



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ BACASI SERA ÖRTÜSÜ ALTINDA
TARIM ÜRÜNLERİNİN KURUTULMASI:
BATMAN HASANKEYF İNCİRİ ÖRNEĞİ**

Fikret KIZAR

YÜKSEK LİSANS

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

**Ağustos-2023
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Fikret KIZAR tarafından hazırlanan “Güneş Bacası Sera Örtüsü Altında Tarım Ürünlerinin Kurutulması; Batman Hasankeyf İnciri Örneği” adlı tez çalışması 15/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

İmza

Dr. Öğretim Üyesi Yusuf BİLGİÇ

Doç. Dr. Hakan KARAKAYA

Dr. Öğretim Üyesi Ali Serkan AVCI

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür V.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Fikret KIZAR

AĞUSTOS-2023

Fikret KIZAR

**Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Hakan KARAKAYA
2023, 75 Sayfa**

Jüri

**Doç. Dr. Hakan KARAKAYA
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf BİLGİÇ
Dr. Öğr. Üyesi Ali Serkan AVCI**

Kurutma ürünün raf ömrünün uzatılması, taşınma ve depolanması, besin içeriğinin kaybolmaması ve paketleme gibi avantajlarından dolayı tarım ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjili kurutma sistemleri, ekonomik olmaları, yüksek teknolojiye ihtiyaç duymamaları, işletme ve bakım maliyetlerinin çok düşük olması, yenilenebilir enerji kullanmaları ve çevre dostu olmaları gibi avantajlara sahip olmasından dolayı tarım ürünlerinin kurutulmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, güneş bacası sera örtüsü altında Hasankeyf incirinin kuruma kinetiği incelenmiştir. Sera örtüsü altında tarım ürünlerinden incir kurutmak amacıyla güneş bacası sera alanı kullanılmıştır. Farklı boyutlarda (5mm, 7mm, 9mm) incir dilimleri ve dilimlenmemiş bütün incirler sera altında belirli noktalarda kurutulmuştur. Kurutulan numunelerin kuruma noktalarındaki hava sıcaklığı, hava hızı, kuruma süresi, kütle değişimi, nem oranı, dış ortam sıcaklığı ve güneş radyasyonu verileri ölçülmüştür. Elde edilen verilere dayanarak, sera altındaki kuruma değerleri, doğal (açık alan) ortamdaki kuruma değerleri ile kıyas yapılmıştır. Güneş bacası sera alanında kurutulan incir örneklerinin kuruma yönü ve kuruma noktası verileri kıyaslanarak en iyi kurutma için alan ve yön tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş bacası, Güneş enerjili kurutma, Hasankeyf inciri, Yenilenebilir enerji

ABSTRACT

MS THESIS

DRYING AGRICULTURAL PRODUCTS UNDER SOLAR CHIMNEY GREENHOUSE COVER; BATMAN HASANKEYF FIG SAMPLE

Fikret KIZAR

**BATMAN UNIVERSITY GRADUATE EDUCATION INSTITUTE
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Dr. Hakan KARAKAYA

2023, 75 Pages

Jury

Assoc. Dr. Hakan KARAKAYA

Assist. Prof. Dr. Yusuf BİLGİÇ

Assist. Prof. Dr. Ali Serkan AVCI

Drying agricultural products is widely used due to its advantages, such as extending the product's shelf life, facilitating easier transportation and storage, and preserving the nutritional content and packaging. Solar energy drying systems are frequently encountered in drying agricultural goods with advantages such as being economical, not requiring high technology, very low operating and maintenance costs, using renewable energy, and being clean and environmentally friendly.

This study focused on investigating the drying kinetics of Hasankeyf figs using a solar chimney greenhouse cover. The solar chimney was employed for drying figs under the greenhouse cover. Unsliced whole figs and sliced figs in various sizes (5mm, 7mm, and 9mm) were dried in specific locations beneath the greenhouse. Air temperature, airspeed, drying time, mass change, humidity rate, outdoor temperature and solar radiation data at the drying points were recorded. Using the acquired data, drying values under the greenhouse were compared with the values in the natural (open field) environment. The optimal location and direction were identified by comparing the drying direction and drying location data of the dried fig samples.

Keywords: Solar chimney, Solar drying, Hasankeyf's fig, Renewable energy,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimi gördüğüm süre içerisinde ve tez çalışmamın her aşamasında, bilgisini, tecrübesini ve sabrını benden esirgemeyen, her türlü problemin üstesinden gelmeye yardımcı olup desteğini sürekli yanımda gördüğüm saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Hakan KARAKAYA'ya, tez çalışmam boyunca desteklerini ve bilgisini benden esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ali Serkan AVCI'ya, tezimin deneysel çalışmaları boyunca laboratuvar imkânlarından yararlanmamı sağlayan, araç gereç temininde kolaylıklar sağlayan Doç. Dr. Adem YILMAZ'a ve Dr. Öğr. Üyesi Hasan OKTAY'a şükranlarımı sunarım. Ayrıca eğitim hayatım boyunca desteğini esirgemeyen, motivasyon ve enerji kaynağım olan sevgili eşim Merve SEVİPTEKİN KIZAR'a çok teşekkür ederim.

Fikret KIZAR
BATMAN-2023

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
ÖNSÖZ.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Kaynakları	1
1.1.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	1
1.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	1
1.1.2.1. Rüzgâr Enerjisi	1
1.1.2.2. Hidrojen Enerjisi.....	2
1.1.2.3. Biokütle Enerjisi	2
1.1.2.4. Jeotermal Enerji	2
1.1.2.5. Dalga Enerjisi	3
1.1.2.6. Gelgit Enerjisi	3
1.1.2.7. Güneş Enerjisi.....	3
1.2. Güneş Enerjisi Sistemleri.....	4
1.2.1. Fotovoltaik (PV sistemler).....	5
1.2.2. Isıl sistemler.....	5
1.2.3. Güneş Bacası.....	6
1.2.3.1. Güneş bacası sisteminin elemanları	6
1.3. Kurutma Teorisi	7
1.3.1. Kurutma statîği	8
1.3.2. Kurutma kinetiği	8
1.3.3. Kurutulacak ürünün kalitesine etki eden faktörler.....	8
1.3.3.1. Kurutma sıcaklığı.....	8
1.3.3.2. Kurutma süresi.....	9
1.3.3.3. Kurutulacak ürünün nem oranı	9
1.3.3.4. Rehidrasyon	10
1.3.3.5. Kurutma hızı	10
1.3.3.6. Atmosfer basıncı	11
1.3.4. Kurutma işleminde istenilen özellikler	11
1.3.5. Kurutma ürünlerindeki nem.....	11
1.3.5.1. Bağlı nem.....	12
1.3.5.2. Nem oranı	12

1.4. Kurutma Yöntemleri	14
1.4.1. Tepsili kurutucular	14
1.4.2. Tünel kurutucular	14
1.4.3. Konveyör (bantlı) kurutucular	14
1.4.4. Akışkan yataklı kurutucular	14
1.4.5. Püskürtmeli kurutucular	15
1.4.6. Güneş enerjili kurutucular	15
1.4.6.1. Ürünün güneşte kalış şekline göre kurutucular	15
1.4.6.2. Kurutucudan geçen havanın akış şekline göre kurutucular	15
1.5. Kurutma Aşamaları	15
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. DeneySEL Yöntem	27
3.2. Deney Ekipmanları	36
3.2.1. Güneş bacası prototipi	36
3.2.2. Data logger	37
3.2.3. K-Tipi termokupl	38
3.2.4. Güneş ışınlamı ölçer (Solarmeter)	39
3.2.5. Anemometre	40
3.2.6. Hassas terazi	40
3.3. Hasankeyf İnciri	41
3.4. Yapılan Ölçümler	43
3.4.1. Sıcaklık ölçümleri	43
3.4.2. Kütle ölçümleri	43
3.4.3. Hava hızı ölçümleri	44
3.4.4. Güneş radyasyonu ölçümleri	44
3.5. Hesaplama Yöntemleri	44
3.5.1. Kurutma ürünlerindeki nem miktarının hesaplanması	44
3.5.2. Nem değişimi (%)	45
3.5.3. Nem oranı (MR)	45
3.5.4. Nem içeriği	45
3.5.5. Kuruma hızı	46
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	47
4.1. Sıcaklık- Zaman Grafikleri	47
4.2. Işınım- Zaman Grafikleri	49
4.3. Hava Hızı- Zaman Grafikleri	50
4.4. Kütle Değişimi – Kuruma Zamanı Grafikleri	52
4.5. Nem Değişimi (%) – Kuruma Zamanı Grafikleri	56
4.6. Nem Oranı (MR) – Kuruma Zamanı Grafikleri	60
4.7. Nem İçeriği – Kuruma Zamanı Grafikleri	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
5.1. Sonuçlar	68
5.2. Öneriler	69

KAYNAKÇA.....	70
ÖZGEÇMİŞ	75



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Δt	: Geçen süre (dak.)
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
b'^2	: Yaz buharlaşma oranı
B'^3	: 3. Derece mezotermal
D	: Yarı kurak
dak	: Dakika
D_w/Dt	: Kuruma hızı (kg/dak.)
g	: Gram
J^*A	: Yayılım akısı (kmol/s.m^2)
JA	: Kütleli akı (kg/s.m^2)
k	: Isı iletim katsayısı (W/mK)
L	: Kurutulan ürün kalınlığı (mm)
Le	: Lewis sayısı
M	: Nem yüzdesi
M_1	: Ürünün kurutmadan önceki nemi (%)
M_2	: Ürünün kurutulduktan sonraki nemi (%)
m_A	: Kütleli oranı (ρ_A/ρ)
M_e	: Ürünün kuru kütlesi (kg)
M_h	: Kuru havanın molekül ağırlığı (kgsu/kgkatı)
Milk	: Ürünün ilk kütlesi (kg)
$M_{k.b}$	: Ürünün kuru baza göre nem oranı (%)
M_o	: Ürünün başlangıçtaki nem içeriği (kgsu/kgkatı)
MR	: Nem Oranı
M_s	: Suyun mol ağırlığı (kg/kmol)
M_s	: Ürün içerisinde bulunan su kütlesi (kg)
M_t	: Ürünün t anındaki nem içeriği (kgsu/kgkatı)
m_t	: t anındaki ürünün kütlesi (kg)
$M_{y.b}$	: Ürünün yas baza göre nem oranı (%)
N	: Sabit eksen takımına göre ısı akısı (kg/s.m^2)

NA	: Sabit ekseninde A maddesinin mol debisi(kmol/s)
Nu	: Nusselt sayısı
Pr	: Prandtl sayısı
R ²	: Kararlılık değeri
S	: Orta derece
Sc	: Schmidt sayısı
Sh	: Sherwood sayısı
W	: Ağırlık kaybı
I	: Güneş ışıınımı(W/m ²)
x _A	: Bileşenin molekölsele oranı (C _A / C)
ρ	: Yoğunluk(kg/m ³)

Kısaltmalar

3D	: Üç boyutlu
A	: Antosiyanin
AA	: Antioksidan aktivitesi
AB	: Avrupa Birliği
AD	: Sıcak hava kurutma
BBD	: Box-Behnken tasarımı
BP	: British Petroleum
Btu	: İngiliz ısı birimi
Cr	: Krom
CWD	: Yıkama/Difüzyon
DE	: Toplam renk değişimi
DIC	: Kontrollü basınç düşümü
EIA	: Amerika Birleşik Devletleri Enerji Enformasyon
FAD	: Dondurarak sıcak hava kurutma
FD	: Dondurarak kurutma
GEPA	: Türkiye güneş enerjisi potansiyeli
HHP	: Yüksek hidrostatik basınç
K	: Potasyum
LM	: Levenberg Marquardt
MAPE	: Ort. mutlak yüzde hatası
MC	: Nem içeriği
mm	: Milimetre
MWe	: Megawatt elektrik
N	: Azot
Ni	: Nikel
OD	: Ozmotik dehidrasyon
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
P	: Fosfor
RMSE	: Tahmini standart hata
SPSS	: SPSS bilgisayar programı (Statistical Package for the Social Sciences)
TPC	: Toplam fenolik miktarı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Enerji kelimesi kökeni, "en" ve "ergon" sözcüklerinin birleşiminden oluşan "energia" sözcüğünden gelmektedir. Enerji, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Ev içi çalışma olarak tanımlanan enerji çağımızda, günlük hayatımızı kolaylaştıran ve yaşam konforumuzu artıran elektrikli ev aletlerinin, motorların kısacası pek çok ulaşım aracının çalıştırılmasını sağlayan bir kavram olarak ortaya çıkmıştır (Sarıbaş, 2015).

1.1. Enerji Kaynakları

Herhangi bir yolla enerji üretilmesi için kullanılan her şey doğada bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Dünyamız birçok farklı enerji kaynağına sahiptir. Enerji kaynaklarını genel anlamda yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür.

1.1.1. Yenilenemez enerji kaynakları

Yenilenemez enerji kaynakları tükenme ihtimali bulunan kömür, doğalgaz ve petrol vb. fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Bu enerji kaynakları doğadan sıvı, katı ve gaz halinde elde edilebilir.

1.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Yenilenebilir enerji, doğada kendiliğinden oluşan ve tükenme olasılığı düşük olan enerji olarak adlandırılmaktadır. Biokütle, rüzgâr, hidrojen, güneş, dalga ve jeotermal enerji yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir (Mahmutoğlu, 2013).

1.1.2.1. Rüzgâr enerjisi

Hava sıcaklığındaki farklılıklar, güneş ışınlarının Dünya'yı farklı şekilde ısıtması nedeniyle oluşur. Bu sıcaklık farkından kaynaklanan havanın yatay hareketine rüzgâr enerjisi denmektedir (Avcı, 2021).

Rüzgâr enerjisinden faydalanabilmek için rüzgârın belirli bir hızda esmesi gerekmektedir. Çünkü rakım ne kadar yüksek olursa rüzgâr hızı da o kadar fazla olur ve bu nedenle genellikle yüksek bir yere kurulur. Bu da ulaşım zorluğu gibi dezavantajları beraberinde getirilmektedir. Ancak ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması, kurulu kapasitenin sınırlı olması ve rüzgâr hızına bağlı olarak enerji üretimindeki değişiklikler diğer dezavantajlardır.

1.1.2.2. Hidrojen enerjisi

Çevreci, temiz, yüksek verimli, yakıtsız, masrafsız, uzun ömürlü, yenilenebilir, bakım ve işletme maliyetleri son derece düşük enerji kaynağıdır. Hidrojen enerjisi atık bırakmayan çevre dostu bir kaynaktır.

Akarsu önlerine barajlar kurularak veya akarsulardan elde edilen elektriğin doğrudan kullanılmasıyla elektrik üreten yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Nehirlerdeki su muazzam enerji taşır. Akan bu su kanal veya borulara verilerek stantlara yönlendirilir. Bir türbine bağlanan jeneratör, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür (Çetinbaş, 2022).

1.1.2.3. Biokütle enerjisi

Biyolojik atıkların kullanılması ve bu atıkların farklı işlemlerden geçirilmesi ile elde edilen yenilenebilir bir enerji türüdür.

Çeşitli malzemelerin kullanımı, biyokütle enerjisini çeşitlendirmektedir. Biyokütle enerjisinin toplam enerji üretiminin yalnızca %2,73'ünü oluşturmalarına rağmen, enerji tüketiminin %12,8'ini oluşturmaktadır. Biyokütle enerjisinin tüketim sektörleri %0,4 elektrik, %0,9 ulaşım, %1,4 bina ısıtma, %7,8 konvansiyonel bina ısıtma ve %2,2 endüstriyel ısıtmadır (Sarıbaş, 2015).

1.1.2.4. Jeotermal enerji

Yer altı su kaynaklarının ısınmasıyla oluşan, çeşitli mineraller ve gazlar içeren sıcak buharlar ya da sıcak sıvılardır (Çetinbaş, 2022).

Yer altı su kaynaklarının magma katmanları tarafından ısıtılmasıyla oluşan, çeşitli mineral ve gazlar içeren sıcak buhar veya sıcak sıvıdır. Sıcaklığa bağlı olarak jeotermal enerjinin farklı kullanım alanları vardır.

1.1.2.5. Dalga enerjisi

Deniz veya okyanus yüzeyinde rüzgâr hareketi ile oluşan dalgalardan elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Dünyamızın %75'i sularla kaplı olduğundan dalga enerjisi potansiyelinin çok büyük olduğu söylenebilir. Tükenmeyen enerji, atık kalmaması, işletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması gibi avantajlar olmakla birlikte, deniz alanları aynı miktarda dalga enerjisi üretmez ve koşullar iyi olmazsa tesisler zarar görebilir. Okyanustaki hava koşulları dezavantaj sayılabilir (Çetinbaş, 2022).

1.1.2.6. Gelgit enerjisi

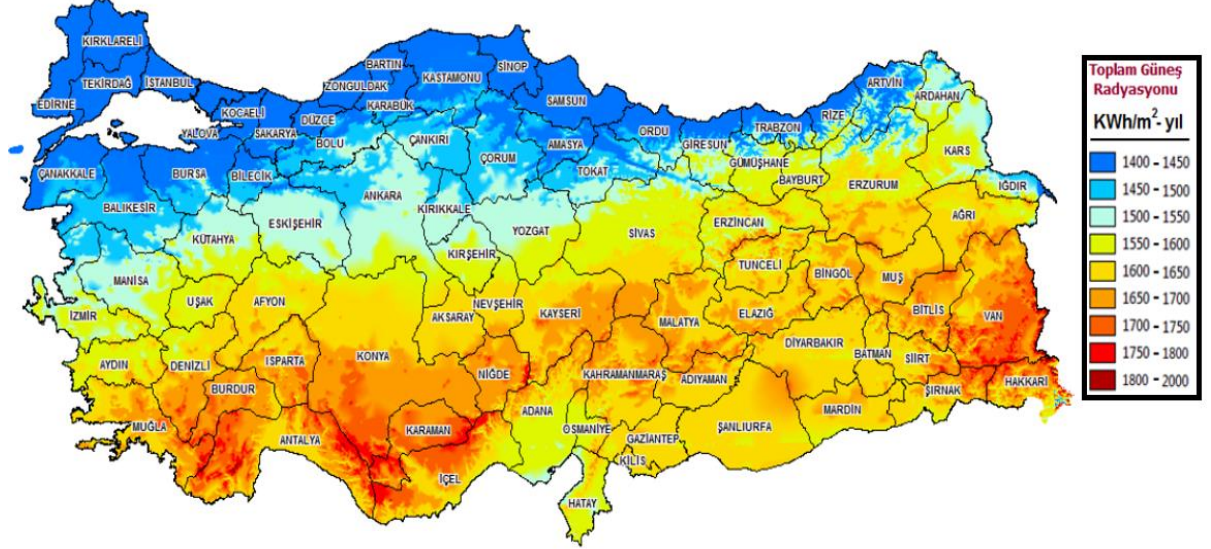
Gelgit enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi iki metotla gerçekleştirilebilir. Yüzyıllardır bilinen ilk yöntem, suyun bir haznede veya havuzda toplanmasını ve dolayısıyla deniz seviyesi ile havuz arasında bir potansiyel farkı yaratılmasını içermektedir. Bu yaklaşım, elektrik enerjisinin elde edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte, havuz için yüksek maliyetler gerektirmesi ve geniş bir alan gerektirmesi nedeniyle bu yaklaşımın sakıncaları önemlidir (Çetinbaş, 2022).

1.1.2.7. Güneş enerjisi

Güneş dünya üzerinde bulunan enerji kaynaklarını direk veya dolaylı yollarla oluşmalarını sağlayan ana kaynaktır. Güneş ışınlarındaki ısı enerjisinden veya ışık enerjisinden yararlanılır ve çeşitli alanlarda kullanılır.

Bir kurutma enerjisi türü olarak güneş enerjisi, Türkiye'nin mutlak konumu nedeniyle kurutma için kullanılan enerjide ilk sırada yer almaktadır. Şekil 1.1.'de Türkiye'deki toplam yıllık güneşlenme saatlerinin bölgesel dağılımını göstermektedir.

Tablo 1.1.'de ise Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.1. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (Anonim, 2022e)

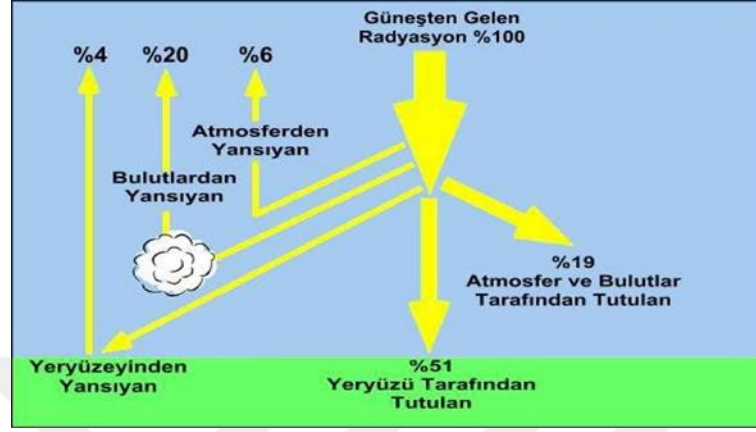
Tablo 1.1. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı
Güneş Enerjili Kurutucuların sınıflandırılması (Anonim, 2022g)

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)
Güneydoğu Anadolu	1.648	2.845
Akdeniz	1.548	2.737
Doğu Anadolu	1.528	2.615
İç Anadolu	1.523	2.519
Ege	1.481	2.563
Marmara	1.329	2.250
Karadeniz	1.305	1.929

1.2. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneşten dünyaya gelen güneş enerjisi 1370 W/m² civarındadır. Atmosferden gelen ışınlar bulutlar havadaki gazlar ve toz tarafından absorbe edilen ve Dünya'dan geri gelen ışınlar dikkate alındığında bu değer Dünya'da 0-1100 W/m² arasında değişir.

Yeryüzüne gelen bu değerler bile günümüzde kullanılan enerjiyi aşmaktadır. Güneşten gelen ve dünyamızda yansıyan ışınların izlediği yol Şekil 1.2.'de gösterilmektedir (Anonim, 2022d).



Şekil 1.2. Güneşten dünyamıza gelen ışınların izlediği yol (Anonim, 2022d)

Güneş enerjisi sistemlerini enerji kullanım durumuna göre aktif ve pasif olarak gruplandırmak mümkündür. Enerjiyi kullanabilmek için ilave bir enerji kullanımı gerekiyorsa (pompalı veya türbin sistemlerde olduğu gibi) aktif sistemler olarak adlandırılır. Enerjiyi kullanabilmek için ilave bir enerji kullanımı gerekmiyorsa pasif sistemler olarak adlandırılır.

Güneş enerjisi sistemlerini kullanarak güneşten gelen enerjiyi farklı formlarda enerjilere dönüştürmek mümkündür. Günümüzde en fazla kullanılan elektrik enerjisi ihtiyacı için güneş enerjisi sistemlerini kullanmak mümkündür. Güneş enerjisi ile elektrik üretilen sistemler iki grupta incelenebilir.

1.2.1. Fotovoltaik (PV) sistemler

Fotovoltaik kelimesi, ışık ve volt anlamına gelen Yunanca fotoğrafın birleşimidir. Volt kelimesi elektronların hareketi anlamına gelir ve adını pili icat eden İtalyan fizikçi Alessandro Volta'dan alır. Bu nedenle, fotovoltaik terimi, ışıktan elektrik üretmek anlamına gelir (Güçler, 2010).

Fotovoltaik sistemler, şebekeden bağımsız sistemler ve şebekeye bağlı sistemler olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Şebekeden bağımsız PV sistemleri genellikle talep üzerine üretilir ve depolama üniteleri ile donatılır. Şebekeye bağlı bir PV sistemi,

şebekeye bağlı olduğu için hem güneş panellerinden hem de şebekeden enerji alan bir güneş sistemidir (Seviptekin Kızır, 2022).

1.2.2. Isıl Sistemler

Elektrik, güneş enerjisini yoğunlaştırmak için bir yoğunlaştırıcı sistemin kullanılması sayesinde geleneksel yöntemlerle elde edilen buhardan üretilir. Bir güneş termik santralinde; konvansiyonel bir termik santralde olduğu gibi, bir türbin jeneratör ünitesi elektrik üretmek için güneşten gelen buhar kullanır (Seviptekin Kızır, 2022).

Ayrıca güneş bacalarında olduğu gibi güneş enerjisi kullanılarak kolektör altında ısınan havanın türbini döndürmesi ile elektrik üretilir.

1.2.3. Güneş bacası

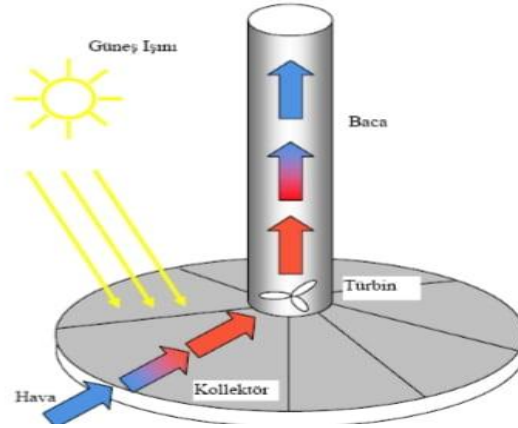
Güneş bacası tabanındaki sera alanından yükselen havayı ısıtarak ve bacada bir veya birden fazla türbinin dönmesini sağlayan elektrik üretmek için tasarlanmış yenilenebilir bir enerji sistemidir.

Güneş bacası fikri uzun süredir var olsa da ilk olarak 1982 yılında İspanya'nın Manzanares yakınlarında gelişim göstermiştir. Güneş bacasının başarılı olacağını kanıtlamak için 46.000 metrekaarelik bir alana kurulan deney sistemi maksimum 50 kilowatt elektrik üretimi gerçekleştirmiştir. Yapılan deneysel çalışmanın başarısı daha sonra yapılacak araştırmalara örnek oluşturmuştur (Haaf, 1984).

1.2.3.1. Güneş bacası sisteminin elemanları

Bir güneş bacası sistemi türbin, baca ve kolektör (toplama alanı) olarak üç ana parçadan oluşmaktadır (Şen ve Cüce, 2020).

