	89.45	61.90	59.40	28.20	36.10	29.00	12.80	102.1	1
9:40	39.50	89.90	60.90	58.80	27.90	35.40	28.90	12.80	101.3	1
9:41	39.70	90.30	63.23	61.90	27.80	33.60	29.00	12.80	100.0	1
9:42	39.60	90.45	62.93	61.30	28.05	34.40	28.70	12.90	99.6	1
9:43	39.30	90.80	61.60	58.60	28.40	35.70	29.60	12.90	99.0	1
9:44	39.40	91.05	62.17	60.40	28.45	33.40	29.80	13.00	98.4	2
9:45	39.50	91.30	64.37	62.50	28.65	33.00	28.90	13.00	97.8	2
9:46	39.60	91.75	63.27	60.30	28.70	34.10	28.70	13.10	97.2	2
9:47	38.90	91.95	61.23	58.40	28.75	34.30	27.90	13.00	96.6	2
9:48	39.00	92.30	63.23	61.70	29.35	32.30	28.00	13.20	96.0	2
9:49	39.00	92.70	64.33	62.40	29.20	31.90	27.30	13.30	95.4	2
9:50	39.70	92.80	63.43	60.60	29.55	33.00	27.10	13.30	94.9	2
9:51	39.70	93.30	61.63	58.80	29.30	33.10	27.30	13.40	94.3	2
9:52	39.90	93.60	63.73	62.10	29.30	30.80	27.40	13.60	93.8	2
9:53	40.00	93.75	65.00	62.60	29.05	31.30	27.60	13.60	93.2	2
9:54	40.40	94.60	63.40	60.30	28.30	31.80	28.80	13.80	92.6	2
9:55	41.40	94.65	61.27	58.80	28.45	28.10	28.80	13.90	92.0	3
9:56	41.10	95.00	63.20	60.90	28.70	28.10	28.50	13.90	91.4	3
9:57	41.30	95.40	64.37	62.80	28.60	30.70	28.90	14.00	90.9	3
9:58	41.40	95.70	63.53	61.10	27.95	26.60	29.80	14.10	90.3	3
9:59	41.30	95.70	61.77	59.30	27.95	26.20	29.70	14.10	89.7	3
10:00	41.90	96.25	63.90	62.50	27.80	27.80	30.10	14.20	89.2	3
10:01	42.00	96.45	65.00	62.70	28.20	29.00	29.60	14.20	88.5	3
10:02	42.60	96.30	63.27	60.60	28.35	26.50	30.00	14.20	88.0	3
10:03	42.30	96.45	62.00	59.40	28.25	26.10	30.20	14.30	87.5	3
10:04	42.50	96.70	63.97	62.50	27.75	27.40	30.90	14.30	86.6	3
10:05	42.70	96.95	65.03	62.70	27.10	28.60	33.00	14.30	85.9	3
10:06	42.50	96.65	63.30	60.50	26.90	25.80	34.00	14.20	85.1	3
10:07	42.90	96.35	62.10	59.80	26.35	26.80	35.20	14.20	84.4	4
10:08	42.70	96.25	64.47	62.80	26.15	27.50	35.30	14.30	83.6	4
10:09	42.70	96.05	64.07	61.50	26.25	28.30	34.60	14.20	82.9	4
10:10	42.10	95.85	62.33	59.50	26.45	28.30	34.30	14.00	82.0	4
10:11	42.10	95.30	61.40	59.40	26.40	24.90	35.10	14.00	81.3	4
10:12	42.20	95.70	63.97	62.40	26.30	26.80	35.90	14.10	80.5	4
10:13	42.00	95.60	63.83	61.10	26.65	28.20	35.40	14.10	79.7	4
10:14	41.60	95.70	61.70	58.60	27.25	29.30	34.60	14.10	79.0	4
10:15	41.60	95.45	62.37	61.10	27.20	25.20	34.90	14.10	78.2	4
10:16	42.10	95.60	64.57	62.90	26.65	25.50	36.50	14.10	77.4	4
10:17	42.40	96.35	64.07	61.40	26.50	27.50	36.60	14.30	76.7	4
10:18	42.30	96.15	61.87	58.80	26.65	28.70	36.20	14.20	75.8	4
10:19	42.20	96.60	62.53	60.60	26.80	27.40	36.00	14.40	75.2	5
10:20	42.70	96.75	64.80	62.80	26.75	27.30	36.30	14.50	74.3	5
10:21	42.30	96.75	63.73	60.70	26.75	28.00	36.20	14.50	73.7	5
10:22	42.20	96.45	61.80	58.80	27.05	28.50	35.80	14.30	73.0	5
10:23	42.30	97.35	63.50	60.90	27.20	27.10	36.10	14.60	72.3	5
10:24	42.20	98.05	65.27	63.30	27.75	27.00	35.10	14.80	71.7	5
10:25	42.30	98.40	64.43	61.50	27.85	27.60	35.10	14.90	71.0	5
10:26	42.30	99.05	62.30	59.00	28.20	28.10	34.20	15.10	70.4	5
10:27	42.80	99.15	63.03	61.00	27.20	26.60	35.50	15.20	69.7	5

10:28	42.90	99.30	65.40	63.30	27.60	26.30	35.40	15.20	69.1	5
10:29	43.10	99.45	64.50	62.30	27.60	26.90	34.90	15.20	68.4	5
10:30	43.30	99.75	63.13	59.80	27.40	27.40	34.40	15.20	67.7	5
10:31	43.30	100.15	62.27	59.70	27.10	26.60	35.40	15.30	67.1	6
10:32	43.00	100.35	65.07	63.40	27.20	25.90	35.30	15.30	66.4	6
10:33	43.40	100.75	65.13	62.40	28.00	26.40	33.90	15.40	65.8	6
10:34	43.30	101.00	63.27	60.00	27.85	26.80	34.50	15.50	65.1	6
10:35	43.30	101.80	62.47	59.20	28.15	26.80	34.30	15.80	64.4	6
10:36	43.30	101.90	64.10	62.30	28.50	25.70	33.30	15.80	63.8	6
10:37	43.50	102.65	64.20	61.60	28.30	26.20	34.10	16.10	63.3	6
10:38	44.60	102.95	62.47	59.40	28.15	26.70	34.00	16.20	62.8	6
10:39	44.80	103.20	61.80	59.50	27.70	25.90	34.40	16.20	62.2	6
10:40	44.60	103.40	64.87	63.30	27.85	25.20	33.90	16.20	61.6	6
10:41	43.90	103.35	65.00	63.00	27.70	25.40	34.70	16.30	61.0	6
10:42	44.10	103.40	63.90	60.90	27.80	25.90	34.60	16.30	60.4	6
10:43	44.30	103.80	62.10	59.20	28.10	25.90	34.30	16.40	59.8	6
10:44	44.50	103.65	64.03	62.30	28.05	25.00	34.10	16.40	59.3	7
10:45	44.10	103.90	64.07	61.50	28.40	25.30	33.70	16.40	58.6	7
10:46	44.60	104.30	62.40	59.40	27.95	25.60	34.00	16.60	58.0	7
10:47	44.50	104.45	63.00	60.20	27.75	25.00	35.10	16.70	57.5	7
10:48	44.50	104.50	64.37	62.30	27.70	24.80	35.20	16.70	56.9	7
10:49	44.70	104.40	63.57	60.60	27.70	25.20	35.50	16.60	56.3	7
10:50	44.60	104.85	61.97	59.20	27.45	25.20	36.00	16.80	55.7	7
10:51	45.10	105.00	64.10	62.40	28.00	24.40	35.00	16.80	55.1	7
10:52	44.90	105.35	64.23	61.60	27.65	24.50	35.40	16.90	54.5	7
10:53	44.60	105.60	62.87	60.30	28.20	24.90	34.50	17.00	54.0	7
10:54	44.80	106.00	61.73	59.00	28.45	24.80	34.60	17.20	53.3	7
10:55	45.30	106.40	64.00	62.30	28.35	24.10	34.50	17.30	52.9	7
10:56	45.60	106.65	64.23	61.70	28.50	24.30	34.30	17.30	52.5	7
10:57	45.40	106.55	62.73	59.80	28.05	24.60	34.10	17.30	52.0	7
10:58	45.80	106.80	62.33	60.10	28.00	24.30	34.60	17.40	51.6	8
10:59	45.60	106.80	64.07	62.30	27.90	23.70	35.10	17.30	51.2	8
11:00	45.60	106.85	64.30	61.70	27.95	23.90	34.80	17.40	50.7	8
11:01	45.20	107.50	62.73	59.60	28.35	24.10	34.60	17.57	50.3	8
11:02	45.50	107.75	62.33	60.10	27.80	23.60	34.90	17.36	49.9	8
11:03	44.90	108.10	65.43	63.80	27.85	23.30	35.90	17.49	49.5	8
11:04	44.80	108.40	65.80	63.60	28.25	23.50	35.00	17.44	49.0	8
11:05	44.30	108.95	64.80	61.80	28.60	23.80	34.30	17.59	48.6	8
11:06	45.20	109.05	62.90	59.80	29.40	23.80	32.70	17.39	48.2	8
11:07	45.30	109.60	62.57	60.30	29.45	23.30	32.40	17.52	47.8	8
11:08	45.80	110.10	65.07	63.10	29.15	23.00	33.00	17.58	47.3	8
11:09	46.00	110.30	64.67	61.80	28.55	23.10	33.10	17.66	46.9	8
11:10	46.00	110.55	63.57	60.50	27.90	23.20	33.80	17.72	46.5	8
11:11	46.00	110.40	62.03	59.20	27.95	23.00	35.60	17.59	46.0	8
11:12	45.60	110.50	64.40	62.60	28.75	22.70	34.20	17.45	45.6	8
11:13	46.10	110.60	64.80	62.30	28.85	22.90	34.50	17.54	45.2	8
11:14	46.50	110.55	63.43	60.40	28.85	23.10	34.80	17.52	44.8	8
11:15	46.80	110.80	62.10	59.10	28.75	23.30	35.00	17.88	44.3	8
11:16	46.90	110.80	63.53	61.80	29.20	22.60	33.90	17.60	43.9	9
11:17	47.10	110.80	65.03	62.80	29.35	22.70	34.00	17.75	43.5	9
11:18	47.00	111.25	64.17	61.30	29.75	22.80	33.90	17.67	43.2	9
11:19	46.90	111.65	62.57	59.50	29.35	22.90	34.60	17.80	42.8	9
11:20	47.10	111.90	64.03	60.60	28.95	22.50	35.70	17.65	42.5	9
11:21	47.10	111.60	65.40	63.30	28.95	22.50	35.80	17.60	42.1	9
11:22	47.50	111.95	65.10	62.20	29.20	22.60	34.70	17.61	41.9	9
11:23	46.30	112.10	63.50	60.30	29.55	22.70	34.70	17.82	41.5	9
11:24	47.30	112.50	62.17	59.30	28.80	22.50	34.60	17.77	41.2	9
11:25	47.50	112.45	64.70	62.00	28.85	22.10	35.60	17.79	40.9	9
11:26	47.40	112.55	65.27	62.90	28.50	22.10	35.50	17.96	40.6	9
11:27	47.10	112.35	64.30	61.20	28.70	22.20	35.60	17.87	40.3	9
11:28	47.30	112.20	62.47	59.10	28.80	22.20	36.30	17.87	40.0	9
11:29	47.30	112.15	63.80	61.90	28.70	21.80	35.70	18.03	39.7	9
11:30	48.10	112.15	65.23	62.80	28.45	21.90	36.80	17.81	39.4	9
11:31	47.50	112.30	64.70	61.70	27.80	22.00	38.40	17.97	39.1	9
11:32	47.00	112.15	63.03	59.70	27.60	22.00	39.10	18.00	38.8	9
11:33	46.60	111.95	62.60	60.10	27.40	21.70	39.60	17.91	38.5	10
11:34	47.10	111.90	64.97	62.70	28.20	21.70	38.10	17.97	38.2	10
11:35	46.50	111.70	64.50	61.50	28.50	21.80	37.90	17.85	37.9	10
11:36	46.60	111.70	63.27	60.20	28.05	21.80	38.90	17.87	37.6	10
11:37	46.30	111.85	62.10	59.00	28.25	21.70	38.50	18.01	37.3	10