Güneş bacası sisteminin çalışma prensibi ve ana bileşimi Şekil 1.3'de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Güneş bacası ve çalışma prensibi (Koonsrisuk ve Chitsomboon, 2013)

Şekil 1.3'den anlaşılacağı üzere güneş ışınımını sisteme aktarmak için kolektör kullanılmaktadır. Kolektör, altında sera benzeri etki yaratarak hava ısınır ve zemin seviyesinde duyulur veya gizli ısı depolanmasına imkan sağlar (Cüce, Şen ve Cüce, 2020).

Baca kolektör bölgesinin ortasına dikey olarak yerleştirilmiş belli bir yüksekliğe sahip sistem elemanıdır. Baca yüksekliği nedeniyle baca girişinde ve çıkışında basınç farkı oluşturur. Yoğunluk farkından dolayı kolektör bölgesinde ısınan akışkan yukarı doğru yükselir ve bacadan geçmeye zorlanır. Hava bacadaki basınç farkından dolayı bacada hızlanarak hareketini sürdürür. Bacaya yerleştirilen bir veya birkaç türbin, hızlanan havanın kinetik enerjisini elektrığe dönüştürür. Böylece güneş baca sisteminden elektrik elde edilebilir (Schlaich, 1995).

1.3. Kurutma Teorisi

Kurutma, ısı enerjisi kullanılarak ıslak maddelerden suyun uzaklaştırılmasıdır. Tarım ürünlerinin kurutulma amacı yaş üründen serbest suyu uzaklaştırarak gıda kaynağı olarak mikroorganizmaların biyokimyasal reaksiyonları ve ürünleri büyümelerini durdurmaktır. Ayrıca kuru ürünün hacmi ve ağırlığı büyük ölçüde azaldığı için kurutma, taşıma ve saklama maliyetlerini de azaltabilir (Yağcıoğlu, 1999).

Kurutma işleminde malzeme nemindeki değişimler ve kurutmayı etkileyen faktörler hem statik hem de dinamik açıdan analiz edilebilir.

1.3.1. Kurutma statikliği

Statik kurutma testi sırasında hava ve malzeme ortasındaki nem zamandan bağımsız olarak kontrol edilir. Denge, malzemenin nemi ile ortam havası çevreden su vermenin (desorpsiyon) veya emmenin (adsorpsiyon) sonucudur. Dengeye ulaşıldığında, havadaki ve ürünün yüzeyindeki su buharının kısmi basıncı sudaki su buharı basıncına eşittir (Yağcıoğlu, 1999).

1.3.2. Kurutma kinetiği

Kurutma kinetiği ile malzeme ve ortam havası arasında su değişimi kontrol edilir. Herhangi bir malzemenin kurumasını kinetik açıdan incelerken, nem ile kuruma süresi, malzeme nemi ile kuruma hızı, kuruma süresi ile kuruma hızı ve malzeme sıcaklığı ile nem arasındaki ilişki göz önünde bulundurulur. Kurutma işleminde karakteristik aşamalarla karşılaşılır. Bu fazlar malzeme ısınma fazları (IE), sabit kurutma aşaması (SHE) ve düşen kurutma aşaması (AHE) adlandırılabilir (Yağcıoğlu, 1999).

1.3.3. Kurutulacak ürünün kalitesine etki eden faktörler

Ürün kurutulurken aktarılan ısı enerjisi nedeniyle kurutulan ürünün şekli değişir. En önemli nokta ise bu değişimin istenilen seviyede olması ve ürün kalitesini düşürmemesidir. Bu nedenle kurutma sırasında ürün kalitesinin azalmaması için aşağıdaki etmenler göz önünde bulundurulmalıdır (Gülçimen, 2008).

1.3.3.1. Kurutma sıcaklığı

Kurutulan ürünlerdeki nem içeriğine göre uygun kurutma sıcaklığı belirlenmelidir. Kurutulmuş ürüne verilen ısı enerjisi, ürünlerdeki nemi buharlaştırmak ve uzaklaştırmak için kullanılacaktır. Bu nedenle sıcaklık buharlaşan su miktarına göre ayarlanmalıdır. Aynı zamanda aşırı yüksek kurutma sıcaklığı ürün yüzeyinin kırılmasına, üründe boşluk ve çatlakların oluşmasına neden olacaktır (Çetinbaş, 2022).

Kurutulmak istenen tarım ürünlerinin özellikleri, en küçük yapıları ve nem içerikleri sebebiyle her ürünün standart kurutma sıcaklığında kurutulması

gerekmektedir. Standart kurutma sıcaklığı belirlenmezse ürünlerdeki nem az ya da çok hızlı görünerek ürün kalitesinin düşmesine, kötü görünüme, içyapıda boşluk ve çatlakların oluşmasına neden olabilir. Tablo 1.2.'de belirli tarımsal ürünler için belirlenen en iyi kurutma sıcaklıklarını göstermektedir.

Tablo 1.2. Bazı ürünlerin uygun kurutma sıcaklıkları (Anonim, 2022k, Anonim, 2022i)

Ürün	Kurutma Sıcaklığı (°C)	Ürün	Kurutma Sıcaklığı (°C)
Elma	74	Hindistan Cevizi	35-40
İncir	71	Vişne	71-77
Üzüm	71	Erik	74-77
Şeftali	66	Armut	63
Kayısı	71	Muz	70
Fasulye	75	Lahana	63
Havuç	79	Kırmızıbiber	35-40
Tıbbi Bitkiler	35-50	Soğan	88
Kakule	45-50	Biber	55
Sarımsak	55	Manyok	70
Çilek	48		

1.3.3.2. Kurutma süresi

Kuruma zamanı ürünün kalitesini belirlediği gibi verimi de etkiler. Kuruma süreleri ürünün miktarına, ürünün içerdiği su miktarına ve ürünün cinsine göre değişir. Kurutma yöntemine bakıldığında uygun yüksek sıcaklıklarda ve daha kısa kurutma sürelerinde kurutmanın daha iyi ürün kalitesi ile sonuçlandığı belirlenmiştir (Çetinbaş, 2022).

1.3.3.3. Kurutulacak ürünün nem oranı

Kurutmanın en önemli amacı kurutulan ürünlerdeki nem içeriğini azaltmak olduğu için nihai üründe ne kadar nem kaldığı da önemlidir. Çalışmalar, kuru ürünün yaklaşık %10-15 nem içeriğine sahip olması gerektiğini göstermiştir. Bu seviye düştüğünde kuru

gıdanın su alma potansiyeli değişir. %10-15'in üstünde ise bakterilerin üremesi için yeterli nemli ortam sağlanmış olur, ürün bozulmasını hızlandırır, raf ömrünü, raf ömrünü ve saklama süresini kısaltır (Çetinbaş, 2022).

1.3.3.4. Rehidrasyon

Kuru bir ürünün tekrar söndürüldükten sonra orijinal durumuna dönme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Özellikle süt tozu, içecek tozu, meyve tozu vb. gibi toz haline getirilmiş ürünler ve ayrıca pul haline getirilmiş ürünler için uygundur (Çetinbaş, 2022).

1.3.3.5. Kurutma hızı

Kuruma endüstrisindeki temel faktörlerden en önemlisi kurutma süresidir. Kuruma süresinin azalması, verimi direk etkilediği için önemlidir. Bu nedenle kuruma hızına etki eden bazı faktörler aşağıda açıklanmaktadır (Yağcıoğlu, 1999).

Ürünün kimyasal bileşimi üründe var olan glikoz ve tuz gibi moleküler maddeler suyun basıncını düşürerek üründeki suyun uçmasını zorlaştırmaktadır.

Ürünün boyutları buharlaşma ürünün üst kısmında meydana gelen olay olduğu için yüzeyin büyük olması kuruma hızını da artırır. Kurutulacak ürünün kalınlığı fazlaştıkça kuruma hızı düşecektir. Kuruma hızını artırmak için yüzey alanı yüksek ancak kalınlığı düşük dilimler oluşturmak da kuruma hızına olumlu etki etmektedir. Bazı ürünler bu şekilde dilimlenemezken, bazı ürünlerin de tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için belirli bir boyut ve kalınlığa sahip olması gerekmektedir.

Sıcaklık farkı ne kadar büyük olursa, ısı alışveriş hızı o kadar yüksek olur. Bu nedenle kurutulacak gıdanın sıcaklığı ile kurutmanın yapılacağı yer sıcaklığı arasındaki fark ne kadar büyük ise ısı transfer hızı ve dolayısıyla kuruma hızı o kadar yüksektir. Bu sebeple kurutma ortamının sıcaklığı ve kurutulan ürünün başlangıç sıcaklığı önemlidir.

Hava hızı kurutulan ürün içinden geçen hava hızı ile ürüne aktarılan enerjiyi değiştirileceğinden kurutma hızı da etkilenecektir. Hava hızının artırılması kurutma hızına pozitif etki edecektir.

Hava kuruluk miktarı kurutma, kurutulmuş ürünün nem içeriği hava ile dengeye gelene kadar sürer. Bu nedenle havanın kuruluğu, kuruluk derecesini belirlemiş olur (Çetinbaş, 2022).

1.3.3.6. Atmosfer basıncı

Kurutmanın gerçekleştiği atmosfer basıncı buharlaşmayı etkilediği için kurutma hızını da etki etmektedir. Atmosfer basıncı düştükçe, buharlaşma kolay gerçekleştiği için kuruma hızı artacaktır (Çetinbaş, 2022).

1.3.4. Kurutma işleminde istenilen özellikler

Kurutmanın başarılı olabilmesi için kurutma işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken bazı özellikler bulunmaktadır. En iyi kurutma işleminde aranan bazı özellikler aşağıda açıklanmıştır (Gülçimen, 2008).

- Kurutulacak ürünlerdeki nem hızla uzaklaştırılmalıdır.
- Kuru üründen mümkün olduğu kadar fazla su daha az enerji ile uzaklaştırılmalıdır.
- Kuru ürünün besin değerinde azalmaya neden olmamalı
- Kurutma tasarruflu olmalıdır.
- Kullanılan kurutucu verimli ve etkili olmalıdır.
- Ürünler kolay yerleştirilip kurutucudan çıkarılabilecek şekilde olmalıdır.

1.3.5. Kurutma ürünlerindeki nem

Kurutmanın temel amacı üründen nemi dışarı çıkarmak olduğu için ürünün nem içeriğinin bilinmesi gerekir. Ürünün nem içeriği ve kurutma ortamının sıcaklığı ürünün bütün özelliklerini etkiler. Aşağıdaki Tablo 1.3.'de bazı sebze ve meyvelerde bulunan % nem oranları gösterilmiştir.

Tablo 1.3. Bazı meyve ve sebzelerde bulunan % nem oranları (Anonim, 2022j)

Ürün	Nem oranı (%)	Ürün	Nem Oranı (%)
Elmalar	84	Fasulye	90
Kayısı	86	Pancar	87
Muz	74	Brokoli	89
Lahana	92	Domates	94
Ahududu	86	Patates	79
Hindistan Cevizi	51	Havuç	88
Vişne	86	Kiraz	80
Karnabahar	92	Kereviz	95
İncir	79	Su kabağı	94
Üzüm	81	Patlıcan	92
Mantar	91	Nektarin	86
Şeftali	88	Soğan	91
Armut	84	Maydanoz	88
Çilek	89	Ispanak	91
Erik	86	Dolmalık biber	93
Turp	93	Yaban Mersini	84
Bezelye	88	Ananas	86

1.3.5.1. Bağlı nem

Havada bulunan su buharının kısmi basıncının, eşit sıcaklıktaki suyun buhar basıncına oranına havanın kısmi basıncı denir. Bağlı nem, havanın belirli bir sıcaklıkta taşıdığı nem miktarını ifade eder (Nijman, ve ark., 2017).

Sıcaklık düştükçe nem düşeceğinden bağlı nem artmaktadır. Yani sıcaklık ile bağlı nem ters orantılıdır. Bağlı nem denklemi denklem (1.1) ile ifade edilir.

$$\text{Bağlı nem} = \frac{\text{Mutlak Nem}}{\text{Maksimum Nem}} * 100 \quad (1.1)$$

1.3.5.2. Nem oranı

Nem, üründe var olan ve yüzdelik olarak ifade edilen su oranıdır. Nem içeriği "ıslak" veya "kuru" olarak belirtilir. Kurumuş üründe bulunan su ağırlığının ürünün tüm ağırlığına oranı ıslak bazdaki nem oranını, kurumuş ürünün su ağırlığının ürünün kurumuş ağırlığına oranı ise kuru bazdaki nem oranını verir (ASAE, 1983).

Yaş baza göre nem oranı;

$$M_{yb} = \frac{W_s}{W_s + W_k} \times 100 = \frac{M_s}{M_s + M_k} \times 100 \quad (1.2)$$

Kuru baza göre nem oranı;

$$M_{kb} = \frac{W_s}{W_k} \times 100 = \frac{M_s}{M_k} \times 100 \quad (1.3)$$

Burada;

W_s = Su ağırlığı (kg)

W_k = Kuru ağırlık (kg)

M_{yb} = Yaş baza göre ürünün nem oranı (%)

M_{kb} = Kuru baza göre ürünün nem oranı (%)

olarak ifade edilir.

Yaş veya kuru olarak belirlenen nem içeriği aşağıdaki eşitlik kullanılarak birbirine dönüştürülebilir (Yağcıoğlu, 1999).

$$M_{kb} = M_{yb} / (100 - M_{yb}) \times 100 \quad (1.4)$$

Kurutma sırasında nem kaybı nedeniyle kurutulan ürünün ağırlığı azalacaktır. Bu azalma altta verilen (1.5) ve (1.6) denklemleri kullanılarak bulunabilir (Yağcıoğlu, 1999).

Ürünün ilk ağırlığının bilinmesi durumunda;

$$W = W_1 \times \frac{M_1 - M_2}{100 - M_2} \quad (1.5)$$

Ürünün son ağırlığının bilinmesi durumunda;

$$W = W_2 \times \frac{M_1 - M_2}{100 - M_1} \quad (1.6)$$

Burada;

W = Ağırlık kaybı (kg)

W_1 = İlk ağırlık (kg)

W_2 = Son ağırlık (kg)

M_1 =Kurutmadan önceki nem oranı (%)

M_2 =Kurutmadan sonraki nem oranını (%) göstermektedir.

1.4. Kurutma Yöntemleri

Gıda endüstrisinde kurutulmak istenen ürüne ve uygulanan işleme değişik kurutma yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar; güneş ışığına maruz bırakarak kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava sirkülasyonu olan fırında kurutmadır (Yağcıoğlu, 1999).

Çevre koşullarına, istenen kurutma süresine ve yiyeceğe göre kurutucu tipinizi seçilir. Kurutma çeşitleri aşağıdaki gibidir.

1.4.1. Tepsili kurutucular

Tepsili kurutucular sıvı ürünler için uygun değildir. Prensibi dilimlenmiş katı ürünleri tepsilere yerleştirmek ve fanlar yardımıyla tepsilerdeki ürünlerle sıcak havayı işlemektir (Yağcıoğlu, 1999).

1.4.2. Tünel kurutucular

Bu tür kurutucular nispeten kısa sürede büyük potansiyelde kurutma yapılabilmektedir. Tünel girişinden çıkışına kadar sıcak hava ile temas ettirilerek ürün kurutulur. Bu tür kurutucularda enerji verimi fazla, işçilik masrafı az ve ürün kalitelidir (Yağcıoğlu, 1999).

1.4.3. Konveyör (bantlı) kurutucular

Konveyör kurutucuda ürün, bir veya birden fazla banttan geçerken bir fan tarafından üstten veya alttan verilen sıcak hava ile işlenir. Böylelikle istenilen özelliklerde ürün elde edilir (Yağcıoğlu, 1999).

1.4.4. Akışkan yataklı kurutucular

Akışkan yataklı kurutucunun avantajı, sıcak havanın kurutulan ürünün üst kısmının her yerine temas etmesidir. Ayrıca bir dezavantaj olarak bu tip kurutucular sadece hareket ettirilebilen ve havada asılı kalabilen küçük gıda maddeleri için uygundur (Yağcıoğlu, 1999).

1.4.5. Püskürtmeli kurutucular

Diğer kurutucular gibi bu kurutucularda da ısıtılmış hava atomizer yardımı ile çok küçük parçalara ayrılan ürün ile arıtılarak kurutma siklon seperatör yardımı ile kurutulan ürün hava karışımının kurutulmasını sağlar (Yağcıoğlu, 1999).

1.4.6. Güneş enerjili kurutucular

Bu kurutucular, bir sıvıyı (genellikle su veya hava) ısıtmak için enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanır. Sıvı üzerinde ısı taşıyan bu enerji, gıdayı kurutmak için doğrudan veya dolaylı olarak kullanılır (Yağcıoğlu, 1999).

1.4.6.1. Ürünün güneşte kalış şekline göre kurutucular

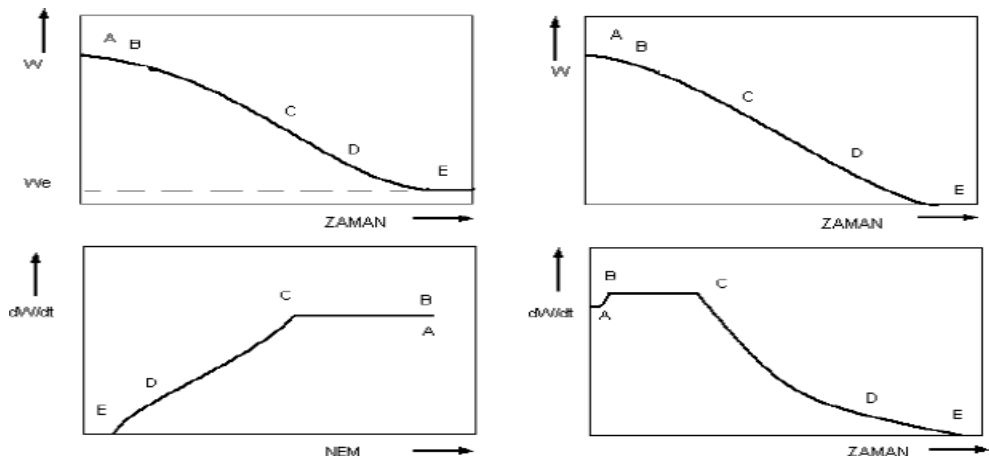
- Doğrudan güneş enerjili kurutucular
- Dolaylı güneş enerjili kurutucular
- Birleşik tip güneş enerjili kurutucular

1.4.6.2. Kurutucudan geçen havanın akış şekline göre kurutucular

- Doğal taşınım kurutucular
- Zorlamalı taşınım kurutucular

1.5. Kurutma Aşamaları

Tarım ürünlerinde nemin buharlaştırılması için tarımsal ürünlere buharlaşma gizli ısı miktarında ısı enerjisi verilmesi gerekmektedir.



Şekil 1.4. Tarım ürünlerinin karakteristik kuruma eğrileri (Yağcıoğlu, 1999)

Tarımsal ürün üç aşamada bir kurutma sürecinden geçer: ısıtma aşaması, sabit kurutma hızı aşaması ve azalan kurutma hızı aşaması. Şekil 1.4 kurutma sırasında bir üründe meydana gelen karakteristik nem değişimlerini göstermektedir (Doğantan, 1986).

Şekil 1.4 A-B ile gösterilmiş olan aşama ısıtma aşamasıdır. Bu aşama, ürün ve hava sıcaklığı eşit seviyeye ulaşana kadar sürer. Kurutulan ürünün kalınlığı küçüldükçe nem kaybı da azalır. B-C ile gösterilmiş olan aşama da sabit kurutma aşamasıdır. Bu aşamada kuru ürün üzerindeki çok ince nem hızla buharlaşmaya başlar. Ürün yüzeyine aktarılan buhar bir tabaka oluşturarak buharlaşmayı yavaşlatır. Kurutma işlemine devam etmek için tabaka hava ile dağıtılmalıdır. Sabit oranlı kurutma aşamasının sonu, ürün yüzeyinde kolayca buharlaşan nemin sona ermesiyle belirtilir. Bu aşamanın bitiş noktası şekilde C noktası olarak gösterilmiştir ve bu andaki neme kritik nem denir. Kurutulan ürünün nem içeriği, kurutma öncesi kritik nem içeriğinin üzerinde olduğunda C noktası görülür. Kuruma hızının düşürülmesi aşamasında ise kuruma süresi arttıkça birim zamanda üründen çekilen nem azalır ve bu aşama ürün nemi uzaklaştıran kadar sürer. Bu faz bir C-D-E grafiği olarak gösterilmektedir. Üründen nemin uzaklaşması bu aşamada üründe başladığından, nem difüzyonla yüzeye ulaşır. Ürün yüzeyine daha yakın yerlerde daha fazla nem kaybolduğundan, ürün kırışabilir, çatlayabilir veya kabuklanabilir. C-D, azalan kuruma hızının ilk aşaması olarak açıklanır ve bu aşama bir geçiş süreci olarak kabul edilir. Bu aşamada ürün yüzeyi ve de ürün içindeki nemin buharlaşma hareketi etkilidir. D-E ile gösterilen alan ikinci azaltılmış kurutma aşamasıdır. Bu kısımda kurutma hızı tamamen ürün içerisindeki nem akışına bağlıdır. Bu aşama, ürün deki denge nem seviyesine ulaştığında biter (Doğantan, 1986).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatür incelendiğinde tarım ürünlerinin güneş enerjisi kullanılarak kurutulması ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ancak güneş bacası ile ilgili çalışmalar incelendiğinde ağırlıklı olarak elektrik üretimi ile ilgili yapılan çalışmaların olduğu güneş bacası kullanılarak kurutmanın literatürde yok denecek kadar az sayıda olduğu görülecektir. Güneş bacası ile ilgili elektrik üretimi ve kurutma çalışmaları kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Güneş bacası sistemleri üzerine yürütülen çalışmalar araştırıldığında daha önce yapılan projelerin çoğunluklu olarak simülasyon veya teorik modelleme olduğu gösterilmektedir. Çalışmada elde edilen veriler, geliştirilmiş prototipten elde edilen verilerle veya önceki çalışmalardan elde edilen verilerle karşılaştırarak doğruluğu kanıtlanmaya çalışılmaktadır. Bunun nedeni, onu tam olarak incelemek için büyük bir güneş bacası gereğidir. Bu nedenle araştırmacılar, küçük sistemler oluştururken hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanarak güvenilirliğini araştırmak için çalışmışlardır.

Rüzgâr hızını, hava sıcaklığını ve güneş bacası gücünü etkileyen çeşitli faktörleri, çalışmalarında geliştirdikleri bir matematiksel modelde deneysel olarak incelediler. Elde ettikleri deneysel sonuçların matematiksel modelle tutarlı olduğunu söylediler (Pasumarthi ve Sherif, 1998).

Güneş bacalarında alınan türbin verimlerini analitik denklemler aracılığıyla kanıtlanmaya çalışıldı. Türbin içinde oluşan hava akışı ve yük faktörü açısından türbin verimliliğini incelediler. 720 mm çaplı bir türbin modelinde ölçülen özellikleri kullanarak önerilen analitik çözümü doğruladılar (Von Backström ve Gannon, 2004).

Koyun (2006) yaptığı çalışmada, Isparta'da inşa ettikleri güneş bacası modeli prototipi ile baca sisteminin teorik ve deneysel karşılaştırması araştırılmıştır. Kazanılan veriler FLUENT programı ile simülasyonu gösterilmiştir. Oluşan sonuçlar ile CFD kullanılarak elde edilen analitik sonuçların benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.

Batman Üniversitesi'ne kurulan prototip güneş bacasının düşük güç değerleri üretebildiği gözlemlenmiştir. Bunun nedeni baca uzunluğunun küçük olması ve toplayıcının küçük yüzey alanıdır. Ayrıca daha az kanatlı ve hafif malzeme yapısına

sahip türbinler enerji üretimini artırabilir kullanılmalıdır. Güneş bacası santralinde 100 kW elektrik elde edebilmek için baca uzunluğunun 250 m, kolektör yüzey alanı çapının ise 500 m olması gerekmektedir (Avcı, 2021).

Güneş bacası sera örtüsü altında gerçekleştirilen kurutma işleminin kuruma süresi literatürdeki kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında bazı kurutma yöntemlerine göre (ETUV, vakumlu ETUV, konveksiyonlu kurutucu, güneş enerjisiyle kurutucu) daha kısa olduğu öğrenilmiştir (Çetinbaş, 2022).

Ürünlerin kurutulması insanların doğadan öğrenmiş olduğu en eski saklama yöntemlerinden biri olduğu ve şimdilerde de bir endüstri kolu olduğu için bu konuda birçok farklı çalışma yapılmıştır. Çoğu çalışma, kurutma yönteminin kurutma performansı ve kurutma süresi üzerindeki etkisine ilişkin deneysel veya sayısal çalışmalardır. Ayrıca, kurutma yöntemlerinin ürün kalitesi, besin değeri, tat, renk ve mikro yapı üzerindeki etkisi incelenmiştir (Şahin ve Öztürk, 2018).

Hasattan sonra taze meyve ve sebzeler, yüksek nem içeriği ve kırılgan dokuları nedeniyle bozulmaya eğilimlidir. Bu ürünlerin fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinde bir miktar kayıp meydana gelir. Bu kalite kayıplarını önlemek için ısıda muhafaza, soğukta muhafaza, kurutmada muhafaza, koruyucularla muhafaza, fermantasyon, kontrollü atmosferde muhafaza, kontrollü atmosferde muhafaza gibi çeşitli muhafaza metotları benimsenmiştir. Bu metotlardan en ekonomik ve yaygın olarak kullanılanı kuru muhafaza metodudur. Kurutmanın temel amacı; kurutma süresini ve enerji tüketimini en aza indirerek malzemenin kalite parametrelerini optimize etmektir. Kurutma; diğer taze muhafaza yöntemlerine göre taşıma ve muhafaza kolaylığı, kurutulmuş ürünlerde besin maddelerinin daha konsantre olması, ürünlerin uzun süre muhafaza edilmesi, depolama, taşıma ve paketleme maliyetlerinin düşük olması gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca kayısı, kuru üzüm ve kuru incir gibi ticari değeri yüksek olan ürünler kurutulmuş olarak elde edilmektedir (Alibaş, 2012; Darıcı, ve ark., 2012).

İncir, subtropikal iklim bitkilerinden biridir ve kışları ılıman, yaz ayları sıcak geçen, senelik sıcaklığın 18-20°C olduğu bölgelerde yetişebilmektedir. Mayıs-Ekim arası günlük ortalama sıcaklık 20°C'nin, Temmuz-Eylül arası günlük ortalama sıcaklık ise 25-30°C'nin üzerindedir. İncir için optimum yağış miktarı 625 mm civarlarıdır. Yağış 550 mm'nin daha aşağısına düşerse sulaması gerekir. Yağışların fazla olduğu yerlerde ağaçlar kuvvetli gelişir ve meyveler yeterince tatlı olmaz. Kuruma açısından ise yağışların Kasım-Haziran ayları arasında, kurak dönemde (Temmuz-Eylül) havanın bağıl neminin ise %40-50 ortalarında olması umulmaktadır. İncir, toprak seçiminde

seçici değildir. Çok nemli olmadığı sürece her türlü toprakta yetişebilir. Ancak kaliteli kuru incir elde etmek için toprak istekleri ve iklim gereksinimleri seçicidir. Organik maddece zengin, derin profilili, orta bünyeli, bol kireçli topraklar kurutmaya uygundur. Yüksek su tablasına sahip, yoğun dokulu çöküntüler incir yetiştirmek için uygun değildir (Aksoy ve ark., 2001).

Besin değeri, insan sağlığına ve endüstriyel kullanıma faydalı olan incir, tropikal iklim kuşağı ile Akdeniz iklim kuşağına sahip ülkelerde yetiştirilmektedir. Ülkemiz başta olmak üzere birçok Akdeniz ülkesinde yetiştiriciliği yapılan bir kültür bitkisidir ve en eski izlerine Anadolu'da rastlanmaktadır. Sümer Anadolu'sunda incirin yetiştirildiği ve Anadolu'nun incir için genetik açıdan merkez olarak kabul edilmektedir (ncel, 1969; Aksoy ve ark., 2007).

Türkiye, doğal yapısı ve iklim koşulları açısından önemli bir tarımsal potansiyele sahiptir. Bu potansiyeli değerlendirerek, tarım sektörünün istihdam, sanayileşme için gerekli hammadde, sanayi ürünleri için pazar ve döviz gibi bu ürünlerin ihracatının sağlayacağı katkıları sağlayacağını söylemek kolaydır. Tarımsal ihracatta ve ekonomik kalkınmada incirin önemine bakılması ve potansiyelinin tam olarak gerçekleştirilmesi Türkiye'nin dış ticareti ve ekonomisi için önemlidir. (zdemir ve Mankan, 2022).

Ülkemizde farklı incir eşitleri yetiştirilmektedir. Türkiye'nin kuru incir ihracatının tamamını oluşturan ve en çok yetiştirilen kurutmalık sarılop çeşididir. Dış pazarlarda İzmir inciri olarak bilinen Sarılop, Ege Bölgesi'nde de yetiştirilen başlıca incir çeşididir. Gklop, akçaağaç, karayaprak, camcı, morye, yeşilgz vb. türler daha sınırlı üretime sahiptir ve sadece taze olarak yenir. Öte yandan, Bursa bölgesinde yetişen koyu mor 'Bursa siyahı' veya 'burdane', ihracat için en önemli taze incir çeşididir. Marmara bölgesinde yöresel olarak bilinen "Patlıcan, Kavak, Sultan Selim" gibi mor taze incir eşitleri yetiştirilmektedir. Olgun incir meyvesi çeker bakımından zengin, çeşitli elementler ve vitaminler içerir, taze veya kurutulmuş olarak yenebilir, ayrıca reel, pekmez, tatlı, kek ve reel haline getirilebilir. Ülkemiz de yetiştirilen incirlerin %70'i kurutulmuş incir bilinmektedir (akır 2003).

Son yıllarda diğer incir üreticisi ülkelerin de temiz ve kaliteli kuru inciri dış pazarlara arz etmek için çaba sarf ettikleri ve bu sayede dünya kuru incir ticaretindeki paylarını artırdıkları görülmektedir. Bu durum hem üretimde hem de ihracatta n sıralarda olduğumuzu, bir an önce verimlilik ve kaliteyi arttırıcı tedbirler almamız

gerektiğini gösteriyor. Bunları incirden sağlamak, büyüme, olgunlaşma, kurutma ve depolama sırasında karşılaşılan sorunların giderilmesi ile mümkün olmuştur (Demir vd, 1990).

İşlenmiş kuru incirler ılık suda yıkanıp sapları kesilmiş olanlar, işlenmemiş kuru incirler ise dalından kesildikten sonra herhangi bir işlem görmemiş olanlardır. İncirler kurutulduğunda son nemleri %20-22 arasında olmalıdır (Aksoy, 2001).

Kuru incirler, olgunlaşmış ve yere düşmüş incirler elle toplanarak hasat edilir. Yere düşen incirler toplanır ve zeminden 10-15 cm yükseklikte "kervet" adı verilen plastik ya da galvanizli telden yapılmış bir ızgara üzerine yerleştirilir ve %20-22 nem oranına kadar kurutulur (Özay ve Alperden, 1991).

Kurutulmuş ürünlerle ilgili temel sorun küf kontaminasyonudur. Küf bulaşması; gıda güvenliği, sağlığı ve ekonomisi açısından önemlidir. Kurutulmuş meyveler ve baharatların yanı sıra yetiştirme durumları, işleme özellikleri ve depolama sırasındaki hassasiyetleri açısından uygun ürünler olduğu gibi küf oluşumuna ve toksin oluşumuna karşı hassastırlar (Peter ve Cotty, 2017).

Kuru incirde aflatoksin oluşumunu önlemek sağlıklı ve ekonomiktir. Mantarlar tarafından aflatoksinler için oluştuktan sonra, bir dizi kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemle indirgenebilirler. Ancak bu işlemler gıdanın besin değeri ile ilgilidir hasar veya görünümde değişiklikler meydana gelebilir. Bu nedenle aflatoksin oluşumunu önlemek için depolama, taşıma, işleme ve ürün edinme aşamaları için kontaminasyonunun önlenmesi veya en aza indirilmesi çok önemlidir. Özellikle incirin mikotoksinle en çok bulaştığı dönem acı dönemdir. İndiğinde toprakta beklediğini düşünürsek, bu süreyi olabildiğince kısa tutmak önemlidir. Bununla özellikle depolama koşullarında çiftçiler ve işletmeler için hijyen, güvenlik ve küf oluşumunu en aza indirecek koşulların oluşturulması gerekmektedir (Atik, 2012).

Son yıllarda kuru incirde standardı aşan aflatoksin tespit edilmekte olup, ihraç edilen ve Türkiye'ye iade edilen ürünlerimiz arasında kuru incir önemli bir yer tutmaktadır. Ege bölgesinin sıcaklık ve iklim koşulları ile meyvenin olgunlaşma, hasat ve kurutma aşamalarındaki su, bu üründe küf oluşumu ve bakteri oluşumu için uygun hale getirilmektedir. İncirin küf florası çalışmasında, baskın floranın *A. niger*, *A. flavus*-*A. parasiticus* ve *Fusarium* küfleri olduğu, fakat incirin alınma aşamasına göre değişebileceği belirtilmiştir. Bu küflerin toksijenik suşlarının varlığı, ürünlerde bakteri riskini ortaya koymaktadır (Heperkan, 2006).

Kurutucular, sıvı, yarı sıvı ve katı gıdaları kurutmak için imal edilen ve birkaç temel yönteme dayanan makine ve ekipmanlardır. Nihai üründe istenen nitelikler ise; minimum ürün hasarı, mükemmel rehidrasyon ve çeşitli ekonomik koşullar gibi faktörler, çalışma ve tasarım açısından farklı kurutucuların yapılmasına neden olmuştur (Saldamlı ve Saldamlı, 1990).

Konvektif, mikrodalga, vakum, ozmotik, dondurma, kızılötesi, sprej, üfleme, köpük, elektrohidrodinamik ve hibrit yöntemler gibi alternatif kurutma yöntemleri hem kurutma verimliliği hem de ürün kalitesi açısından umut vaat etmektedir. En popüler ve uygun maliyetli yöntem olan konvektif kurutma, tarım sektöründe güneşte ve gölgede kurutmanın yerini alan bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Ancak sıcak havaya maruz kalan ürünlerde kalite düşüşü yaşanabileceği unutulmamalıdır (Günaydın ve ark., 2022).

Vakumlu kurutucu, ısıya hassas gıdaları kurutmak için kullanılan metoddur. Bu metotta kurutulma işlemi vakum altında ve düşük sıcaklıkta (100 °C'nin altında) yapıldığından aroma değişimi ve diğer termal zararlar görülmez (Saldamlı ve Saldamlı 1990).

Vakumlu kurutmada, kurutma ortamındaki hava miktarının az olması nedeniyle oksidasyon büyük ölçüde engellenir. Ayrıca ürün yüzeyinde kabuk oluşmadığından ürün nem difüzyonu engellenmeden devam eder. Vakumla kurutulan gıdalar tipik olarak gözenekli, süngerimsi (kabarık) bir yapıya sahiptir. Bu yapı ıslanan yüzeyi arttırarak önemli bir avantaj sağlarken, kuru ürünler nemi bünyelerine çekmektedir (Yağcıoğlu 1999).

Kurutma sıcaklığının artmasıyla birlikte vakum ortamında ozmotik kurutma işlemi uygulanmış ve ozmotik kurutma işlemi uygulanmayan incirlerin kurutma sürelerinin kısaldığı görülmüştür. Öte yandan, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemine ve ozmotik olmayan dehidrasyon işlemine tabi tutulan incirlerin etkin su difüzyon katsayısının kurutma işlemi sırasında düştüğü, kurutma işlemi sırasında ise ozmotik işlem görmüş incirlerin kuruduğu belirlenmiştir. Dehidrasyon tedavisi etkin su yayılımının değeri azalmıştır. Aynı sıcaklıkta kurutulan ve vakum ortamında ozmotik dehidrasyona tabi tutulan incirler, ozmotik dehidrasyon uygulanmayan incirlere göre daha çok kurumuştur. Ayrıca ozmotik dehidrasyon uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon

uygulanmamış incirlerin etkin su difüzyon değerlerinin artan kurutma sıcaklığı ile arttığı belirlenmiştir (Şahin, 2016).

Solar kurutmanın en önemli avantajı: bir enerji kaynağı olarak ülkemizde yenilenebilir enerji kullanımı, düşük kurulum maliyetleri, iklim değişikliği şartlara uygun ve kimyasal işlem gerektirmediği için hijyenik ortamda kurutma sağlamasıdır. Bunun pek çok nedeni vardır, örneğin bu tür sistemlerde iki ana sorunla karşılaşmaktadır. Karşılaşılan sorunlar şunlardır: Birincisi, güneş enerjisinden etkin bir şekilde yararlanılamamaktadır. İkincisi, gün boyu güneş enerjisinden yararlanılmamaktadır ve bu nedenle sürekli bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu çalışmada birinci soruna çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Yeni bir kollektör modeli tasarlanarak güneş enerjisinden etkin bir şekilde faydalanılmıştır. (Gülçimen, 2008).

Çalışma, sarılop incirleri için özel olarak hazırlanmış doğal akışlı kurutucunun kurutma etkinliğinin önemli bir performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Hava, kurutma kabineye arka taraftaki hava kanalından girer, incirlerin içinden geçerek bacadan çıkar. Dikkate değer bir şekilde, test sırasında cam yüzeyde yoğunlaşma oluşmamaktadır. Ayrıca, üst cam yüzeyin akıllı 26° açısı, kurutucu içindeki gölgeleri etkili bir şekilde ortadan kaldırmıştır (Apaydın, 2007).

Şanlıurfa'da yetiştirilen kurutulmuş kırmızı pul biberler sera tipi kurutucuda kurutulmuş ve ürün eş zamanlı olarak aynı ışınlama koşullarında ayaklı tepsiler ve tel örgü tepsiler üzerinde açık havada kurutulmuştur Ürün kalitesi karşılaştırma için. Rafa monteli güneş enerjisi kurutucuları, açık havada acı biber kurutmaya göre kanıtlanmış kısmi kurutma avantajlarına sahiptir. Bu avantajın kırmızıbiber kurutma denemelerinde gün içerisinde kurutucuda daha yüksek kurutma sıcaklığı ve üst rafta hızlı ağırlık azalması sağladığı görülmüştür. Sera tipi askılı kurutucuda kurutulan biberlerin olumsuz çevre koşullarından (yağmur, toz vb.) açık alanda kurutmaya göre daha temiz olduğu saptanmıştır (Çakır, 2015).

Bu deneysel araştırma ile güneş enerjisi depolama sistemi destekli kurutma sisteminin tasarımı ve işletme parametreleri belirlenmiştir. Ticari tarım ürünlerini kurutabilen ve tarımsal üretimde etkin olarak kullanılabilecek bir sistemdir. Aynı zamanda daha kaliteli ürünler elde edilebilir. Ayrıca geliştirilen bu sistemin düşük ilk yatırım ve işletme maliyetleri göz önüne alındığında kurutma alanında yaygın olarak kullanılabileceği açıktır (Atalay, 2015).

Geliştirilen hava güneş kolektörlü siklon kurutucuda kurutmanın üniform bir şekilde gerçekleştiği ve siklon ortamda kurutulan ürünlerin daha kısa sürede daha düşük nem değerlerine ulaştığı görülmüştür. 3 farklı rüzgâr hızında yapılan deneylerde, kurutma rüzgâr hızı arttıkça kuruma süresinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kurutma deneyi, kurutucu içerisine hava kılavuz elemanı ve kurutma odası girişine dönen eleman yerleştirilerek, doğal koşullarda kurutma süresi açısından kurutma deneyi ile açık hava kurutma deneyi karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle doğal koşullarda kuruma süresi 200 saat, 0.5m/s rüzgâr hızında kuruma testinde 152 saat, dönen eleman olmaması durumunda 171 saat, 1m/s rüzgâr hızında ise 171 saattir. Hız, dönen elemanlar olmadan 123 saatte 104 saattir. 1,5 m/s rüzgâr hızına sahip döner eleman. Kuruma süresi, döner eleman olmadan 99 saate ve FDM toplayıcı ile 56 saate, 80 saate düşürülür (Çakmak, 2007).

Belirli dilim kalınlıklarındaki kivi halkaları OD, SD ve OSD olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi kullanılarak kurutulmuştur. Ozmotik dehidrasyon kurutma işlemi benimsenir ve ozmotik dehidrasyon, güneş kurutucusunun kurutulmasıyla eş zamanlı olarak gerçekleştirilir, su kaybı artar, büzülme oranı azalır ve renk değişimi daha az etkilenir. Güneşle kurutmanın kurutma sıcaklığı ozmotik kurutmada daha yüksek olduğu için ürünün nem içeriği azalırken renk kaybı artar. Kurutma işleminden önce uygulanan ön kurutma işlemi olan ozmotik dehidrasyonun güneşte kurutma üzerinde önemli bir olumlu etkisi olduğu yapılan araştırmalarda gösterilmiştir (Yıldız ve Gencer, 2022).

Sonuç olarak, ısıl ön işlemlerden biri olan haşlama ile güneş enerjili kurutucuda kurutma kombinasyonunun kurutulan ürünlerdeki nem kaybını arttırdığı ve renk kaybını azalttığı gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklıklarda kurutulan güneşte kurutma işleminin etkinliğini artırmak için, kurutmada önce kaynatma ön kurutma işlemi ön işlem olarak kullanılabilir ve muz gibi ısıya duyarlı meyve ve sebzelerin organoleptik özelliklerini ve besin değerini değiştirmeden kurutulmasını sağlar. Muamele edilmemiş muz halkaları doğrudan bir güneş kurutucusunda kurutulduğunda, en düşük nem kaybı ve büzülme ve b-renk değerindeki en büyük değişim gözlemlendi. Haşlama sırasında ortama asit eklenmesinin kurutma performansını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Kaynayan suya eklenen asit miktarı arttıkça su kaybı ve çekme oranı artar, renk değerindeki değişim azalır (Yıldız, 2022).

Güneşli kurutucuda kurutma, güneşte kurutma ve gölgede kurutmaya göre daha yüksek nem kaybına ve daha az renk değişimine sahiptir. Termal ön işlem ve güneşte kurutma yöntemlerinin birlikte kullanılması, yüksek kuru madde içeriğine ve uzun raf ömrüne sahip olan ve kurutulduğunda ticari olarak değerli renk kalitesi üzerinde daha az etkiye sahip olan muz cipsleriyle sonuçlanır (Yıldız, 2021).

Bu çalışmada, kivi halkalarını incelemek için ozmotik dehidrasyon, güneş ışığında kurutma ve ozmotik dehidrasyonda kurutma olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, ozmotik dehidrasyonun (kurutmadan önceki ön kurutma işlemi) kivi'nin kurutma etkisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Güneş kurutma. Kivi halkalarının 7 saatlik kurutma süresi sonunda nem kayıpları ozmotik dehidrasyon için %80, solar kurutucular için %68 ve ozmotik dehidrasyon için %21 olarak belirlenmiştir. Kurutma sonundaki büzülme ozmotik dehidrasyon için %2, ozmotik dehidrasyon için %26 ve solar kurutma için %31'dir. Kivi meyve halkalarını kurutmak için birden fazla güneş enerjisiyle kurutucu rafı kullanmak, ürünün açık havada doğrudan kurutmaya göre daha yüksek bir sıcaklıkta kurutulmasına olanak tanır, ancak daha düşük nem nedeniyle ürüne ısı girişini daha az verimli hale getirir. Üniforma, daha kısa sürede verimli kuruma sağlar (Gencer, 2022).

Kırşehir ilinde jeotermal enerji kullanılarak meyve ve sebze kurutmaya yönelik kurutma tesislerinin mevcut durumu ve gelişme olanaklarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma sonuçları, ilde jeotermal kuyulardan elde edilen sıcak su jeotermal enerjisinin bol olduğunu ve meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılabileceğini göstermiştir. İlde yetiştirilen meyve ve sebze çeşitliliğinin artırılması, özellikle fosil yakıtlardan çevreye verilen karbon salınımının azaltılması ve ilde tarımsal istihdamın geliştirilmesi açısından ilde tarımsal faaliyetlerin artırılması ve jeotermal enerjinin (çevre dostu bir enerji kaynağı) kullanılması için önemlidir. (Boyacı, Boyacı ve Gürdal, 2018).

Güneş enerjili kurutucularda kurutulan patlıcanın toz, yağmur gibi zorlu hava koşullarından ve böcek gibi dış etkenlerden korunduğu ve açık hava kurutma tezgahlarında kurutulan patlıcana göre temizlik açısından daha temiz olduğu gözlemlenmiştir. Kurutucuda kurutulmuş patlıcanın açık havada kurutulan patlıcana göre daha parlak ve renk olarak daha parlak olduğu tespit edilmiştir. Bu da pazarlama açısından avantaj sağlayacaktır. Şanlıurfa şartlarında güneş enerjisi kurutucularının kullanılması tavsiye edilir. Şanlıurfa şartlarında güneşli kurutucunun avantajlı olduğu söylenebilir. Ancak gün içinde ve havadaki nemin en düşük seviyede olduğu

zamanlarda kurutulmuş ürünün solar kurutucudan çıkarılması tavsiye edilir. Çünkü kurumuş bir ürün havadaki nem değeri arttığında toplanırsa tekrar nemi çeker (Gültekin, 2016).

Tasarlanan ve üretilen kurutma fırınında güneş enerjisi kolektörlerinde hava ısıtılmakta, bu da kiviinin bağıl nemini azaltmakta ve dolayısıyla nem alma kabiliyetini arttırmaktadır. Bu kuruma süresini kısaltır (Variyenli, 2018).

Araştırmacılar Tokat iklim şartlarında geliştirdikleri güneş enerjili raflı kurutucunun domates kurutulması için elverişli olduğunu belirtmişlerdir. Raf sayısındaki azalma ve raflar arasında hava akışının paralel olması ile kuruma sürelerinin düşebileceğinin itespit etmişlerdir. (Mutlu ve Ergüneş, 2008).

Bu çalışmada, geleneksel ürünümüz olan dikenli incirin işlenerek çok kısa olan raf ömrünün uzatılması için posalı ve fıstıklı sucuk haline getirilebilmesi ve bu amaçla farklı incir kurutucuları (endüstriyel kurutucular ve fırın kurutucular) kullanılarak hijyenik açıdan güvenilir yeni ürünler üretilebilmesi amaçlanmıştır. Meyve bileşenleri, posa ve antep fıstığı sosislerinin fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılarak kalite varyasyonları ortaya çıkar (Doğan, 2019).

Geleneksel olarak toplanıp büzücü formda kurutulan Sarılop ve Sarızeybek incir çeşitlerinin toplam karotenoid içeriklerinin 7 günlük kurutma sonunda sırasıyla %78,50 ve Sarızeybek incir çeşitlerinde %82,87 oranında azaldığı belirlenmiştir. Taze örnekler alınmış ve 9 günlük kurutma işlemi sonunda toplam karotenoid içeriği %80,03 azalarak 29,65 µg/g'den 5,92 µg/g'ye düşmüştür (Artık, 2007).

İncirlerin sıcak hava ve mikrodalga köpük kurutma kinetikleri, 1.5 ms⁻¹ sabit sıcak hava hızında, 60-80°C sıcaklık aralığında ve 100-600 W güç aralığında gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga kuru. Her iki kurutma türünde de kuruma eğrileri sadece azalan kuruma süresi ile elde edilmiş ve sabit bir kuruma süresi gözlenmemiştir. Kurutma havası sıcaklığı ve mikrodalga gücü arttıkça kurutma hızı artmış ve mikrodalga kurutma için toplam kurutma süresinin daha kısa olduğu bulunmuştur. Bu nedenle incir köpüğü kurutmada kurutma süresi açısından mikrodalga kurutma yöntemi sıcak havayla kurutmaya göre daha verimlidir. Etkili difüzyon katsayısı hava sıcaklığı, mikrodalga gücü ve köpük kalınlığı ile artar. Ayrıca nem dağılımı için hesaplanan aktivasyon enerjisi değerleri de bu durumu teyit etmektedir. Ürün kalınlığının efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değerleri üzerinde olumsuz etkisi olduğu gözlenmiştir (Koç, Elmas ve Varhan, 2019).

Bu alışmada, Batman niversitesi yerleşkesinde daha önce inşa edilen prototip bir güneş bacası kullanarak tarımsal ürünlerden Hasankeyf incirinin kurutma işlemi incelenmiştir. Güneş bacalarında seraların kapladığı alanların kurutma işlemi için uygunluğu araştırılmıştır. Güneş bacasında kurutma ile doğal ve diğer kurutma metotları kuruma süresi açısından kıyaslanmıştır. 5 mm, 7 mm ve 9 mm incir dilimleri ve bütün incir örnekleri sera örtüsü altında kurutularak bu incir örnekleri için hava hızı, sıcaklık, kuruma süresi, ktle değişimi, nem değişimi verileri llerek analiz edilmiştir. lmler sonucunda elde edilen veriler ışığında güneş bacasında kurutma için en uygun alan ve yn belirlenmiştir.

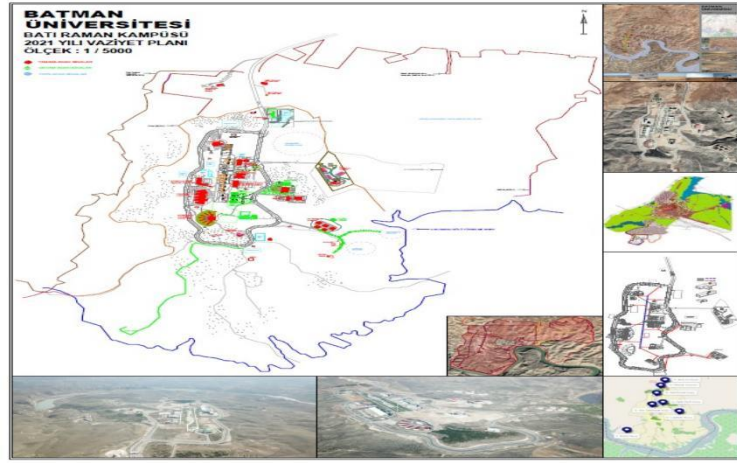


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneysel Yöntem

Bu araştırma, Batman Üniversitesi Batı Raman Kampüsü bünyesinde daha önce kurulan güneş bacası prototipinde yürütülmüştür.

Deneysel çalışmada, Batman Üniversitesi yerleşkesinde Batman Hasankeyf İncirinin kurulan prototip bir güneş bacasının sera örtüsü altında kurutma performansı incelenmiştir. Deneysel çalışma Batman ili koşullarında yapıldığından Batman ili iklim özelliklerinin sistemin çalışma performansı üzerinde etkisi bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 3.1’de çalışmanın yapıldığı konumun krokisi gösterilmiştir.