11:38	46.40	112.25	64.50	62.60	28.25	21.40	38.70	18.09	37.0	10
11:39	46.50	112.10	64.97	62.20	28.50	21.50	37.40	18.29	36.7	10
11:40	47.00	112.40	63.73	60.50	28.60	21.50	37.40	17.98	36.4	10
11:41	47.10	112.65	62.37	59.10	28.10	21.50	38.50	18.08	36.1	10
11:42	46.90	113.20	64.03	62.10	29.15	21.10	36.80	18.07	36.0	10
11:43	46.70	113.45	65.77	63.30	28.90	21.30	37.40	17.90	35.7	10
11:44	46.60	113.70	64.87	61.70	28.35	21.30	38.80	18.07	35.4	10
11:45	47.10	113.80	63.23	59.80	28.90	21.30	37.20	17.95	35.2	10
11:46	47.60	114.00	62.70	59.30	28.60	21.20	38.20	18.23	34.9	10
11:47	47.10	114.00	65.00	63.00	28.90	20.80	36.80	18.07	34.6	10
11:48	47.80	114.10	65.57	62.80	27.55	20.90	40.60	18.19	34.4	10
11:49	48.10	114.20	64.23	60.90	28.25	20.90	36.90	18.14	34.3	10
11:50	47.60	114.40	62.40	59.00	28.25	20.70	37.70	18.24	34.1	10
11:51	47.10	114.40	63.87	60.30	28.45	20.40	34.40	18.17	33.9	11
11:52	47.10	114.60	65.33	63.00	28.20	20.20	37.80	18.29	33.8	11
11:53	47.00	114.25	65.00	61.90	28.90	20.30	37.10	18.33	33.6	11
11:54	47.30	114.25	63.57	60.10	29.25	20.40	36.80	18.45	33.4	11
11:55	47.60	114.20	63.43	60.90	29.00	20.30	36.60	18.27	33.2	11
11:56	48.50	114.70	66.10	63.50	29.10	20.30	34.00	18.09	33.1	11
11:57	48.50	114.75	66.10	63.10	29.00	19.90	33.90	17.91	32.9	11
11:58	48.80	115.05	64.73	61.30	28.65	19.80	33.10	18.00	32.7	11
11:59	48.50	115.00	62.97	59.40	29.00	19.60	34.50	18.09	32.5	11
12:00	48.30	114.65	64.47	62.30	29.50	19.60	34.40	18.00	32.4	11
12:01	48.10	114.50	66.10	63.60	29.40	19.70	33.80	18.00	32.2	11
12:02	48.10	114.60	65.70	62.60	28.85	19.70	37.40	18.09	32.0	11
12:03	48.10	114.60	64.20	60.80	28.25	19.90	39.10	18.18	31.8	11
12:04	48.50	114.90	62.80	59.60	28.65	19.90	38.10	18.27	31.7	11
12:05	47.60	114.90	65.43	63.30	29.10	19.90	37.60	18.18	31.5	11
12:06	48.00	114.75	66.03	63.50	29.30	19.90	35.60	18.18	31.3	11
12:07	48.20	115.10	65.33	62.10	28.50	19.70	36.60	18.18	31.2	11
12:08	47.70	115.20	63.63	60.10	28.80	19.40	36.20	18.27	31.0	11
12:09	48.40	115.55	63.47	60.80	29.40	19.30	35.30	18.36	30.8	12
12:10	48.40	115.80	66.13	63.80	28.95	19.40	35.60	18.45	30.6	12
12:11	48.10	115.60	65.90	63.30	29.45	19.30	35.60	18.27	30.5	12
12:12	48.00	115.70	64.97	61.50	29.20	19.20	35.90	18.43	30.3	12
12:13	48.10	115.75	63.30	59.80	30.20	19.20	34.80	18.41	30.1	12
12:14	47.70	115.85	63.27	60.60	29.85	19.10	34.90	18.39	29.9	12
12:15	48.00	116.05	66.13	63.90	29.70	19.30	34.60	18.55	29.8	12
12:16	48.60	115.90	66.17	63.40	28.75	19.20	36.40	18.35	29.6	12
12:17	48.00	116.00	65.10	61.70	29.30	18.90	34.90	18.33	29.4	12
12:18	49.10	115.95	63.43	59.80	28.95	18.80	35.40	18.31	29.4	12
12:19	48.10	116.05	63.33	60.70	29.85	18.70	33.20	18.29	29.3	12
12:20	48.50	116.35	66.13	63.80	30.10	18.80	33.60	18.44	29.1	12
12:21	48.60	116.40	66.23	63.50	30.45	18.80	33.10	18.42	29.1	12
12:22	48.40	116.50	65.40	62.00	29.80	18.60	34.70	18.58	28.9	12
12:23	49.10	116.70	63.70	60.10	28.70	18.50	36.20	18.42	28.8	12
12:24	48.80	116.10	63.57	60.90	29.55	18.50	34.80	18.18	28.7	12
12:25	49.10	116.30	66.30	64.00	29.90	18.70	34.10	18.34	28.5	12
12:26	49.30	116.40	66.43	63.50	29.65	18.70	33.00	18.32	28.4	12
12:27	49.50	116.00	65.30	61.80	28.90	18.30	34.70	18.12	28.4	12
12:28	50.00	116.05	63.53	59.80	28.75	18.10	35.70	18.01	28.3	12
12:29	49.60	115.95	63.37	60.70	29.60	18.20	34.10	18.08	28.1	13
12:30	48.90	115.95	65.87	63.70	29.65	18.40	33.80	17.97	28.0	13
12:31	48.80	116.25	65.67	63.10	29.85	18.40	34.30	18.13	27.9	13
12:32	49.30	116.10	64.37	61.20	29.45	18.20	33.70	18.11	27.8	13
12:33	49.60	116.45	62.83	59.30	29.00	17.90	34.00	17.89	27.7	13
12:34	49.30	116.15	64.40	62.30	28.50	18.00	34.90	17.89	27.6	13
12:35	49.00	115.80	65.97	63.20	28.35	18.10	35.50	17.87	27.5	13
12:36	49.00	115.25	65.30	62.20	28.80	18.00	35.30	17.68	27.3	13
12:37	49.00	115.05	63.83	60.30	28.45	17.80	35.60	17.48	27.3	13
12:38	48.70	114.95	62.40	59.10	29.35	17.70	34.70	17.46	27.1	13
12:39	48.40	115.00	65.17	63.00	29.50	18.10	33.80	17.44	27.0	13
12:40	48.30	115.00	65.87	62.80	29.80	18.00	32.90	17.42	26.9	13
12:41	49.50	114.65	65.00	61.80	29.35	17.80	34.40	17.31	26.8	13
12:42	49.70	114.85	63.50	59.80	28.95	17.70	35.50	17.29	26.7	13
12:43	49.30	114.90	63.33	60.50	29.80	17.80	34.60	17.27	26.6	13
12:44	48.60	114.90	66.10	63.70	29.90	18.10	33.70	17.34	26.5	13
12:45	49.00	115.10	66.03	62.80	29.85	18.00	33.00	17.41	26.4	13
12:46	50.00	115.10	65.03	61.60	29.50	17.70	34.00	17.39	26.3	13
12:47	49.30	115.10	63.50	59.90	30.05	17.50	32.70	17.28	26.2	13

12:48	49.00	115.30	63.60	61.00	30.80	17.60	32.40	17.43	26.0	14
12:49	49.50	115.40	66.50	64.10	30.40	18.00	33.90	17.41	26.0	14
12:50	49.40	116.10	66.53	63.30	30.90	18.00	33.40	17.65	25.8	14
12:51	49.60	116.25	65.67	62.30	30.65	17.90	33.50	17.63	25.7	14
12:52	50.00	116.40	64.30	60.60	30.00	17.70	33.80	17.70	25.6	14
12:53	50.50	116.45	62.97	59.70	29.85	17.50	34.50	17.40	25.4	14
12:54	50.60	116.00	65.87	63.70	30.05	17.90	33.90	17.48	25.4	14
12:55	50.20	116.10	66.67	63.70	30.15	17.90	33.60	17.46	25.3	14
12:56	50.40	115.85	66.03	62.60	29.75	17.70	33.90	17.44	25.2	14
12:57	49.70	116.10	64.40	60.80	29.95	17.30	33.90	17.30	25.2	14
12:58	50.10	116.15	63.20	60.00	30.55	17.40	32.80	17.30	25.1	14
12:59	50.00	115.90	66.17	64.00	30.30	17.80	32.60	17.25	25.0	14
13:00	51.00	115.80	66.87	64.00	30.20	17.70	32.90	17.20	25.0	14
13:01	50.50	115.90	66.27	62.90	30.25	17.50	32.50	17.20	24.9	14
13:02	49.90	115.75	64.73	61.10	30.35	17.20	32.60	16.96	24.8	14
13:03	50.30	115.70	62.97	59.50	30.20	17.10	33.10	17.06	24.8	14
13:04	50.40	115.25	64.63	62.50	30.30	17.50	33.10	17.26	24.7	14
13:05	51.10	115.00	66.40	63.70	29.75	17.60	33.70	16.99	24.6	14
13:06	50.40	114.60	65.93	62.80	29.80	17.40	33.60	17.17	24.5	14
13:07	50.80	114.15	64.37	60.90	29.50	17.10	33.10	17.06	24.5	14
13:08	51.50	113.55	62.83	59.60	29.10	17.00	34.00	17.16	24.4	15
13:09	50.50	113.20	65.43	63.30	28.70	17.30	34.90	16.80	24.3	15
13:10	51.00	112.75	65.83	62.90	28.90	17.30	35.60	16.95	24.3	15
13:11	50.80	112.70	65.07	61.80	29.35	17.10	33.60	16.82	24.2	15
13:12	51.40	112.75	63.30	59.80	29.25	16.90	33.80	17.20	24.1	15
13:13	51.40	112.60	62.93	60.30	28.85	16.90	34.90	16.97	24.1	15
13:14	50.80	112.40	66.63	64.70	29.40	17.60	33.80	17.00	24.0	15
13:15	50.50	112.10	67.27	64.30	29.40	17.50	33.50	16.92	23.9	15
13:16	49.80	112.00	66.27	63.10	29.70	17.10	33.40	16.83	23.9	15
13:17	49.50	111.85	64.73	61.10	30.00	16.90	33.20	16.83	23.8	15
13:18	49.60	112.25	62.93	59.40	30.30	16.80	32.70	17.01	23.7	15
13:19	50.30	112.25	64.57	62.50	30.10	17.20	31.50	17.10	23.7	15
13:20	51.00	112.35	66.27	63.60	29.70	17.20	32.30	16.92	23.6	15
13:21	51.00	112.00	65.50	62.60	29.75	16.80	31.90	16.83	23.6	15
13:22	50.90	111.75	64.20	60.70	29.60	16.50	32.90	16.74	23.5	15
13:23	51.10	111.70	62.80	59.60	29.15	16.50	33.70	16.83	23.4	15
13:24	51.30	111.45	65.33	63.20	29.25	17.00	31.70	16.65	23.4	15
13:25	50.80	111.35	65.80	62.90	28.95	16.80	33.90	16.56	23.3	15
13:26	50.90	111.30	64.40	61.60	29.15	16.60	32.90	16.65	23.3	15
13:27	50.80	110.50	63.10	59.60	29.40	16.40	32.60	16.20	23.3	16
13:28	51.10	110.25	64.50	62.30	29.55	16.80	32.70	16.20	23.2	16
13:29	49.40	110.25	66.17	63.60	30.25	16.80	31.80	16.29	23.2	16
13:30	49.60	110.40	65.50	62.30	30.35	16.70	31.60	16.38	23.1	16
13:31	51.50	110.80	63.80	60.30	29.40	16.50	32.40	16.38	23.1	16
13:32	50.60	110.60	63.03	59.90	29.90	16.40	32.80	16.29	23.1	16
13:33	50.70	110.45	65.67	63.60	30.15	16.90	32.20	16.38	23.0	16
13:34	50.50	110.30	66.23	63.40	29.90	16.80	32.00	16.29	22.9	16
13:35	50.60	110.15	64.93	61.60	29.80	16.50	32.00	16.20	22.8	16
13:36	51.60	109.80	63.13	59.60	29.55	16.30	32.10	16.11	22.8	16
13:37	51.60	109.50	63.70	60.70	29.45	16.50	32.50	15.82	22.7	16
13:38	51.00	109.25	65.80	63.50	29.40	16.70	33.10	15.86	22.7	16
13:39	50.60	109.20	65.43	62.30	29.30	16.50	32.80	15.86	22.7	16
13:40	50.90	108.80	63.77	60.30	29.20	16.30	33.60	15.98	22.6	16
13:41	51.20	108.55	63.33	60.60	29.30	16.50	32.90	15.83	22.5	16
13:42	50.80	108.15	65.60	63.10	29.45	16.30	32.10	15.90	22.5	16
13:43	50.30	107.80	63.33	60.20	28.70	16.10	33.50	15.61	22.5	16
13:44	50.30	107.70	63.17	61.00	28.95	16.30	33.90	15.76	22.4	17
13:45	49.70	107.40	65.87	63.80	29.25	16.50	33.10	15.69	22.3	17
13:46	50.60	107.40	65.67	62.70	29.30	16.50	33.00	15.60	22.3	17
13:47	49.90	107.10	64.13	60.70	29.85	16.30	33.20	15.79	22.2	17
13:48	50.10	107.20	62.83	59.50	29.45	16.20	33.00	15.75	22.2	17
13:49	49.80	107.00	64.13	62.30	29.95	16.30	32.80	15.70	22.1	17
13:50	49.40	107.00	65.97	63.70	30.55	16.50	32.50	15.55	22.0	17
13:51	49.60	107.15	65.47	62.40	30.75	16.50	31.80	15.78	22.1	17
13:52	50.00	107.45	64.13	60.80	30.50	16.40	32.10	15.68	21.9	17
13:53	50.40	107.30	62.87	59.70	30.05	16.40	32.60	15.60	21.9	17
13:54	49.80	107.25	64.50	62.70	30.55	16.50	32.50	15.61	21.9	17
13:55	50.70	107.55	66.33	64.00	30.50	16.60	33.40	15.56	21.8	17
13:56	49.80	107.60	65.87	62.80	31.50	16.50	32.20	15.39	21.8	17
13:57	50.20	107.70	64.53	61.20	31.10	16.60	31.40	15.52	21.7	17

13:58	51.10	107.60	62.93	59.60	30.45	16.50	32.50	15.45	21.7	17
13:59	51.40	107.40	63.80	61.00	30.90	16.60	32.80	15.41	21.6	17
14:00	51.40	107.30	66.13	64.10	30.40	16.50	33.10	15.38	21.6	17
14:01	51.60	106.60	66.13	63.20	29.90	16.50	33.60	15.42	21.5	17
14:02	51.30	106.00	64.70	61.40	30.15	16.50	33.90	15.25	21.4	17
14:03	51.10	105.95	63.00	59.60	30.25	16.40	33.20	15.53	21.4	18
14:04	50.50	105.90	64.43	60.90	29.70	16.50	34.10	15.47	21.3	18
14:05	50.10	105.50	65.93	64.00	30.35	16.50	33.20	15.39	21.3	18
14:06	50.50	105.60	65.93	63.10	30.15	16.50	32.60	15.37	21.3	18
14:07	51.60	105.20	64.47	61.10	29.65	16.40	32.80	15.28	21.2	18
14:08	50.60	104.80	63.00	60.00	29.35	16.30	34.20	15.44	21.2	18
14:09	50.50	104.25	65.30	63.50	29.55	16.50	34.50	15.31	21.1	18
14:10	50.50	103.60	64.43	62.30	29.60	16.30	34.80	15.23	21.1	18
14:11	50.40	103.25	63.73	60.80	29.75	16.50	35.60	15.27	21.0	18
14:12	50.60	102.80	62.67	60.00	29.20	16.40	35.60	15.24	21.0	18
14:13	50.40	102.10	64.17	62.30	29.35	16.50	35.40	15.19	20.9	18
14:14	49.90	101.75	62.33	59.10	29.90	16.30	34.80	15.20	20.8	18