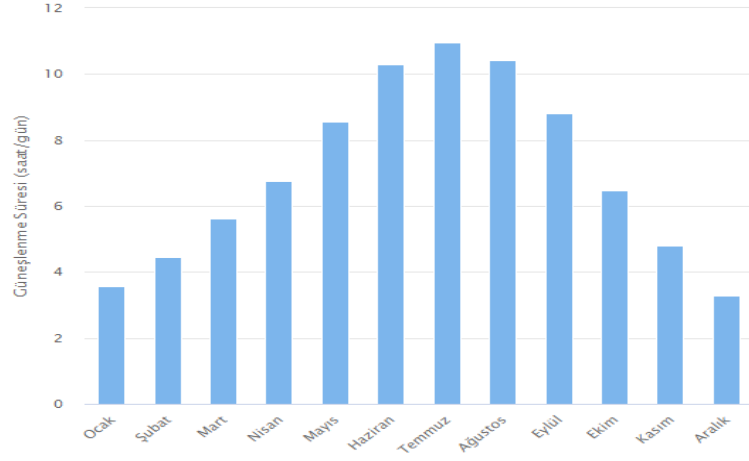


Şekil 3.1. Batman Üniversitesi Batı Raman Kampüsü Krokisi (Anonim, 2023)

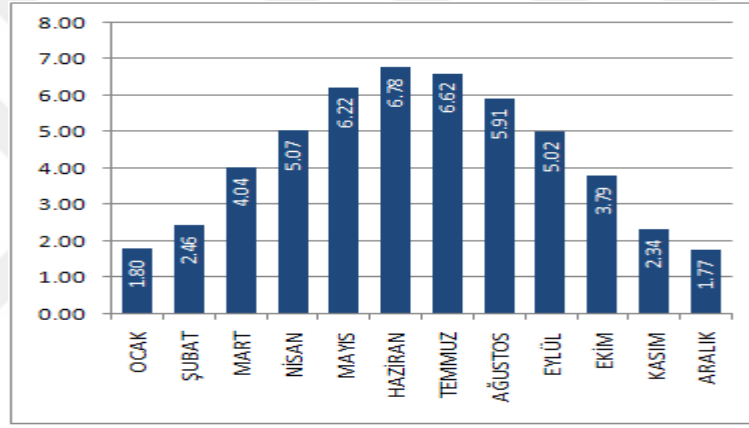
Batman, coğrafi konum olarak $41^{\circ}10'$ - $41^{\circ}40'$ doğu boylamları ile $38^{\circ}40'$ - $37^{\circ}50'$ kuzey enlemlerin de bulunur. Yüksekliği 550 m olan, karasal iklime sahip bir şehrimizdir.

Batman’da kış ayları ılık geçer, yaz ayları sıcak ve kurak geçer. Batman’ın iklimsel şartları göz önüne alındığında hem güneş enerjisi ile çalışan sistemler için hem de kurutma işleminin yapılması için uygun olduğu söylenebilir (Anonim,2022l).

Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’te deneysel çalışmamız için Batman ili için küresel güneş radyasyonu değerlerini ve güneşlenme saatlerini göstermektedir. Bu rakamlardan da görülebileceği gibi, Güneş’in radyasyon değerleri ile güneşlenme saatleri Türkiye ortalama değerinin üstünde olup, en büyük değerler Haziran ve Temmuz ayında meydana gelmektedir. Batman’ın güneş enerjisinde büyük bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir (Anonim, 2022h).



Şekil 3.2. Batman ilinin güneşlenme süreleri (Anonim, 2022h)



Şekil 3.3. Global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün) (Anonim, 2022h)

Bu araştırmanın ana materyali olarak Hasankeyf inciri kurutmalık incir çeşidi seçilmiştir.

Bu çalışmada, bir tarım ürünü olan incirin güneş bacası sera örtüsü altında kurutulma performansı incelenmiştir. Güneş bacası, bir termal toplayıcıdan yükselen havayı ısıtarak ve baca içinde bir türbini döndürerek elektrik üreten bir sistemdir. Bir güneş bacasının temel nedeni, güneş radyasyonundan elektrik üretmektir. Isı toplama alanının çevre ortama göre daha sıcak olduğunu ve başka bir amaçla kullanılmadığını göstermeyi amaçlayan çalışmamızda, güneş enerjisi üretimi yanında tarım ürünlerinin kurutulmasında da kullanılabilecek alternatif bir kurutma alanı bacasıdır. Ayrıca incir meyvelerinin kurutma özellikleri incelenmiş ve güneşte doğal kurutma ile karşılaştırılmıştır. Amaç, optimum kurutma alanını ve ısı toplama alanının kurutma yönünü belirlemektir.

Kurutma çalışmalarda kurutmayı oluşturan havanın sıcaklık artışı kurutmanın performansını etkilediği için kolektör bölgesinin sıcaklık artışı da de kurutmayı etkilemektedir. Bu amaçla kurutmaya başlanmadan kolektör tabanının karartılması, sıcak suyun tabandan dolaştırılması, gibi işlemler yapılarak güneş bacasının ısı tutma kapasitesinin arttırılmıştır. Yapılan tüm işlemlerden sonra belli noktalarda hava hızı, güneş radyasyonu ve sıcaklık ölçümleri belirli noktalardan alınmıştır. Elimko 602 model dataloger ile 8 noktadan sıcaklık ölçümleri, SM602 model global güneş radyasyonu ölçer ile, Unit UT362 marka anemometre ile hava hızı ölçümleri ile ölçümler yapılarak sonuçlar kaydedildi. Aşağıdaki Tablo 3.1.'de kurutma işleminde ölçüm alınan hız ve sıcaklık bölgelerinin tanımı gösterilmiştir.

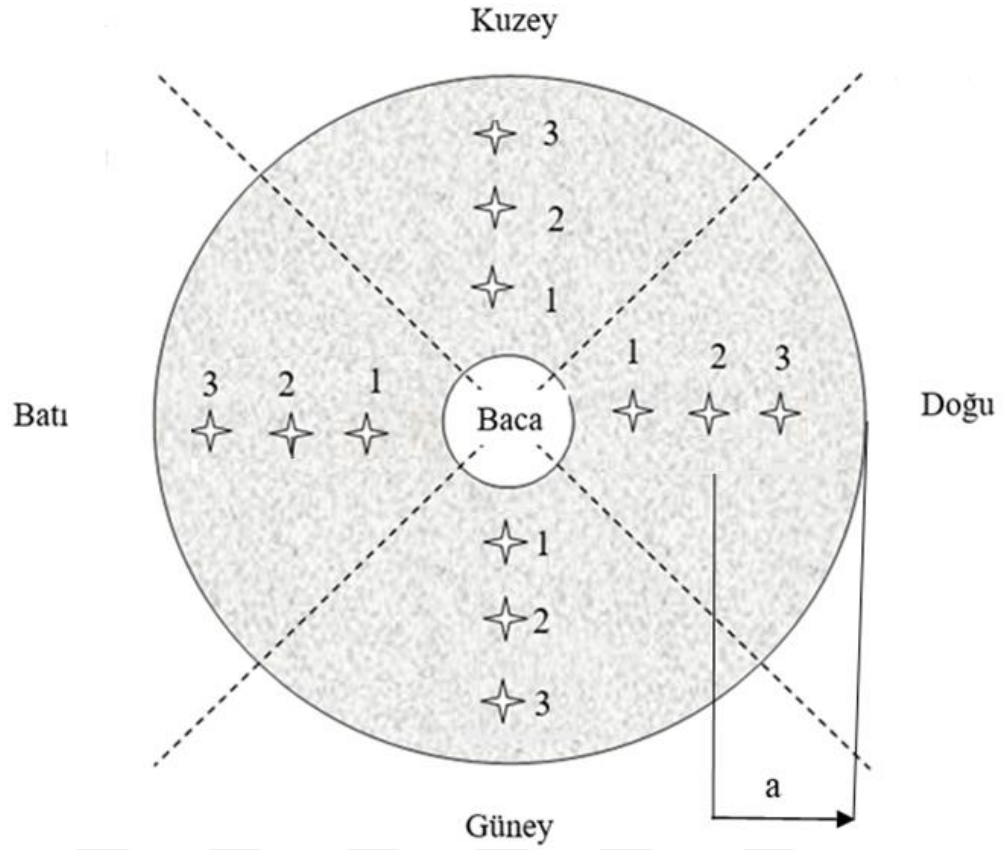
Tablo 3.1. Kurutma işleminde ölçüm alınan hız ve sıcaklık bölgelerinin tanımı

Sıcaklık Ölçüm Noktaları	
T ₁ : Türbin Giriş Sıcaklığı	T ₅ : Batı "x" Mesafedeki Sıcaklığı
T ₂ : Güney "x" Mesafedeki Sıcaklığı	T ₆ : Güney "x" Mesafedeki Zemin Sıcaklığı
T ₃ : Kuzey "x" Mesafedeki Sıcaklığı	T ₇ : Güney Kolektör Giriş Sıcaklığı
T ₄ : Doğu "x" Mesafedeki Sıcaklığı	T ₈ : Ortamdaki Hava Sıcaklığı
Hız Ölçüm Noktaları	
V ₁ : Türbin Girişi Hava Hızı	
x= Kolektör girişinden baca girişine doğru 3 metre ötesi	

Güneş bacası ısı toplama bölgesinin ısı depolama kapasitesini artırmak ve ısı toplama bölgesinin sıcaklığını yükseltmek için gece hava sıcaklığının düşmesi nedeniyle ısı toplama bölgesinin sıcaklığı düşer ve güneş enerjili sıcak su boruyu sirküle eder.

Kolektör alanının kurutma performansı için en iyi yönü anlamak için kolektör alanı coğrafi yöne göre 4 bölgeye ayrılmıştır.

Kurutma deneyleri sırasında kuruma günlerindeki kütle değişimleri, hava sıcaklığı, hava hızı ölçümleri ve güneş radyasyonu ölçümleri 4 farklı yönde ve her yönde 3 farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Kurutma deneyinde ölçülen yerler Şekil 3.4'de ölçüm alınan yerler gösterilmektedir ve belirlenen yerlerin yorumu Tablo 3.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Ölçüm alınan bölgelerin gösterimi

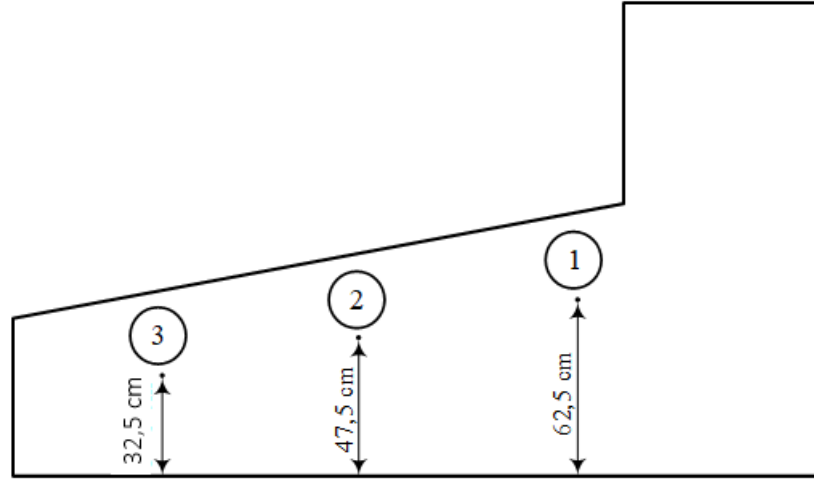
Tablo 3.2. Kurutma deneylerinde ölçüm yapılan hız ve sıcaklık bölgelerinin tanımı

Sıcaklık Noktaları	Hız Noktaları
Doğu (D)	Doğu (D)
T _{D1} Doğu baca girişindeki sıcaklık	V _{D1} Doğu baca giriş hava hızı
T _{D2} Doğu a noktası sıcaklık	V _{D2} Doğu a mesafedeki hava hızı
T _{D3} Doğu girişi sıcaklık	V _{D3} Doğu girişi hava hızı
Batı (B)	Batı (B)
T _{B1} Batı baca girişindeki sıcaklık	V _{B1} Batı baca giriş hava hızı
T _{B2} Batı a noktası sıcaklık	V _{B2} Batı a mesafedeki hava hızı
T _{B3} Batı girişi sıcaklık	V _{B3} Batı girişi hava hızı
Kuzey (K)	Kuzey (K)
T _{K1} Kuzey baca girişindeki sıcaklık	V _{K1} Kuzey baca giriş hızı
T _{K2} Kuzey a noktasındaki sıcaklık	V _{K2} Kuzey a mesafedeki hava hızı
T _{K3} Kuzey girişi sıcaklık	V _{K3} Kuzey girişi hava hızı
Güney (G)	Güney (G)
T _{G1} Güney baca girişindeki sıcaklık	V _{G1} Güney baca giriş hızı
T _{G2} Güney a noktası sıcaklık	V _{G2} Güney a mesafedeki hava hızı
T _{G3} Güney girişi sıcaklık	V _{G3} Güney girişi hava hızı

* a= Kolektör girişinden baca girişine doğru 3 metre ilerisi

Şekil 3.5'de anlaşılabacağı gibi kurutulacak incir numuneleri file yardımı belirli bir yüksekliğe yerleştirilmiştir. Kolektör girişindeki incir (nokta 3) yerden yüksekliği 32,5 cm, orta noktadaki incir (nokta 2) yerden 47,5 cm yüksekliğe 3 metre mesafede

yerleştirilmiştir. Baca girişinde (nokta 3) bulunan incirler yerden 62,5 cm yüksekliğe yerleştirilmiştir. İncirlerin bu şekilde dizmedeki sebep, kurutmayı etkileyen hava hızından tam olarak faydalanmak için hava hızını engellenmemesidir. Ayrıca incirler doğrudan yere konursa incirin yere bakan tarafı daha yavaş kurur ve hatta kurumasını engelleyebilir. İncirlerin homojen bir şekilde kuruması ve hava hızının daha iyi kullanılması için incirler belirli yüksekte ve file üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.5. İncir örneklerinin kolektör altındaki yerleşimi

Kurutma işlemi farklı günlerde ve farklı kalınlıklarda tekrarlanmış ve sıcaklık, hava hızı ölçümleri ve güneş radyasyonu ölçümleri alınarak veriler kaydedilmiştir.

Kurutma işlemi öncesi sabah tarladan toplanan 15 kg incir temizlenerek, incirlerin sapları kesilerek 5 mm, 7 mm ve 9 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimlenmiş incir örnekleri ve 15 kg bütün incirler ($4 \pm 0,5$ °C) saklanmıştır. İncir örneklerini, zemindeki toz veya böcekleri dışarıda tutmak ve aşağıdan hava akışı sağlamak için bir file üzerine yerleştirilmiştir. Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 ağ üstüne yerleştirilmiş 5 mm, 7 mm ve 9 mm kalınlıkta kesilmiş ve tüm numuneleri göstermektedir.



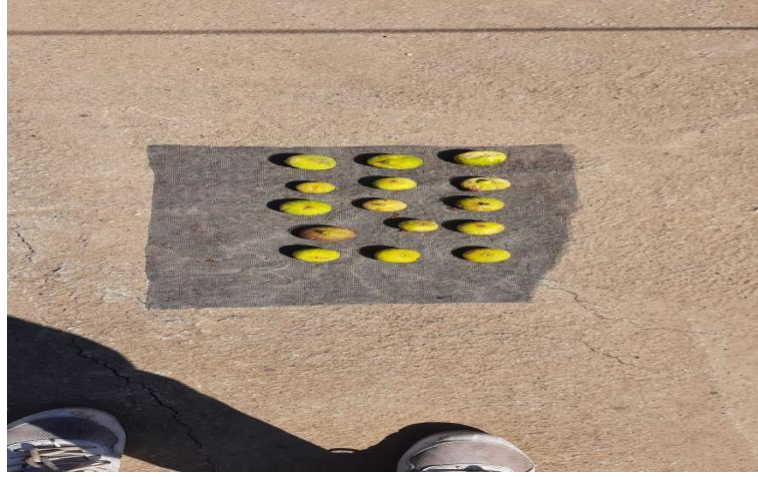
Şekil 3.6. 5 mm yaş incir örneği



Şekil 3.7. 7 mm yaş incir örnekleri



Şekil 3. 8. 9 mm yaş incir örnekleri



Şekil 3.9. Tüm yaş incir örnekleri

Şekil 3.10'da gösterildiği gibi kurumaya hazır incir numunelerin her biri 1 kg olacak şekilde yerleştirildi ve 20 dakikada bir ölçüm alarak verileri kaydedildi. Bu kurutma işlemi 5 mm, 7 mm, 9 mm ve tüm incirlerde 5 farklı günde yaklaşık olarak aynı güneş ışıınımlı ile gerçekleştirilerek veriler elde edilmiştir. Ayrıca 5mm, 7mm, 9mm ve tüm incirler aynı gün doğal olarak kurutulmuştur.



Şekil 3.10. Doğal kurutma

Dilimlenmiş incir örnekleri 20 dakikada bir kütle, hava hızı ve sıcaklık radyasyon değerleri kaydedilmiştir.

Dilimlenmiş 1 kg incir numunesi 20 dakikada bir tartılıp kütle değişimi, hava sıcaklığı, hava hızı ve radyasyon değerlerini kaydedilmiştir.

Toplama alanında ölçülen kuru incir örneklerinin kütlesi 265 gr'a kadar değişiklik göstermiştir. Şekil 3.11' de 5mm kalınlık, Şekil 3.12'de 7mm kalınlık, Şekil 3.13'de 9mm kalınlık, Şekil 3.14'de tüm incir Şekil 3.15'de Güneş ışığı (doğal) ortamda kurutulan ürünlerin görselleri verilmiştir.



Şekil 3.11. 5 mm kurumuş incir örnekleri



Şekil 3.12. 7 mm kurumuş incir örnekleri



Şekil 3.13. 9 mm kurumuş incir örnekleri



Şekil 3.14. Tüm incir örnekleri



Şekil 3.15. Doğal kurutulmuş incir örnekleri

Kurutma esnasında alınan verilerin kütle değişimleri Tablo 3.3.'de gösterilen örnek tabloya aktarılarak kaydedilmiştir.

Tablo 3.3. K t le değişimlerinin kaydedildiği örnek tablo

	DOğU			GÜNEY			BATI			KUZey		
ZAMAN	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE
10:00	980	970	920	990	940	960	920	930	940	920	940	960
10:20	975	964	911	986	932	842	920	920	930	910	921	960
10:40	942	956	907	984	926	831	920	920	930	900	909	960
11:00	930	940	900	980	920	920	920	920	930	890	900	960
11:20	929	918	881	974	911	908	912	911	925	885	900	960
11:40	915	903	870	969	903	893	900	903	916	878	900	959
12:00	912	884	862	956	894	885	896	896	900	874	900	948
12:20	900	870	850	940	880	880	890	890	890	870	900	940
12:40	875	867	844	931	872	868	882	878	882	859	894	937
13:00	862	865	839	923	863	837	873	865	869	842	872	926
13:20	858	864	836	917	844	826	870	852	857	827	864	920
13:40	853	862	834	909	835	819	866	849	851	823	859	916
14:00	850	860	830	900	820	810	860	840	840	810	850	910
14:20	835	828	828	888	810	806	849	834	840	796	843	901
14:40	821	803	823	871	788	792	834	816	840	785	833	893
15:00	810	780	800	860	770	780	820	800	840	760	820	890
15:20	800	761	782	855	752	713	808	781	838	753	802	875
15:40	775	733	766	846	738	702	799	762	821	748	788	861
16:00	754	699	759	839	734	684	776	745	803	742	769	853
16:20	744	654	752	832	730	653	751	736	782	738	755	848
16:40	737	647	745	829	729	648	740	728	751	733	751	846
17:00	628	638	642	625	627	632	725	725	736	732	742	741

3.2. Deney Ekipmanları

3.2.1. Güneş bacası prototipi

Çalışmamızda kullanılan güneş bacası Batman Üniversitesi Batı Raman kampüsünde daha önce kurulan prototipte gerçekleşmiştir. 11,5 m baca uzunluğu, 1 m baca çapı ve 105,68 m² ısı toplama alanı ile kurulmuştur. Güneş bacası elemanlarının fiziksel  zellikleri Tablo 3.4.'de, güneş bacası şekli ise şekil 3.16'da gösterilmiştir (Avcı, 2021).

Tablo 3.4. Güneş bacası sisteminin  zellikleri (Avcı, 2021)

Güneş Bacası Sistem Elemanları	Güneş Bacası Parametreleri	Boyutlar
Kolektör	Ortalama �ap	12,6 m
	Ortalama yükseklik	0,8 m
	Yüzey alanı	124 m ²
	Kolektör giriş ağız açıklığı	0,65 m
	Giriş ağzı çevresel kesit alanı	24 m ²
Baca	Yükseklik	11,5 m
	çap	1 m
	Kesit alanı	0,78 m ²



Şekil 3.16. Güneş bacası resmi

3.2.2. Dataloger

Çalışmamızda Elimko marka E-680 (Şekil 3.17.) standarda uygun yeni mikro denetleyici ile üretilmiş sekiz kanallı evrensel bir giriş cihazıdır. Dataloger teknik özellikleri Tablo 3.5'de şekli ise Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Dataloger

Tablo 3.5. E-680 Data logger ait teknik bilgileri

Elimco 680 DataLogger	
Doğruluk Değeri	0.5
Gösterge Değeri	9 Digit LED (14 mm)
A/S Çevirim Değeri	16 bit
S/A Çevirim Değeri	12 bit
Giriş Seçme Aralığı	0.2-9.9Saniye/Kanal
Gösterge Tarama Aralığı	1-99 Saniye/Kanal
Gürültü Bastırma Değeri	120 dB 50 Hz'de
Çalışma Ortamı Sıcaklığı	-10-50°C
T/C Ortam Sıcaklık Kom.	0-50°C
Kontak Formları	Alt (LO) veya üst (HI)
Sabit Bant	0-9999 EU*
Çalışma Gerilimi	85-265V AC/85-375V DC2060V- AC /20 85V DC
Güç Sarfı	Max-7W
Kontak Kapasitesi	NA Kontak 250V AC 5A
Giriş İşareti	T/C, R/T, mA, mV, V
Ölçü Elemanı	Termokupl Rezistans Termometre
Bellek yazma	EEPROM max. 10 ⁵
Ağırlık	650gr.

3.2.3. K-Tipi termokupl

Ölçüm, belirlenen değer ile kaynak arasındaki sıcaklık farkına göre belirlenir. Çalışmamda kullandığım K tipi termokupl (Şekil 3.18) ile ilgili teknik bilgiler Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. K-Tipi termokupl teknik özellikleri

K-Tipi Termokupl	
Tipi	1xK tipi bakır uçlu yüzey termokupl
Çalışma sıcaklığı	-60–280°C
Tek elemanlı	1xNiCr-Ni
Kablo kesiti	2x0.50mm ²
Kablo izolasyonu	Teflon+Teflon



Şekil 3.18. K-Tipi Termokupl

3.2.4. Güneş ışınlı ölçer (Solarmeter)

Tarım ve meteoroloji ve benzeri alanlarda küresel güneş radyasyonunu bilmek için deneysel araştırmalarda kullanılacak bir cihazdır. Çalışmamda SM206 model solar sayaç kullanılmıştır (Şekil 3.19). Bu cihazın teknik bilgileri Tablo 3.7' de verilmiştir.

Tablo 3.7. Solarmeter teknik bilgileri

SM602 Solarmeter	
Ölçüm menzili	0.1-399.9, 1-3999W/m ² 0.1-399.9, 1-3999Btu/(ft ² -h) 0.1W/m ² , 0.1Btu/(ft ² -h)
Çözünürlük	0.1-399.9, 1-3999W/m ² 0.1-399.9, 1-3999Btu/(ft ² -h) 0.1W/m ² , 0.1Btu/(ft ² -h)
Hassasiyet	±5% okumada (250°C) ±0.38W/m ² /°C
Sıcaklık hatası	±0.12Btu/(ft ² -h)/°C ±0.12Btu/(ft ² -h)/°C
Yanılma süresi	0.25sn
Boyutlar	60x132x38mm
Batarya	9Vx1.6F22



Şekil 3.19. SM206 Solarmeter

3.2.5. Anemometre

Ünite UT-362 Anemometre (Şekil 3.20) sıcaklık ve hava hızını ölçebilen, max-min verilerini görüntüleyebilen, ölçümleri hafızaya kaydedebilen ve kaydedilen verileri bilgisayara bağlı bir bilgisayara iletebilen bir cihazdır. Tablo 3.8.'de kullanılan anemometreler hakkında teknik bilgi vermektedir.

Tablo 3.8. Unit UT362 anemometre teknik bilgileri

UNITUT362 Anemometre	
Rüzgâr Hızı Ölçümü	2-10m/s (3%+5) - 10-30m/s (3%+8)
Rüzgâr Kont Ölçüm (CMM)	0.001~9999x10
Rüzgâr Kont Ölçüm (CFM)	0.001~9999x10
Sıcaklık Ölçümü	0~60°C (32°F~104°F) 3°C (4°F)



Şekil 3.20. Unit UT362 Anemometre

3.2.6. Hassas terazi

SF-400A hassas terazi (Şekil 3.21) kurutulmuş ürünlerde nem kaybı ve kütle değişimini belirlemek için kullanılır. Tablo 3.9 kullanılan hassas terazinin özelliklerini vermektedir.

Tablo 3.9. SF 400A hassas terazi teknik bilgileri

SF 400A Hassas Terazi	
Kapasite	1000g
Hassasiyet	0,1
Çalışma sıcaklığı	0-40°C



Şekil 3.21. SF 400A hassas terazi

3.3. Hasankeyf İnciri

Çalışmamızda kurutulacak ürün olarak Batman Hasankeyf ilçesinde yetiştirilen sarı yapraklı incir kullanılmıştır (Şekil 3.22). Deneyde kullanılan incirlerin boyutlarının aynı büyüklükte olmasına özen gösterilmiştir.

Kurutma işleminin yapılacağı günde toplanan incirler, kurutma kalınlığına göre 5 mm, 7 mm ve 9 mm' ince dilimler halinde kesilerek su kaybını en aza indirmek için buzdolabında ($4\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)'de incirin nem oranı ile kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 3.22. Hasankeyf inciri

İncir, Urtica takımının Moraceae cinsine ait Fig cinsinin bir türüdür. Birden fazla vahşi ve alt türü vardır. İncir kültürü, Mezopotamya da insanlık tarihinin kültürel meyveleri arasında en uzun gelişme geçmişine sahip bir meyvedir. İncirin yurdu

Türkiye ve buradan Suriye, Filistin ve Orta Doğu ya oradanda Çin ve Hindistan'a yayılmıştır (Anonim, 2007).

İncir subtropikal bir meyve olmasına rağmen, geniş ekolojik uyumu nedeniyle ticari olarak ülkemizin tüm kıyı şeridinde yetiştirilmekte ve kuru ve yaş incir üretimi için yoğun olarak Büyük ve Küçük Menderes havzalarında üretilmektedir. İncir, ortalama sıcaklığın 18-20°C olan bölgeler de yetişmektedir. Mayıs-Ekim ayları arasında, meyvenin doğumundan hasadın sonuna kadar ortalama sıcaklık nispeten yüksektir, meyve olgunlaşma ve kuruma zamanında (Ağustos-Eylül), ortalama sıcaklık 30°C'ye yükselmektedir (Anonim, 2007).

Türkiye, yıllık yaklaşık 70-80 milyon ABD Doları değerindeki kurutulmuş incir ihraç etmede dünyada birinci sırada bulunmaktadır (Çobanoğlu ve ark., 2005).

Ülke ekonomisi için büyük önem taşıyan incirler fuar alanında açık havada kurutulurken, kuruma süresinin uzun olması nedeniyle kalitesi bozularak kirlenmektedir. Kuruma mevsiminde uygun olmayan iklim koşulları da düşük kaliteye yol açabilir. Bu nedenle ürün, güvenli depolama nem içeriği %23'e kadar optimum koşullarda kurutulmalıdır (Ertekin ve Yıldız, 2001).

Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayınlanan TS 541 Kuru İncir Standardında kuru incirlerin genel özellikleri aşağıda verilmektedir.

- Eksiksiz olmalıdır.
- Kuru incir sağlam, bütün, çürümemiş olmalıdır.
- Kurutulmuş incirler, ister fümigasyona tabi tutulsun ister başka bir şekilde sterilize edilmiş olsun, gelişim evrelerine bakılmaksızın canlı veya ölü hasarat içermemelidir. Canlı böceklerle, solucanlara ve diğer hayvan parazitlerine tolerans yoktur. Kuru incirleri dölleyen ölü incir arıları (*Blastophaga psenes* L.), nadiren meyvede kalır ve bu nedenle bir eksiklik olarak kabul edilmez.
- Kurutulacak incirlerin kendilerine has kokusu ve tadı da olmalıdır.
- Kurutulacak incir temiz olmalıdır.
- Kurutulacak incirler güneşte yanmamalı, yırtılmamalı, yarılmamalı ve fazla kurutulmamalıdır.
- Kuru incirin nem oranı %26'yı geçmemelidir.
- Kuru incirde kabul edilebilir belli bir değer dışında zararlı madde bulunmamalıdır.
- HCl'de çözülmemiş kül miktarı 1 g/kg'ı geçmemelidir (Anonim, 2003).

Yapılan çalışmada TS 541 standartlarına uygun olarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.4. Yapılan Ölçümler

3.4.1. Sıcaklık ölçümleri

Çalışmamda bacanın performansını geliştirmek için Elimko model 680 veri kaydedici kullanılarak belirlenen noktalarda 20 dakikada bir sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Kurutma deneyleri için UNIT UT362 veri kayıt cihazı kullanılarak 12 farklı noktada her 20 dakikada bir sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Elde edilen veriler ilgili tablolara kaydedildi. Belirlenen noktada sıcaklık ölçümü, Şekil 3.23'de gösterildiği gibi termokuplun bulunduğu noktada K tipi termokupl ile yapılmıştır.



Şekil 3.23. Sıcaklık ölçümlerinin yapıldığı noktalardaki termokupllar

3.4.2. Kütle ölçümleri

İncirin nem içeriği ve kuruma hızı gibi parametrelerin belirlenmesinde incir örneklerinin kütle değişimi önemlidir. Kurutma işlemi sırasında her 1 kg'lık incir numunesi 12 farklı noktaya yerleştirilmiş ve Şekil 3.24'de gösterildiği gibi 20 dakikada bir SF 400A hassas terazi ile tartılmış ve alınan veriler ilgili forma kaydedilmiştir.



Şekil 3.24. Kurutma boyunca kütlelerin ölçülmesi

3.4.3. Hava hızı ölçümleri

Kurutma işlemi sırasında türbin girişindeki (V_1) rüzgâr hızının bir anemometre UNIT UT362 kullanılarak ölçülmesiyle elde edilen veriler, işlem sırasında sistem performansını iyileştirmek için ilgili veri sayfalarına girilmiştir.

3.4.4. Güneş radyasyonu ölçümleri

Güneş bacası gelen ışıınımı ısı toplama alanı tarafından üretilen hava akımını ısıtmak için kullanan bir sistem olması nedeniyle güneş ışıınımı miktarı önemli bir kriterdir. Bacaya giren güneş ışıınımı miktarı aşağıda Şekil 3.25’ de gösterildiği gibi Solar Meter SM206 cihazı kullanılarak her 20 dakikada ölçölüp ve değeerler ilgili tablolara kaydedilmiştir.



Şekil 3.25. Güneş radyasyon ölçüm cihazı

3.5. Hesaplama Yöntemi

Kurutma, ürünlerinde var olan nemin (nemin) uzaklaştırılması olarak tanımlandığı için kurutulacak ürünlerdeki nem içeriği, nemdeki yüzde değişim, nem oranı, kuruma hızı önemli parametreler olduğundan hesaplanmalıdır.

3.5.1. Kurutma ürünündeki nem miktarının hesaplanması

Deneysel çalışmamızda, kuru incir örneklerinin kütleleri hemen hemen eşit değiştiğinde kuru kütleleri gözlenerek Hasankeyf incirlerindeki nem içeriği hesaplanmıştır. Hesaplamalarımızdan sonra elde ettiğimiz nemlendirme oranının literatürdeki nem içeriği ile aynı olduğunu teyit edilebilmektedir.

3.5.2. Nem değişimi (%)

Kuru bir ürünlerdeki nem içeriğindeki yüzde değişimin ifadesidir. Nemdeki yüzde değişim (3.1) denklemi kullanılarak hesaplanabilir.

$$Nem\ Değişimi(\%) = \frac{m_s}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{m_t - m_e}{m_s + m_e} \times 100 \quad (3.1)$$

Yukarıdaki denklemde,

m_s : Ürünün içinde olan su ağırlığı (kg)

m_{ilk} : Ürünün ilk ağırlığı (kg)

m_t : t anındaki ürünün kütlesi (kg)

m_e : Ürünün kuru ağırlığı (kg) olarak ifade etmektedir.

3.5.3. Nem oranı (MR)

Kurutulmuş ürünün nem içeriğinin, ürünün herhangi bir andaki ilk nem içeriğine oranı olarak ifade edilebilir. Nem oranı (3.2) denklemi ile hesaplanabilir.

$$Nem\ Oranı = \frac{m_t - m_e}{m_{ilk} - m_e} \quad (3.2)$$

m_{ilk} : Ürünün ilk ağırlığı (kg)

m_t : t anındaki ürünün ağırlığı(kg)

m_e : Ürünün kuru ağırlığı (kg) olarak ifade etmektedir.

3.5.4. Nem içeriği

Kuruluk, üründeki nemin değeri olarak ifade edilebilir. Bir başka açıklamayla yaş ürünlerdeki nem içeriğinin kuru ürünlerdeki nem içeriğine oranıdır. Nem içeriği altta verilen (3.3) denklemi ile hesaplanabilir.

$$\text{Nem İçeriği} = \frac{m_t - m_e}{m_e} \quad (3.3)$$

Yukarıdaki denklemde,

m_t : t anındaki ürünün ağırlığı (kg)

m_e : Ürünün kuru ağırlığı(kg) olarak ifade etmektedir.

3.5.5. Kuruma hızı

Kurutulacak tarım ürünlerindeki nemin uzaklaştırılma oranı olarak ifade edilebilir. Kuruma hızı (3.4) denklemi ile hesaplanabilir.

$$\text{Kuruma Hızı} = \frac{N_t - N_{t+\Delta t}}{N_t} \quad (3.4)$$

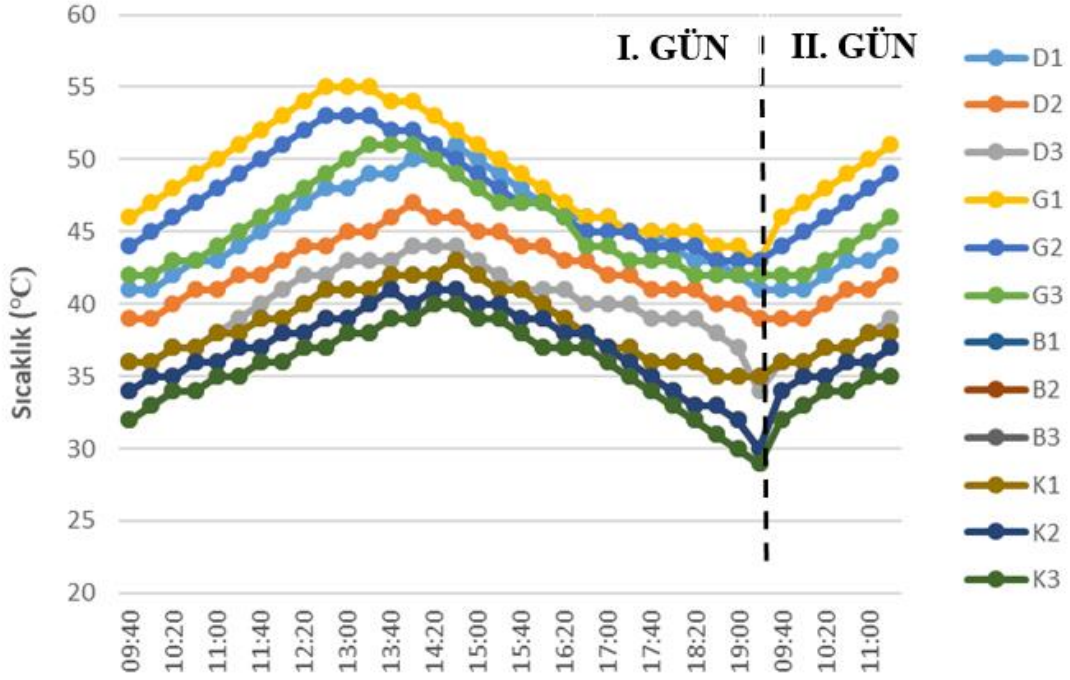
Yukarıdaki denklemde,

N_t : t anındaki ürünün kuru baza göre nem içeriği (kgsu/kgkatı)

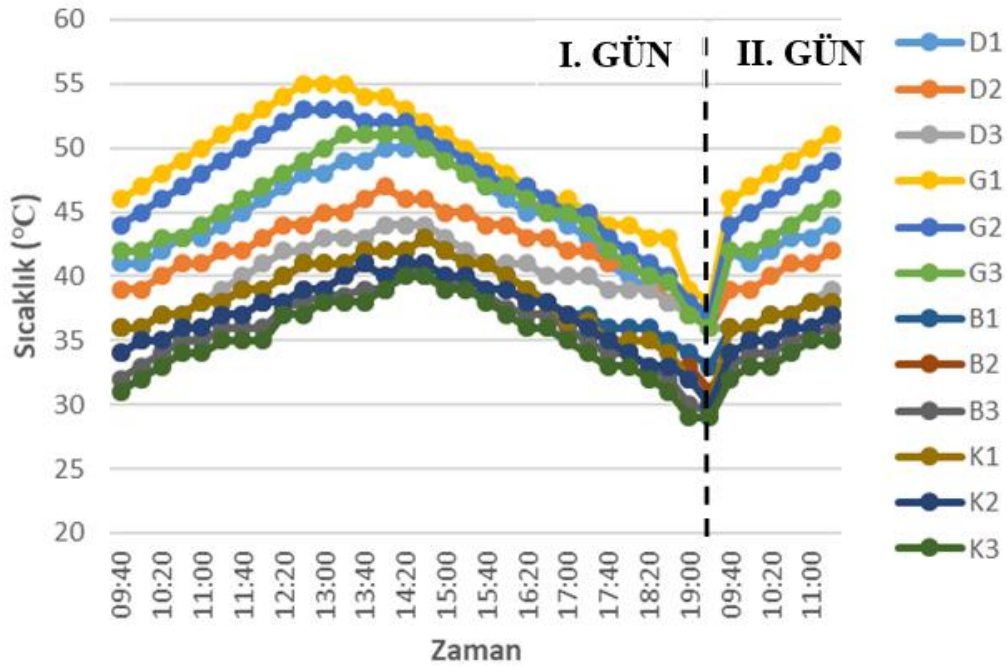
$N_{t+\Delta t}$: t+Δt anındaki ürünün kuru baza göre nem içeriği (kgsu/kgkatı)

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

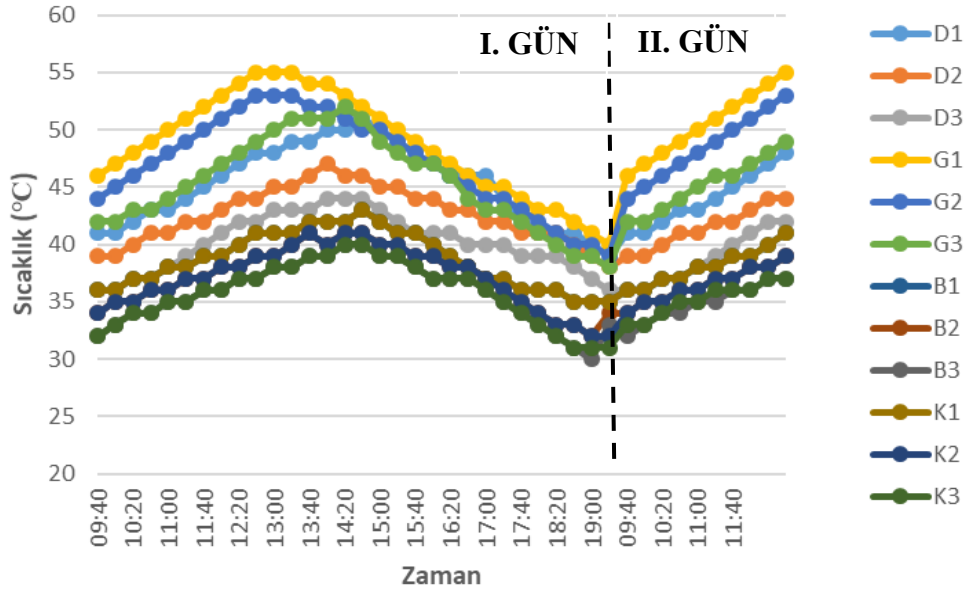
4.1. Sıcaklık-Zaman Grafikleri



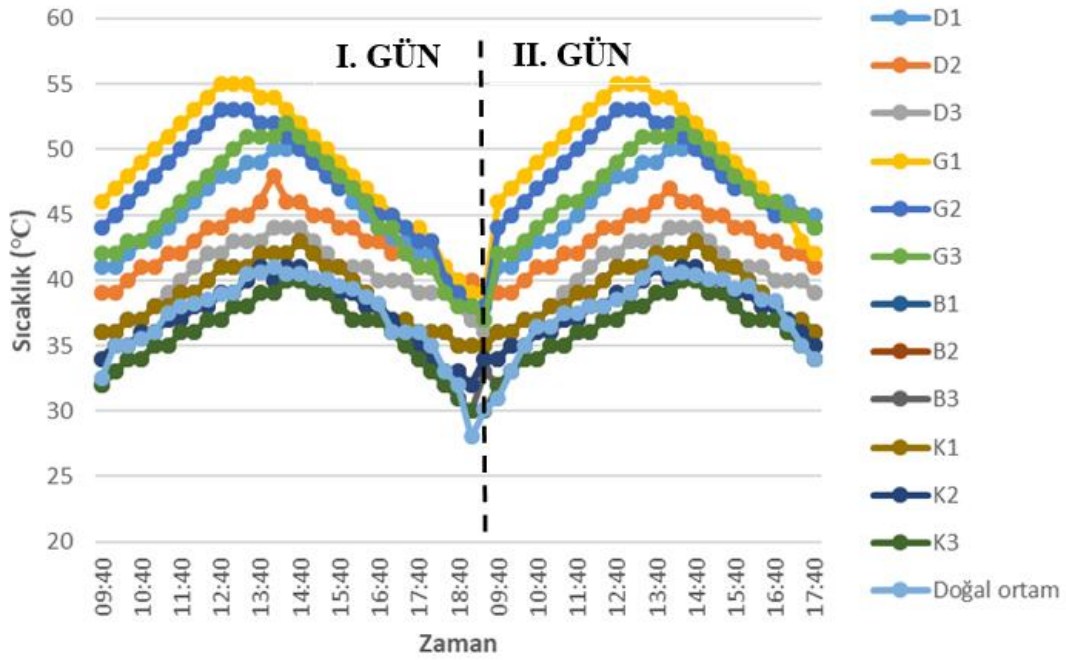
Şekil 4.1. 5 mm kalınlıktaki incirlerin kurutulduğu noktalardaki havanın sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi



Şekil 4.2. 7 mm kalınlıktaki incirlerin kurutulduğu noktalardaki havanın sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi



Şekil 4.3. 9 mm kalınlıktaki incirlerin kurutulduğu noktalardaki havanın sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi



Şekil 4.4. Bütün incirlerin kurutulduğu noktalardaki havanın sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi

5 mm incir örneğinin kurutulduğu gün seranın kapalı alanındaki sıcaklığın 32.3°C – 55.5°C arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.1).

7 mm incir örneğinin kurutulduğu gün güneş bacası kapalı alanındaki sıcaklığın 31.3°C – 55°C arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.2).

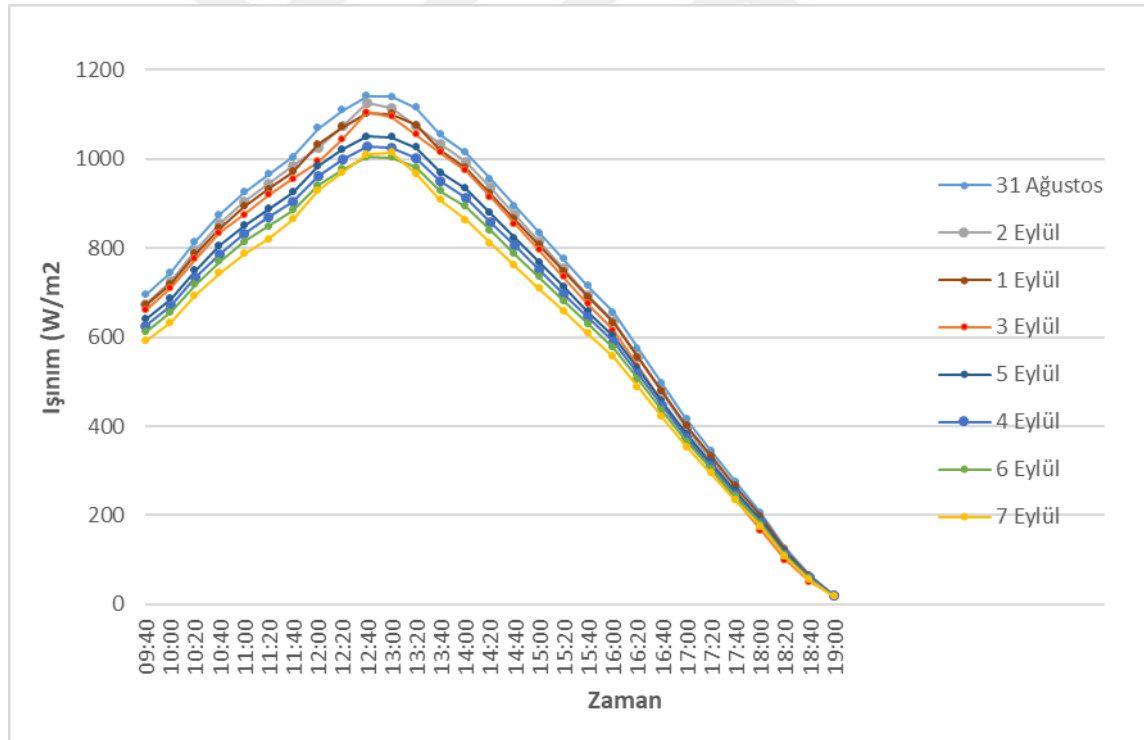
9 mm incir örneğinin kurutulduğu gün güneş bacası kapalı alanındaki sıcaklığın $31,2^{\circ}\text{C}$ – 55°C arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.3).

Tüm incir örneğinin kurutulduğu gün güneş bacası kapalı alanındaki sıcaklığın $31.3^{\circ}\text{C} - 55.5^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.4).

Güneş bacası kapalı alanında sıcaklığın güneşli günlerde 13:00-14:00 saatleri arasında en yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık ölçümleri irdelendiğinde ısınan hava yükselir prensibi nedeniyle güneş bacasına yakın noktadaki sıcaklık değerlerinin daha yüksek olması beklenebilir. Sıcaklık grafikleri incelendiğinde değerlerin bu beklentiyle uyumlu olduğu görülmektedir. Aynı zamanda yön olarak coğrafi konum ve güneşin geliş açısından dolayı güney yönünde sıcaklıkların daha yüksek olması beklenebilir. Sıcaklık grafikleri incelendiğinde değerlerin beklentiyle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Ölçülen sıcaklık değerlerine bakıldığında tüm günlerde ölçülen en yüksek ortalama sıcaklık değerinin güney baca girişinde (G1 noktası), en düşük ortalama sıcaklık değeri ise kuzey yönündeki kolektör giriş bölgesinde (K3 noktası) ölçülmüştür.

4.2. Işınım-Zaman Grafikleri



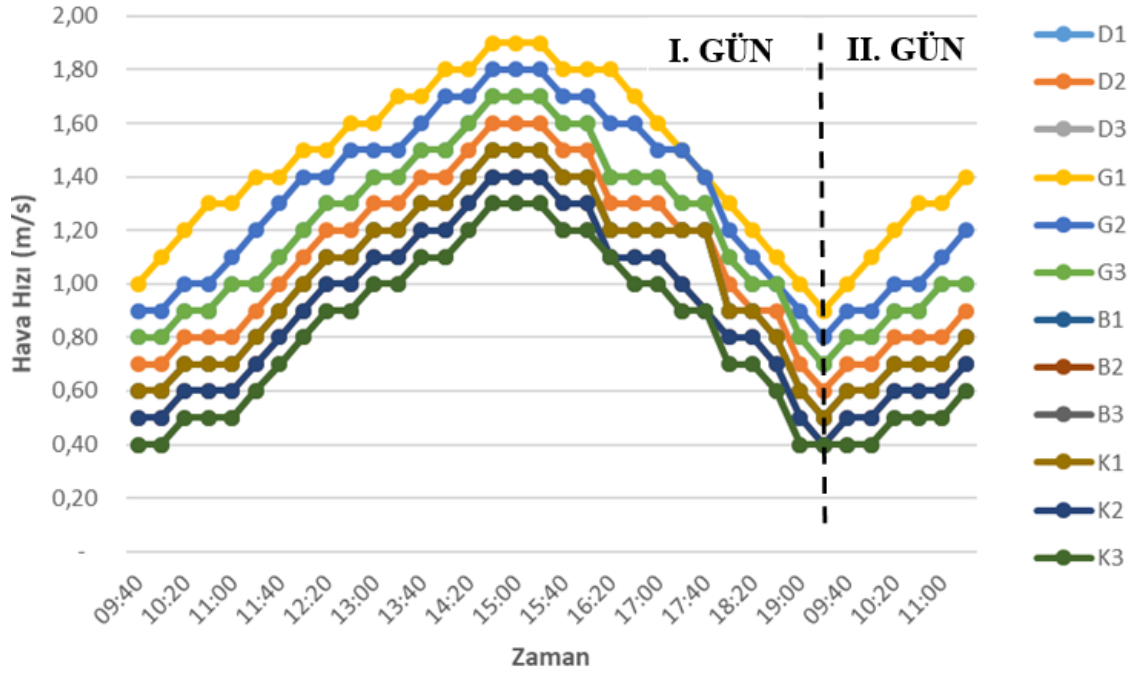
Şekil 4.5. Kurutma deneylerinin yapıldığı günlere ait güneş ışıınının zamanla değişimi

Ölçümlerin alındığı 31 Ağustos-7 Eylül tarihlerine ait anlık güneş ışıınını değerleri Şekil 4.5' de gösterilmiştir. Işınım değerleri incelendiğinde ışıının değerlerinin en yüksek $1015-1142 \text{ W/m}^2$ aralığında olduğu görülmüştür.

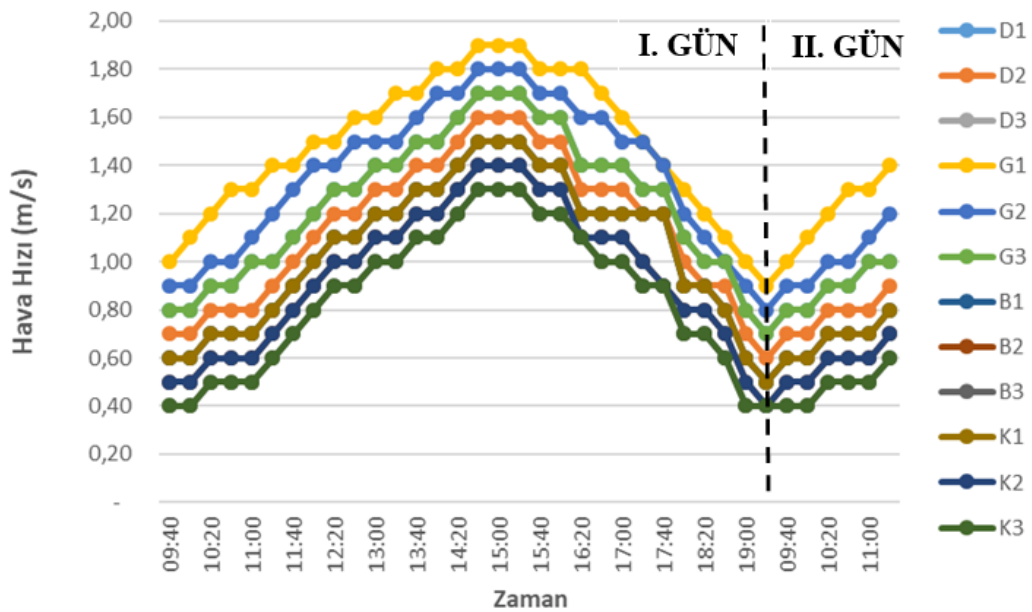
Ölçümlerin yapıldığı günlerde saat 12.00 ile 13.00 arasında ışıınım şiddetinin en yüksek olduğu görülmektedir.

Güneş bacası sera alanında en yüksek ışıınım olduğu zaman diliminin, sıcaklığın en yüksek olduğu zaman diliminden farklı olduğu görülmektedir. Buradan ışıınım etkisinin bacada sıcaklığa biraz gecikmeli olarak yansıdığı sonucu çıkarılabilir.