Çizelge B.2. Kurutma denemeleri 2.gün verileri

ZAMAN	PANEL GİRİŞ SICAKLIK (°C)	PANEL ÇIKIŞ SICAKLIK (°C)	KABİN İÇ SICAKLIK (°C)	KABİN ÇIKIŞ SICAKLIK (°C)	DIŞ HAVA SICAKLIK (°C)	KABİN İÇİ NEM (%)	DIŞ HAVA NEM (%)	PANEL ÇIKIŞ NEM (%)	ÜRÜN AĞIRLIĞI (gr)	ISITICI ÇALIŞMA SÜRESİ (dk)
10:30	46.60	103.75	61.10	60.10	28.85	26.70	37.00	16.30	105.6	0
10:31	46.70	103.65	61.60	60.70	28.95	27.40	37.60	16.40	105.7	0
10:32	46.60	103.90	63.10	61.50	28.80	27.60	38.20	16.80	104.7	1
10:33	46.50	104.40	64.95	62.30	28.60	28.40	39.60	17.00	103.6	1
10:34	46.40	104.90	62.68	60.30	27.75	29.00	39.40	17.10	102.6	1
10:35	46.20	104.75	63.24	61.30	27.15	26.80	42.80	17.00	101.5	1
10:37	46.00	104.55	61.27	58.80	28.00	29.50	41.40	17.00	100.4	1
10:38	45.80	104.25	63.38	61.10	27.85	26.80	42.60	17.00	99.4	1
10:39	45.60	104.35	64.12	62.60	27.25	26.10	44.80	17.10	98.4	1
10:40	45.20	104.25	61.85	60.00	27.95	29.40	43.90	17.00	97.2	2
10:41	45.00	104.20	63.31	61.50	27.60	26.50	44.50	17.00	96.2	2
10:42	45.20	104.20	64.76	63.30	27.50	26.00	45.00	17.00	95.1	2
10:43	44.70	104.35	62.53	60.60	27.95	26.60	44.40	17.20	94.0	2
10:44	44.50	104.60	61.60	59.40	28.60	28.90	43.20	17.20	93.0	2
10:45	44.70	104.65	64.28	63.00	28.20	25.50	42.90	17.30	92.0	2
10:46	44.70	104.60	64.48	62.70	28.40	25.80	42.20	17.20	90.9	2
10:47	44.80	104.85	62.15	60.00	28.20	26.10	42.80	17.20	89.9	2
10:48	44.60	104.95	63.65	62.00	27.90	28.40	42.40	17.30	88.8	2
10:49	44.50	104.90	65.54	64.00	27.70	25.10	43.30	17.20	87.8	2
10:50	44.60	105.20	64.05	62.30	28.85	29.10	41.50	17.30	86.6	2
10:51	44.90	105.55	62.12	59.90	28.35	26.60	41.80	17.40	85.6	3
10:52	45.10	105.65	63.64	62.10	27.70	24.80	43.00	17.50	84.5	3
10:53	44.90	106.15	65.80	63.80	28.30	29.00	41.60	17.60	83.5	3
10:54	44.80	106.35	64.23	62.20	29.20	26.10	39.30	17.70	82.4	3
10:55	44.50	106.10	62.27	59.70	29.25	25.50	40.50	17.60	81.4	3
10:56	45.40	106.40	62.97	60.60	29.15	24.70	39.90	17.70	80.3	3
10:57	45.20	107.30	65.85	63.80	29.80	28.30	37.90	18.00	79.5	3
10:58	45.80	107.85	65.41	63.20	30.05	26.80	37.20	18.10	78.7	3
10:59	46.00	108.00	63.46	61.10	29.85	24.80	37.60	18.10	77.9	3
11:00	46.00	108.60	61.96	59.50	30.05	29.50	37.50	18.40	77.1	3
11:01	45.60	109.15	65.03	62.10	29.90	25.90	37.80	18.60	76.3	3
11:02	46.60	109.85	66.70	64.70	30.15	27.70	37.90	18.90	75.5	3
11:03	46.60	110.10	65.47	63.00	28.95	28.90	39.90	18.90	74.7	3
11:04	46.40	109.70	62.92	60.90	28.55	24.60	39.90	18.70	73.9	3
11:05	46.50	110.10	62.88	60.40	28.15	28.50	40.20	18.80	73.1	4
11:06	46.50	110.15	65.93	64.00	28.20	28.30	41.50	18.80	72.3	4
11:15	46.60	112.00	65.51	63.30	29.60	28.80	39.70	19.60	71.5	4
11:17	46.90	112.30	61.45	59.50	29.60	24.70	39.80	19.70	70.6	5
11:18	46.90	112.75	63.64	61.30	30.00	27.20	38.90	19.90	69.9	5
11:19	47.80	113.35	66.16	63.90	30.25	27.90	38.80	20.20	69.2	5
11:20	47.40	113.85	65.10	62.30	29.55	28.90	40.40	20.30	68.6	5
11:21	47.30	113.80	63.11	60.50	29.50	26.60	40.20	20.30	67.9	5
11:22	47.70	113.85	62.85	60.10	29.80	23.90	39.10	20.20	67.2	5
11:23	47.70	113.95	65.50	63.10	30.05	26.60	38.70	20.30	66.5	5
11:24	48.40	113.90	65.23	62.40	30.65	28.00	37.80	20.30	65.8	5
11:25	47.80	114.55	63.68	60.60	30.30	28.90	38.30	20.50	65.1	5
11:26	47.80	114.45	64.05	61.50	29.90	24.90	38.40	20.30	64.5	5
11:27	47.90	114.40	66.42	63.60	29.50	26.10	39.10	20.40	63.8	5
11:28	47.70	114.05	65.70	62.70	29.85	27.60	38.70	20.10	63.1	5
11:29	47.50	114.05	64.05	60.70	30.05	28.50	38.80	20.10	62.4	5
11:30	47.70	114.20	62.89	59.60	30.10	28.50	38.10	20.30	61.7	5
11:31	48.30	114.10	65.86	63.00	29.55	27.20	38.60	20.20	61.0	6
11:32	47.90	114.15	65.81	62.30	29.35	27.40	38.80	20.10	60.3	6
11:33	47.60	113.55	64.35	61.00	30.05	27.90	38.30	20.00	59.6	6
11:34	47.70	113.60	62.44	59.10	30.50	28.50	36.90	19.90	59.2	6
11:35	47.80	113.80	65.04	61.90	29.90	26.90	38.70	20.00	58.8	6
11:36	48.40	113.65	67.66	64.60	29.00	26.80	41.60	20.10	58.4	6
11:37	47.90	113.65	66.74	63.00	29.30	27.20	41.30	20.00	57.9	6

11:38	47.80	113.55	64.98	61.50	29.45	27.90	40.80	19.90	57.5	6
11:39	47.80	113.50	62.90	59.40	30.05	28.30	39.50	19.80	57.1	6
11:40	48.40	113.75	65.19	62.10	30.05	26.90	39.80	20.10	56.7	6
11:41	48.00	113.80	66.00	62.90	29.35	27.10	41.20	20.10	56.3	6
11:42	48.00	113.70	64.83	61.10	29.40	27.40	40.60	20.10	55.9	6
11:43	47.10	113.45	63.11	59.70	29.85	27.80	39.60	19.90	55.4	6
11:44	47.10	113.60	65.53	62.40	29.95	26.50	39.80	19.90	55.0	6
11:45	47.00	113.80	66.40	63.20	30.35	26.60	38.50	20.10	54.6	6
11:46	47.40	113.65	65.05	61.60	30.25	27.10	39.10	20.10	54.2	6
11:47	48.10	113.90	63.41	59.60	30.10	27.30	39.40	20.20	53.8	6
11:48	48.30	114.00	64.86	60.80	30.45	26.60	39.00	20.20	53.4	7
11:49	48.20	114.25	66.51	63.40	30.05	26.10	40.00	20.30	52.9	7
11:50	47.80	114.40	65.62	62.20	30.85	26.50	38.50	20.40	52.5	7
11:51	48.00	114.45	63.80	60.30	30.20	26.90	39.40	20.40	52.1	7
11:52	47.80	114.65	64.38	60.90	30.20	26.70	39.30	20.40	51.7	7
11:53	48.20	115.10	66.61	63.20	29.25	25.70	42.00	20.50	51.3	7
11:54	48.60	114.55	65.89	62.50	28.55	26.10	44.50	20.30	50.9	7
11:55	48.40	114.15	63.84	60.30	28.75	26.70	43.90	20.10	50.6	7
11:56	47.90	113.45	64.00	60.60	29.55	26.00	41.80	20.00	50.3	7
11:57	48.10	113.50	66.31	63.10	29.25	25.60	42.10	20.00	49.9	7
11:58	47.50	113.65	65.56	62.50	29.85	25.90	41.40	20.00	49.5	7
11:59	47.90	114.10	64.14	60.50	29.30	26.30	42.80	20.20	49.2	7
12:00	48.00	114.40	62.88	59.40	29.70	26.30	41.50	20.20	48.9	7
12:01	48.50	114.50	65.99	63.00	30.15	25.30	40.40	20.30	48.5	7
12:02	48.00	114.55	65.86	62.50	30.20	25.50	40.00	20.30	48.2	7
12:03	48.30	114.65	64.49	61.40	30.05	25.80	40.20	20.30	47.8	7
12:04	48.90	114.30	62.93	59.40	30.00	26.10	40.80	20.20	47.4	7
12:05	48.30	114.05	65.39	62.20	30.25	25.00	39.80	20.10	47.1	8
12:06	48.40	114.00	65.87	63.00	29.80	25.10	41.00	20.20	46.7	8
12:07	48.60	114.05	64.71	61.30	30.05	25.50	40.60	20.30	46.4	8
12:08	48.50	114.25	63.14	60.00	30.45	25.70	40.00	20.30	46.0	8
12:09	48.80	114.90	64.03	60.70	30.20	25.10	40.80	20.50	45.7	8
12:10	48.80	114.75	66.48	63.40	30.30	24.80	40.60	20.50	45.3	8
12:11	48.50	114.80	65.65	62.30	29.50	25.10	42.10	20.50	45.0	8
12:12	48.60	115.00	63.83	60.30	29.35	25.30	42.50	20.50	44.7	8
12:13	48.80	115.20	63.57	59.70	29.20	25.30	42.40	20.60	44.3	8
12:14	48.60	115.25	66.35	63.20	30.05	24.40	40.70	20.50	43.9	8
12:15	48.30	115.45	66.42	63.00	29.95	24.70	41.00	20.70	43.6	8
12:16	48.50	115.25	64.87	61.20	29.55	25.00	42.40	20.60	43.2	8
12:17	48.60	115.85	63.65	60.00	28.95	25.00	43.90	20.80	42.9	8
12:18	48.80	115.85	66.51	62.60	29.50	24.30	42.70	20.80	42.5	8
12:19	48.60	115.80	66.83	63.40	28.95	24.40	43.40	20.80	42.2	8
12:20	48.70	115.25	65.21	61.50	29.30	24.70	42.60	20.60	42.0	8
12:21	48.70	114.80	63.16	59.50	29.50	25.00	41.40	20.40	41.7	8
12:22	48.50	114.65	65.59	62.20	29.40	24.20	41.80	20.30	41.4	9
12:23	48.30	114.35	66.67	63.30	29.75	23.90	41.20	20.10	41.2	9
12:24	48.50	114.65	65.71	62.10	29.95	24.20	40.70	20.40	40.9	9
12:25	49.20	115.10	63.86	60.10	29.50	24.50	41.40	20.50	40.7	9
12:26	49.20	114.85	64.06	60.60	29.35	24.00	41.70	20.40	40.4	9
12:27	48.80	115.00	66.57	63.30	29.65	23.60	41.40	20.40	40.2	9
12:28	49.40	114.80	65.92	62.60	29.00	23.90	42.90	20.20	39.9	9
12:29	49.30	114.65	64.37	60.60	29.05	24.20	43.00	20.20	39.7	9
12:30	49.00	114.40	63.04	59.30	28.95	24.20	43.80	20.20	39.4	9
12:31	48.50	114.20	66.90	63.80	29.55	23.40	42.50	20.20	39.2	9
12:32	48.30	114.20	68.10	64.70	29.20	23.60	43.90	20.20	38.9	9
12:33	48.60	114.35	66.99	63.60	29.60	23.80	42.80	20.30	38.6	9
12:34	49.10	114.40	65.33	61.60	29.70	24.00	42.10	20.30	38.4	9
12:35	49.00	114.65	63.36	59.50	29.25	24.10	43.60	20.30	38.1	9
12:36	49.00	114.40	65.71	62.40	30.15	23.30	40.10	20.20	37.9	9
12:37	49.50	114.65	66.86	63.40	29.60	23.30	41.20	20.30	37.6	9
12:38	49.20	114.75	65.82	62.40	29.70	23.30	41.80	20.30	37.4	9
12:39	48.50	115.10	64.43	60.60	30.05	23.50	40.90	20.50	37.1	9
12:40	48.80	115.20	63.41	59.60	29.35	23.40	42.50	20.60	37.0	10
12:41	49.40	115.45	66.65	63.30	28.90	22.80	43.20	20.70	36.8	10
12:42	49.50	115.15	66.38	62.80	28.90	23.00	43.20	20.50	36.5	10
12:43	49.10	115.05	65.01	61.50	28.90	23.10	43.40	20.40	36.3	10
12:44	49.00	114.80	63.39	59.50	28.85	23.20	43.00	20.20	36.1	10
12:45	49.60	115.05	65.82	62.30	28.90	22.60	42.00	20.30	35.9	10
12:46	50.00	115.20	66.79	63.20	29.15	22.60	42.30	20.40	35.7	10
12:47	49.50	114.90	65.34	61.50	29.20	22.70	41.70	20.30	35.5	10