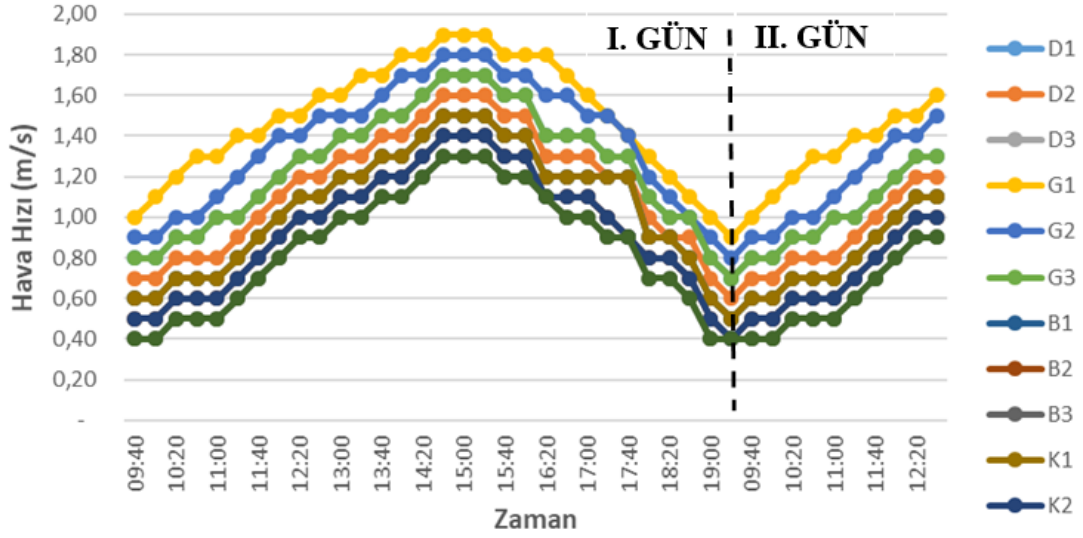
4.3. Hava Hızı-Zaman Grafikleri



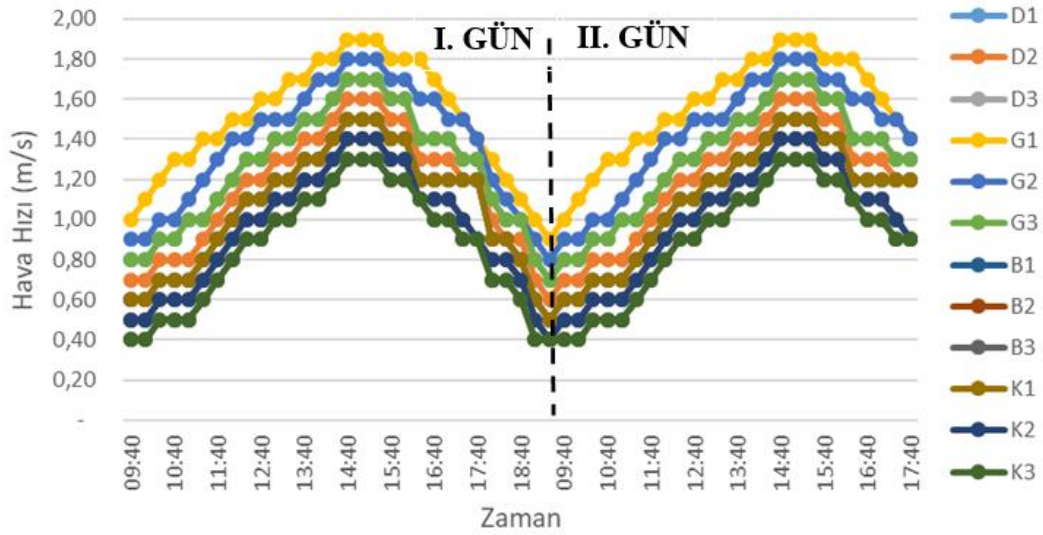
Şekil 4.6. 5 mm kalınlığındaki incirlerin kurutulduğu noktalardaki hava hızının zamanla değişim



Şekil 4.7. 7 mm kalınlığındaki incirlerin kurutulduğu noktalardaki hava hızının zamanla değişimi



Şekil 4.8. 9 mm kalınlığındaki incirlerin kurutulduğu noktalardaki hava hızının zamanla değişimi



Şekil 4.9. Tüm incirlerin kurutulduğu noktalardaki hava hızının zamanla değişimi

5 mm kesilen incir örneklerinin kurutulması sırasında (Şekil 4.6), hesaplanan hava hızı en yüksek Güneyde G1 noktasında 1,9 m/s dir.

7 mm kesilen incir örneklerinin kurutulması sırasında (Şekil 4.7), hesaplanan hava hızı en yüksek Güneyde G1 noktasında 1,9 m/s dir.

9 mm kesilen incir örneklerinin kurutulması sırasında (Şekil 4.8), hesaplanan hava hızı en yüksek Güneyde G1 noktasında 1,84 m/s dir.

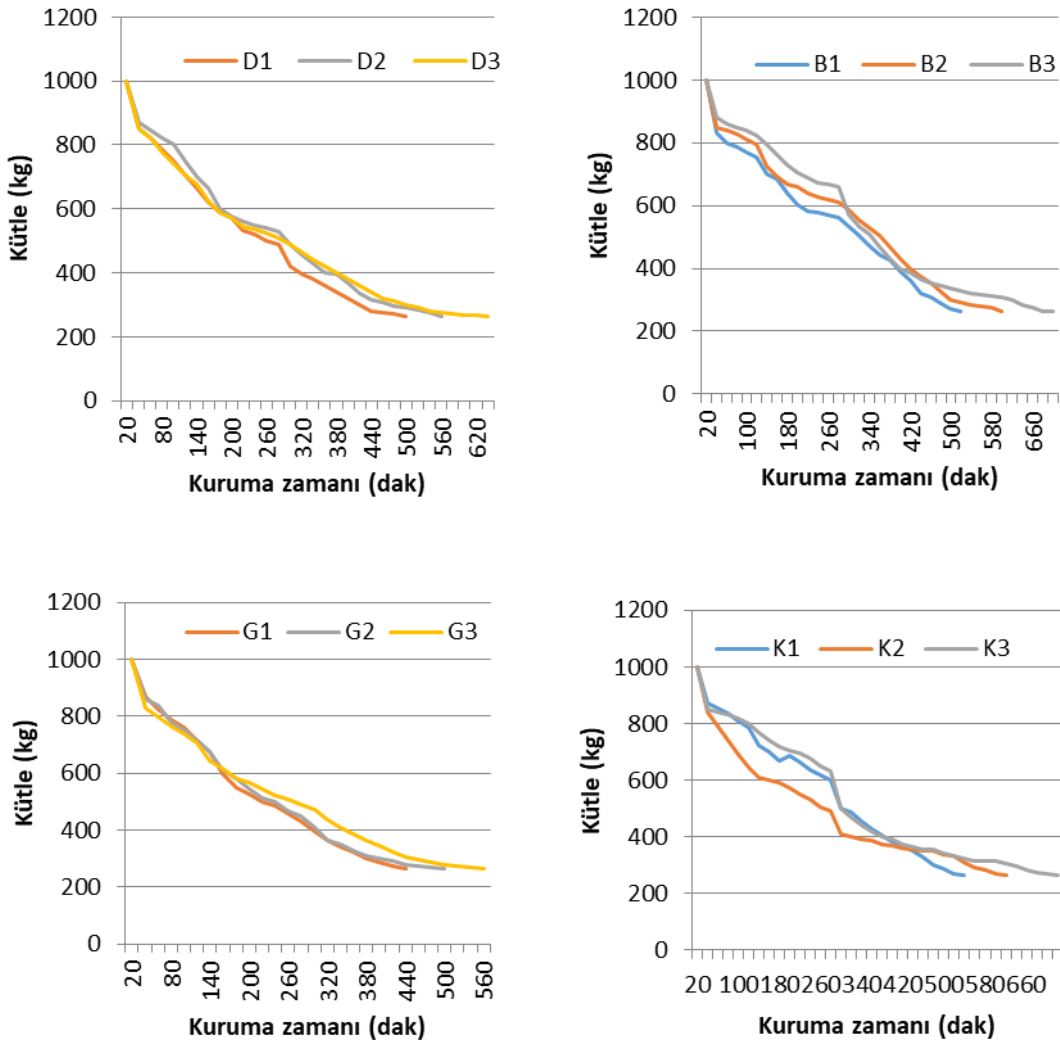
Tüm incir örneklerinin kurutulması sırasında (Şekil 4.9), hesaplanan hava hızı en yüksek Güneyde G1 noktasında 1,83 m/s dir.

4.4. Kütle Değişimi-Kuruma Zamanı Grafikleri

Kurutulan incirlerin kütleleri 265 grama indiğinde kütledeki değişim durmuştur. Kütledeki değişim miktarı durduğu anda ürünlerdeki nemin istenilen seviyeye ulaştığı varsayılarak kurutma işlemi sonlandırılmıştır.

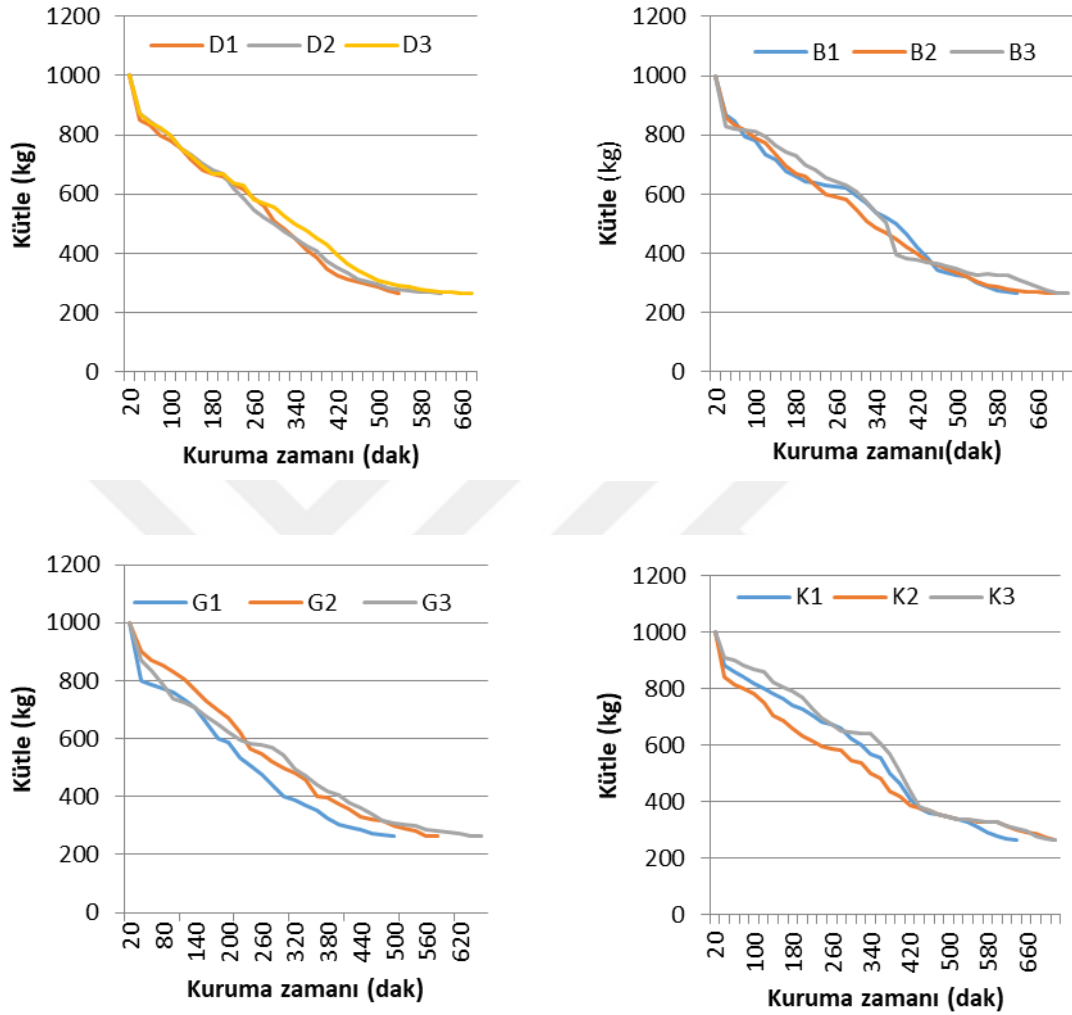
Grafiklerden anlaşılabileceği üzere (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13) 5 mm kalınlıktaki incirin kütlesi 720. dakikada, 7 mm kalınlıktaki incirin kütlesi 740. dakikada, 9 mm kalınlıktaki incirin kütlesi 880. dakikada, Bütün halde kurutulan incirin kütlesi 1160 dakikada sonlanmıştır.

5 mm kalınlığındaki incirlerin güneş bacası sera alanında kuruma süreleri incelendiğinde en düşük kuruma süresinin 440 dakika ile G1 noktasında, en yüksek kuruma süresinin 720 dakika ile K3 noktasında olduğu görülmüştür. (Şekil 4.10).



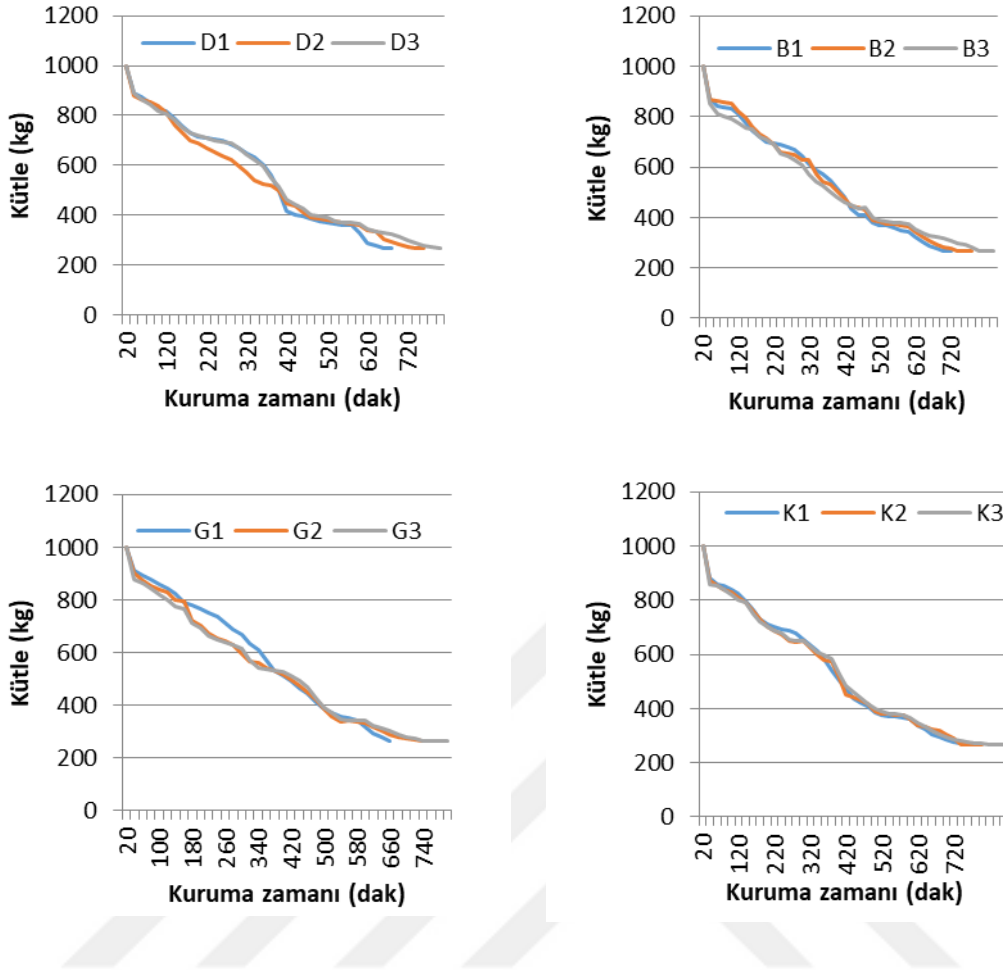
Şekil 4.10. 5 mm kalınlıktaki incirlere ait kütlenin kuruma zamanına göre değişimi

7 mm kalınlığındaki incirlerin güneş bacası sera alanında kuruma süreleri incelendiğinde en düşük kuruma süresinin 500 dakika ile G1 noktasında, en yüksek kuruma süresinin 740 dakika ile K3 noktasında olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. 7 mm kalınlıktaki incirlere ait kütlelerin kuruma zamanına göre değişimi

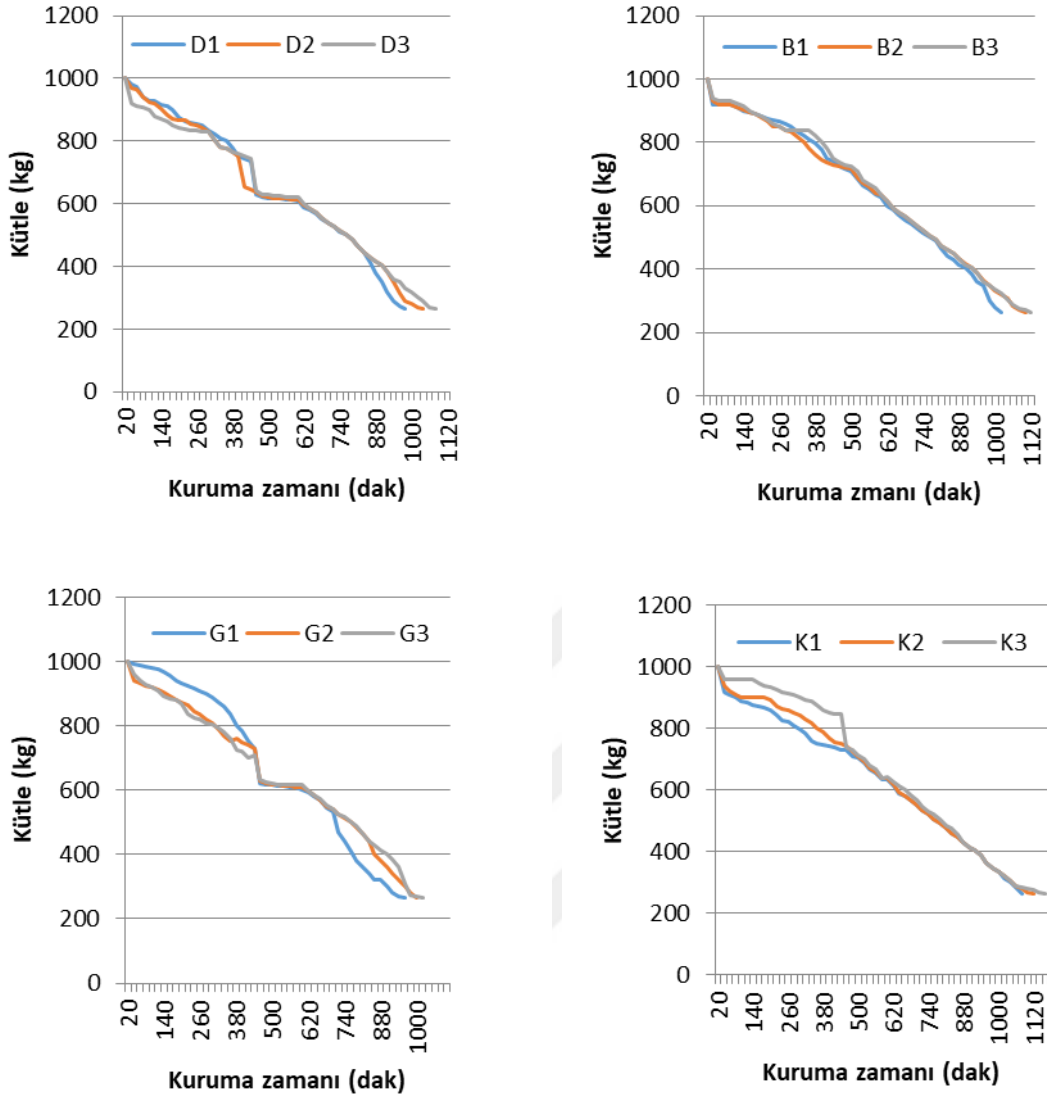
9 mm kalınlığındaki incirlerin güneş bacası sera alanında kuruma süreleri incelendiğinde en düşük kuruma süresinin 660 dakika ile G1 noktasında, en yüksek kuruma süresinin 880 dakika ile K3 noktasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. 9 mm kalınlıktaki incirlere ait kütlenin kuruma zamanına göre değişimi

Bütün haldeki incirlerin güneş bacası sera alanında kuruma süreleri incelendiğinde en düşük kuruma süresinin 960 dakika ile G1 noktasında, en yüksek kuruma süresinin 1160 dakika ile K3 noktasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13).

5 mm kalınlığındaki incir örneklerinin doğal kuruma süresinin 1100 dakika, 7 mm kalınlığındaki incir örneklerinin doğal kuruma süresinin 1240 dakika, 9 mm kalınlığındaki incir örneklerinin doğal kuruma süresinin 2020 dakika, bütün halde incir örneklerinin doğal kuruma süresinin ise 3200 dakika olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Bütün haldeki incirlere ait kütlelerin kuruma zamanına göre değişimi

Genel olarak bütün grafikler incelendiğinde en düşük kuruma sürelerinin güney yönünde baca girişinde olan noktada (G1), en yüksek kuruma sürelerinin kuzey yönde kolektöre giriş kısmında (K3) olduğu anlaşılmıştır. Ölçüm alınan noktalarda ve doğal ortamda belirlenen kuruma süreleri Tablo 4.1.' de detaylı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.1. Ölçüm noktalarına göre kuruma süreleri (dak.)

Kalınlık	D1	D2	D3	B1	B2	B3	K1	K2	K3	G1	G2	G3	Doğal
5 mm	500	560	640	520	600	700	540	620	720	440	500	560	1100
7 mm	540	620	680	620	700	720	640	720	740	500	580	660	1240
9mm	680	780	840	720	800	860	780	820	880	660	740	820	2020
Bütün	980	1040	1080	1020	1100	1120	1080	1120	1160	960	1000	1020	3200

Tablo 4.1.'de görüldüğü gibi kurutma sürelerinden de anlaşılaçağı üzere kurutulan incirlerin kalınlığı arttıkça kuruma süresinin de arttığı belirlenmiştir.

Güneş bacası altında en kısa kuruma süresi 440 dakika ile G1 bölgesindeki 5 mm kalınlığındaki incir örneklerinde tespit edilmiştir. Güneş bacası sera örtüsü altındaki en uzun kuruma süresi ise 1160 dakika ile bütün haldeki incirlerde görülmüştür.

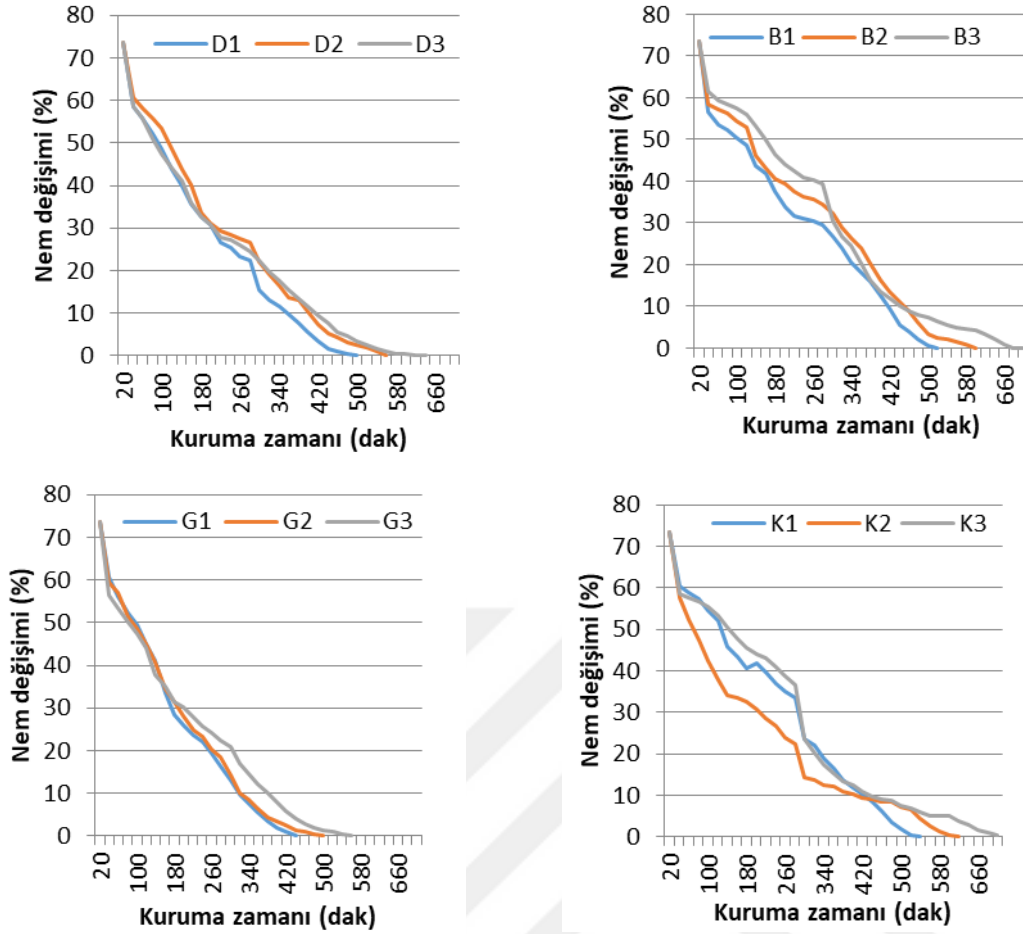
Tablo 4.1.'den de görüleceğı üzere, güneş bacalı seranın kapladığı alandaki kurutma işleminin performansları karşılaştırıldığında, en iyi kurutma yönünün "güney" yönü, en iyi kurutma noktasının ise "G1" bölgesi olduğu belirlenmiştir. Güneş bacasının yapısal özelliğinden dolayı güneş bacalı seranın kapladığı alanın sıcaklığı çevre ortama göre daha yüksektir. Bu sıcaklık farklılıkları güneş bacalı seranın kapladığı alanın kurutma işlemi için kullanılabileceğini göstermektedir.

Güneş bacalı sera örtüsü altında kurutulan incir örnekleri ile doğal koşullarda kurutulan incir örnekleri karşılaştırıldığında, güneş bacalı sera örtüsü altında minimum kuruma süresinin G1 alanında 440 dakika, doğal kurutmada ise 1100 dakika olduğu belirlenmiştir. Güneş bacalı serada kurutma işleminde kurutma süresinin doğal kurutmaya göre %60 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Aydın yöresinde araştırmacılar tarafından tasarlanan doğal akımlı bir güneş enerjili kurutucuda incir kurutma sürelerinin 12-20 saat aralığında olduğu belirlenmiştir (Apaydın, 2007). Yapılan çalışmada bütün Hasankeyf inciri için kurutma süresi 16 saat olarak tespit edilmiştir. Her ne kadar farklı lokasyonda ve farklı incirlerle ilgili çalışma yapılmış olsa da yapılan çalışmanın sonuçlarının literatürle uyumlu olduğu söylenebilir.

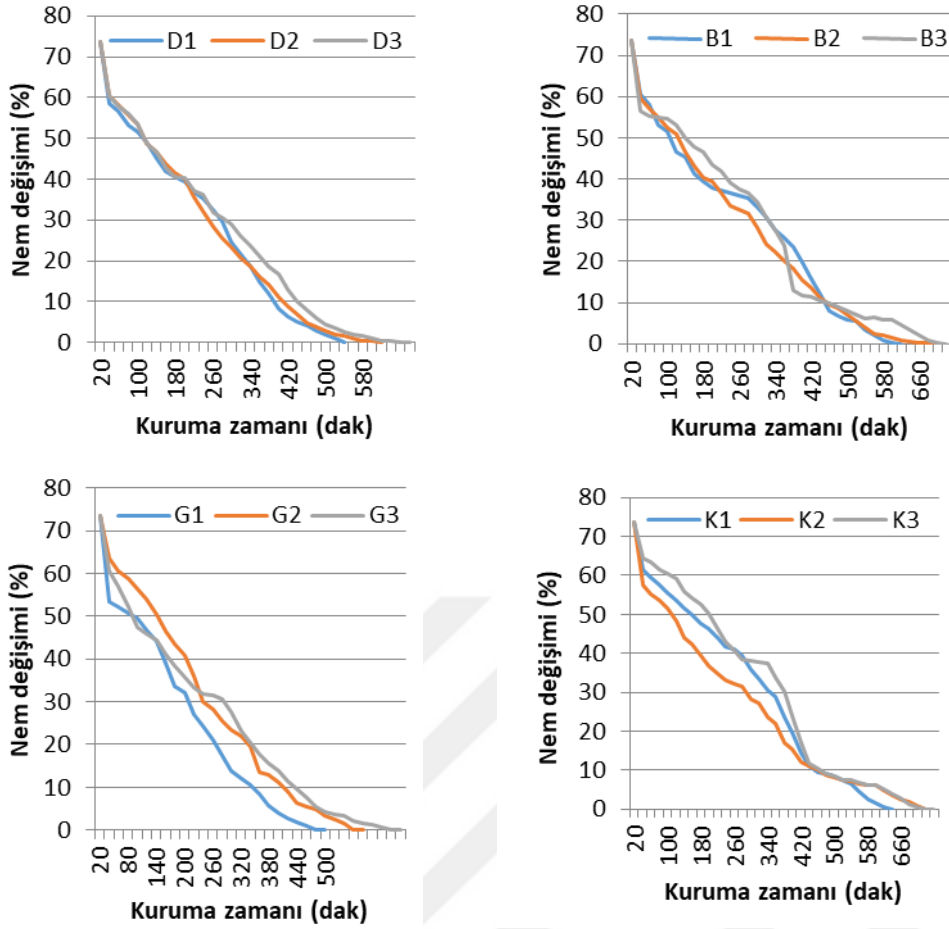
4.5. Nem Değişimi (%) - Kuruma Zamanı Grafikleri

İncir örneklerinde % nem içeriğı ilk 40 dakikada ve kuruma süresi ikinci güne sarkan (600 dakika sonrası) örneklerde hızlı bir düşüş göstermiş daha sonra bu azalış denge nemine ulaşınca kadar devam etmiştir (Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17.). Kütle değişimi durduğunda incir numunelerindeki nem içeriğı %73,5'ten sıfıra düşmüştür. Kuru üründe istenen nem içeriğinin sıfır olması istenmez. Tarım ürünlerinin özelliklerine göre kurutulmuş ürünlerde her zaman bir miktar nem olacaktır. Kurutma işleminin temel amacı, ürünlerdeki su içeriğini kabul edilebilir bir seviyede tutmaktır. İncir örneklerine bakıldığında su içeriğinin %15-20 arasında olması beklenmektedir.



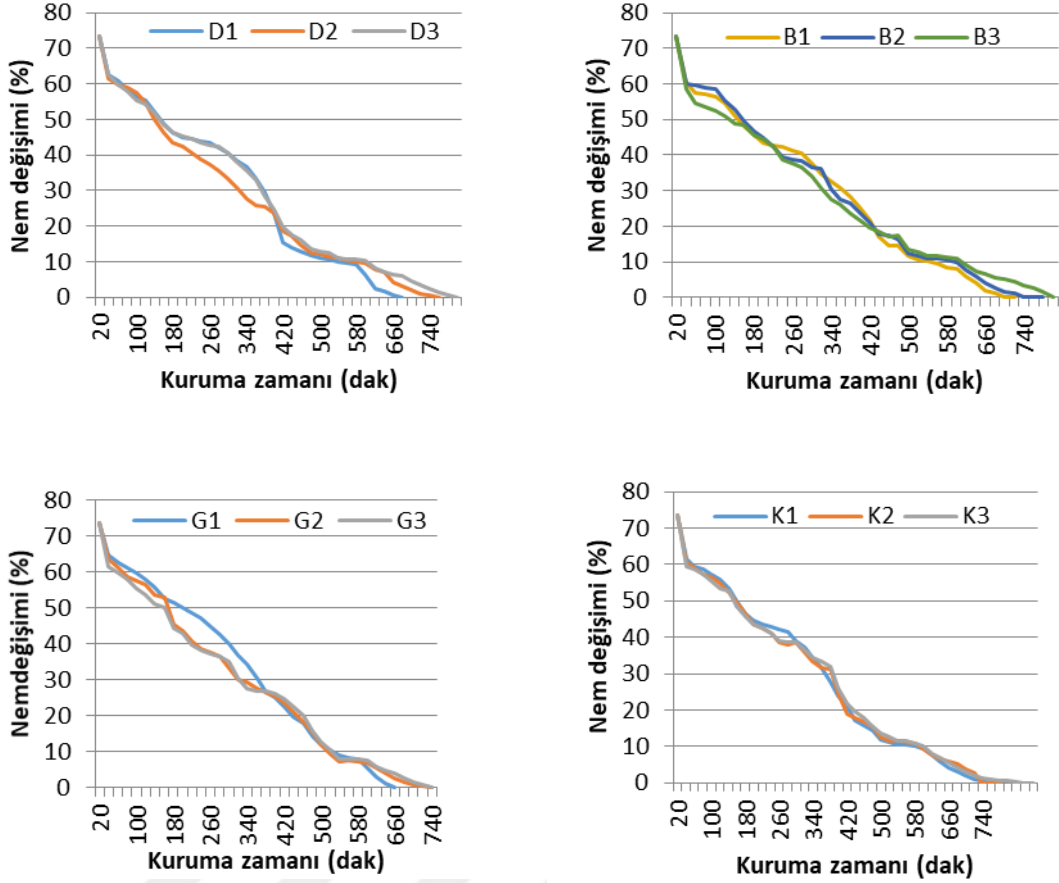
Şekil 4.14. 5mm kalınlıktaki incirlere ait % nem değişiminin kuruma zamanına göre değişimi

5 mm kalınlığındaki incir örnekleri D1 noktasında 500. dakikada, D2 noktasında 560. dakikada, D3 noktasında 640. dakikada, B1 noktasında 520. dakikada, B2 noktasında 600. dakikada, B3 noktasında 700. dakikada, G1 noktasında 440. dakikada, G2 500. dakikada, G3 noktasında 560. dakikada, K1 noktasında 540. dakikada, K2 noktasında 620. dakikada, K3 noktasında 720. dakikada denge nemine gelmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.15. 7 mm kalınlıktaki incirlere ait % nem değişiminin kuruma zamanına göre değişimi

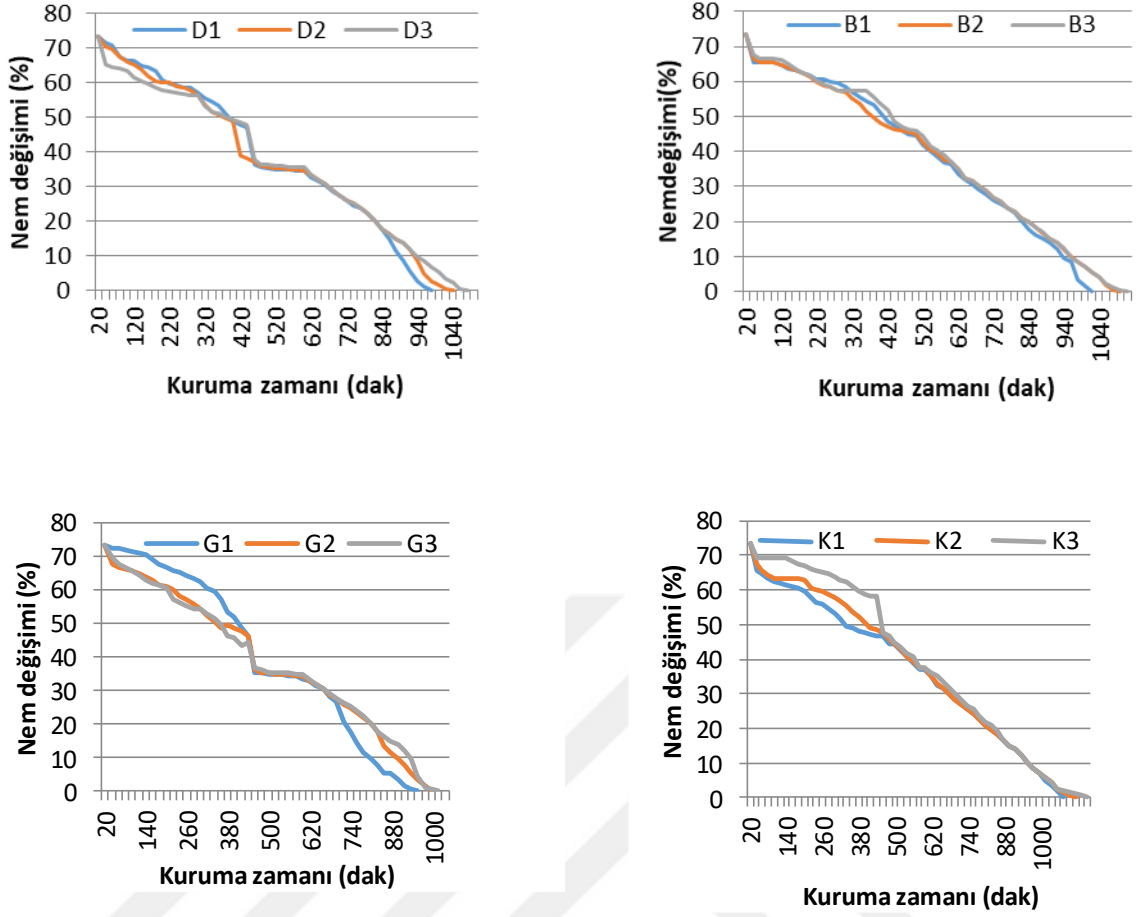
7 mm kalınlığındaki incir örnekleri D1 noktasında 540. dakikada, D2 noktasında 620. dakikada, D3 noktasında 680. dakikada, B1 noktasında 620. dakikada, B2 noktasında 700. dakikada, B3 noktasında 720. dakikada, G1 noktasında 500. dakikada, G2 580. dakikada, G3 noktasında 660. dakikada, K1 noktasında 640. dakikada, K2 noktasında 720. dakikada, K3 noktasında 740. dakikada denge nemine gelmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.16. 9 mm kalınlıktaki incirlere ait % nem değişiminin kuruma zamanına göre değişimi

9 mm kalınlığındaki incir örnekleri D1 noktasında 680. dakikada, D2 noktasında 780. dakikada, D3 noktasında 840. dakikada, B1 noktasında 720. dakikada, B2 noktasında 800. dakikada, B3 noktasında 860. dakikada, G1 noktasında 660. dakikada, G2 740. dakikada, G3 noktasında 820. dakikada, K1 noktasında 780. dakikada, K2 noktasında 820. dakikada, K3 noktasında 880. dakikada denge nemine gelmiştir (Şekil 4.16).

Bütün incir örnekleri D1 noktasında 980. dakikada, D2 noktasında 1040. dakikada, D3 noktasında 1080. dakikada, B1 noktasında 1020. dakikada, B2 noktasında 1100. dakikada, B3 noktasında 1120. dakikada, G1 noktasında 960. dakikada, G2 1000. dakikada, G3 noktasında 1020. dakikada, K1 noktasında 1080. dakikada, K2 noktasında 1120. dakikada, K3 noktasında 1160. dakikada denge nemine gelmiştir (Şekil 4.17).

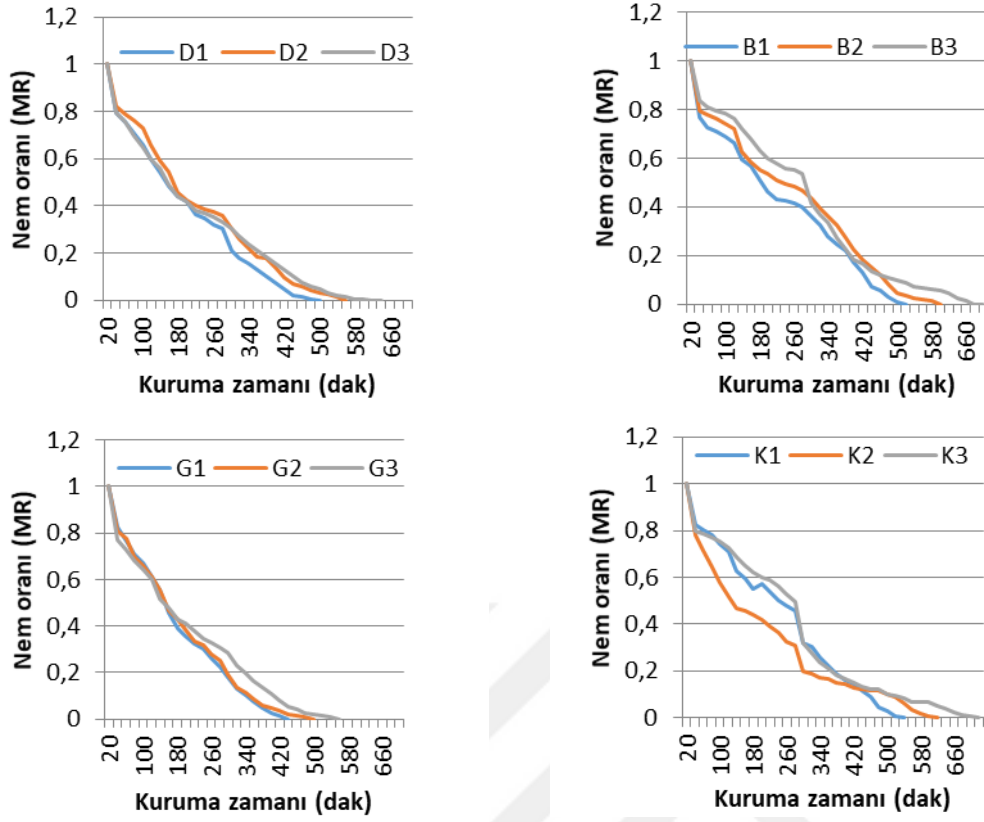


Şekil 4.17. Bütün haldeki incirlere ait % nem değişiminin kuruma zamanına göre değişimi

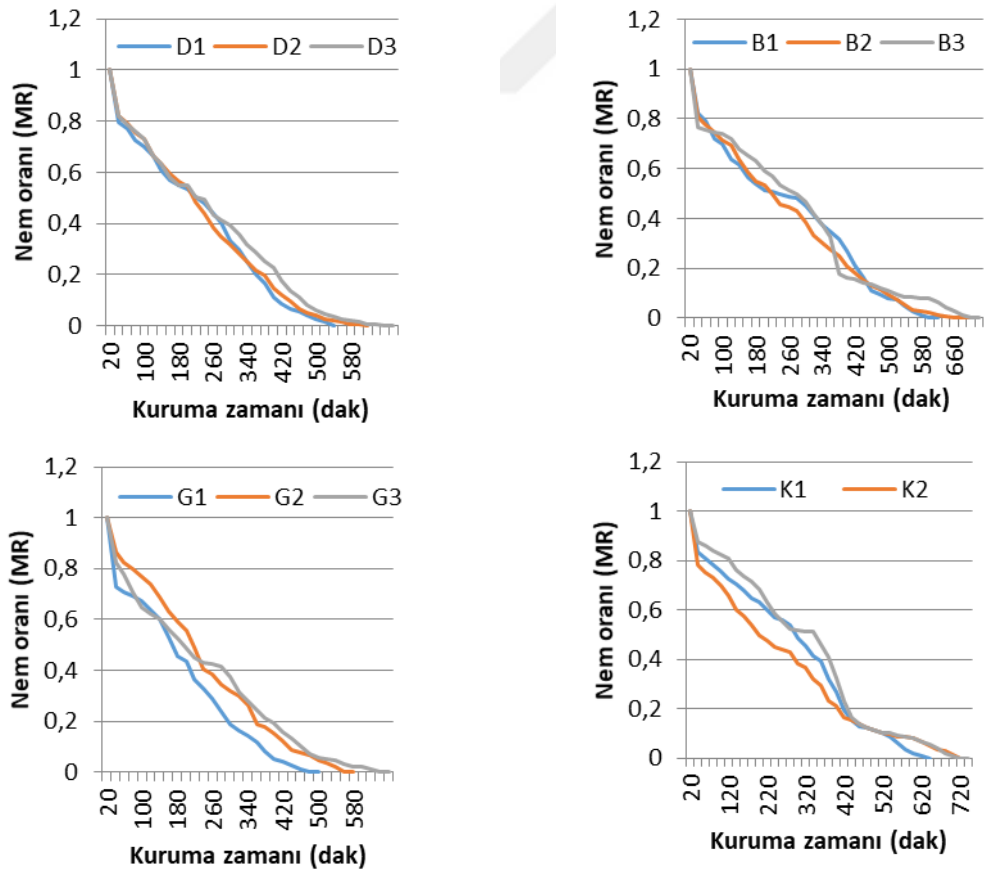
4.6. Nem Oranı (MR)-Kuruma Zamanı Grafikleri

Herhangi bir t anında incirin nem içeriğinin başlangıçtaki nem içeriğine oranı boyutsuz nem oranı olarak ifade edilir. Nem oranlarında incir örneklerinin konum ve yönüne göre değişiklik göstermekle beraber 5 mm kalınlığındaki incir örneklerinde ortalama ilk 250 dakika (Şek. 4.18), 7 mm kalınlığındaki incir örneklerinde ortalama ilk 300 dakikada (Şekil. 4.19), 9 mm kalınlığındaki incir örneklerinde 400 dakikada (Şekil. 4.20) ve bütün incir örneklerinde 450 dakikada hızlı bir düşüş görülmüştür. (Şekil. 4.21).600. dakikaya kadar bu düşüş azalmıştır. II. gün yapılan deneylerde de nem oranında önce hızlı bir düşüş gözlenmiş kuruma sürelerine yaklaştıkça bu düşüş azalmıştır.

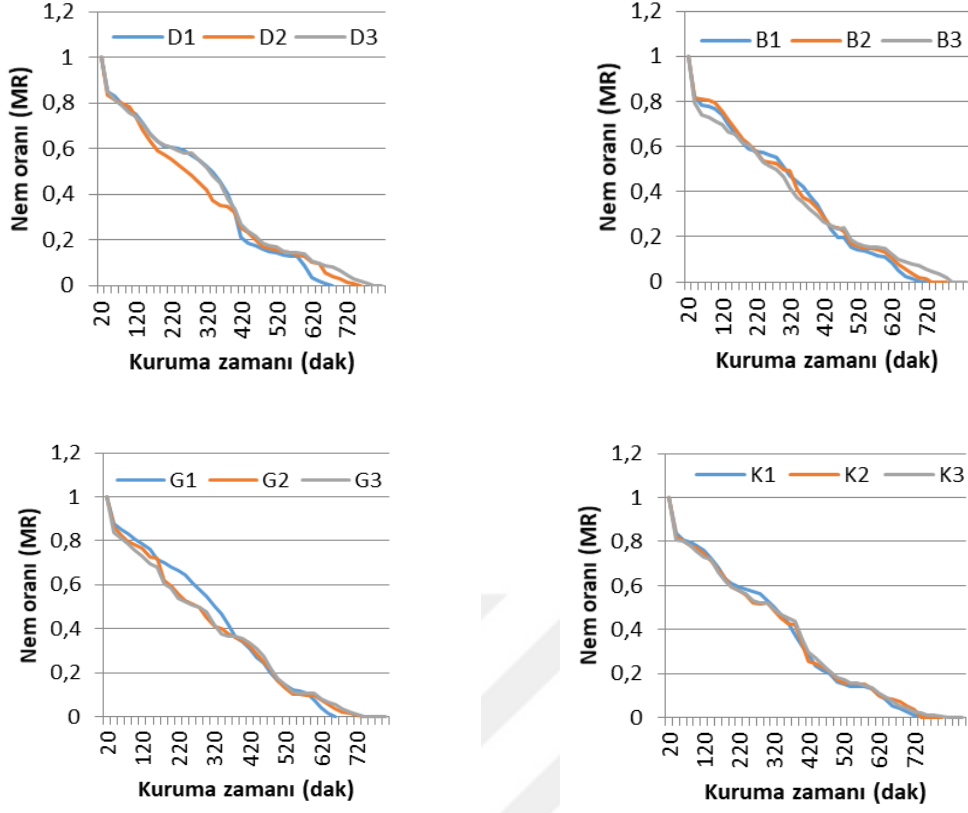
Genel olarak bütün grafiklere bakıldığında incir örneklerindeki kalınlık miktarlarının nem oranı değişiminde etkisi olmuştur.