12:48	49.10	114.90	63.74	60.30	30.10	22.80	40.00	20.30	35.2	10
12:49	49.00	115.15	64.63	61.00	30.65	22.40	39.00	20.40	35.0	10
12:50	49.00	115.35	67.57	64.10	31.30	22.30	37.70	20.50	34.8	10
12:51	50.50	116.10	66.94	63.10	29.95	22.40	39.80	20.80	34.6	10
12:52	51.00	115.80	65.19	61.30	30.20	22.40	39.20	20.60	34.4	10
12:53	49.80	115.85	63.73	60.10	31.05	22.30	37.80	20.70	34.2	10
12:54	49.40	115.80	64.70	61.00	31.25	22.00	37.40	20.70	34.0	10
12:55	49.90	115.95	67.47	64.00	30.40	21.90	39.30	20.70	33.7	10
12:56	51.20	115.75	66.78	63.00	30.00	22.00	39.70	20.60	33.5	10
12:57	51.30	115.40	65.09	61.10	29.25	22.10	40.60	20.50	33.3	10
12:58	50.50	114.90	63.66	59.80	29.75	22.00	39.70	20.30	33.1	11
12:59	50.30	115.20	66.18	62.80	29.80	21.60	39.50	20.40	32.8	11
13:00	51.00	114.50	67.26	63.60	30.30	21.60	38.70	20.10	32.7	11
13:01	50.30	114.30	66.07	62.20	30.70	21.60	37.70	20.10	32.4	11
13:02	50.50	114.65	64.19	60.30	29.65	21.60	38.70	20.10	32.2	11
13:03	50.60	114.70	63.96	59.80	29.15	21.50	40.40	20.20	32.0	11
13:04	50.50	114.45	66.74	63.30	29.40	21.20	39.90	20.00	31.7	11
13:05	50.30	114.15	66.55	62.90	29.85	21.20	39.20	19.80	31.6	11
13:06	50.20	113.85	65.00	61.10	28.75	21.30	41.30	19.70	31.3	11
13:07	50.30	113.60	63.77	60.00	28.65	21.30	41.40	19.70	31.1	11
13:08	50.60	113.65	66.57	62.50	29.40	20.90	39.90	19.70	30.9	11
13:09	49.80	113.45	67.09	63.50	30.00	20.90	38.60	19.60	30.6	11
13:10	50.30	113.55	65.77	61.90	29.60	21.00	39.60	19.70	30.5	11
13:11	50.20	113.25	63.92	60.00	30.40	21.00	38.40	19.50	30.2	11
13:12	50.10	113.40	64.60	60.80	29.90	20.90	39.40	19.60	30.1	11
13:13	50.30	113.35	67.07	63.30	29.60	20.70	40.20	19.60	29.8	11
13:14	50.10	113.30	66.75	63.10	29.95	20.80	38.10	19.60	29.6	11
13:15	49.40	113.30	65.33	61.40	30.65	20.60	37.20	19.60	29.4	11
13:16	49.20	113.35	63.82	59.80	30.65	20.60	38.00	19.70	29.3	12
13:17	50.50	113.55	66.34	62.70	29.75	20.40	39.10	19.70	29.1	12
13:18	50.20	113.55	67.56	64.00	29.80	20.50	38.30	19.70	29.1	12
13:19	50.60	113.40	66.61	62.80	29.85	20.40	36.70	19.50	28.9	12
13:20	49.50	113.05	64.79	60.80	30.65	20.10	36.50	19.40	28.8	12
13:21	49.30	113.20	63.80	59.80	30.20	20.00	37.70	19.50	28.6	12
13:22	50.60	112.95	66.35	63.50	30.05	20.00	36.70	19.50	28.5	12
13:23	51.00	112.70	66.83	63.50	30.35	20.00	35.40	19.20	28.3	12
13:24	50.80	112.35	65.73	62.00	30.45	19.70	35.70	19.10	28.3	12
13:25	50.30	112.35	63.99	60.10	31.10	19.60	35.00	19.00	28.1	12
13:26	49.80	112.40	64.56	61.00	30.90	19.50	34.20	19.10	27.9	12
13:27	50.70	112.55	67.43	64.00	30.55	19.50	35.10	19.10	27.9	12
13:28	49.90	112.45	67.02	63.00	30.85	19.50	35.40	19.10	27.7	12
13:29	50.50	112.60	65.76	61.80	30.35	19.50	35.40	19.10	27.6	12
13:30	51.50	112.15	63.92	59.80	30.05	19.40	36.40	18.90	27.5	12
13:31	51.00	111.90	66.41	62.80	31.20	19.30	34.50	18.80	27.4	12
13:32	50.50	111.90	67.72	64.20	30.65	19.40	34.10	18.90	27.2	12
13:33	51.10	112.10	66.85	62.60	30.30	19.30	35.10	18.90	27.1	12
13:34	51.10	112.05	65.36	61.50	29.90	19.10	36.10	18.90	27.0	12
13:35	51.30	111.65	63.48	59.50	29.85	19.00	35.90	18.70	26.8	13
13:36	51.00	111.35	65.77	62.40	29.90	18.90	36.20	18.50	26.7	13
13:37	50.60	111.25	67.02	63.50	30.50	19.00	35.30	18.50	26.6	13
13:38	49.90	111.05	66.18	62.20	30.90	18.90	34.70	18.50	26.4	13
13:39	50.80	110.95	64.67	61.10	30.70	18.80	35.30	18.40	26.3	13
13:40	51.60	110.85	64.00	60.10	30.40	18.80	35.40	18.30	26.2	13
13:41	52.10	110.25	67.21	63.80	30.30	18.90	34.40	18.00	26.0	13
13:42	52.20	110.15	67.11	63.50	29.60	18.70	35.30	18.00	25.9	13
13:43	51.80	110.20	65.60	61.70	29.80	18.50	32.80	18.00	25.8	13
13:44	51.50	109.80	63.90	60.50	29.55	18.20	35.00	17.80	25.6	13
13:45	51.30	109.45	64.66	60.90	29.65	18.20	35.10	17.70	25.6	13
13:46	50.70	109.20	67.03	63.70	30.55	18.40	33.20	17.60	25.4	13
13:47	50.60	108.90	66.37	62.70	30.05	18.30	33.70	17.60	25.2	13
13:48	50.60	108.55	64.56	60.80	29.90	18.00	33.40	17.30	25.1	13
13:49	50.50	108.40	63.36	59.60	30.40	17.90	33.90	17.30	25.0	13
13:50	50.70	108.40	65.88	62.60	30.15	18.10	34.00	17.30	24.9	13
13:51	51.10	108.10	67.22	63.80	29.80	18.20	35.10	17.20	24.8	13
13:52	50.60	107.80	65.93	62.30	30.55	18.10	33.60	17.20	24.6	13
13:53	50.40	107.55	64.36	60.50	29.80	17.90	34.70	17.10	24.5	13
13:54	50.80	107.55	64.16	61.20	30.25	17.90	33.20	17.10	24.3	14
13:55	49.70	107.10	67.47	63.80	31.05	18.10	32.30	16.80	24.2	14
13:56	50.40	107.25	67.38	63.80	30.65	18.00	32.20	16.80	24.1	14
13:57	51.70	107.15	65.96	62.10	30.20	17.70	33.40	16.80	24.0	14

13:58	51.30	106.60	64.12	60.30	29.45	17.60	33.90	16.70	23.9	14
13:59	50.60	106.50	64.53	60.90	29.95	17.60	33.50	16.60	23.8	14
14:00	50.80	106.00	67.00	63.50	30.05	17.80	33.00	16.40	23.6	14
14:01	51.00	105.60	66.71	63.20	30.10	17.70	32.50	16.30	23.4	14
14:02	50.30	105.35	65.16	61.50	29.75	17.40	33.00	16.10	23.3	14
14:03	50.10	105.05	63.97	60.30	29.45	17.30	34.00	15.90	23.2	14
14:04	50.50	104.70	66.91	63.70	29.60	17.60	32.20	16.00	23.0	14
14:05	51.00	104.00	66.78	63.30	29.30	17.50	33.40	15.70	22.9	14
14:06	51.50	103.60	65.34	62.00	29.25	17.20	32.00	15.40	22.8	14
14:07	51.40	103.15	63.65	59.90	29.15	16.90	34.20	15.30	22.7	14
14:08	50.40	102.45	65.84	62.50	30.10	17.30	32.70	15.30	22.6	14
14:09	50.40	101.95	66.89	63.60	30.20	17.40	30.70	15.10	22.5	14
14:10	50.70	101.65	65.47	61.80	30.10	17.00	31.80	14.90	22.4	14
14:11	50.60	101.20	63.73	59.80	29.60	16.90	32.10	14.90	22.3	15
14:12	50.40	101.10	64.88	60.90	29.50	16.90	30.40	14.70	22.3	15
14:13	50.20	100.55	66.57	63.50	29.65	16.90	31.50	14.50	22.2	15
14:14	49.50	100.40	65.74	62.30	29.85	16.70	29.70	14.60	22.1	15
14:15	49.60	100.30	63.89	60.40	29.80	16.50	31.50	14.60	22.0	15
14:16	49.80	100.10	64.40	61.00	29.35	16.70	30.90	14.50	21.9	15
14:17	49.10	99.80	66.80	63.80	29.60	16.90	31.40	14.40	21.8	15
14:18	48.80	99.75	66.22	63.20	30.10	16.80	30.70	14.40	21.7	15
14:19	48.80	100.05	65.00	61.60	30.65	16.60	29.70	14.50	21.6	15
14:20	49.40	100.10	63.26	59.70	30.20	16.40	29.90	14.50	21.6	15
14:21	49.60	99.90	65.58	62.50	29.90	16.70	30.00	14.40	21.5	15
14:22	49.60	100.05	66.79	63.70	30.20	16.70	29.50	14.40	21.5	15
14:23	49.10	99.90	65.92	62.30	30.05	16.40	29.30	14.40	21.5	15
14:24	49.60	100.00	64.14	61.00	29.75	16.20	29.30	14.40	21.4	15
14:25	49.90	99.85	63.37	59.90	30.00	16.00	29.60	14.30	21.4	15
14:26	50.00	99.65	66.61	63.60	30.55	16.50	29.90	14.30	21.3	15
14:27	49.30	99.45	66.85	63.60	31.15	16.60	29.30	14.40	21.3	15
14:28	49.30	99.80	65.57	62.10	30.60	16.40	30.10	14.40	21.2	15
14:29	48.70	99.75	63.96	60.60	31.60	16.30	29.00	14.50	21.2	15
14:30	48.60	100.00	64.13	60.50	31.95	16.30	28.00	14.60	21.2	16
14:31	48.50	100.20	66.35	64.50	31.80	16.20	28.70	14.60	21.1	16

Çizelge B.3. Kurutma denemeleri 3.gün verileri

ZAMAN	PANEL GİRİŞ SICAKLIK (°C)	PANEL ÇIKIŞ SICAKLIK (°C)	KABİN İÇ SICAKLIK (°C)	KABİN ÇIKIŞ SICAKLIK (°C)	DIŞ HAVA SICAKLIK (°C)	KABİN İÇİ NEM (%)	DIŞ HAVA NEM (%)	PANEL ÇIKIŞ NEM (%)	ÜRÜN AĞIRLIĞI (gr)	ISITICI ÇALIŞMA süresi (sa)
10:50	45.10	107.80	63.40	61.70	30.2	24.00	31.30	17.70	128.10	0
10:51	45.10	108.20	61.74	59.80	30.9	25.30	30.70	17.80	127.38	0
10:52	45.50	108.75	64.94	63.10	30.6	27.10	32.70	17.90	126.64	0
10:53	46.00	108.80	64.13	61.30	30.45	28.50	33.70	18.10	125.97	0
10:54	46.50	108.90	62.62	59.90	29.7	28.30	35.00	18.20	125.19	0
10:55	45.80	108.75	64.43	62.30	29.7	25.50	35.40	18.10	124.51	1
10:56	46.10	108.50	66.06	64.30	29.3	25.20	36.00	18.10	123.86	1
10:57	45.90	108.50	64.49	62.00	29.2	25.20	36.90	18.10	123.16	1
10:58	45.80	108.70	62.07	59.30	29.45	25.50	36.00	18.20	122.43	1
10:59	45.80	108.25	62.76	61.10	28.85	24.90	37.50	18.00	121.72	1
11:00	45.40	108.55	65.07	63.00	29.1	28.90	37.40	18.20	120.98	1
11:01	45.70	108.65	64.43	62.10	29.05	27.20	37.50	18.20	120.34	1
11:02	46.10	108.75	62.51	59.80	29.5	25.70	36.80	18.20	119.55	1
11:03	46.50	108.65	63.82	61.80	28.95	27.20	38.30	18.10	118.91	1
11:04	46.70	108.85	65.66	63.50	28.5	28.90	38.90	18.20	118.19	1
11:05	46.30	108.35	64.57	62.60	28.6	26.90	38.40	18.00	117.51	1
11:06	46.00	108.10	62.78	60.10	28.3	25.30	39.50	18.00	116.76	1
11:07	46.10	108.25	62.30	59.80	27.8	26.80	40.80	18.00	116.09	1
11:08	46.30	108.45	65.00	63.00	27.35	29.00	42.20	18.10	115.39	2
11:09	46.30	108.55	64.40	62.20	27.4	25.20	41.20	18.00	114.64	2
11:10	46.00	108.20	62.56	60.40	26.9	27.00	42.20	18.00	113.95	2
11:11	45.50	107.70	62.61	60.10	27.9	26.20	40.50	17.70	113.29	2
11:12	45.30	107.90	65.34	63.50	28.4	27.80	39.10	17.90	112.54	2
11:13	46.80	107.80	64.77	62.10	28.3	28.40	39.40	17.80	111.82	2
11:14	46.10	108.10	62.64	59.90	28.4	25.00	38.90	17.90	111.14	2
11:15	46.40	108.20	63.93	61.50	28	28.20	40.30	17.90	110.41	2
11:16	46.40	108.00	65.90	63.50	28.45	28.90	38.60	17.80	109.74	2
11:17	46.70	107.80	64.93	62.50	28.2	26.30	38.10	17.70	109.00	2
11:18	46.60	107.30	62.57	59.60	28.1	28.80	38.50	17.50	108.31	2
11:19	46.00	107.20	64.03	61.60	28.05	25.30	37.80	17.50	107.62	3
11:20	46.00	107.30	65.69	63.60	28.45	27.10	38.10	17.40	106.95	3
11:21	45.60	107.55	64.77	61.60	29.1	28.50	37.00	17.70	106.18	3
11:22	45.90	107.55	63.14	60.30	28.6	26.00	36.60	17.70	105.52	3
11:23	45.80	107.80	62.90	60.20	28.95	27.40	36.60	17.70	104.81	3
11:24	46.30	108.55	65.97	63.80	28.85	27.80	35.70	17.90	104.12	3
11:25	46.60	108.90	65.50	62.80	28.95	28.70	36.50	18.00	103.33	3
11:26	46.60	109.10	63.64	60.70	28.35	28.00	37.90	18.20	102.65	3
11:27	46.40	108.90	62.82	59.90	28.05	25.80	38.70	18.10	101.98	3
11:28	46.90	109.10	65.44	63.10	28.15	27.50	38.80	18.00	101.24	3
11:29	47.00	109.10	65.91	63.30	28.5	28.40	37.20	18.10	100.53	3
11:30	46.30	108.95	64.32	61.10	28.7	29.20	37.20	18.20	99.87	3
11:31	46.60	109.25	62.79	60.00	28.35	24.40	37.20	18.20	99.15	3
11:32	46.50	109.55	65.02	63.30	28.55	26.30	37.70	18.30	98.45	4
11:33	46.30	109.85	66.40	64.00	28.85	27.40	37.00	18.30	97.75	4
11:34	46.30	109.90	65.23	62.20	28.8	28.30	37.40	18.50	96.98	4
11:35	46.60	110.25	63.11	59.80	28.9	28.50	37.30	18.50	96.31	4
11:36	46.60	110.25	63.11	60.40	28.7	25.20	37.80	18.60	95.61	4
11:37	46.80	110.50	65.80	63.80	28.3	26.30	38.80	18.60	94.89	4
11:38	47.60	110.60	65.95	63.30	28.45	27.50	38.50	18.60	94.23	4
11:39	47.50	110.85	64.28	61.10	29.3	28.50	37.30	18.70	93.54	4
11:40	47.10	110.90	62.79	59.60	28.65	27.60	38.10	18.70	92.77	4
11:41	46.70	110.90	65.06	62.70	29.3	26.10	37.20	18.80	92.11	4
11:42	47.00	111.05	64.53	61.90	29.4	27.20	37.20	18.80	91.35	4
11:43	46.60	111.25	63.13	60.40	30.2	28.20	35.70	19.00	90.72	4
11:44	47.30	111.70	62.22	59.10	29.5	28.50	37.30	19.10	89.94	4
11:45	47.50	112.10	65.35	63.30	30.1	27.00	36.80	19.30	89.28	4

11:46	47.30	112.45	66.42	64.00	30.65	27.30	36.70	19.40	88.55	4
11:47	47.80	112.75	65.23	62.20	29.85	28.10	37.50	19.40	87.89	4
11:48	47.60	112.85	63.52	60.80	29.45	28.50	39.10	19.60	87.16	4
11:49	48.30	112.80	62.52	59.30	29.05	28.00	39.70	19.50	86.45	5
11:50	47.80	112.40	65.58	63.80	29.25	24.50	38.90	19.30	85.78	5
11:51	47.10	112.70	66.39	64.00	29.9	26.40	38.40	19.60	85.03	5
11:52	47.20	112.65	65.06	62.10	30.25	27.60	37.80	19.60	84.33	5
11:53	48.50	113.25	63.46	60.60	29.05	28.20	40.30	19.90	83.68	5
11:54	48.00	113.40	62.49	59.40	29.95	28.30	39.00	19.80	83.05	5
11:55	48.10	113.60	65.75	63.60	30.45	26.70	37.70	20.00	82.62	5
11:56	48.30	113.95	66.82	64.50	29.85	27.00	39.00	20.00	82.01	5
11:57	48.20	114.15	65.63	62.60	30.35	27.50	38.60	20.10	81.52	5
11:58	48.10	114.55	64.02	60.50	30.15	27.80	38.00	20.30	80.98	5
11:59	48.60	114.40	62.34	59.20	29.55	28.50	39.00	20.20	80.46	5
12:00	48.20	114.15	64.09	61.70	29.75	26.80	39.20	20.10	79.90	5
12:01	48.40	114.20	66.63	64.40	29.45	26.50	39.50	20.10	79.39	5
12:02	47.80	114.40	65.73	62.90	29.55	27.00	39.40	20.20	78.88	5
12:03	48.00	114.30	64.26	60.70	29.4	27.40	39.60	20.00	78.27	5
12:04	48.90	114.30	62.57	59.30	28.75	28.00	40.60	20.10	77.75	6
12:05	48.30	114.40	64.30	61.80	29.2	26.60	40.50	20.00	77.31	6
12:06	48.40	114.30	64.98	62.50	29.25	26.80	39.10	20.00	76.74	6
12:07	48.30	114.15	63.79	60.70	29.85	27.20	39.20	19.90	76.17	6
12:08	48.40	114.55	62.48	59.70	30.55	27.40	37.70	20.10	75.65	6
12:09	48.40	114.65	64.64	62.30	30.55	26.20	37.80	20.30	75.10	6
12:10	48.60	114.95	65.52	63.00	29.65	26.30	39.80	20.40	74.58	6
12:11	48.60	115.15	64.26	61.30	30.05	26.90	38.70	20.30	74.05	6
12:12	48.50	115.40	62.54	59.50	29.85	27.40	39.40	20.60	73.52	6
12:13	48.70	115.30	63.70	62.10	30.3	26.50	38.10	20.40	72.97	6
12:14	49.00	115.10	66.61	64.50	29.5	25.80	40.30	20.40	72.46	6
12:15	48.90	114.80	66.41	63.60	28.95	26.40	40.50	20.20	71.91	6
12:16	49.30	114.10	64.48	61.30	28.7	27.10	41.10	19.90	71.45	6
12:17	49.00	113.80	62.92	59.60	29.05	27.00	40.30	19.80	70.84	6
12:18	48.40	113.45	65.05	62.80	29.5	26.00	38.90	19.70	70.40	7
12:19	48.50	113.60	65.18	62.60	29.2	26.00	40.60	19.80	69.81	7
12:20	49.30	113.55	63.89	60.80	29	26.80	41.30	19.90	69.25	7
12:21	48.80	113.40	62.52	59.40	28.9	27.00	41.00	19.80	68.74	7
12:22	48.50	113.30	65.72	63.40	29.05	25.60	40.40	19.80	68.25	7
12:23	48.50	113.25	66.83	64.10	29.45	25.50	39.30	19.70	67.73	7
12:24	49.20	113.40	65.73	62.70	29.35	26.10	40.30	19.80	67.17	7
12:25	48.90	113.25	63.68	60.40	28.85	26.60	40.40	19.60	66.65	7
12:26	48.70	113.30	63.78	60.70	29	26.00	40.50	19.60	66.14	7
12:27	48.70	113.20	65.56	63.00	29.55	25.50	39.30	19.70	65.53	7
12:28	48.90	113.55	64.84	61.60	28.75	25.90	40.20	19.80	65.02	7
12:29	48.70	113.25	63.21	60.10	28.4	26.40	41.10	19.60	64.47	7
12:30	48.10	113.30	63.24	60.40	29.45	25.70	39.20	19.50	63.95	7
12:31	48.10	113.45	66.72	64.50	29.85	25.00	38.80	19.60	63.47	7
12:32	48.40	113.70	66.55	63.80	29.45	25.40	39.70	19.80	62.94	7
12:33	48.50	113.85	65.27	61.80	29.9	25.70	39.10	19.90	62.43	7
12:34	49.10	114.20	63.65	60.30	29.7	26.10	39.80	20.00	61.86	7
12:35	49.00	114.15	62.36	59.20	29.8	26.30	39.50	20.10	61.28	8
12:36	49.10	114.00	65.62	63.30	29	25.00	40.30	19.90	61.05	8
12:37	50.00	114.15	66.36	63.70	28.45	25.40	41.20	20.00	60.64	8
12:38	49.60	113.25	65.07	61.60	28.8	25.60	41.50	19.50	60.18	8
12:39	48.70	112.45	63.31	60.00	28.45	25.90	41.30	19.20	59.81	8
12:40	49.10	112.35	63.14	60.30	28.9	25.40	39.90	19.20	59.45	8
12:41	48.80	112.20	66.38	64.10	29.45	24.60	39.10	19.20	59.02	8
12:42	48.30	112.45	66.28	63.60	30.2	24.90	37.50	19.30	58.63	8
12:43	48.60	112.65	64.76	61.60	30.45	25.20	37.30	19.40	58.19	8
12:44	48.60	113.00	63.09	60.20	29.45	25.60	38.70	19.50	57.87	8
12:45	48.50	112.90	63.52	60.50	29.3	25.00	39.00	19.50	57.55	8
12:46	49.00	112.85	65.29	62.80	29	24.60	38.90	19.40	57.20	8
12:47	49.10	112.60	64.23	61.30	28.5	24.90	39.50	19.10	56.92	8
12:48	49.20	112.35	62.35	59.20	28.8	25.30	39.40	19.20	56.57	8
12:49	49.80	112.25	63.61	60.10	28.95	24.70	39.30	19.10	56.26	9
12:50	49.80	112.45	64.96	62.60	29.45	24.30	38.30	19.20	55.90	9
12:51	49.70	112.50	64.03	61.10	29.1	24.80	39.10	19.20	55.56	9
12:52	49.90	112.35	62.11	59.00	28.7	25.30	39.80	19.10	55.27	9
12:53	49.80	112.00	64.04	61.50	28.9	24.30	39.60	19.10	54.94	9
12:54	49.10	111.80	66.44	64.10	28.75	24.10	38.90	19.00	54.65	9
12:55	49.60	111.75	65.88	63.20	29	24.30	38.80	19.00	54.33	9

12:56	49.50	111.60	64.02	60.90	28.9	24.90	38.00	18.80	53.99	9
12:57	49.50	111.15	62.39	59.30	28.65	24.80	39.50	18.60	53.61	9
12:58	49.70	110.80	65.32	63.10	28.7	23.90	40.30	18.50	53.28	9
12:59	49.60	110.45	66.30	63.50	28.35	24.10	40.30	18.40	53.01	9
13:00	48.70	110.25	65.07	62.10	29.05	24.40	39.10	18.30	52.66	9
13:01	48.60	110.40	63.05	59.90	28.85	24.70	40.20	18.50	52.40	9
13:02	48.70	110.15	63.05	60.10	29.4	24.30	39.20	18.40	52.07	10
13:03	49.10	110.55	66.28	64.30	29.35	23.90	39.70	18.60	51.68	10
13:04	50.30	110.65	66.33	63.40	29	24.30	40.50	18.60	51.41	10
13:05	50.10	110.50	64.86	61.90	28.8	24.60	39.90	18.50	51.09	10
13:06	49.90	110.25	62.67	59.40	28.75	24.90	39.80	18.30	50.74	10
13:07	50.10	109.95	63.96	61.50	28.45	24.00	40.70	18.20	50.44	10
13:08	50.20	109.45	66.13	63.90	28.55	23.80	41.20	18.10	50.12	10
13:09	50.30	109.65	65.06	62.20	28.6	24.30	41.60	18.20	49.76	10
13:10	49.70	109.45	63.33	60.50	28.65	24.50	40.00	18.20	49.45	10
13:11	50.50	109.55	62.15	59.00	28.55	24.60	37.60	18.10	49.11	10
13:12	50.00	108.95	65.08	62.80	28.35	23.40	39.70	17.90	48.73	10
13:13	49.20	109.00	65.89	63.50	29.05	23.50	39.50	17.90	48.45	10
13:14	48.90	109.20	64.53	61.60	29.55	23.80	38.10	18.00	48.14	10
13:15	49.80	109.45	62.76	59.40	29.3	24.20	38.90	18.10	47.81	10
13:16	49.30	109.30	63.22	60.30	28.9	23.70	39.50	18.00	47.47	11
13:17	49.00	109.25	64.99	62.70	29.5	23.30	37.70	18.00	47.20	11
13:18	49.40	109.40	64.16	61.40	28.8	23.50	39.00	18.00	46.86	11
13:19	48.60	109.35	62.31	59.40	29.3	23.80	34.30	18.00	46.54	11
13:20	49.20	109.30	64.34	61.90	29.35	23.20	37.30	17.90	46.17	11
13:21	49.50	109.40	66.48	64.50	29.3	22.80	37.10	18.00	45.86	11
13:22	49.50	109.80	66.38	63.80	29.55	23.10	36.60	18.10	45.57	11
13:23	49.60	109.85	64.62	61.60	29.25	23.20	35.30	18.00	45.25	11
13:24	49.70	109.55	62.61	59.50	29.65	23.30	37.50	18.00	44.90	11
13:25	50.00	109.55	64.30	62.00	29.95	22.80	37.10	18.10	44.53	11
13:26	49.70	109.40	66.87	64.50	30.05	22.80	36.70	18.10	44.25	11
13:27	49.80	109.40	66.45	63.90	29.6	23.10	36.10	18.00	43.86	11
13:28	49.80	109.20	64.75	61.60	29.55	23.10	36.60	17.80	43.57	11
13:29	49.50	109.45	62.67	59.50	29.75	23.20	36.90	18.00	43.27	11
13:30	49.40	109.35	64.54	62.00	29.75	22.50	37.60	17.90	42.98	12
13:31	49.50	108.85	66.87	64.70	29.95	22.50	36.70	17.80	42.64	12
13:32	49.60	108.75	66.48	64.00	29.85	22.70	36.80	17.80	42.28	12
13:33	49.70	108.80	64.82	61.80	30.15	22.90	36.30	17.80	41.98	12
13:34	50.00	108.75	62.94	59.80	30.05	23.00	37.10	17.90	41.62	12
13:35	49.80	108.75	64.80	62.50	30.65	22.50	36.10	17.90	41.36	12
13:36	50.30	109.05	65.86	63.60	30.1	22.50	36.80	17.90	41.14	12
13:37	49.60	109.05	64.90	62.30	30.35	22.70	36.80	17.90	40.91	12
13:38	50.00	109.54	63.14	60.20	30.8	22.80	35.70	17.98	40.65	12
13:39	49.90	109.24	63.06	59.80	31.1	22.60	34.30	17.90	40.44	12
13:40	49.80	108.95	65.47	63.50	31.1	22.00	33.30	17.76	40.20	12
13:41	49.00	109.24	65.34	62.90	31.95	22.10	32.40	17.87	40.04	12
13:42	49.10	109.63	64.52	61.80	32	22.10	32.30	18.00	39.83	12
13:43	49.00	109.83	62.98	60.10	32.45	22.10	31.30	17.72	39.61	12
13:44	50.40	109.83	65.61	63.60	32.4	21.60	30.70	17.72	39.36	12
13:45	51.20	110.12	66.49	64.50	31.7	21.60	29.80	17.38	39.15	12
13:46	51.80	110.03	65.66	63.00	31.1	21.50	31.10	17.42	38.89	12
13:47	52.10	109.83	64.16	60.90	31	21.50	31.40	17.26	38.75	12
13:48	52.00	109.05	63.43	60.50	31	21.40	30.90	17.41	38.48	12
13:49	51.50	109.24	66.10	64.00	31.1	21.20	31.80	17.25	38.24	13
13:50	51.20	109.05	65.95	63.70	30.9	21.20	32.30	17.36	38.10	13
13:51	50.90	108.75	64.58	61.80	30.55	21.30	32.50	17.49	37.87	13
13:52	50.80	108.36	62.67	59.80	30.6	21.40	32.40	17.47	37.66	13
13:53	50.00	107.67	64.27	61.30	30.55	21.00	32.30	17.46	37.38	13
13:54	50.20	107.38	65.82	63.70	30.7	21.00	32.80	17.42	37.21	13
13:55	50.80	107.28	65.03	62.30	30.65	21.20	33.40	17.27	36.99	13
13:56	50.30	107.28	63.88	61.10	30.65	21.20	33.10	17.39	36.72	13
13:57	50.70	107.09	63.06	60.10	30.95	21.20	33.00	17.46	36.53	13
13:58	50.50	107.28	65.87	63.90	31.1	20.90	32.90	17.35	36.30	13
13:59	50.90	107.28	66.01	63.70	30.55	21.10	34.10	17.28	36.13	13
14:00	50.60	106.99	64.62	61.90	30.75	21.20	33.70	17.35	35.87	13
14:01	51.20	106.79	63.02	59.90	30.5	21.30	34.20	17.46	35.71	13
14:02	50.90	106.30	63.81	61.30	30.8	20.90	33.50	17.25	35.53	13
14:03	50.00	105.81	65.82	63.80	30.95	20.80	33.30	17.22	35.33	13
14:04	50.00	105.62	65.37	63.10	31.1	20.90	32.80	17.22	35.19	13
14:05	50.40	105.32	64.08	61.30	31.2	20.90	32.80	17.19	35.06	13

14:06	51.00	105.62	63.16	60.40	30.6	20.80	32.60	17.28	34.93	13
14:07	50.90	105.13	65.62	63.10	30.6	20.50	33.10	17.26	34.75	14
14:08	50.30	104.83	65.88	63.60	31.2	20.50	31.90	17.22	34.60	14
14:09	50.90	104.44	62.41	59.90	30.35	20.00	33.00	17.40	34.42	14
14:11	50.60	103.46	64.98	63.30	30.4	19.70	32.90	17.42	34.29	14
14:12	50.80	103.27	65.91	63.80	30.25	19.90	33.40	17.18	34.16	14
14:13	50.50	102.68	64.99	62.50	30.35	20.00	33.50	17.27	34.03	14
14:14	50.10	102.58	63.21	60.30	30.55	20.10	33.40	16.98	33.86	14
14:15	50.60	101.99	63.65	61.10	30.65	19.90	33.00	17.02	33.64	14
14:16	50.30	102.09	65.33	63.50	30.75	19.90	32.90	16.93	33.55	14
14:17	50.10	101.99	65.17	62.80	30.8	19.90	32.70	17.25	33.38	14
14:18	51.10	101.40	63.58	60.90	30.9	19.90	32.20	17.29	33.23	14
14:19	50.50	101.60	63.16	60.50	30.95	19.70	32.00	17.36	33.05	14
14:20	50.50	101.50	65.90	64.00	31.15	19.70	31.80	17.56	32.96	14
14:21	50.50	101.01	65.53	63.20	31.15	19.70	31.70	17.47	32.76	14
14:22	50.00	101.01	64.58	62.00	31.05	19.60	32.00	17.52	32.61	14
14:23	50.00	100.82	62.77	60.00	31.2	19.50	31.40	17.48	32.46	14
14:24	49.90	100.42	64.30	63.10	31.2	19.40	31.10	17.62	32.32	15
14:25	49.60	100.52	65.89	64.00	31.6	19.30	30.90	17.70	32.18	15
14:26	49.50	100.52	65.23	62.80	31.4	19.30	31.00	17.33	32.03	15
14:27	49.50	100.91	63.96	61.10	31.55	19.30	30.50	17.46	31.87	15
14:28	49.60	100.91	63.53	60.80	31.6	19.20	30.20	17.62	31.72	15
14:29	49.90	101.01	66.30	64.60	31.1	19.20	31.10	17.43	31.58	15
14:30	49.80	100.91	66.41	63.90	31.25	19.20	31.00	17.17	31.44	15
14:31	49.80	100.72	65.18	62.60	31.4	19.10	30.90	17.18	31.32	15
14:32	49.70	100.03	63.40	60.60	31.2	19.00	30.70	16.78	31.15	15
14:33	49.30	99.35	63.18	61.60	31.35	18.80	30.70	16.72	30.96	15
14:34	49.80	99.44	65.76	64.00	31.3	18.90	29.30	16.89	30.85	15
14:35	49.80	99.44	65.67	63.40	31.5	18.70	29.50	16.92	30.63	15
14:36	49.80	99.05	64.49	62.20	31.5	18.60	29.90	16.90	30.48	15
14:37	50.20	99.25	63.07	60.30	31.15	18.50	30.80	16.92	30.33	15
14:38	50.30	99.15	65.40	63.50	31.3	18.60	30.30	16.84	30.18	15
14:39	49.80	98.95	66.39	64.40	32.05	18.60	29.90	16.99	30.05	15
14:40	49.30	98.95	65.56	63.10	31.6	18.50	30.20	16.98	29.90	15
14:41	49.00	98.56	64.04	61.30	31.5	18.40	30.80	16.98	29.72	15
14:42	49.30	98.76	62.77	60.10	31.45	18.40	30.30	16.98	29.62	16
14:43	49.90	98.56	65.13	63.10	30.55	18.50	32.40	17.21	29.42	16
14:44	49.50	98.07	65.94	63.80	31.3	18.50	30.80	17.13	29.28	16
14:45	49.70	97.78	65.00	62.70	30.8	18.40	32.10	17.20	29.18	16
14:46	50.30	97.58	63.34	60.60	29.85	18.30	34.50	17.16	29.05	16
14:47	49.90	97.29	63.61	61.20	29.75	18.40	35.30	16.93	28.91	16
14:48	49.60	97.00	65.55	63.40	29.45	18.60	35.50	16.82	28.72	16
14:49	49.00	96.21	64.86	62.50	29.3	18.70	37.20	16.76	28.61	16
14:50	49.10	95.62	63.14	60.40	29.7	18.80	37.80	16.93	28.51	16
14:51	48.30	95.33	62.85	60.00	30.15	18.90	36.70	16.95	28.44	16
14:52	48.50	95.23	65.46	63.60	30.2	19.00	36.80	16.84	28.36	16
14:53	49.10	94.84	65.23	63.00	29.75	19.00	37.10	16.69	28.30	16
14:54	48.70	94.55	63.92	61.00	30.15	18.90	36.70	16.84	28.24	16
14:55	48.60	94.06	63.26	60.50	30.6	18.90	36.60	16.88	28.14	16
14:56	48.40	93.76	65.89	64.00	29.95	19.00	38.00	17.13	28.16	16
14:57	48.30	93.27	65.74	63.10	29.8	19.00	38.30	16.96	28.01	16
14:58	48.00	93.17	64.24	61.60	29.65	18.90	39.40	16.97	27.98	16
14:59	47.60	92.68	63.12	60.40	29.65	19.00	40.00	16.80	27.96	17
15:00	47.50	92.29	65.48	63.70	29.85	19.10	39.70	16.78	27.85	17
15:01	47.00	91.90	65.64	63.50	29.85	19.10	41.10	16.82	27.81	17
15:02	47.00	91.61	64.25	61.60	30.05	19.20	39.90	16.63	27.77	17
15:03	47.20	91.41	63.19	60.40	30.2	19.30	40.20	16.79	27.71	17
15:04	47.20	91.12	65.10	63.20	30.4	19.20	40.00	16.66	27.65	17
15:05	47.60	91.12	65.77	63.60	29.35	19.30	42.80	16.56	27.51	17
15:06	48.10	90.72	64.24	61.60	28.95	19.30	43.60	16.58	27.46	17
15:07	47.90	90.23	62.93	60.10	28.75	19.40	43.70	16.36	27.46	17
15:08	47.50	90.04	64.72	62.70	29.1	19.20	44.00	16.16	27.36	17
15:09	46.80	89.45	62.95	60.80	30	18.90	42.80	16.35	27.29	17
15:10	46.80	88.77	62.76	60.00	29.9	19.00	42.70	16.15	27.24	17
15:11	47.30	88.67	65.70	64.00	29.4	19.40	44.40	16.16	27.19	17
15:12	47.80	88.28	65.36	63.10	29.2	19.50	44.80	16.14	27.10	17
15:13	47.80	87.98	63.85	61.60	29.5	19.60	44.20	16.11	27.01	17
15:14	47.90	87.49	62.85	60.10	29.4	19.60	44.70	16.04	26.97	18
15:15	47.30	87.10	65.19	63.20	29.4	19.50	44.80	16.09	26.90	18
15:16	46.90	86.81	64.80	62.10	29	19.50	45.70	16.14	26.89	18

15:17	46.40	86.61	63.21	60.50	28.85	19.50	45.60	16.13	26.79	18
15:18	45.90	86.02	63.48	60.90	29.25	19.40	45.60	15.97	26.74	18
15:19	45.30	85.63	65.25	63.20	29.45	19.40	45.30	16.12	26.67	18
15:20	45.50	85.43	64.63	62.30	29.1	19.50	46.40	16.38	26.57	18
15:21	45.70	85.34	62.87	60.10	29.4	19.60	45.40	16.26	26.53	18
15:22	45.60	84.75	64.79	62.80	29.1	19.50	46.20	16.37	26.47	18
15:23	45.60	84.75	65.51	63.40	29.1	19.50	46.60	16.37	26.36	18
15:24	45.60	84.45	64.35	61.80	29.45	19.50	46.10	16.33	26.34	18
15:25	45.80	84.45	63.12	60.40	29.35	19.60	45.80	16.33	26.29	18
15:26	46.50	83.96	65.21	62.70	28.85	19.60	46.90	16.00	26.20	18
15:27	46.00	83.57	65.06	62.80	28.9	19.50	46.90	15.99	26.18	18
15:28	46.50	82.89	63.24	60.30	28.35	19.50	48.60	15.98	26.10	18
15:29	45.90	82.30	62.54	60.50	28.9	19.60	46.70	15.92	26.00	19
15:30	45.50	82.10	65.54	63.60	28.8	19.40	46.30	16.01	25.95	19
15:31	45.00	81.81	66.11	63.80	29.25	19.30	46.20	16.01	25.88	19
15:32	45.20	81.32	64.41	61.60	29.45	19.40	45.00	15.98	25.85	19
15:33	45.30	81.03	62.93	60.00	29.25	19.50	46.00	15.94	25.64	19
15:34	45.50	80.93	64.59	62.40	29.7	19.30	45.30	16.02	25.57	19
15:35	44.50	80.73	65.03	62.80	29.7	19.40	45.60	15.92	25.56	19
15:36	44.80	80.63	63.82	60.80	29.5	19.40	46.30	15.88	25.55	19
15:37	44.50	80.54	62.88	60.10	29.65	19.60	46.30	15.84	25.50	19



EK C. Fotoğraflar



Şekil C.1. Tasarımı yapılan sistemde kurutma öncesi armut numuneleri



Şekil C.2. Geleneksel sistemde kurutma öncesi armut numuneleri



Şekil C.3. Kurutma öncesi yaş armut numuneleri tartımı



Şekil C.4. Kurutma sonrası kuru armut numuneleri tartımı



Şekil C.5. Tasarımı yapılan sistemde kuruyan armut numuneleri



Şekil C.6. Geleneksel sistemde kuruyan armut numuneleri



Şekil C.7. Tasarımı yapılan sistemde kurutucu kabin içi



Şekil C.8. Geleneksel sistemde kuruma sırasındaki armut numuneleri



Şekil C.9. Kurutma kontrol sistemi ekranı



Şekil C.10. Tasarımı yapılan yenilenebilir enerji kaynaklı gıda kurutucusu çatıdaki kurulumu