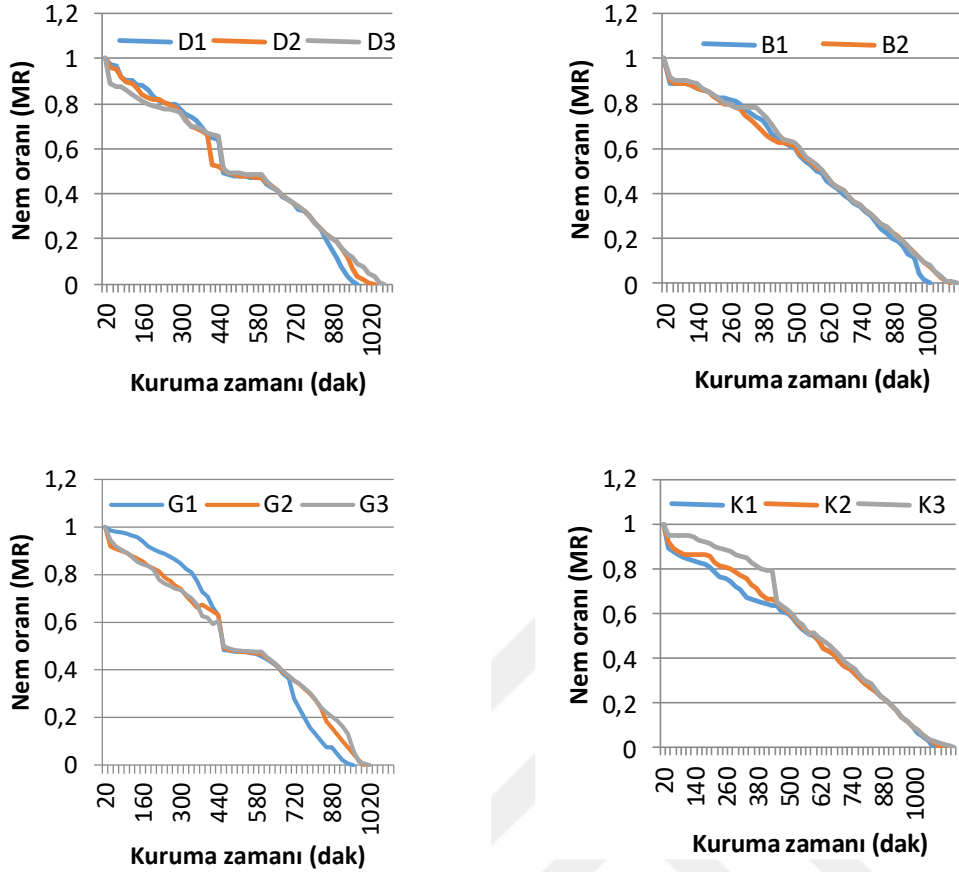
Şekil 4.18. 5 mm kalınlıktaki incirlere ait nem oranının kuruma zamanına göre değişimi



Şekil 4.19. 7 mm kalınlıktaki incirlere ait nem oranının kuruma zamanına göre değişim



Şekil 4.20. 9 mm kalınlıktaki incirlere ait nem oranının kuruma zamanına göre değişimi

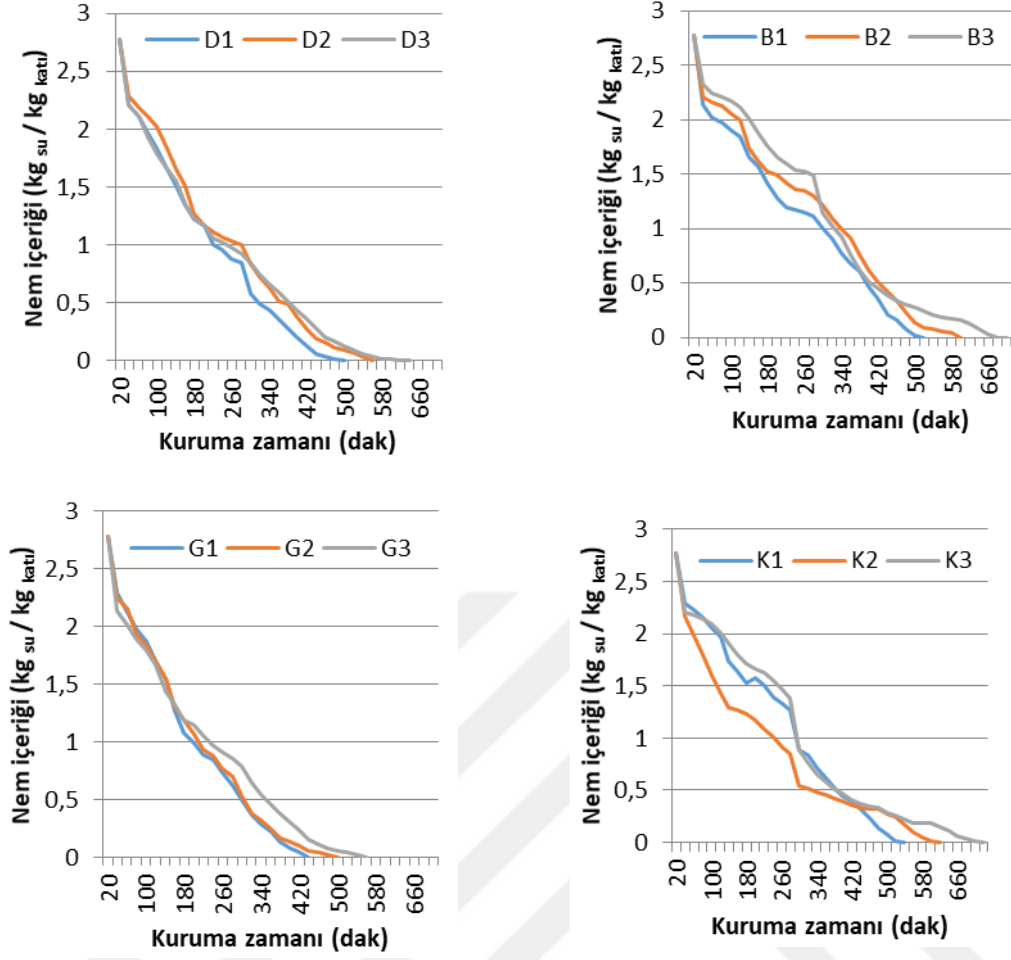


Şekil 4.21. Bütün haldeki incirlere ait nem oranının kuruma zamanına göre değişimi

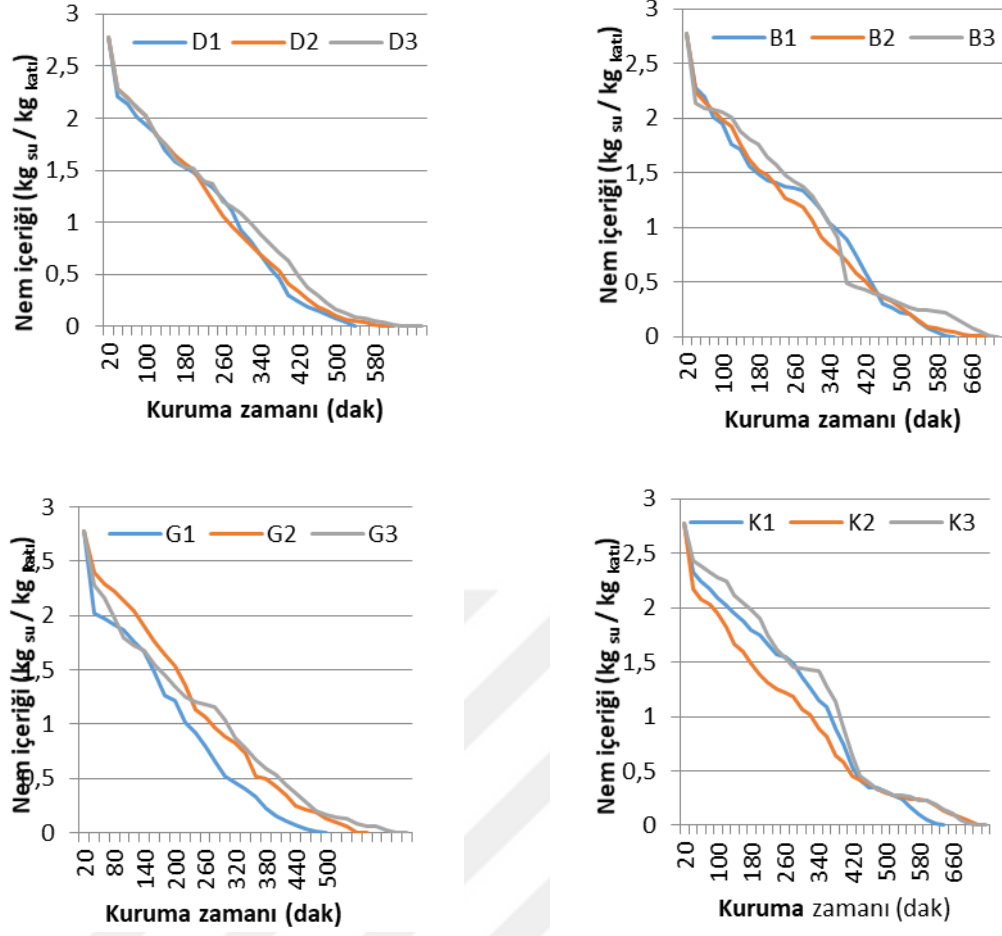
4.7. Nem İçeriği-Kuruma Zamanı Grafikleri

Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’ de incir örneklerine kuruma zamanına bağlı olarak nem içeriği değişimi verilmiştir. Nem içeriği, ıslak ürünlerdeki nem içeriğinin kuru ürünlerdeki nem içeriğine oranıdır. İncirdeki nem içeriği en fazla 2,77’dir. Yani taze incir, kuru incire göre 2,77 kat daha fazla nem içeriğine sahiptir.

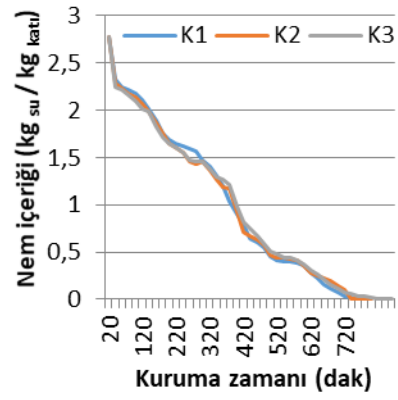
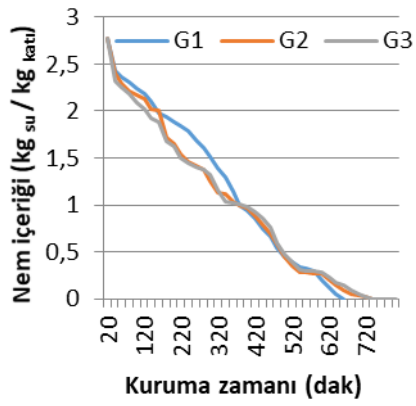
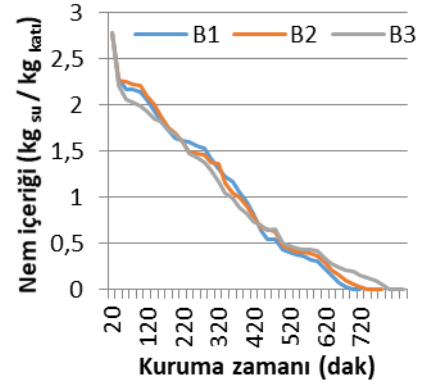
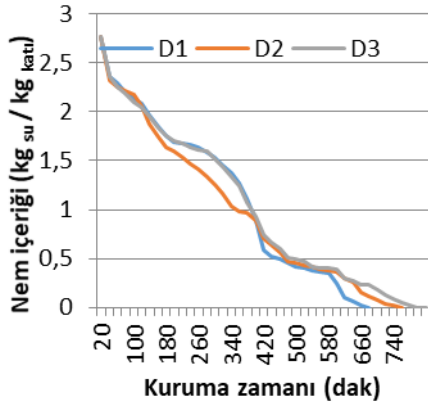
Nem içeriği- Kuruma zamanı grafikleri incelendiğinde genel olarak incir örneklerindeki nemin ilk 40 dakikada hızlı bir şekilde düştüğü görülmektedir. Daha sonra incir örneklerinin kalınlığına ve konuma göre nem içeriğindeki düşüşün farklılık gösterdiği anlaşılmıştır.



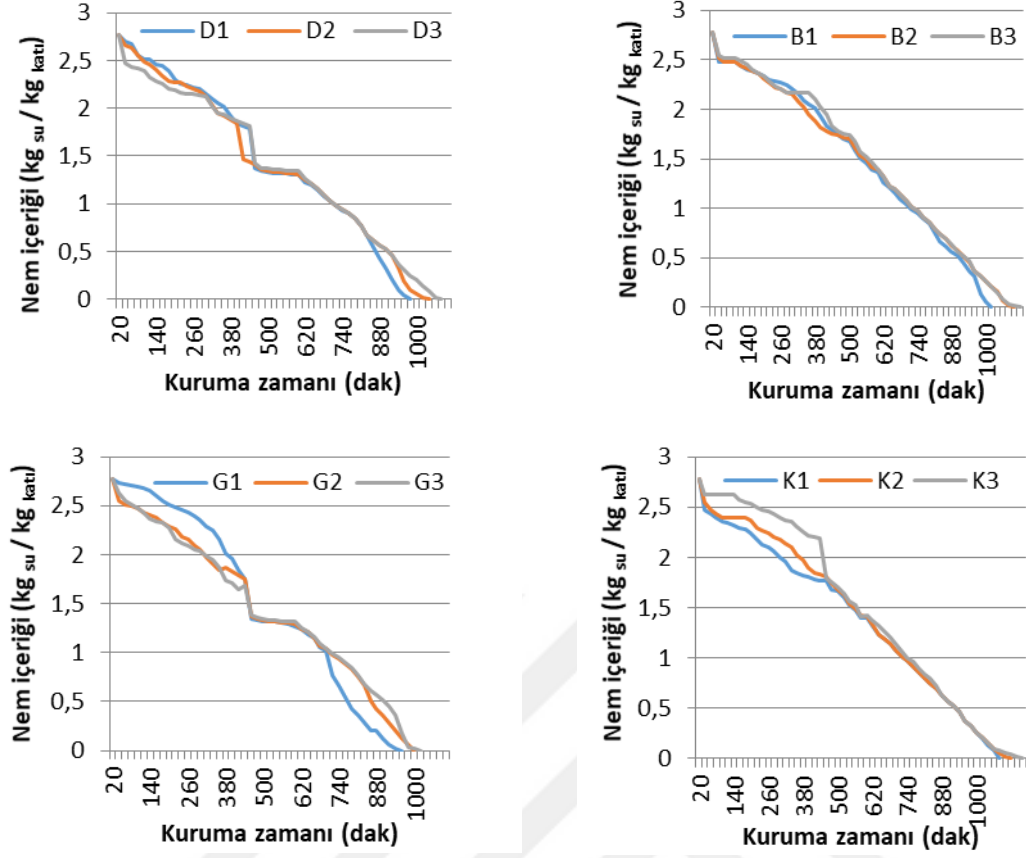
Şekil 4.22. 5 mm kalınlıktaki incirlere ait nem içeriğinin kuruma zamanına göre değişimi



Şekil 4.23. 7 mm kalınlıktaki incirlere ait nem içeriğinin kuruma zamanına göre değişimi



Şekil 4.24. 9 mm kalınlıktaki incirlere ait nem içeriğinin kuruma zamanına göre değişimi



Şekil 4.25. Bütün haldeki incirlere ait nem içeriğinin kuruma zamanına göre değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Güneş bacası serasının örtüsü altında kurutma işleminin literatür çalışmalarına göre başlıca avantajları şu şekilde sıralanabilir.

- Kurutma işlemi ek bir kurutma alanı gerektirmez.
- Kuruma süresi diğer yöntemlere göre daha kısadır.
- Ekonomiktir, çünkü sadece güneş enerjisi kullanılır ve ek enerji gerekmez.
- Güneş enerjisi tek enerji kaynağı olduğundan çevre dostudur.
- Güneş bacaları için bakım ve onarım maliyetleri düşüktür.

Sıralanan avantajlarına bakıldığında güneş bacası serasının örtüsü altında kurutma işlemi için uygun bir yöntem olduğu anlaşılmaktadır.

Bu tez çalışmasında Batman koşullarında Hasankeyf İnciri kullanılarak güneş bacası serası örtüsünün altında farklı yön ve belirlenen bölgelerde kurutma işlemi araştırılmıştır. Çalışmada ulaşılan sonuçlar altta sıralanmıştır.

1. İncir örneklerinde kalınlık azaldıkça kuruma sürelerinin de azaldığı tespit edilmiştir.
2. Sıcaklık ve ışıyım yoğunluğunun artmasının kuruma hızını iyileştirdiği ve kuruma süresini kısalttığı belirlenmiştir.
3. Güneş bacası serası altında kurutma işlemi için en uygun yönün "güney" yönü olduğu tespit edilmiştir.
4. Sera örtüsü altında kurutma işlemi için en uygun yerin güney yönde 1. nokta olan baca giriş bölgesi olduğu tespit edilmiştir (G1).
5. Güneş bacası serasının kapalı alanındaki kuruma süresinin güneşteki (doğal) kuruma süresine göre daha kısa olduğu tespit edilmiştir.
6. Yapılan araştırmalar sonucunda güneş bacası sera örtüsü altının tarımsal ürünlerin kurutulması için elverişli olduğu görülmüştür.

5.2. Öneriler

- Güneş bacası, kolektör alanındaki ısıyı çeker ve hafif bir düşüşe sebep olur. Bu sebeple güneş bacası sera örtüsünün altında kurutma işleminin güneş bacası sisteminden elde edilen elektrik enerjisinin verimini nasıl etkilediği konusu ayrı bir çalışma olarak incelenebilir.
- Güneş bacasının sera alanında ürünlerin alınıp bırakılması ve ölçümlerin alınmasında yaşanabilecek zorluklar için mobil mekanizması fayda sağlayabilir.
- Güneş bacası serasının kapsama alanındaki farklı tarım ürünlerinin kurutma değişimleri incelenerek güneş bacasına uygun tarımsal ürün çeşitliliği belirlenebilir.
- Güneş bacalarında ısı verim artırılarak kurutma performansları iyileştirilebilir.



KAYNAKLAR

- Aksoy, U., Can, H. Z., Hepaksoy, S., & Şahin, N., 2001, İncir yetiştiriciliği. *TÜBİTAK TARP (Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi) Yayınları, İzmir.*
- Aksoy, U., Zafer, H. C., Meyvacı, B., & Şen, F., 2007, Kuru incir: Türk sultanları çekirdeksiz kuru üzüm, kuru incir ve kuru kayısı, *Ege Kuru Meyve ve Mamulleri İhracatçıları Birliği*, 139-143.
- Alibaş, İ., 2012, Asma yaprağının (*Vitis vinifera* L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18, 43-53.
- Anonim, 2003, [https://www.tse.org.tr/turkish/abone/StandardDetay.asp?STDNO= 54538&sira=0](https://www.tse.org.tr/turkish/abone/StandardDetay.asp?STDNO=54538&sira=0), Erişim Tarihi: 08.10.2006
- Anonim, 2007, [http://www.erbeyliincir.gov.tr/incir_arastirma botanik ozellikleri ve _ekolojik_istekleri.asp](http://www.erbeyliincir.gov.tr/incir_arastirma_botanik_ozellikleri_ve_ekolojik_istekleri.asp), Erişim Tarihi: 03.04.2022.
- Anonim, 2022d, MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=7> [Ziyaret Tarihi: 13 Nisan 2022].
- Anonim, 2022e, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> [Ziyaret Tarihi: 13 Nisan 2022].
- Anonim, 2022h, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> [Ziyaret Tarihi: 18 Nisan 2022].
- Anonim, 2022g, Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı Güneş Enerjisi Sektör Raporu 2011, <http://baka.gov.tr/uploads/1303486512gunes-Turkce-Katalog.pdf> [Ziyaret Tarihi: 18 Nisan 2022].
- Anonim, 2022l, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://mgm.gov.tr/iklim/iklimsiniflandirmalari.aspx?m=BATMAN> [Ziyaret Tarihi: 25 Nisan 2022].
- Anonim, 2022j, http://www.kurutma.net/urun_saklama_nemleri.html [Ziyaret Tarihi: 25 Nisan 2022].
- Anonim, 2022i, http://www.kurutma.net/ozel_kurutma_sistemleri.html [Ziyaret Tarihi: 20 Nisan 2022].
- Anonim, 2022k <https://www.foodelphi.com/sebze-kurutma-sicakliklari-ve-teknikleri-doc-dr-can-ertekin> [Ziyaret Tarihi: 25 Nisan 2022].
- Anonim, 2023 https://batman.edu.tr/images/files/Bati_Raman_Kampusu_Vaziyet_Plani.jpg [Ziyaret Tarihi: 14 Nisan 2022].

- Apaydın, N., 2007, Aydın yöresinde incir kurutmada kullanılacak olan doğal akımlı bir güneş enerjili kurutucunun modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinalar Anabilim Dalı*, Aydın.
- Artık, N., 2007, Türkiye'deki başlıca incir çeşitlerinin karotenoid ve antosiyanin içerikleri ve kurutma prosesinde değişimi, *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu*, Ankara.
- ASAE, 1983, Moisture measurement-peants. *ASAE Standart of ASAE S.410.1, Agr. Eng. Yearbook of Standarts*, 329-331.
- Atalay, H., 2015, Güneş enerjisi destekli enerji depolama sistemli kurutma sisteminde elma kurutulmasının incelenmesi, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Atık, İ., 2012, Aydın ilinde doğal olarak kurutulan, geleneksel ve endüstriyel işlenen incirlerin bazı özellikleri ve aflatoksin içerikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Avcı A.S., 2021, Güneş bacası sistem performansının sayısal ve deneysel olarak araştırılması, Doktora Tezi, *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman.
- Boyacı, S., Boyacı, S., ve Gürdal, G., 2018, Kırşehir ilinde jeotermal enerji ile sebze-meyve kurutma tesisinin mevcut durumu ve geliştirilme olanaklarının belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 377-384.
- Cüce, E., Sen, H., ve Cuce, P.M., 2020, Numerical performance modelling of solar chimney power plants: Influence of chimney height for a pilot plant in Manzanares, Spain, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 39, 100704.
- Çakır, M., Aksoy, U., Meyvacı, K. B., Şen, F., Özdamar, F., & Yorgancı, A., 2003, Rehidratasyon Yoluyla Yüksek Nemli Kuru İncir Eldesi, Farklı Saklama Koşulları ve Ambalaj Materyallerinin Kuru İncirde Kalite Değişimine Etkileri Üzerine Araştırmalar, *TÜBİTAK TARP*, 2574(8).
- Çakır, M. T., 2015, Güneş enerjisinden yararlanarak tarım ürünlerinin kurutulması, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 41-55.
- Çakmak, G., 2007, Çekirdekli üzüm kurutmada güneş enerjisi destekli dönel akışlı kurutucu tasarımı, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Elazığ.
- Çetinbaş, A., 2022, Güneş bacası sera örtüsü altında tarım ürünlerinin kurutulması; Batman Sason çileği örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Batman.
- Çobanoğlu, F., Armağan, G., Kocataş, H., Şahin, B., Ertan, B., ve Özen, M., 2005, Aydın İlinde İncir Üretiminin Önemi Ve Kuru İncir Üretim Faaliyetinin Ekonomik Analizi, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 35-42.

- Darıcı, S., Şen, S., Canlı, E., & Bilir, Ş., 2012, Design and manufacturing of an air conditioning experimental setup for drying. *16th International Ege Energy Symposium & Exhibition*, İzmir-Turkey. 727-736.
- Demir, S. T., Özar, A. İ., Gülseri, O., Çoksöyler, N., Konca, R., Aksoy, U., ... & Sağdemir, A., 1990, Ege bölgesinde incirlerde görülen aflatoksin ve okratoksin oluşumu ile önlenmesi üzerinde araştırmalar. *Proje nihai raporu, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Projesi, Proje No: KKGA-B-03-F-052*.
- Doğan, N., 2019, Dikenli incir (*Opuntia ficus Indica*) meyvesinin bazı fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenerek gıda sanayinde kullanım olanaklarının araştırılması, Doktora Tezi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Doğantan, Z. S., 1986, Kahramanmaraş biberinin kurutmaya yönelik fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanması ile doğal koşullarda ve plastik örtü altı güneş toplayıcılarıyla kurutma üzerine bir araştırma, Doktora tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Ertekin, C., Yıldız, O., 2001, Patlıcan Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modellerle Açıklanması. *Tarımsal Mekanizasyon*, 20, 399-403.
- Gencer, F. S., 2022, Ozmosolar dehidrasyon yöntemi ile kurutulan kivi halkalarının kurutma koşullarının optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Tarsus/Mersin.
- Güçler, D., 2010, Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların Cbs - Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 11-15.
- Gülçimen, F., 2008, Yeni tasarlanan havalı kolektörler yardımı ile reyhan ve nane kurutulması, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Gültekin, R., 2016, Şanlıurfa şartlarında patlıcanın kurutulmasında güneş enerjili kurutma makinesi geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa.
- Günaydın, S., Sağlam, C., ve Çetin, N., 2022, Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Yöntemleri, *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(1), 30-45.
- Haaf, W., 1984, Solar chimneys: Part II: Preliminary test results from the Manzanares pilot plant, *International Journal of Sustainable Energy*, 2(2), 141-161.
- Heperkan, D., 2006, The importance of mycotoxins and a brief history of mycotoxin studies in Turkey, *ARI Bulletin of Istanbul Technical University, Special issue "Mycotoxins: Hidden hazards in food"*, 54, 18-27.
- Koç, M., Elmas, F., ve Varhan, E., 2019, Drying of fig with microwave and hot air assisted foam-mat drying method, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(2), 291-300.

- Koonsrisuk, A. and Chitsomboon, T., 2013, Mathematical modeling of solar chimney power plants, *Energy*, 51, 314-322.
- Koyun, A., 2006, Güneş bacası ile enerji üretiminin incelenmesi, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Mahmutoğlu, M., 2013, Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Mutlu, A., ve Ergüneş, G., 2008, Tokat'ta Güneş Enerjili Raflı Kurutucu İle Domates Kurutma Koşullarının Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 61-68.
- Nijman, J., Muller, P. O., & De Blij, H. J., 2017, Geography: realms, regions, and concepts. *John Wiley & Sons*.(17.edi.), ISBN-1119444136, 9781119444138
- Öncel, H., 1969, İncir yetiştiriciliğinde ilek ve ilekleme, Aydın Bahçe Kùltürleri ve Tavukçuluk İstasyonu, *Dizerkonca Matbaası-İstanbul*.
- Özay, G., Alperden, I., 1991, Aflatoxin A and Ochratoxin A contamination of dried figs (*Ficus caria* L.) from the 1988 crop, *Mycotoxin Research*, 7, 85 – 91.
- Özdemir, S., ve Mankan, E., 2022, Aşçılık Öğrencilerinin Pişirme ve Yiyecek Hazırlama Becerileri, *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, 5(2), 154-168.
- Pasumarthi, N., and Sherif, S. A., 1998, Experimental and theoretical performance of a demonstration solar chimney model—Part I: mathematical model development, *International Journal of Energy Research*, 22(3), 277-288.
- Peter S., Cotty J., 2017, Aflatoxin contamination of dried red chilies: Contrasts between the United States and Nigeria, two markets differing in regulation enforcement, *Food Control*, 80, 374- 379.
- Sarıbaş, E., 2015, Türkiye'deki enerji kaynakları ve izlenen enerji politikaları, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde.
- Saldamlı, İ., Saldamlı, E., 1990, Gıda Endüstrisi Makinaları. *Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Kitabı*, 1. Baskı, Ankara. 226-286.
- Schlaich, J., 1995, The solar chimney: electricity from the sun, *Edition Axel Menges*, Stuttgart, Germany.
- Şen, H., Cuce, E., 2020, Dynamic pressure distributions in solar chimney power plants: A numerical research for the pilot plant in Manzanares, Spain, *WSSET Newsletter*, 12(1), 2-2.

- Seviptekin Kızar, M., 2022, Merkez alıcılı güneş kulesi sisteminin enerji ve ekserji analizi ve performans optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Batman.
- Şahin, U., 2016, Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon yönteminin incir kurutma üzerindeki etkisinin deneysel incelenmesi, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Şahin, U., & Öztürk, H. K., 2018, Comparison between artificial neural network model and mathematical models for drying kinetics of osmotically dehydrated and fresh figs under open sun drying, *Journal of Food Process Engineering*, 41(5), e12804.
- Variyenli, H. İ., 2018, Güneş enerjisi destekli düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarının performanslarının kivi kurutarak karşılaştırılması, *Politeknik Dergisi*, 21(3), 723-729.
- Von Backström, T. W., & Gannon, A. J., 2004, Solar chimney turbine characteristics, *Solar Energy*, 76(1-3), 235-241.
- Yağcıoğlu, A., 1999, Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536, İzmir.
- Yıldız, Z., Gencer, F. S., 2022, Kivi Halkalarının Osmotik Dehidrasyon Ve Güneş Enerjili Kurutucu İle Birlikte Kurutulması, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 155-160.
- Yıldız, Z., 2021, Termal ön işlemin güneş enerjili raflı bir kurutucuda muz cipsi üretimine etkisi, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1-6.
- Yıldız, Z., 2022, Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulması üzerine haşlama ön işleminin etkisi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 27.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fikret KIZAR
Uyruğu : T.C.

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	2019
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	Devam ediyor
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

Yenilenebilir enerji sistemleri, Güneş enerji sistemleri

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR