

**YASSI YAPRAKLI ÜRÜNLERİN VAKUM TÜPLÜ  
GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTMA FIRININDA  
KURUTULMASI**

**2011**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE EĞİTİMİ**

**Ayşen ÇİÇEK**

**YASSI YAPRAKLI ÜRÜNLERİN VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ  
KURUTMA FIRININDA KURUTULMASI**

**Ayşen ÇİÇEK**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Eylül 2011**

Ayşen ÇİÇEK tarafından hazırlanan “YASSI YAPRAKLI ÜRÜNLERİN VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCUDA KURUTULMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

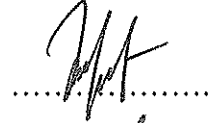


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 30/ 09/ 2011

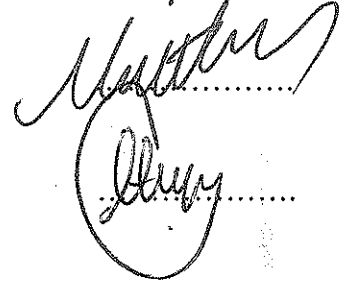
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Sezayi YILMAZ (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA (KBÜ)



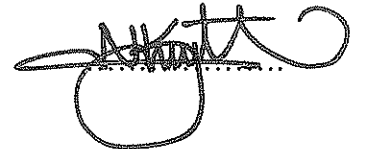
Üye : Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN (KBÜ)

...../...../2011

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

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Ayşen ÇİÇEK

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YASSI YAPRAKLI ÜRÜNLERİN VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCUDA KURUTULMASI

Ayşen ÇİÇEK

Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA

Eylül 2011, 63 sayfa

Bu çalışmada tasarlanmış vakum tüplü güneş enerjili kurutucu kullanılmıştır. Gıda sektöründe baharat olarak kullanılan yassı yapraklı ürünler (nane, maydanoz ve defne) vakum tüplü güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Kurutma işlemi Karabük il şartlarında gerçekleşmiştir. Kurutma farklarını belirlemek amacıyla birçok yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler doğal sirkülasyonlu, cebri sirkülasyonlu fırında kurutma ve güneş altında kurutma şeklindedir. Kurutma deneyleri sırasında her bir ürün için 50 g numune alınarak deneye başlanmıştır. Kurutma deneyine başlamadan önce ürünler etüv fırınında kurutulmuş, tam kuru ağırlık miktarları belirlenmiştir. Bu değerler nane, maydanoz ve defne için sırasıyla 12,26 g, 13,75 g ve 23,84 g'dir. Doğal sirkülasyonlu kurutucudaki deney sonucunda, ürünlerin ağırlıkları nane, maydanoz ve defne için sırasıyla 14,96 g, 16,16 g ve 30,78 g'dir. Cebri sirkülasyonlu kurutucudaki deney sonucunda, ürünlerin ağırlıkları nane, maydanoz ve defne için sırasıyla 14,02 g, 14,63 g ve 27,41 g'dir. Kurutma sırasında

kurutucu içindeki nem değerin artmasıyla birlikte kurutucu havası klape aracılığıyla dış ortama tahliye edilerek nem kontrolü sağlanmaya çalışılmıştır. Tasarlanmış olduğumuz güneş enerjili kurutucu ile sergide kurutma arasında gerçekleşen enerji ekserji analizi yapılarak sistemin verimliliği belirlenmiştir. Kurutulmuş ürünlerin kurutulma işlemleri sırasında karşılaşılan problemlere çözümler aranmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Kurutma, vakum tüp, güneş enerjisi

**Bilim Kodu** : 708.3.015

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

**FLAT-LEAF VACUUM TUBESOLAR PRODUCTS DRYERS DRYING**

**Ayşen ÇİÇEK**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor:**

**Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA**

**September 2011, 63.pages**

Designed vacuum tube solar dryer was used in this study. Used as a spice in the food sector, flat-leaf products (mint, parsley and bay) were dried with vacuum tube solar dryer. The drying process conditions were the province of Karabük. Drying of many methods used to determine differences. These methods are the natural circulation, forced circulation drying oven and is drying in the sun. Drying tests of samples taken during the experiment was started at 50 g for each product. Drying oven with oven-dried products before the start of experiment, the full amount of dry weight was determined. These values are mint, parsley and bay, respectively, 12.26 g, 13.75 g and 23.84 g. As a result of the natural circulation experiment kurutucudaki, weights of products, mint, parsley and bay, respectively, 14.96 g, 16.16 g and 30.78 g. That dryer with circulation as a result of the experiment, weights of products, mint, parsley and bay, respectively, 14.02 g, 14.63 g and 27.41 g. With the increase of moisture in the dryer during the drying cycle the value of the external environment were evacuated to the dryer air through the plug have been made to control humidity. We have designed a solar dryer and dryer in the exhibition took place between the

exergy analysis of energy efficiency of the system were made. Sought solutions to the problems encountered during the drying process of dried products.

**Key Words** : Drying, vacuum tube, solar energy

**Science Code:** 708.3.015



## TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araştırılmasında, yşrştşlmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrşbelerinden yararlandığım, yşnlendirme ve bilgilendirmeleriyle alıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA, Doç. Dr. Sezayi YILMAZ ve Yrd. Doç. Dr. İlhan CEYLAN'a sonsuz teőekkřrlerimi sunarım.

Deneysel alıőmalar sırasında maddi ve manevi yardımını esirgemeyen değerli kardeşim Ertan ARMUTCU'ya tşm kalbimle teőekkřr ederim. Ayrıca deneyler sırasında yardımını benden esirgemeyen değerli kardeşim etin DEMİR'e tşm kalbimle teőekkřr ederim. Manevi hiçbir yardımını esirgemedi yanımında oldukları için sevgili aileme tşm kalbimle teőekkřr ederim.

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **FLAT-LEAF VACUUM TUBESOLAR PRODUCTS DRYERS DRYING**

**Ayşen ÇİÇEK**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor:**

**Asst. Prof. Dr. Metin KAYA**

**September 2011, 63 pages**

Designed vacuum tube solar dryer was used in this study. Used as a spice in the food sector, flat-leaf products (mint, parsley and bay) were dried with vacuum tube solar dryer. The drying process conditions were the province of Karabük. Drying of many methods used to determine differences. These methods are the natural circulation, forced circulation drying and drying is drying under the sun. Drying tests of samples taken during the experiment was started at 50 g for each product. Drying oven with oven-dried products before the start of experiment, the full amount of dry weight was determined. These values are mint, parsley and bay, respectively, 12.26 g, 13.75 g and 23.84 g. As a result of the natural circulation experiment kurutucudaki, weights of products, mint, parsley and bay, respectively, 14.96 g, 16.16 g and 30.78 g. That dryers with circulation as a result of the experiment, weights of products, mint, parsley and bay, respectively, 14.02 g, 14.63 g and 27.41 g. Solar-powered dryer energy efficiency, natural circulation, forced circulation drying drying %17,3

estimated at %26. Sought solutions to the problems encountered during the drying process of dried products.

**Key Words** : Drying, vacuum tube, solar energy

**Science Code:** 708.3.015

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA'ya ve, Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Eğitimi bölüm hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalar sırasında maddi ve manevi yardımını esirgemeyen değerli kardeşim Ertan ARMUTCU'ya tüm kalbimle teşekkür ederim. Ayrıca deneyler sırasında yardımını benden esirgemeyen değerli kardeşim Çetin DEMİR'e tüm kalbimle teşekkür ederim. Manevi hiçbir yardımı esirgemediğim yanımda oldukları için sevgili annem ve babama tüm kalbimle teşekkür ederim. Ayrıca maddi manevi hiçbir yardımını benden esirgemeyen sevgili eşim Alibaz ÇİÇEK'e teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1. ....	1
GİRİŞ.....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI.....	2
1.2. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	3
BÖLÜM 2. ....	8
KURUTMA SİSTEMLERİ VE SINIFLANDIRILMASI.....	8
2.1. DOĞAL KURUTMA.....	8
2.1.1. Güneş Enerjisi İle Açıkta (Sergi) Kurutma.....	8
2.2. TEKNİK KURUTMA.....	9
2.3. GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCULAR İLE KURUTMA.....	9
BÖLÜM 3. ....	11
KURUTMA ESASLARI, STANDARDLARI VE TEORİK ANALİZ.....	11
3.1. KURUTULACAK ÜRÜNLER.....	11
3.1.1. Nane.....	11
3.1.2. Maydanoz.....	12
3.1.3. Defne.....	14
3.2. KURUTULACAK ÜRÜNLERİN STANDATLARI.....	15

	<u>Sayfa</u>
3.3. TEORİK ANALİZ .....	16
3.3.1. Ürünlerin Başlangıç Nem Miktarlarının Belirlenmesi .....	16
3.3.2. Ürün İçerisindeki Nem Oranı .....	17
3.3.3. Özgül Nem Çekme Oranı .....	17
3.3.4. Enerji Analizi.....	17
3.3.5. Vakum Tüplü Güneş Enerjili Kurutucu Verimi .....	19
BÖLÜM 4. ....	20
SICAKLIK, NEM VE AĞIRLIK KONTROLLÜ VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCU VE ÖLÇÜM CİHAZLARI .....	20
4.1. GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCU VE ÖZELLİKLERİ .....	20
4.1.1. Vakum Tüplü Güneş Enerjili Isıtıcılar .....	22
4.1.2. Klape.....	23
4.1.3. Fan .....	24
4.1.4. Kurutma Ünitesi.....	25
4.2. ÖLÇÜM CİHAZLARI .....	26
4.2.1. Testo 625 Sıcaklık ve Nem Ölçüm Cihazı .....	26
4.2.2. Hassas Terazi .....	26
4.2.3. Sıcaklık Ölçüm Ve Kayıt Cihazı .....	27
4.2.4. Piranometre (Solarmetre).....	27
BÖLÜM 5. ....	28
DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	28
5.1. DENEYLERİN YAPILMASI, METOT VE SONUÇLAR .....	29
5.1.1. Güneş Işınım Değerleri.....	29
5.1.2. Ürünlerde Meydana Gelen Ağırlık Değişim Değerleri Ve Kurutma Havası Sıcaklıklarının Karşılaştırılması.....	31
5.1.3. Deneyler Sırasında Ölçülen Bağıl Nem Değerleri.....	36
5.1.3.1. Güneş Enerjili Kurutucuda Ölçülen Bağıl Nem Değerleri .....	36
5.1.3.2. Dış Hava Bağıl Nem Değerleri.....	37
5.1.4. Nem Oranı (NO) .....	40
5.1.5. Ürünlere Ait Özgül Nem Çekme Oranı (ÖNÇO) .....	42
5.2. DENEY SONRASI ÜRÜNLERDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER ..	43

5.2.1. Doğal Sirkülasyonlu Kurutucuda Ve Güneş Altında Ürünlerin Kurutulmadan önce Ve Kurutulduktan Sonraki Görünümleri .....	43
5.2.2. Cebri Sirkülasyonlu Kurutucuda Ve Güneş Altında Ürünlerin Kurutulmadan önce Ve Kurutulduktan Sonraki Görünümleri .....	46
BÖLÜM 6. ....	49
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	49
KAYNAKLAR .....	51
ÖZGEÇMİŞ .....	53
EK AÇIKLAMALAR A. DOĞAL SİRKÜLASYONLU KURUTUCUDA SICAKLIĞIN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİM ÇİZELGELERİ.....	54
EK AÇIKLAMALAR B. CEBRİ SİRKÜLASYONLU KURUTUCUDA SICAKLIĞIN ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİM ÇİZELGELERİ.....	58
EK AÇIKLAMALAR C. PSİKOMETRİK DİYAGRAM .....	62

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresinin bölgelere göre dağılımı .	9
Şekil 3.1. Nane bitkisinin görünümü.....	12
Şekil 3.2. Maydanoz bitkisinin görünümü .....	13
Şekil 3.3. Defne bitkisinin görünümü .....	15
Şekil 4.1. Güneş enerjili kurutucunun şematik görünümü .....	21
Şekil 4.2. Vakum tüplü güneş enerjili kurutucunun görünümü.....	21
Şekil 4.3. Güneş enerjili kurutucu içerisinde bulunan havanın ısıtılmasını sağlayan vakum tüpleri .....	23
Şekil 4.4. Kurutucu içerisinde bulunan havanın bağıl neminin kontrolünü sağlamak amacıyla tasarlanan manuel kontrollü bir klape.....	24
Şekil 4.5. Sirkülasyon hızına etki eden fanın görünümü .....	24
Şekil 4.6. Güneş enerjili kurutucunun iç tasarım görünümü.....	25
Şekil 4.7. Sensörlerin bağlı olduğu sıcaklık ölçüm ve kayıt cihazı.....	27
Şekil 5.1. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda ürünler kurutulurken vakum tüpleri üzerine gelen güneş ışınım değerleri .....	30
Şekil 5.2. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda ürünler kurutulurken vakum tüpleri üzerine gelen güneş ışınım değerleri .....	30
Şekil 5.3. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan nanenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri.....	31
Şekil 5.4. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan maydanozun ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri .....	32
Şekil 5.5. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan defnenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri.....	33
Şekil 5.6. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan nanenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri.....	33
Şekil 5.7. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan maydanozun ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri.....	34
Şekil 5.8. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan defnenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri.....	35
Şekil 5.9. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda ölçülen bağıl nem değerleri.....	36
Şekil 5.10. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda ölçülen bağıl nem değerleri .....	37



Şekil 5.11. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda nanenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması .....	37
Şekil 5.12. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda maydanozun kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması .....	38
Şekil 5.13. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda defnenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması .....	38
Şekil 5.14. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda nanenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması .....	39
Şekil 5.15. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda maydanozun kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması .....	39
Şekil 5.16. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda defnenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması .....	40
Şekil 5.17. Doğal sirkülasyonlu kurutucudaki nem oranının kurutma süresine bağlı olarak değişim değerleri .....	41
Şekil 5.18. Cebri sirkülasyonlu kurutucudaki nem oranının kurutma süresine bağlı olarak değişim değerleri .....	41
Şekil 5.19. Nane yapraklarının doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	43
Şekil 5.20. Nane yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	43
Şekil 5.21. Maydanoz yapraklarının doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	44
Şekil 5.22. Nane yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	44
Şekil 5.23. Defne yapraklarının doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	45
Şekil 5.24. Defne yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	45
Şekil 5.25. Nane yapraklarının cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	46
Şekil 5.26. Nane yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	46
Şekil 5.27. Maydanoz yapraklarının cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	47
Şekil 5.28. Maydanoz yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri .....	47

Şekil 5.29. Defne yapraklarının cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümüleri.....	48
Şekil 5.30. Defne yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümüleri.....	48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Ürünlerin kurutulduktan sonraki kimyasal özellikleri .....	16
Çizelge 4.1. Testo 625 nem ve sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	26
Çizelge 5.1. Ürünlerde hesaplanan ÖNÇO değerleri .....	42

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$NM_{KA}$	: Kuru maddeye göre ürün içerisindeki nem miktarı (g su / g kuru madde)
$NM_{YA}$	: Yaş maddeye göre ürün içerisindeki nem miktarı (g su / g yaş madde)
$KA$	: Kurutmadan sonra numune kütlesi (g)
$YA$	: Kurutmadan önce numune kütlesi (g)
$NO$	: Nem oranı
$Mo$	: Kurutma fırınında kurutulan ürünün anlık nem atma oranı
$ÖNÇÖ$	: Özgül nem çekme oranı (g / Wh)
$\square_d$	: Saatlik kuruma miktarı (g / h)
$\int f$	: Fan gücü (W)

### KISALTMALAR

TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
mp	: Nem üretimi
wi	: Su buharı girişi
wo	: Su buharı çıkışı
ia	: Giriş havası
oa	: Çıkış havası
SC	: Güneş kolektörü

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Kurutma işlemi, meyvelerde, sebzelerde ve bazı bitkileri muhafaza etmede kullanılan yöntemlerden sadece birisidir. Kurutma işleminde ortamdaki su aktivitesini belirli bir değerin altına düşürmek suretiyle, ürünün mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik bozulmalara karşı daha dayanıklı bir hale getirmeyi amaçlar. Kurutma sırasında aynı anda birçok fiziksel ve kimyasal özellikler oluşmaktadır ve bu değişimler ürünün bazı özelliklerini etkilemektedir [1].

Kurutma işleminde birçok avantajlar bulunmaktadır. Kurutma işlemi ile kurutulan ürünlerin miktarı arttığı için aynı miktardaki ürünlere göre enerji oranı daha fazladır. Uygun koşullar sağlandığında ise kuru ürünün raf ömrü artmaktadır. Bu nedenle kurutulan ürünler her mevsimde rahatça tüketilebilmektedir.

Gıdaların kurutulmasına ilişkin ilk kayıtlar 18. yüzyıla aittir. Dünyada çıkan savaşlardan dolayı kurutma endüstrisi hızla artmaktadır. Birçok savaşlarda süvari birlikleri kurutulmuş gıdaları beraberlerinde getirmişlerdir. Birinci Dünya Savaşı süresince 4500 ton kurutulmuş sebze gemilerle taşınmıştır. 1919'lu yıllarda Amerika'da taze fasulye, lahana, havuç, kereviz, patates, ıspanak, tatlı mısır, şalgam ve çorbaya konulan sebzeler kurutularak işlenmeye başlamıştır Türkiye de ise endüstriyel anlamda sebze kurutmak için kurulan ilk tesis 1965 yılında hizmete girmiştir [1].

Türkiye'de birçok gıda ürününü kurutulmasında açık sergide kurutma yöntemi kullanılmaktadır. Sergi üzerinde kurutmanın tozlanma, bozulma, mikroorganizma oluşması ve yerel meteorolojik şartlara bağlı olarak ürün kalitesine önemli ölçüde olumsuz etkiler bırakmaktadır. Türkiye'de yüksek oranda kurutulmuş meyve, sebze ve baharat olarak kullanılan bazı bitkilerin üretiminin sağlanması gerekmektedir. Bu

koşullar göz önüne alındığında uygun kurutma tekniklerinin seçilmesi ve uygulanması gerekir. Üretici tarafından kurutma işleminden beklenen sonuç ürünün istenilen en kısa sürede kuruması ve kaliteli olmasıdır. Buradan yola çıkılarak güneş enerjili sistemleri kullanılması ön görülmüştür. Güneş enerjili kurutma sistemlerinin klasik kurutma sistemlerine göre bazı üstünlükleri vardır.

Bunlar;

- Kurutma süresinin önemli ölçüde azalması
- Kayıpların önlenmesi
- Ürün kalitesinin artması
- Kurutma sırasında ürünlerin yağmurdan, tozdan, böcek ve diğer zararlılardan korunması gibi.

Kurutma fırınlarında hava hızı veya sıcaklığının artmasıyla birlikte fırın içerisindeki enerji miktarı da artar. Artan enerji miktarıyla fırın içerisinde bulunan ürünün içindeki neminin buharlaştırılması için gereken sürenin azalmasıyla birlikte kurutma işlemi süresi de azalır. Buradan da anlaşılacağı üzere kurutma havasının sıcaklığı, nemi, ürünün içindeki nem oranı kurutma hızını ve süresini belirler. Kurutma süresinin azalmasıyla birlikte kurutulan üründen erken yararlanılmış olur [2].

### **1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI**

Gıda sektöründe baharat olarak kullanılan yassı yapraklı ürünlerin (nane, maydanoz ve defne) vakum tüplü güneş enerjili kurutucuda kurutulacaktır ve ürünlerde meydana gelen şekil, nem oranları ve kurutucu sıcaklığına bağlı olarak ağırlık değişimleri incelenecektir. Tasarlamış olduğumuz güneş enerjili kurutucu ile kurutma esnasında gerçekleşen enerji analizi yapılacaktır. Gıda sektöründe baharat olarak kullanılan ürünlerin kurutulma işlemleri sırasında karşılaşılan problemlere çözüm aranacaktır.

## 1.2. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu kısımda kurutma, kurutma sistemleri ve teknikleri, gıda kurutulması ile ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir.

Aktaş, ısı pompası ile destekli bir kurutma fırınında fındık kurutulması deneysel olarak incelenmiştir. Enerjinin kullanılma oranı kurutmanın başlangıcında yükselme eğiliminde olup üründeki nem miktarının azalmasıyla azalan hızda kuruma periyoduna girildiğinde bu oranın azaldığı tespit edilmiştir [2].

Kuşçu, sürekli sistemde kurutma işleminin kırmızıbiberde kalite özelliklerine etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, ülkemiz kurutma endüstrisinde en yüksek üretim payına sahip olan kırmızıbiberin kurutma aşamalarında ve son üründe bazı kalite kriterleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular bu konu üzerine yapılmış araştırmalara oranla biraz düşük bulunmuştur. Doğranarak kurutulan örneklerde nem düzeyi başlangıçta % 90.02, kurutma sonrası % 8.43 olarak saptanırken, aynı kurutma süresince tüm haldeki kırmızıbiberlerde nem düzeyi başlangıçta % 89.30, kurutma sonrası % 73.00 olarak belirlenmiştir. Tüm haldeki kırmızıbiberler aynı sıcaklıklarda (110 °C, 96 °C, 73 °C ve 60 °C) ve aynı kurutma süresince (210 dak.) yeterli derecede kuruma göstermemiştir. Dolayısıyla tüm haldeki kırmızıbiberleri kurutmak için kurutma süresinin daha uzun tutulması gerektiği tespit edilmiştir [1].

Polatçı ve Tarhan, farklı kurutma yöntemlerinin reyhan bitkisinin 2 kurutma süresine ve kalitesine etkisi incelenmiştir. Beş farklı kurutma yöntemi (doğrudan değmeli kurutucuda kurutma, etüvde kurutma, güneşte kurutma, gölgede kurutma ve mikrodalga fırında kurutma) kullanılmıştır. Etüvde sıcak hava yardımıyla kurutmada en yüksek kurutulmuş ürün renk kalitesi ve en yüksek uçucu yağ oranı elde edilmiştir. Mikrodalgada kurutma ve güneş altında kurutma bitki kalitesinde önemli değişikliklere sebep olduğu için reyhan kurutmada kullanılması tavsiye edilmemektedir. Diğer taraftan doğrudan değmeli kurutucuda reyhan kurutmada kurutma sıklığının önemli bir etkisi belirlenmemiş olup 30 dakikada bir çeyrek turlu döndürme uygun görülmüştür. Etüvde 45–55 °C kurutma havası sıcaklık aralığında yapılacak kurutma reyhan için uygun bulunmuştur [3].

Onat vd, kırmızıbiberlerin karşıt akışlı taşınım tipli kurutucuda kurutulmasının deneysel ve teorik analizi yapılmıştır. İmal edilen bu kurutucuda Fick II. kanunu kullanılarak kartezyen koordinat sistemi yaklaşımına göre,  $b$  kalınlığındaki kırmızıbiber yığınlarından  $z$  ekseni boyunca meydana gelen zamana bağlı nem kaybı incelenmiştir. Kırmızıbiber yığınlarının alt yüzeyi yalıtılmış kabul edilerek, kurutma işleminin matematiksel modeli elde edilmiştir. Deneysel olarak elde edilen kurutma eğrileri ile teorik analiz sonucu elde edilen kurutma eğrileri karşılaştırılmıştır. Teorik sonuçlarla deneysel sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir [4].

Çelikay, bu çalışmada ticari şartlarda kırmızıbiber kurusu üretimi yapan bir işletmeden alınan örneklerde mikrobiyolojik muayeneler yapılmış ve aflatoxin varlığı araştırılmıştır. Sonuç olarak uygulanan kurutma şekline biraz daha özen gösterilmesi ile kırmızıbiberlerde aflatoksine rastlanma sıklığının ve dolayısıyla aflatoxin düzeyinin çok önemli ölçüde düşürülebileceği kanısına varılmıştır. Evlik biber üretiminde kullanılan parçalanarak kurutma yönteminin, Türkiye'nin birçok bölgesinde karşılanmaktadır. Kırmızıbiber ihtiyacını önemli ölçüde karşılayan Kahramanmaraş ve Gaziantep'teki yoğun üretimin kurutulmasında kullanılabilmesi, bu adaptasyonun üretimin çok olduğu bu bölgelerde uygulanabilmesi ancak modern kurutma tesisleri ile mümkün olduğu tespit edilmiştir. [5].

Karaaslan ve Tuncer, Kırmızıbiberin fan destekli mikrodalga ile kurutulmasında kuruma karakteristiklerini incelemişler ve uygun kuruma modelini belirlemişlerdir. Deneysel sonucunda mikrodalga ile gerçekleştirilen kuruma işlemi, 180 W, 360W, 540W, 720 W ve 900 W mikrodalga güçlerinde sırasıyla 5, 4, 4, 4 ve 2 dakika sürmüştür. Mikrodalga güçlerinin artmasıyla kuruma süreleri kısalmıştır. Kuruma hızı zamana bağlı olarak giderek azalan bir eğilim sergilemekte olup, 180 W, 360W, 540W, 720W ve 900 W mikrodalga güçlerinde sırasıyla 1.80; 3.54; 5.04; 6.02; 6.56 kg su/ kg kuru madde dakika olarak hesaplanmıştır. Mikrodalga kurutmada güç seviyesinin artmasıyla kuruma hızı artmış, kuruma süresi kısalmıştır. Sıcak havayla kurutmada ise ürünlerdeki nem kaybı oranı başlangıçta yüksektir fakat daha düşük nem içeriklerinde su hareketi yavaşlamaktadır. Bu çalışma sonuçlarına göre mikrodalga gücünün ve sıcaklığının kırmızıbiberin kuruması üzerine önemli bir etkisi vardır. [6].



Ceylan vd, güneş enerjili kurutma sistemlerinin fındık kurutulmasına uygulanabilirliği incelenmiştir. Fındığın doğal yollarla kurutulması sonucunda üreticiler hem kalite hem de zaman kaybına uğramaktadır. Fındık üretiminin gerçekleştirildiği Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde güneş ışınım değerinin fındık kurutulması için (gerekli üst sıcaklık değerinin 40 °C olması nedeniyle) yeterli olacağı söylenebilir. Bu bakımdan, enerji girdisi az olan sıcaklık, ağırlık ve nem kontrollü güneş enerjili fındık kurutma fırını tasarlanarak fındığın kuruma süresinin azaltılması ve kalitesinin artırılması amaçlanmıştır [7].

Onat vd, farklı geometrik yapıdaki kırmızı biberlerin plc kontrollü güneş enerjili-gizli ısı depolamalı kurutucuda kurutulmasını incelemişlerdir. Yapılan deneylerde en uygun hızlı kurutma, 10,00-15,00 saatleri arasında ve sıcaklığın 55-65 °C olduğu durumlarda elde edilmiştir. 65 °C'nin üzerindeki kurutma işlemlerinde biberlerin renklerinde siyahlaşma olduğu, 70 °C'nin üzerinde ise biberlerde yanma olduğu gözlenmiştir. Yapılan deneylerde geri kazanım uygulaması ile giriş havası sıcaklığında 10-15 °C arasında artış elde edilmiştir. Farklı geometrik yapılarda kurutulan biber numunelerinin kuruma sürelerinin sıralanışı, kısa süreden uzun süreye göre; boyuna, enine, delinmiş ve tam şeklindedir. Dolayısıyla kurutma süresi en kısa olan boyuna kurutma şeklidir. Ancak işleme kolaylığı dikkate alındığında biber kurutma işlemlerinde biberlerin enine kesilmesinin daha uygun olacağı önerilmektedir. Sistemde kullanılan PCM'ler ile kurutma sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının en az 10 °C olması sonucuna varılmıştır. Deneylerde faz değişim sıcaklığı 58 °C ve 48 °C olan iki farklı PCM ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , glauber tuzu) kullanılmıştır. Faz değişim sıcaklığı 58 °C olan PCM'ler için kurutma sıcaklığına bağlı olarak, sıcaklık farkının 10 °C'den az olduğu durumlarda faz değişim süresi arttığı, bazı durumlarda da faz değişim sıcaklığına erişilemediği gözlemlendi. Buna bağlı olarak faz değişim sıcaklığı 48 °C olan PCM'lerin 55-65 °C sıcaklık aralıklarındaki kurutma işlemleri için uygun olduğu tespit edilmiştir [8].

Aktaş vd, güneş enerjisi destekli, ısı pompalı kırmızıbiber kurutucusunun tasarımı, imalatı ve performans deneylerini yapmışlardır. Dışarıdan taze hava alınarak yapılan kurutmada hava, güneş kollektörü ve kondenserde ısıtılarak bağıl nemi düşmüş ve böylece bünyesine nem alma kabiliyeti artırılmıştır. Bu da kurutma süresini

kısaltmıştır. Yapılan sistemde gündüz güneş enerjili kurutma gerçekleşirken, gece ise ısı pompasından faydalanılarak kurutma işlemi gerçekleştirildiği belirlenmiştir [9].

Gürel, güneş enerjili, ısı borulu, nem kontrollü kurutucuda aromatik ürünleri kurutmuştur. Kurutulan bu ürünlerde yapılan ölçümler ve kontroller sonucunda ürünlerin kalitesinin arttığı görülmektedir. Ürünlerin kurutulma süreleri incelendiğinde 8 saatlik periyotta kuruduğu gözlemlenmiştir [10].

Yılmaz ve Yavuz, ısı pompası destekli bir kurutma sistemi tasarlayıp ürünleri kurutma parametrelerini standard kurutma verileri ile karşılaştırılarak sistemde kurutma işleminin bilgisayar ortamında otomatik olarak kontrolünün yapılabilirliği deneysel olarak incelemişlerdir. Kurulan sistemde, kurutulacak değişik ürünlerin standart verileri girildiğinde kurutma işlemi otomatik olarak gerçekleştirilmiştir [11].

Mandala vd, osmotik hava koşullarında kuruyan elmanın kinetik ve kalite özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Elma örnekleri, farklı zamanlarda %30 ve %45 glukoz veya sakkaroz solüsyonunda bekletmişler. 12 saatte bir daldırılıp şeker kazancı ve su kaybını hesaplamışlardır. Deney sonucunda elma dilimlerinde kahverengileşme ortaya çıkmıştır. Glukoz solüsyonunda bekletilen elma dilimlerinde büyük bir oranda doku sertleşmesi meydana gelmiştir. Sakkaroz solüsyonunda ise bu olayın tam tersi gerçekleşmiştir [12].

Belghit ve Bennis, mantar kuruma kinetiğinin deneysel analizini yapmışlardır. Bu çalışmada, mantarların higroskopik dengesini belirleyen sorpsiyon izotermier kullanmışlar. Kullanılan bu izotermier içerisinde en verimli olanı %2,8 hassasiyetle Henderson olduğunu belirlemişler. Deney sırasında ürünün su içeriği değişimi, kurutma hava hızının, kurutma hava sıcaklığının, kuruma hızına etkisi olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Yapılan deney sonucunda hava koşulları değişiminin kurutma süresine etkisi olduğunu belirlemişlerdir [13].

Kassem vd, kombine mikrodalga fırın ile sıcak hava kabineli kurutma makinasında Thompson çekirdeksiz üzüm kurutmuşlardır. Bu iki yöntem arasında kurutma özelliklerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kurutma

yöntemlerinin üzümün nem oranını etkilediği ortaya çıkmıştır. Sıcak hava kabineli kurutma makinasında üzümün kuruması için daha fazla zamana ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemi için en verimli yöntem %78 oranla kombine mikrodalga fırın seçilmiştir [14].

Yang vd, farklı kurutma yöntemleri kullanarak (sıcak havalı kurutma, mikrodalga kurutma ve vakum-dondurarak kurutma) tatlı patates yumruları üzerindeki potansiyel kurutma işlemini belirlemek için antioksidan ve antioksidan aktivitesine etkisini incelemişlerdir. Tatlı patates yumrularında 5 mm kalınlığında dilimler kesmişler, sıcak hava, mikrodalga veya vakum-dondurarak kurutmada 10 dakika için 100°C buharda kurutmuşlardır. Tatlı patatesin en düşük antioksidan aktivitesi sıcak havalı kurutmada gözlenirken, mikrodalga fırınında yüksek oranda antioksidan aktivitesi olduğunu belirlemişlerdir.  $\beta$ -karoten ve askorbik asit kurutulmuş tatlı patatesin antioksidan aktivitesine küçük oranda katkı sağladığını gözlemlemişlerdir [15].

Toor vd, Yeni Zelanda'da ticari bir serada yetişen üç farklı domates çeşidini 42°C'de kurutmuşlardır. Yarı kuruyan domates numuneleri üzerinde antioksidan etkisini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda yüksek antioksidan seviyesi ve antioksidan aktivitesi tek bir domates çeşidinde olduğu gözlemlenmiştir [16].

## BÖLÜM 2

### KURUTMA SİSTEMLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

Kurutma yöntemleri doğal kurutma, teknik kurutma ve güneş enerjili kurutucular ile kurutma olmak üzere üç grupta sınıflandırılır. Bu üç kurutma yöntemleri endüstriyel alanlarda da kullanılmaktadır.

#### 2.1. DOĞAL KURUTMA

Doğal kurutma yöntemlerinde, kurutmanın yapılacağı bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak kurutma süresi, nem atma miktarı vb. gibi değişiklikler göstermektedir. Bu nedenle ürünün kurutulması esnasında sıcaklığı, nemi, havanın hızı dış ortam şartlarında gerçekleştiğinde kontrol edilememektedir. Bu nedenlerle kurutma işlemi esnasında birçok dezavantajlar meydana gelmektedir.

##### 2.1.1. Güneş Enerjisi İle Açıkta (Sergi) Kurutma

Güneş enerjisinden yararlanarak açık havada yapılan kurutma işlemidir. Tabii kurutma olarak da isimlendirilir. Meyveler güneş enerjisinden yararlanarak açıkta kurutulurken toz, toprak, yağmur ve sergi yerlerinde dolaşan çeşitli böcek ve hayvanların zararlarına uğramakta, ürün kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu zararları en aza indirmek için dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir.

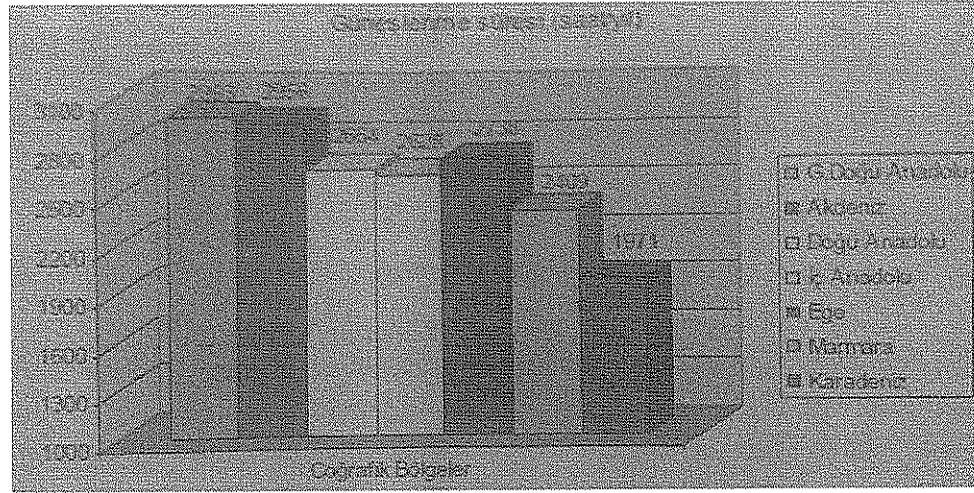
- Kurutulacak meyveler kurutma olgunluğunda hasat edilmelidir.
- Hasat usulüne uygun olarak yapılmalıdır.
- Gerek temizlemek, gerekse tarım ilâcı artıklarından arındırmak üzere yıkanmalıdır.
- Kurutma toprak üzerinde değil meyvenin cinsine göre yüksek sergilerde yapılmalıdır.
- Kuruyan meyveler temizleme ve seçme işlemlerine tabi tutulmalıdır.

## 2.2.TEKNİK KURUTMA

Teknik kurutma, kurutulacak ürün neminin kuruma son değerlerine belli bir süreçte kontrollü olarak indirgenmesi olarak tanımlanır. Kurutma işlemini dış müdahale yapılarak belli bir süreçte ürünün kuruma son değerlerine kontrollü olarak gelmesini sağlayan ve değişik birimlerden oluşan (ısıtma, soğutma, nem alma gibi) sistemlerin bütününe kurutma sistemleri denir ve kurutma sistemleri, kurutma işlemlerinde yöntemine göre adlandırılır [10].

## 2.3. GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCULAR İLE KURUTMA

Coğrafi konumu nedeniyle dünyanın güneş kuşağı içerisinde bulunan Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengindir. Şekil 2.1’de Türkiye’nin yıllık toplam güneşlenme süresinin bölgelere göre dağılımı görülmektedir [10].



Şekil 2.1. Türkiye’nin yıllık toplam güneşlenme süresinin bölgelere göre dağılımı [10].

Dünyadaki yaşamın kaynağı olan güneş temiz enerjilerin ana kaynağıdır. Güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Bu da güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m<sup>2</sup> değerindedir, ancak yeryüzünde 0-1100 W/m<sup>2</sup> değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerji dünyada bulunan fosil yakıt rezervlerinin yaklaşık 160 katına

karşılık gelmektedir. Aynı zamanda bu enerji; yıllık olarak dünyada fosil yakıtlar, nükleer kaynaklar ve su gücü tarafından üretilerek kullanılan enerjinin 15000 katına karşılık gelmektedir. İşte bu noktada can alıcı soru bu enerjinin insanoğlunun kullanımına uygun hale nasıl dönüştürülebileceğidir. Güneşten gelen toplam enerjinin %30'u yansıma ve saçılmalarla uzaya geri giderken, yaklaşık %20 lik bir kısmı da atmosferde soğurular ve geriye kalan %50'si de yeryüzünde soğurular. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Belirtilen bu ve buna benzer avantajlardan dolayı, insanlar var oldukça güneşten verimli bir şekilde yararlanmayı amaçlamıştır. İnsanoğlu bu nedenle birçok sistemler geliştirmiş ve verimini arttırmak için yoğun çaba içine girmişlerdir [17].

Tasarlamış olduğumuz vakum tüplü güneş enerjili kurutucu, güneş enerjili kurutucu ile kurutmaya örnek olarak gösterilebilir.

## BÖLÜM 3

### KURUTMA ESASLARI, STANDARDLARI VE TEORİK ANALİZ

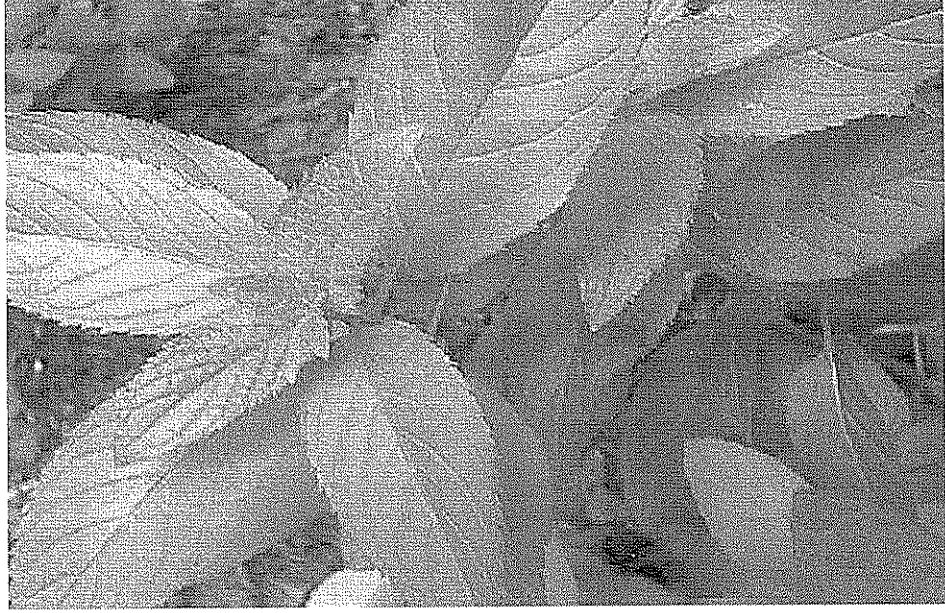
#### 3.1. KURUTULACAK ÜRÜNLER

Nane, maydanoz ve defne bitkileri taze olarak tüketildiği gibi de kurutulmuş olarak da tüketilmektedir. Bunun nedeni, kurutulan ürünün saklanması kolay ve uzun ömürlü olmasıdır. Bu ürünlerin özellikleri ve tanıtımı aşağıda verilmiştir.

##### 3.1.1. Nane

Nane saçak köklü bir sebzedir. Köklerin derinliği 60–100 cm kadar iner. Köklerin büyük bölümü toprağın 20–30 cm derinliğinde bulunur. Gövde ve yaprakların yerle temas eden kısımlarından rahatlıkla kök salabilir. Nananın, yarı odunsu bir gövdesi vardır. Gövde kendi haline bırakılırsa 40–80 cm kadar boylanır. Başlangıçtaki süren gövdenin rengi yeşildir. Zamanla dip kısımdan yukarı doğru gövde odunlaşmaya başlar ve rengi mor veya kahverengine dönüşür. Gövde, boğum ve boğum aralarından meydana gelir. Boğum arası uzunluğu, yetiştirme koşullarına ve çeşit özelliğine bağlı olarak 2–6 cm arasında değişir. Gövde bazı çeşitlerde yuvarlak, bazı çeşitlerde köşelidir. Mayıs ayından başlayarak Haziran ve Temmuz aylarında her sürgünün uç kısmında çiçek tomurcuk oluşumu meydana gelir. Yapraklar gövdenin boğumlarından, karşılıklı iki adet çıkar. Yaprakların aya kısmı uzun, oval, uç kısımları sivri olup, yaprak üstü damarlı ve pürüzlüdür. Yaprakların rengi açık yeşil, koyu yeşil, bazen antosiyan içerir ve bu yüzden rengi morlaşır. Alt yüzünde damarlar dışarı çıkmıştır. Genellikle alt yüz mat yeşil renkli olup damarlar mordur. Alt yüzde tüyler bulunur. Bazı çeşitlerde hem alt hem de üst yüz tüylüdür ve tüyler sık veya seyrek olabilir. Tüylülük bir yabancılaşma işaretidir ve tüylülük arttıkça kanda yabancılaşma fazlalaşır. Yabani tiplerde ve yabaniye yakın olan kültürlerde yaprak rengi

açık yeşil veya gri yeşil olabilir. Yapraklarda yağ bezleri bulunur ve yaprağa temas edildiğinde kendine özgü bir koku neşreder.



Şekil 3.1. Nane bitkisinin görünümü

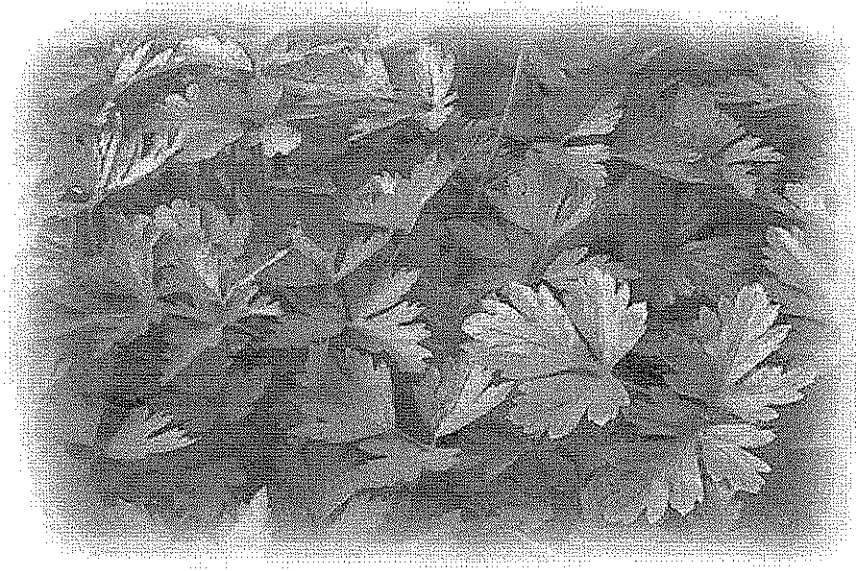
Nane Bitkisinin Faydaları: Hazmı kolaylaştırır. Gaz söktürür. Karaciğer yetersizliğini giderir. Safra akışını düzenler. Mide ağrılarını keser. Bağırsak spazmını giderir. Nefes almayı kolaylaştırır. Astım, grip, bronşit ve öksürükte faydalıdır. Sinirleri kuvvetlendirir. Sükunet verir. Heyecanları ve korkuyu yatıştırır. Kusmaları önler. Migren, uykusuzluk ve baş dönmelerinde faydalıdır. El ayak titremesi, dil tutukluğu, felç ve uykusuzlukta kullanılır. Kalbi kuvvetlendirir. Sinirsel kalp çarpıntılarını keser. Soğuk algınlığında faydalıdır. Bağırsak solucanlarının düşürülmesinde yardımcı olur. İdrar söktürür. Mide ülseri ve gastrit olanlar fazla kullanmamalıdır.

### 3.1.2. Maydanoz

Akdeniz ülkesi bitkisi olan maydanoz kök ve yapraklarından yararlanmak amacıyla üretilir. Yeşil yaprakları yemeklerde ve mezelerde garnitür olarak kullanılırken köklerinin de bazı yemek ve çorbalarda kullanılabilir. Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de 12 ay boyunca pazardan eksik olmayan maydanoz E vitamini bakımından oldukça zengin kokulu bir sebzedir. Yemek ve salataların vazgeçilmez



sebzesidir. Maydanoz, ülkemizde ticari olarak Akdeniz, Ege ve büyük çaplı olarak Marmara bölgelerinde üretilirken, uygun iklim koşullarında bütün bölgelerimizde bahçelerde küçük çaplı olarak yetiştirilir. Maydanoz Akdeniz ülkelerinin bitkisidir. İspanya, Yunanistan. Fas, Cezayir ve Tunus da bol miktarda yabancı maydanoz bulunduğu bildirilmektedir. Yetiştiriciliği M.Ö. 4000 yıllarına dayanır. Maydanoz normal olarak iki yıllık bir kültür bitkisidir. Birinci yıl yaprak ve yeşil aksamını, ikinci yıl ise çiçek ve tohumlarını oluşturur. Bunun yanında kökler toprak içinde uzun seneler kalabildiği için çok yıllık bitkiler grubunda da görülür. Ülkemizde yılda 32000 ton maydanoz üretimi yapılmaktadır.

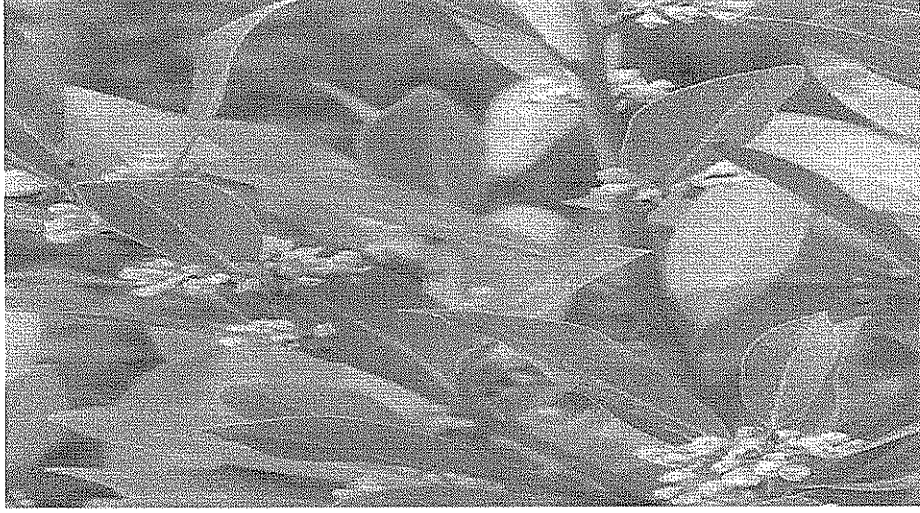


Şekil 3.2. Maydanoz bitkisinin görüntüsü

Maydanoz Bitkisinin Faydaları: Kanı alkali yaparak susuzluğu giderir. Damarları genişleterek tansiyonu düşürür. Kansızlığı giderir. Hazmı kolaylaştırarak iştah açar. İdrar söktürür, romatizma selülide de faydalıdır. Kanı temizler, direnci artırır, cildi güzelleştirir. Salgın hastalıklardan korumayı sağlar. Kansere karşı korur. Genç kalmayı sağlar. Karaciğer ve safra kesesi rahatsızlıklarında faydalıdır. Diş kanamalarını geçirir ve önler.

### 3.1.3. Defne

Defne yaprağı çay, tentür ve natürel ilaç yapımında, yağı ise merhem yapımında kullanılır. Vatanı Türkiye olan defne zamanla Akdeniz ülkeleri, Karadeniz ülkeleri, Türkistan, orta ve batı Avrupa ve Amerika ya yayılmıştır. Boyu oldukça değişkendir bazen bir funda gibi küçük, bazen de 10 metre boyunda bir ağaç gibi büyük, yapraklarını dökmeyen ve siyah kabuklu ağaçtır. Yaprakları 3–5 cm genişliğinde, 5–15 cm uzunluğunda genellikle mızrak şeklinde veya oval olup, kenarları bütün, fakat dalgalı, üst düzeyi parlak yeşil, alt yüzeyi donuk yeşil, kısa saplı ve derimsi sertliktedir. Çiçekleri yaprakların hemen dibinden çıkar ve topluca bir arada bulunur. Dişi çiçekleri küçük beyazımsı sarı veya kahverengi taç yaprakları ve erkek çiçekleri 8–12 dölllenme tozluklarına sahiptir. Meyveleri önce yeşil sonra siyah bir renk alır, takriben 1cm çapında zeytin çekirdeği gibi yüzeyi parlak, etli içinde bir tane çekirdeği vardır. Türkiye de genellikle Akdeniz, Ege ve Karadeniz bölgesinde yetişir, yaprağı ve meyvesinin yağı bir ihraç ürünüdür. Türkiye'nin iç ve doğu bölgeleri hariç hemen her yerde yetişir. Almanya'da dahi kış aylarında sera ve diğer bahçeye konarak yetiştirilmektedir. Yapraklarını kışında dökmediği için hemen her ay yapraklarını toplamak mümkündür, fakat en tesirli olduğu zaman Mayıs'tan Ekim'e kadar olan sürede toplanan yapraklarıdır. Maalesef şifalı bitkileri toplama, kurutma, paketleme ve depolama işlemleri sırasında çok yanlışlar yapılmaktadır. Bitkinin şifalı kısmı yaprak veya çiçekleri ise asla Güneş altında kurutulmaz ve mutlaka gölgede kurutulmalıdır. Örneğin, bitki 5 günde kurudu ise 2 gün daha kurumada bırakmak mahzurludur. Çünkü birleşimindeki eterik yağları kaybettiğinden kalitesi düşer. Sadece bitki kökleri güneşte kurutulur ve kurur kurumaz hemen paketlenip depolanması gerekir. Şifalı bitkilerin Aktarlarda açıkta satılması kalitesini kısa sürede sıfırlar. Meyveleri Temmuz'dan Ekim'e kadar toplamak mümkündür ve toplanan meyveleri soğuk baskı ile veya kaynatılarak yağı elde edilir.



Şekil 3.3. Defne bitkisinin görünümü

Defne Bitkisinin Faydaları: Üniversite kliniklerinde yeterince araştırma yapılmamış olup, bu nedenle bu bitki 2. sınıf şifalı bitkidir. Basura karşı Çobançantası veya Gökçek İksiri daha etkilidir.

- Yaprakları: Halk arasında baş ağrısı ve sinirsel rahatsızlıklara (neuralji) karşı çayı içilirken, basura karşı hazırlanan demi taharet yapılacak su ile karıştırılarak taharet yapılır ise basurları iyileştirir. Bugüne kadar defne yaprakları üzerine yeterince araştırma yapılmamıştır.
- Defne yağı: Defne yağı genellikle hayvanların derilerinde meydana gelen iltihaplı, iltihapsiz yaralara, çatlak ve sertliklere karşı kullanılır.

### 3.2. KURUTULACAK ÜRÜNLERİN STANDARDLARI

Gıda sektöründe baharat olarak kullanılan yassı yapraklı ürünlerin (nane, maydanoz ve defne) kurutulmasında ve kurutulduktan sonra birçok standartlar bulunmaktadır.

Bu standartlar;

- Nane için TS 3498-ISO 2256
- Maydanoz için TS 1816
- Defne yaprağı için TS 1017

Bu standartlara göre; aroma, renk ve koku özellikleri belirlenmektedir. Ürünlerin kurutulması işleminden sonra bu standartlara uygunluğu belirlenir. Kurutulması amaçlanan ürünlerin kurutulduktan sonraki kimyasal özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.1’de verilmektedir [18].

Çizelge 3.1. Ürünlerin kurutulduktan sonraki kimyasal özellikleri [18].

	Defne	Nane	Maydanoz
Rutubet muhtevası, % (m/m), en çok	7	10	-
Toplam kül, % (m/m) kuru bazda, en çok	6	10	-
Asitte çözünmeyen kül, % (m/m) kuru bazda en çok	2	2,5	-
Uçucu yağ oranı, mL 100g en az	1	0,7	-

Maydanoz bitkisi çoğunlukla yaş olarak tüketilir. Bu nedenle kurutulduktan sonraki kimyasal özellikleri bulunmamaktadır.

### 3.3. TEORİK ANALİZ

#### 3.3.1. Ürünlerin Başlangıç Nem Miktarının Belirlenmesi

Ürünlerin içerisinde bulunan bağıl nem miktarını bulmak amacıyla etüv fırın kullanılır. Üründeki bağıl nem miktarının belirlenmesi için tam kuru ağırlığının bilinmesi gerekir. Kurutma işleminde ürünleri (nane, maydanoz ve defne) sabit sıcaklıktaki (110°C) bir fırında belirli aralıklarla ağırlık ölçümleri yapılarak kurutulur. Bu işlem ikişer defa tekrarlanarak ölçümler sonucunda ağırlığın %1’den az olması halinde ürünler tam kuru kabul edilir. Eşitlik 3.1 ve 3.2’de ürünlerin kuru ve yaş esasa göre su miktarlarının hesaplanmaları görülmektedir [10].

Ürünlerin kuru esasa göre hesaplanan su miktarı;

$$NM_{KA} = \frac{YA - KA}{KA} \quad (3.1)$$

Ürünlerde yaş esasa göre hesaplanan su miktarı;

$$NM_{YA} = \frac{YA-KA}{YA} \quad (3.2)$$

### 3.3.2. Ürün İçerisindeki Nem Oranı

Nem oranı, ürünün kurutma sırasında herhangi bir anda üründe kalan buharlaşabilecek bağıl nem miktarının, üründen buharlaşacak tüm bağıl nem miktarına oranına eşittir ve Eşitlik 3.3'de görülmektedir [10].

$$NO = \frac{YA-KA}{MO-KA} \quad (3.3)$$

### 3.3.3. Özgül Nem Çekme Oranı

Kurutulan üründen 1 g nem kaldırmak için harcanması gereken enerjidir. Kurutma işlemlerinin en önemli verim etkinliği olan nem çekme oranı olarak tanımlanır ve Eşitlik 3.4'de görülmektedir [10].

$$\text{ÖNÇÖ} = \frac{m_d}{W_f} \quad (3.4)$$

### 3.3.4. Enerji Analizi

Enerji analizleri aşağıdaki Eşitliklerde görülmektedir [10].

Kuru hava için kütle korunumu;

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o \quad (3.5)$$

Hava ile taşınan su buharı için kütle korunumu;

$$\sum (\dot{m}_{Wi} - \dot{m}_{mp}) = \sum \dot{m}_{W0} \quad (3.6)$$

ya da,

$$\sum(\dot{m}_{ia} \cdot \omega_i + \dot{m}_{mp}) = \sum \dot{m}_{oa} \cdot \omega_o \quad (3.7)$$

eşitliği ile ifade edilir.

Genel enerji korunumu denklemini;

$$Q_{sc} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{ia} \cdot (h_{oa} - h_{ia}) \quad (3.8)$$

Kurutucu içerisinde buharlaşma süresince enerji miktarı;

$$Q_{sc} = \dot{m}_a \cdot (h_{ia} - h_{oa}) \quad (3.9)$$

Kolektörden kazanılan enerji ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir;

$$Q_{sc} = \dot{m}_{ia} \cdot C_{p,air} \cdot (T_{ia} - T_{oa}) \quad (3.10)$$

$$\dot{m}_{ia} = \rho_{ia} \cdot V_i \quad (3.11)$$

eşitlikleri ile belirlenir ve;

$$\dot{W} = \dot{m}_a \cdot (h_{ia} - h_{oa}) - [\dot{m}_a \cdot (h_{fg} - h_{fs})] \quad (3.12)$$

şeklinde ifade edilir [10].

Buradan;

- $\dot{m}_{ia}$ , havanın kütleli debisi (kg/s)
- $C_p$ , havanın özgül ısısı (kJ/kg°C)
- $V_i$ , havanın hacimsel debisi (m<sup>3</sup>/s)
- $\rho_{ia}$ , havanın yoğunluğu (kg/ m<sup>3</sup>)
- $T_{ia}$  ve  $T_{aa}$ , sırasıyla giren ve çıkan ortalama sıcaklıklar (°C)
- $H$ , entalpi (kJ/kg) olarak tanımlanmıştır.

### 3.3.5. Vakum Tüplü Güneş Enerjili Kurutucu Verimi

Vakum tüplü güneş enerjili kurutucudan elde edilecek olan verim Eşitlik 3.13'de görülmektedir [10].

$$\eta = \frac{Q_{sc}}{A \cdot I_{TOP}} \quad (3.13)$$

Eşitlikte;

- $Q_{sc}$ , kolektörden kazanılan enerji (W)
- A, kolektörün toplam alanı ( $m^2$ )
- $I_{TOP}$ , Kollektör yüzeyine gelen toplam güneş ışınımından elde edilen enerji ( $Ws/m^2$ ) olarak tanımlanır.

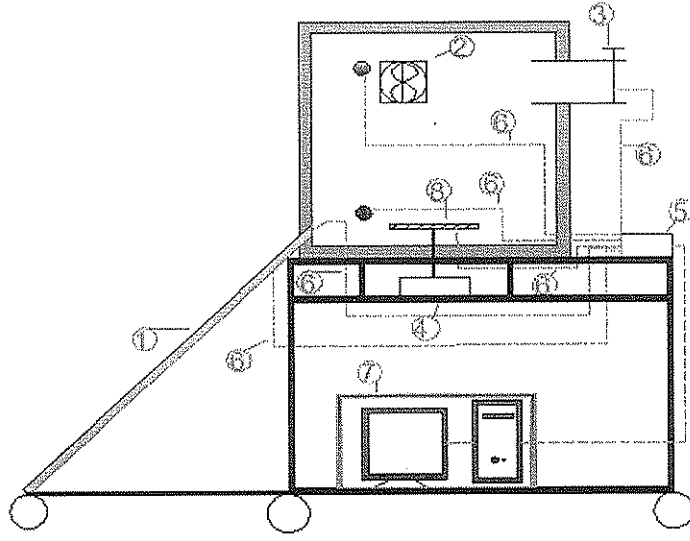
## BÖLÜM 4

### SICAKLIK, NEM VE AĞIRLIK KONTROLLÜ VAKUM TÜPLÜ GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCU VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

#### 4.1. GÜNEŞ ENERJİLİ KURUTUCU VE ÖZELLİKLERİ

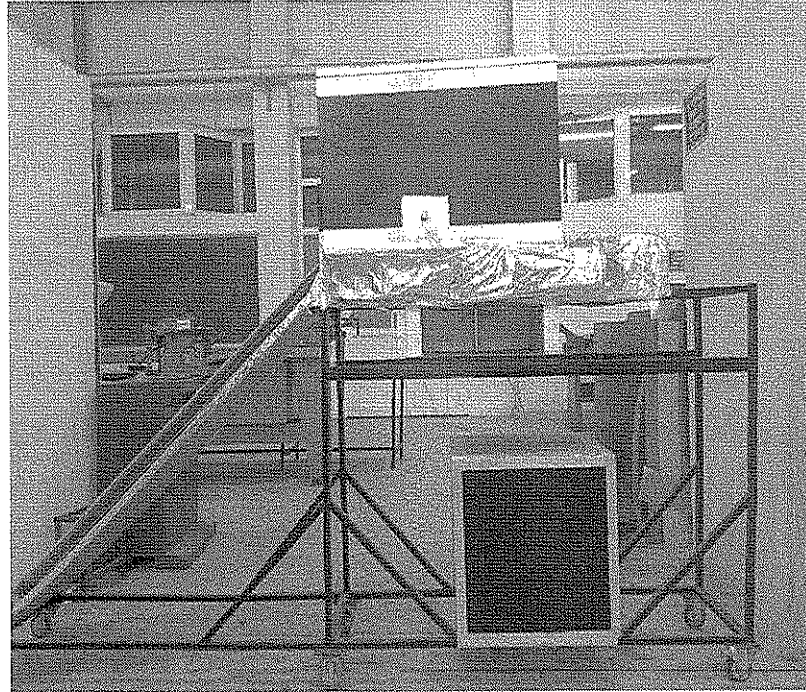
Güneş ışığı vakum tüplerle absorbe edilerek kurutucu içerisinde bulunan havanın ısınması sağlar. Isınan havanın nem taşıma kapasitesi artar ve bu sayede kurutucuda bulunan ürünlerin kurutulmasına sebep olur. Bu koşulları meydana getirmesi içinde bağıl nemin dengede tutulması gerekir. Tasarlanan kurutucuda üç tane vakum tüpü kullanılmıştır. Vakum tüpleri aracılığıyla ısınan hava kurutucu içerisine taşınmaktadır. Isınan havanın doğal sirkülasyonunun sağlanması amacıyla kurutucunun içerisine bir set konulmuştur. Bu set sayesinde ısınan hava kurutucunun üst yüzeyine temas ederek setin altında bulunan ürünlerin üzerinde bulunduğu kurutma tepsisinden geçerek tekrar vakum tüplerine geri dönmektedir. Bu işlem sırasında ortamın bağıl nemi artacaktır. Bu bağıl nem değerini dengede tutmak için sirkülasyonun akış yönünün doğrultusunda manuel kontrollü bir klape konulmuştur. Havanın sirkülasyon hızını arttırmak amacıyla kurutucu içerisinde bulunan setin üzerine fan konulmuştur. Bu fan sayesinde vakum tüplerinden gelen sıcak havanın sirkülasyon hızı artacağından ürünlerinde kuruma süresi de kısalması beklenmektedir. Şekil 4.1'de deneyde kullanılan kurutucunun şematik resmi görülmektedir.





- 1) Vakum tüpleri
- 2) Fan
- 3) Manuel kontrollü kape
- 4) Hassas terazi
- 5) Sıcaklık Ölçüm Ve Kayıt Cihazı
- 6) Sıcaklık sensörü
- 7) Bilgisayar
- 8) Ürün tepsi

Şekil 4.1. Güneş enerjili kurutucunun şematik görünümü



Şekil 4.2. Vakum tüplü güneş enerjili kurutucunun görünümü

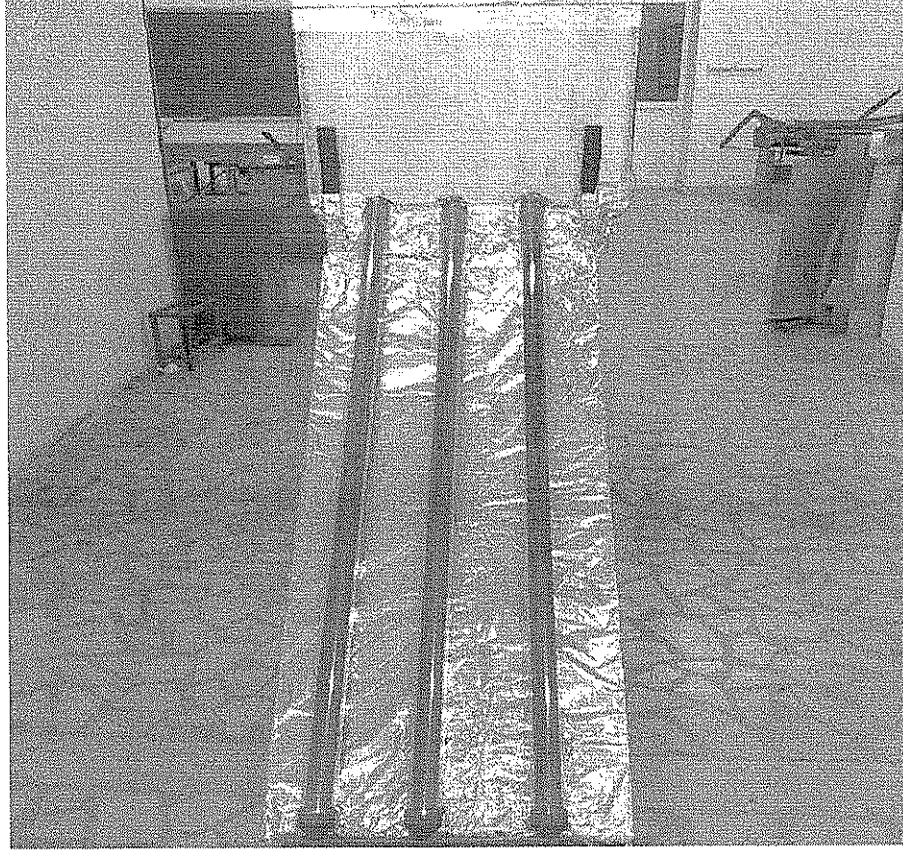
#### 4.1.1. Vakum Tüplü Güneş Enerjili Isıtıcılar

Vakumlu sistemlerde, güneşin olduğu her zaman verim alınabileceği anlaşılmış, özellikle yaz ayının dışındaki diğer mevsimlerde de bundan faydalanabileceği ortaya çıkmıştır. Bu gibi sebeplerle bu sistem üzerinde çalışılmış ve vakum tüplü kollektörler üretilerek geliştirilmiştir [19].

1909 yılında Emmet günümüzde kullanılan çeşitli tiplerdeki vakum tüplü kollektörleri tanıtmıştır. Speyer, vakum tüplü düz yutucu plakalı kollektörlerin yüksek sıcaklıklar için kullanılabilmesini kanıtlamıştır. Vakum borulu alıcıları, yoğunlaştıran toplayıcı sistemlerinde kullanmak bazı araştırma grupları tarafından düşünülmüştür. Kollektör performansını iyileştirmek ve maliyeti azaltmak için 1960'lı yıllarda yansıtıcılar kullanılmıştır. Bu arada vakum tüp alıcıların V yansıtıcılarla kullanımı Hollands ve Durand tarafından tanıtılmıştır.

Vakum tüplü kollektörler iç içe geçmiş iki cam arasının vakumlanmasıyla oluşmaktadır. Dıştaki cam boru güneşten gelen ışını içteki cam boruya iletmektedir. İçteki borunun üzeri selektif bir malzemeyle kaplı olmasından dolayı cam üzerine düşen güneş ışını absorbe ederek boru içerisindeki akışkanı ısıtır. Borular arası vakumlu olduğundan borular arası iletimle, kollektör dışında gerçekleşen taşınım, kaplama malzemesinden kaynaklanan ışıınımdan dolayı ısı kayıpları yok denecek kadar azdır. Isınan akışkanın yer değiştirmesi kuramıyla, ısınan akışkan depoya gider. Bu akışkanın yerini ise depodan gelen soğuk akışkan alır. Vakum tüplü kollektörlerde dış boru silindriktir. Bu nedenle güneşten gelen ışınları tüm açılardan  $90^\circ$  olarak alır [19].

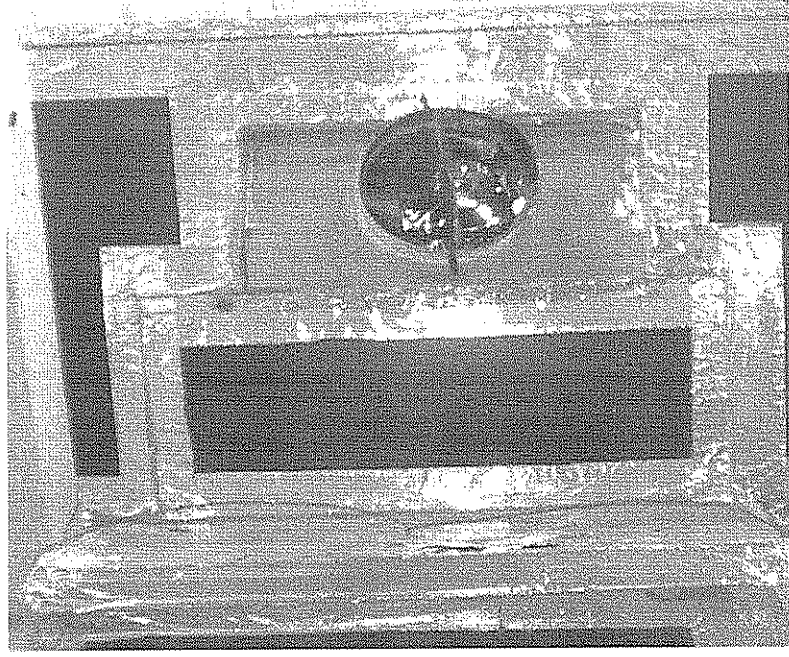
Şekil 4.3'de güneş enerjili kurutucunun içerisinde bulunan havanın ısıtılmasını sağlayan vakum tüpleri görülmektedir.



Şekil 4.3. Güneş enerjili kurutucu içerisinde bulunan havanın ısıtılmasını sağlayan vakum tüpleri

#### 4.1.2. Klape

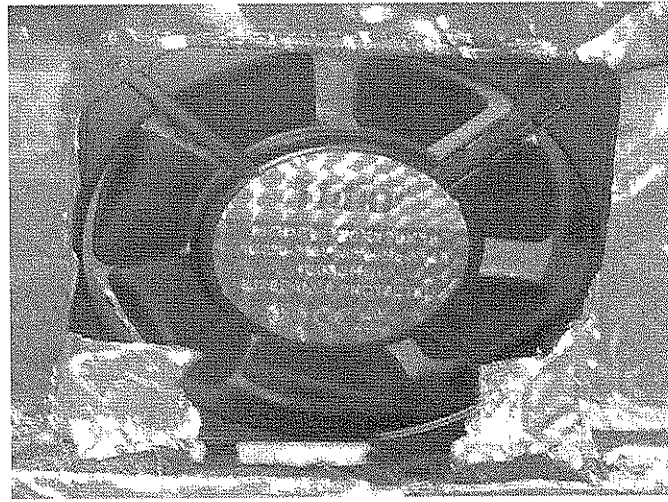
Vakum tüplerinden gelen sıcak havanın güneş enerjili kurutucu içerisinde sirkülasyonu sırasında bağıl nemin dengede tutulmasını ve ürünlerin standartlara uygun olarak kurutulmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Manuel olarak kontrol edilen bu sistem Şekil 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.4. Kurutucu içerisinde bulunan havanın bağıl neminin kontrolünü sağlamak amacıyla tasarlanan manüel kontrollü bir klape

#### 4.1.3. Fan

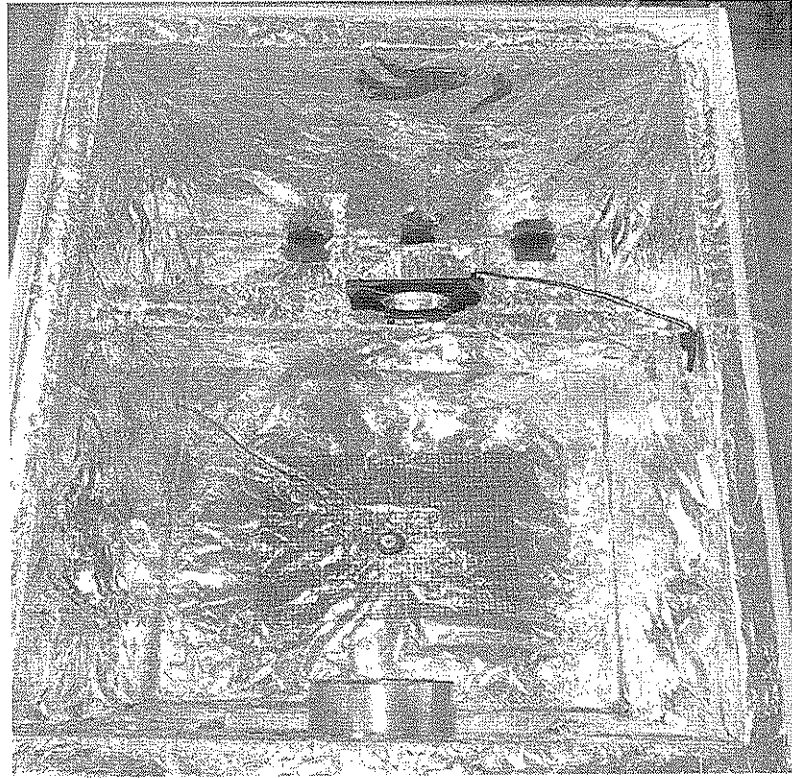
Güneş enerjili kurutucu içerisinde bulunan havanın sirkülasyonunu hızlandırmak ve ürünlerin kuruma süresine etkisini belirlemek amacıyla kurutucunun içerisine konulmuştur. Bu fan Şekil 4.5’de görülmektedir.



Şekil 4.5. Sirkülasyon hızına etki eden fanın görünümü

#### 4.1.4. Kurutma Ünitesi

Isı kaybını önlemek için kurutucu içerisi 2 cm kalınlığında strafor ile yalıtılarak üzeri alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Vakum tüpleri aracılığıyla ısınan hava kurutucu içerisine taşınmaktadır. Isınan havanın doğal sirkülasyonunun sağlanması amacıyla kurutucunun içerisine bir set konulmuştur. Bu set sayesinde ısınan hava kurutucunun üst yüzeyine temas ederek setin altında bulunan ürünlerin üzerinde bulunduğu kurutma tepsisinden geçerek tekrar vakum tüplerine geri döner. Böylelikle doğal bir sirkülasyon gerçekleşir. Kurutucu içinde bulunan setin üstündeki fan ise sirkülasyonun hızlanmasını ve ürünlerin daha kısa sürede kurutulmasını sağlar. Bu sistem Şekil 4.6'de görülmektedir.



Şekil 4.6. Güneş enerjili kurutucunun iç tasarım görünümü

## 4.2. ÖLÇÜM CİHAZLARI

Güneş enerjili kurutucuda ürünleri kuruturken standartlara uygun olarak; sıcaklığı, nemi ve ağırlığı, ölçen cihazlar kullanılmaktadır.

### 4.2.1. Testo 625 Sıcaklık ve Nem Ölçüm Cihazı

Bu cihaz kurutucu içerisinde bulunan havanın sıcaklık ve bağıl nem değerlerini ölçmek amacıyla kullanılır. Cihazın üst probunda bir sensör bulunmaktadır. Bu cihazın ölçüm aralıkları aşağıdaki Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Testo 625 nem ve sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri

Nem	%0 ile %100RH arasında
Sıcaklık	-10 ile +60°C arasında
Hassasiyet	±%2,5RH, ±0,5°C
Rezolüsyon	%0.1RH • 0.1°C (-50 ile +200°C arasında) • 1°C (+200.1 ile +1000°C arasında)
Hesaplanan değişkenler	Çiyleşme sıcaklığı (td), yaş termometre (wetbulb) • HOLD/MAX/MIN fonksiyonları, °C ve °F dönüşümleri • Sudan etkilenmeyen nem sensörü • 2 satır LCD ekran • Ekran aydınlatma

### 4.2.2. Hassas Terazı

Kurutulacak ürünlerin (nane, maydanoz ve defne) tartımında kullanılır. KERN marka hassas terazi 0,01 g hassasiyetle çalışmaktadır. Maksimum ölçüm kapasitesi 3100 g’dır. 10 saat şarj edilebilir pili sayesinde çalışma süresi 35 saate yakındır.

#### 4.2.3. Sıcaklık Ölçüm Ve Kayıt Cihazı

Güneş enerjili kurutucunun birçok noktasına bağlı sensör aracılığı ile sıcaklık ölçüm yapılarak kayıt cihazı yardımı ile bilgisayar ortamına aktarılır. Sensörlerden gelen bu değerler bilgisayara otomatik olarak kayıt edilir.

Sensörlerin bağlı olduğu yerler;

- $T_1$  : Vakum tüplerinin üst yüzeyinde,
- $T_2$  : Vakum tüplerinin kurutucuya giriş noktasında,
- $T_3$  : Ürünlerin konulduğu kurutma tepsisinin alt kısmında,
- $T_4$  : Kurutucu içindeki setin alt yüzeyinde,
- $T_5$  : Kurutucu içindeki setin üst yüzeyinde,
- $T_6$  : Nem kontrolünün sağlandığı klape çıkışında,

olarak belirlenmiştir. Sensör, kayıt cihazı ve PC bağlantıları Şekil 4.7'de görülmektedir.



Şekil 4.7. Sensörlerin bağlı olduğu sıcaklık ölçüm ve kayıt cihazı

#### 4.2.4. Piranometre (Solarmetre)

Güneş ışınımı (direkt + difüz) piranometre (Solar 118) yardımı ile  $W / m^2$  cinsinden 30 dakikalık aralıklarla ölçülerek manuel olarak kaydedilmiştir.

## BÖLÜM 5

### DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Vakum tüplü güneş enerjili kurutucunun en verimli şekilde çalışması sağlanır. Bu amaçla, vakumlu tüplerin güneş ışınına 90° dik gelecek şekilde konulmuştur. Vakum tüplü güneş enerjili kurutucu üzerine güneş ışınlarının 90° dik olarak geldiği saat 12.00'dir.

Kurutulacak numunelerle deney aşamasına başlamadan önce kurutucu içerisindeki havanın sıcaklığı ve nem taşıma kapasitesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla deneye başlamadan önce bir ıslak kumaş parçasını kurutucu içerisindeki ürünlerin koyulduğu tepsinin üzerine konulmuştur. Bu ıslak kumaş parçasının belli zaman aralıklarında testo 625 ölçüm cihazı ile sıcaklık ve nem değerleri ölçüldü. Bu değerlere bağlı olarak psikrometri diyagramından yararlanılarak çiy noktası sıcaklığı bulundu (Çizelge Ek C.1). Bu sayede havanın taşıyabileceği nem miktarı belirlenmiş oldu.

Deney Teknik Eğitim Fakültesi'nde Tesisat Ana Bilim Dalı Atölyesinin önünde gerçekleştirilmiştir. Binanın gölgeleme faktörü dikkate alınarak deneylere başlanılmıştır. Saat 9.00'da havanın sıcaklık, nem ve radyasyon değerleri ölçülmüştür. Ürünlerin kurutulmadan önceki ağırlığı hassas terazide ölçülüp kurutucu içerisindeki kurutma tepsi üzerine konulmuştur. Sabit saat aralıklarında kurutucu üzerinde bulunan deliklerden ve klappenin çıkışından sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Bunun yanı sıra havanın dış bağıl nem değeri ve solarmetre ile radyasyon değeri ölçülmüştür. Aynı zamanda bilgisayar destekli sensörler aracılığıyla sıcaklık değerleri otomatik olarak bilgisayara kayıt edilmiştir. Kurutma yöntemlerinin farklarını belirlemek amacıyla, aynı miktarda ürünleri sergi yöntemiyle güneş ışınına direkt maruz bırakılarak kurutulmuştur. Bu deneyler saat 16.30'a kadar devam etmiştir. Aynı ürünlerden aynı miktarlarda aynı yöntemlerle



birer gün boyunca kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir günün sonunda kurutucudaki havanın doğal sirkülasyonun yanı sıra cebri sirkülasyonlu sistem de kullanılmıştır. Bu sistemler de diğer günlerde olduğu gibi aynı miktarlarda ürünler kurutulmuştur

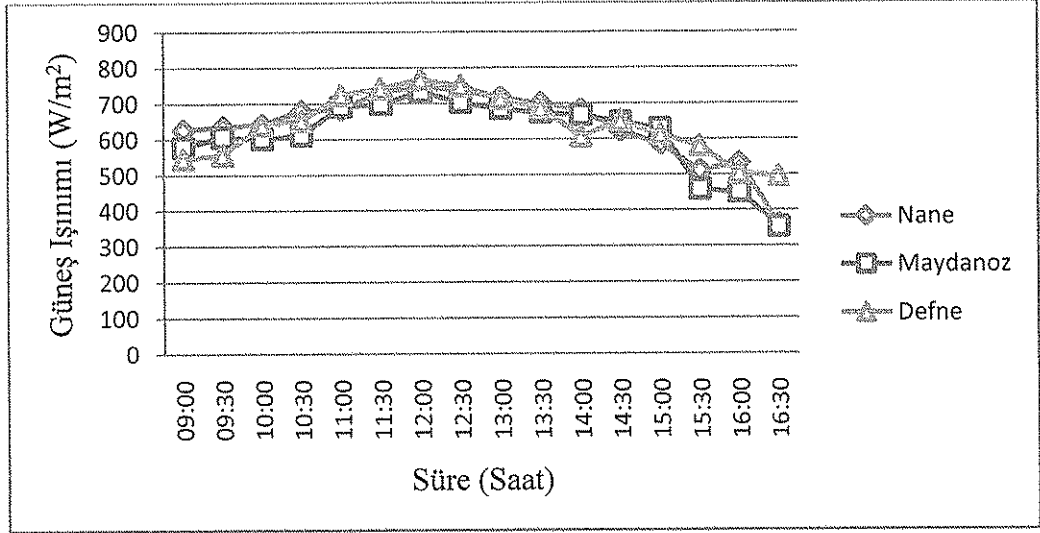
## **5.1. DENEYLERİN YAPILMASI, METOT VE SONUÇLAR**

Vakum tüplü güneş enerjili kurutucuda nane, maydanoz ve defne kurutulmasına ait deneyler yapılmıştır. Deneyler, 03.06.2011 ile 8.06.2011 tarihleri arasında her bir ürün için, kurutucuda doğal ve cebri sirkülasyonlu olarak birer gün, güneş ışınımı altında (sergi) ise birer gün süreyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde kurutucu havasının taşıyabileceği nem miktarının çiy noktası sıcaklığı maksimum 33,4°C minimum ise 11,5°C olarak belirlenmiştir. Eşit başlangıç ağırlıklarına sahip (50 g) nane, maydanoz ve defne 09:00 ve 16:30 saatleri arasında 7,5 saat boyunca kurutulmuşlardır. Deneylerde kurutulan ürünlerde meydana gelen nem içeriği değişimleri, kurutucunun kurutma havası sıcaklığı, bağıl nem miktarları ve kütle değişimleri gibi ölçümler yapılmıştır.

Kurutma işlemine başlamadan önce ürünlerde meydana gelen bağıl nem değişimlerinin bilinmesi gerekir. Kurutma işleminde ürünleri (nane, maydanoz ve defne) sabit sıcaklıktaki (110°C) bir fırında belirli aralıklarla ağırlık ölçümleri yapılarak kurutulmuştur. Bu işlem ikişer defa tekrarlanarak ölçümler sonucunda ağırlığın %1'den az olması halinde ürünler tam kuru kabul edilmiştir. Başlangıç nem miktarları nane, maydanoz ve defne yaprakları için sırasıyla 3,07 g su/g kuru madde, 2,64 g su/g kuru madde ve 1,09 g su/g kuru madde olarak bulunmuştur.

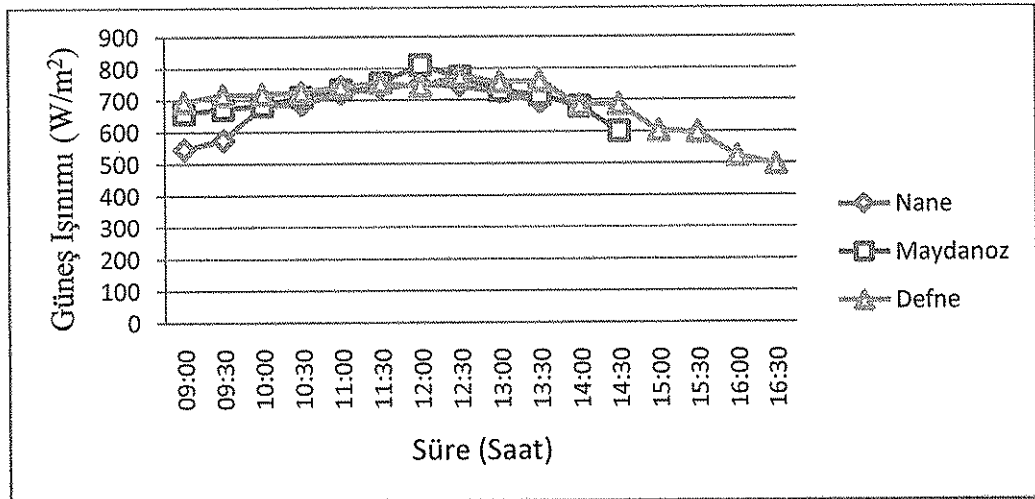
### **5.1.1. Güneş Işınım Değerleri**

Deneylerin yapıldığı günlere ait vakum tüplerin üzerine gelen güneş ışınımı değerleri 30 dakika arayla ölçülmüş ve Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de bu değerler görülmektedir.



Şekil 5.1. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda ürünler kurutulurken vakum tüpleri üzerine gelen güneş ışınım değerleri

Vakum tüplü güneş enerjili kurutucuda nane, maydanoz ve defne yaprakları için sırasıyla 03.06.2011, 05.06.2011 ve 07.06.2011 tarihinde deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerde güneş ışınım miktarı, her deney için sabah saatlerinden itibaren artmaya başlayıp saat 12:00'da nane, maydanoz ve defne için sırasıyla  $745 \text{ W/m}^2$ ,  $732 \text{ W/m}^2$  ve  $766 \text{ W/m}^2$  değerlerine ulaşmış ve akşam saatlerine doğru ise azalmaya başlamıştır.

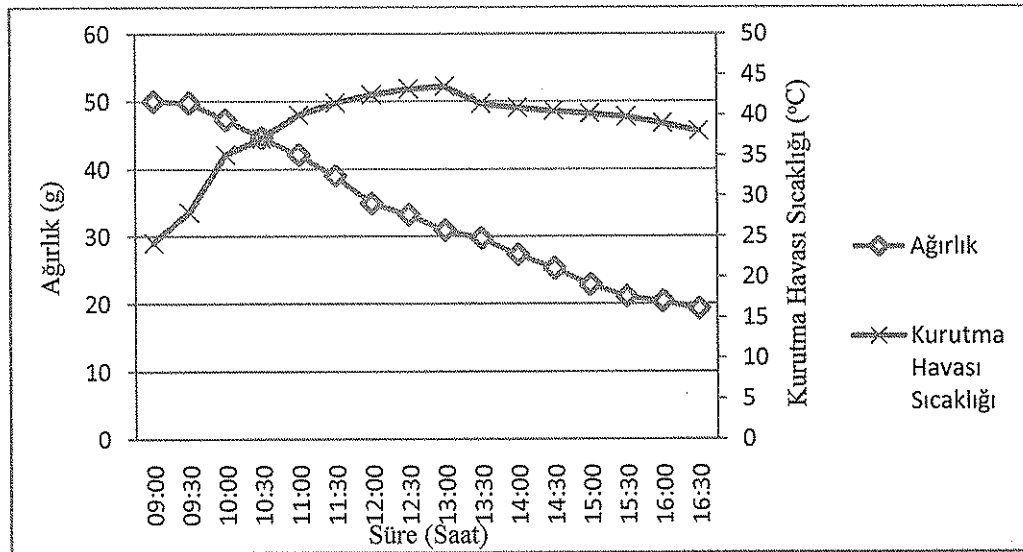


Şekil 5.2. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda ürünler kurutulurken vakum tüpleri üzerine gelen güneş ışınım değerleri

Vakum tüplü güneş enerjili kurutucuda nane, maydanoz ve defne yaprakları için sırasıyla 04.06.2011, 06.06.2011 ve 08.06.2011 tarihinde deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerde güneş ışınım miktarı, her deney için sabah saatlerinden itibaren artmaya başlayıp saat 12:00'da nane ve maydanoz ve için  $751 \text{ W/m}^2$  ve  $810 \text{ W/m}^2$  değerlerine ulaşmıştır. İstenilen tam kuruluk miktarına ulaştığı için nane ve maydanozu sırasıyla saat 13:30 ve 14:30'da son verilmiştir. Defne yaprağı ise  $776 \text{ W/m}^2$  değerine ulaşip akşam saatlerine doğru azalmaya başlamıştır.

### 5.1.2. Ürünlerde Meydana Gelen Ağırlık Değişim Değerleri Ve Kurutma Havası Sıcaklıklarının Karşılaştırılması

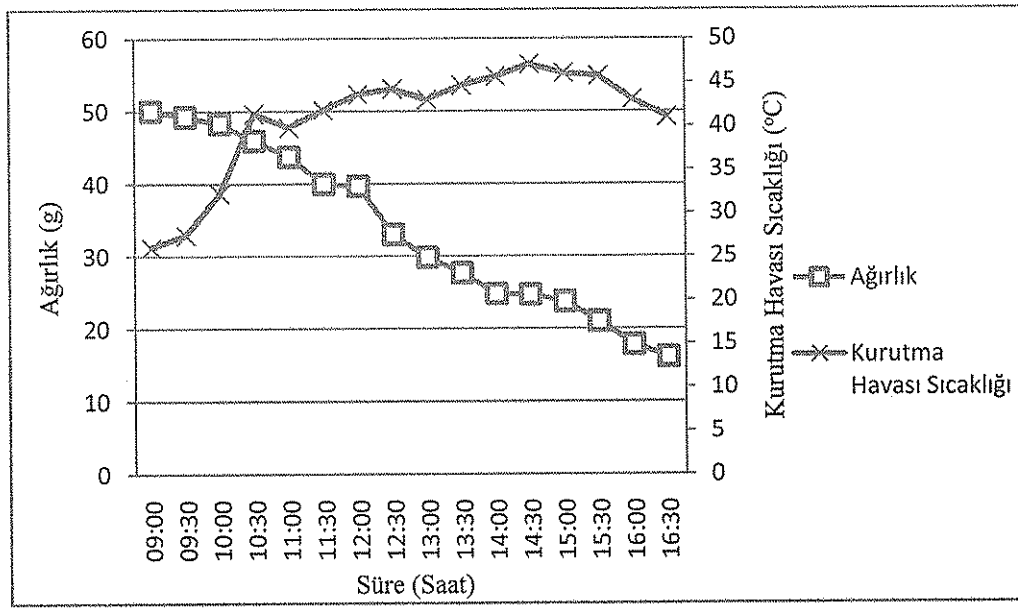
Kurutma havasının sıcaklığı ürünün kurutulmasında en önemli faktördür. Güneş enerjili kurutucunun hava sıcaklığının artmasıyla üründe bulunan bağıl nem miktarı azalır. Kurutma havası sıcaklığı, güneş ışınım değerleri ile doğru orantılı olarak değişir. Bunun nedeni birim alana düşen ışınım miktarının artmasıyla birlikte kurutucu içerisine giren enerji miktarının da artmasıdır. Deneyler sırasında kurutucu içerisindeki hava sıcaklığı 30 dakika arayla ölçülmüştür. Kurutma havası sıcaklığı arttıkça ürünlerin ağırlığında da azalma meydana gelmiştir. Bu değişimler Şekil 5.3 – 5.8'de görülmektedir.



Şekil 5.3. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan nanenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri

03.06.2011 tarihinde yapılan nane yaprağını kurutma deneyine saat 9:00'da 50 g olarak başlanılmış ve saat 16:30'a kadar devam edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte ürünün nem atma oranı da artmıştır. Nane yaprağı için son ağırlığı 19,28 g olarak ölçülmüştür.

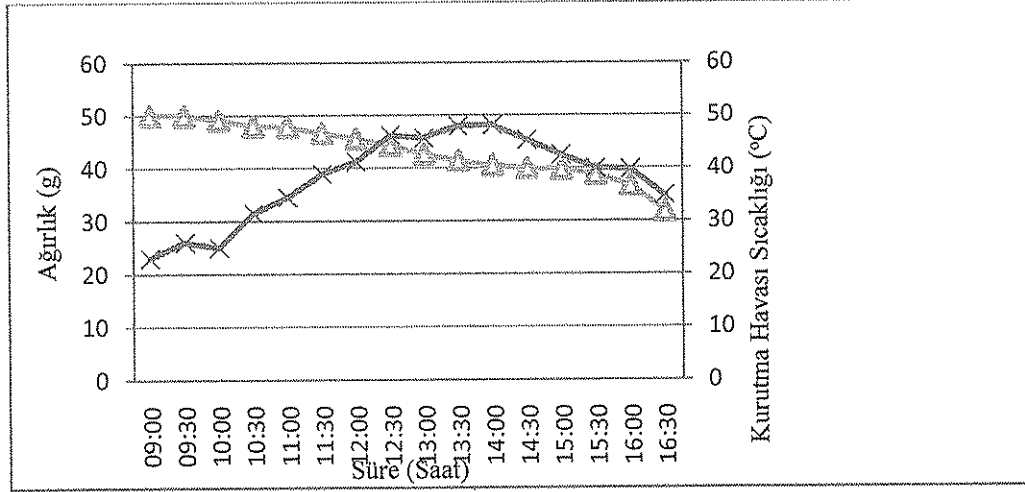
Nane yaprağı deneyinde vakum tüpü iç sıcaklığı saat 14:30'da maksimum 135,8°C olarak ölçülmüştür ve buna karşılık gelen kurutma havası sıcaklığı 40,5°C olarak belirlenmiştir (Çizelge Ek A.1).



Şekil 5.4. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulanan maydanozun ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değışimi değerleri

05.06.2011 tarihinde yapılan maydanoz yaprağını kurutma deneyine saat 9:00'da 50 g olarak başlanılmış ve saat 16:30'a kadar devam edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte ürünün nem atma oranı da artmıştır. Maydanoz yaprağı için son ağırlığı 16,16 g olarak ölçülmüştür.

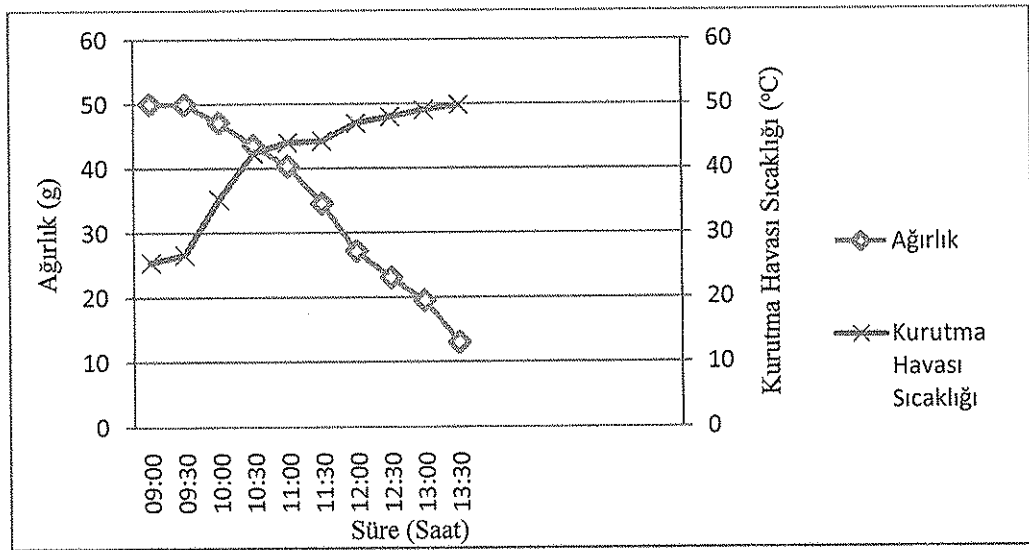
Maydanoz yaprağı deneyinde vakum tüpü iç sıcaklığı saat 15:00'da maksimum 122,6°C olarak ölçülmüştür ve buna karşılık gelen kurutma havası sıcaklığı 46°C olarak belirlenmiştir (Çizelge Ek A.2).



Şekil 5.5. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan defnenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri

07.06.2011 tarihinde yapılan defne yaprağını kurutma deneyine saat 9:00'da 50 g olarak başlanılmış ve saat 16:30'a kadar devam edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte ürünün nem atma oranı da artmıştır. Defne yaprağı için son ağırlığı 31,78 g olarak ölçülmüştür.

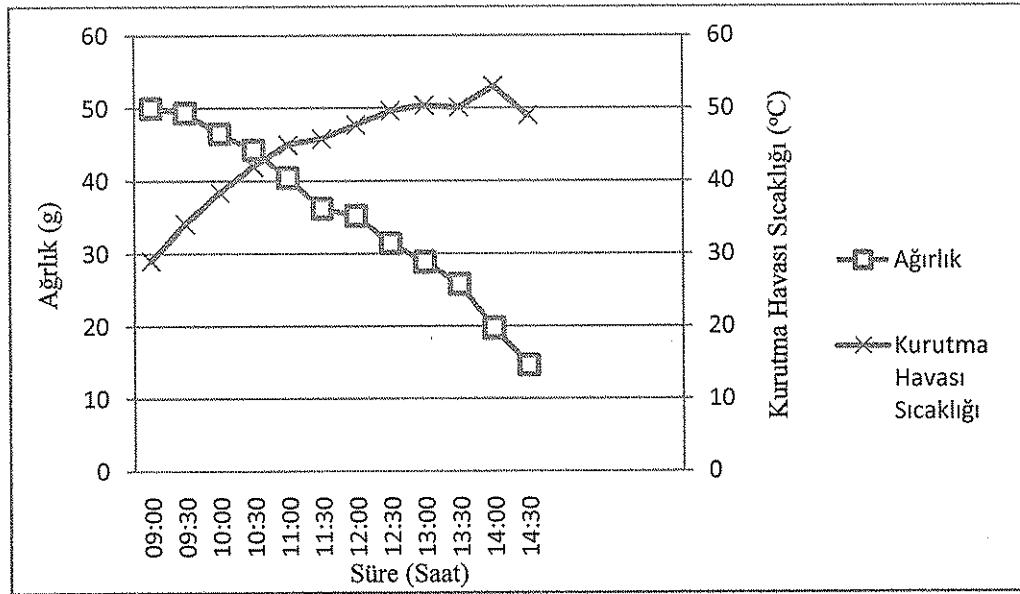
Defne yaprağı deneyinde vakum tüpü iç sıcaklığı saat 11:00'da maksimum 155,1°C olarak ölçülmüştür ve buna karşılık gelen kurutma havası sıcaklığı 34,5°C olarak belirlenmiştir (Çizelge Ek A.3).



Şekil 5.6. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan nanenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri

04.06.2011 tarihinde yapılan nane yaprağını kurutma deneyine saat 9:00'da 50 g olarak başlanılmış ve istenilen tam kuruluk miktarına ulaştığı anda deneye saat 13:30'da son verilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte ürünün nem atma oranı da artmıştır. Nane yaprağı için son ağırlığı 13,02 g olarak ölçülmüştür. Sirkülasyon hızının artmasıyla birlikte nane yapraklarında kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir (Şekil 5.25).

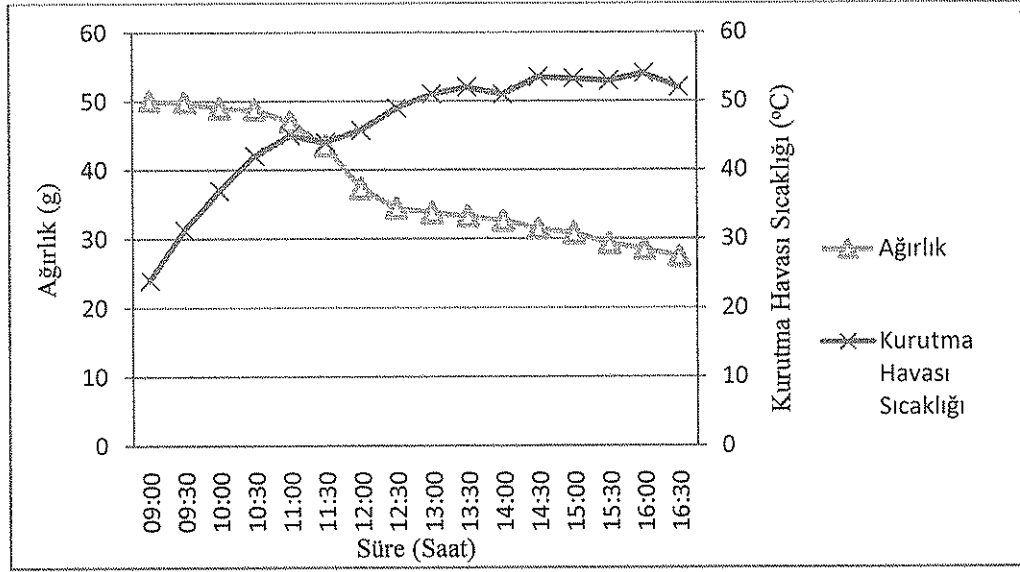
Nane yaprağı deneyinde vakum tüpü iç sıcaklığı saat 13:30'da maksimum 114,1°C olarak ölçülmüştür ve buna karşılık gelen kurutma havası sıcaklığı 46,8°C olarak belirlenmiştir (Çizelge Ek B.1).



Şekil 5.7. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan maydanozun ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri

06.06.2011 tarihinde yapılan maydanoz yaprağını kurutma deneyine saat 9:00'da 50 g olarak başlanılmış ve istenilen tam kuruluk miktarına ulaştığı anda deneye saat 14:30'da son verilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte ürünün nem atma oranı da artmıştır. Nane yaprağı için son ağırlığı 14,63 g olarak ölçülmüştür.

Maydanoz yaprağı deneyinde vakum tüpü iç sıcaklığı saat 11:30'da maksimum 130,2°C olarak ölçülmüştür ve buna karşılık gelen kurutma havası sıcaklığı 45°C olarak belirlenmiştir (Çizelge Ek B.2).



Şekil 5.8. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan defnenin ağırlık ve kurutma havası sıcaklık değişimi değerleri

08.06.2011 tarihinde yapılan defne yaprağını kurutma deneyine saat 9:00'da 50 g olarak başlanılmış ve saat 16:30'da deneye son verilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte ürünün nem atma oranı da artmıştır. Defne yaprağı için son ağırlığı 27,41 g olarak ölçülmüştür. Sirkülasyon hızının artmasıyla birlikte defne yapraklarında kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir (Şekil 5.29).

Defne yaprağı deneyinde vakum tüpü iç sıcaklığı saat 14:00'da maksimum 166,5°C olarak ölçülmüştür ve buna karşılık gelen kurutma havası sıcaklığı 45,4°C olarak belirlenmiştir (Çizelge Ek B.3).

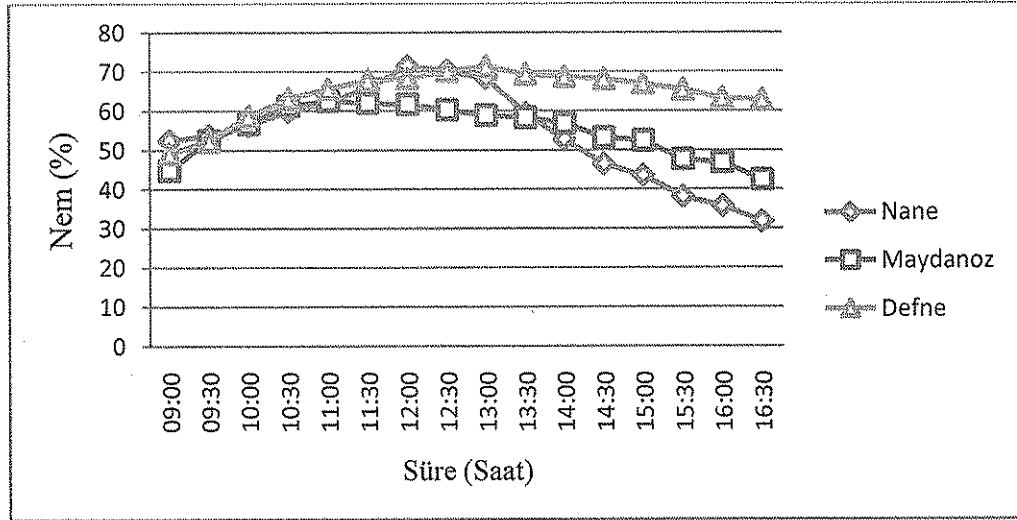
Doğal sirkülasyonlu kurutucuda ürünler kurutulurken güneş altında kurutulan nane, maydanoz ve defnenin son ağırlıkları sırasıyla 10,71 g, 9,46 g ve 28,82 g olarak belirlenmiştir. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda ürünler kurutulurken güneş altında kurutulan nane, maydanoz ve defnenin son ağırlıkları sırasıyla 8,91 g, 8,97 g ve 28,27 g olarak belirlenmiştir.

### 5.1.3. Deneyler Sırasında Ölçülen Bağıl Nem Değerleri

Yapılan deneylerde güneş enerjili kurutucuda ve dış ortamın bağıl nem değerleri ölçülmüştür.

#### 5.1.3.1. Güneş Enerjili Kurutucuda Ölçülen Bağıl Nem Değerleri

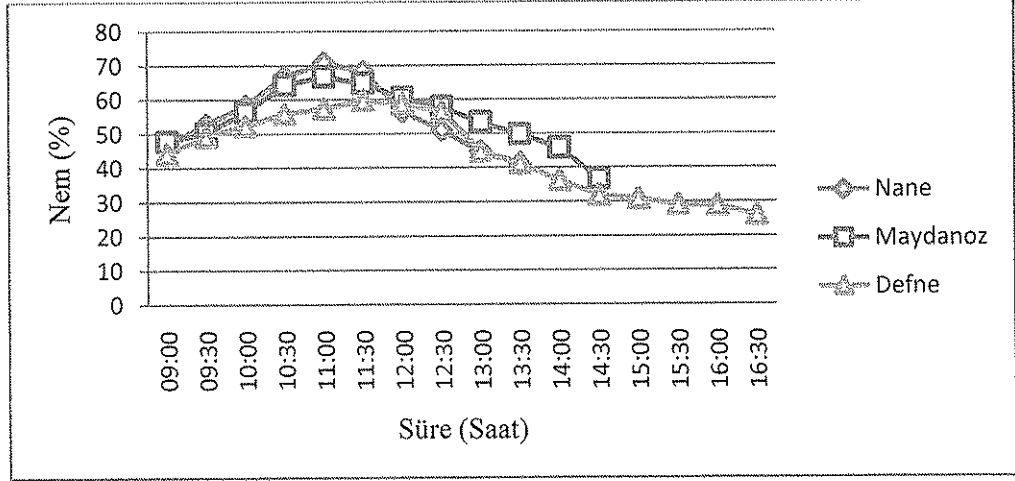
Kurutma havası sıcaklığı arttıkça ürünlerden uzaklaşan bağıl nem değeri artmaktadır. Bu nedenle kurutucu içerisinde fazla nem oluşmaktadır. Deneyler sırasında kurutucunun içerisindeki bağıl nem değeri % 70 den fazla olduğu durumlarda klape açılıp nemli hava dış ortama atılmıştır. Bu değerler Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da görülmektedir.



Şekil 5.9. Doğal sirkülasyonlu kurutucuda ölçülen bağıl nem değerleri

03.06.2011, 05.06.2011 ve 07.06.2011 tarihlerinde yapılan sırasıyla nane, maydanoz ve defne yaprağını kurutma deneylerinde nane yaprağı için saat 12:00'da bağıl nem miktarı % 71,5'e ulaştığı anda klape açılmış ve % 66,8 değerine geldiğinde klape kapatılmıştır. Defne yaprağı ise saat 12:30 ve 13:00'da sırasıyla % 70,1 ve % 71,3'e ulaştığı anda klape açılmıştır ve % 67,3 ve % 68,5 değerine geldiğinde klape kapatılmıştır.



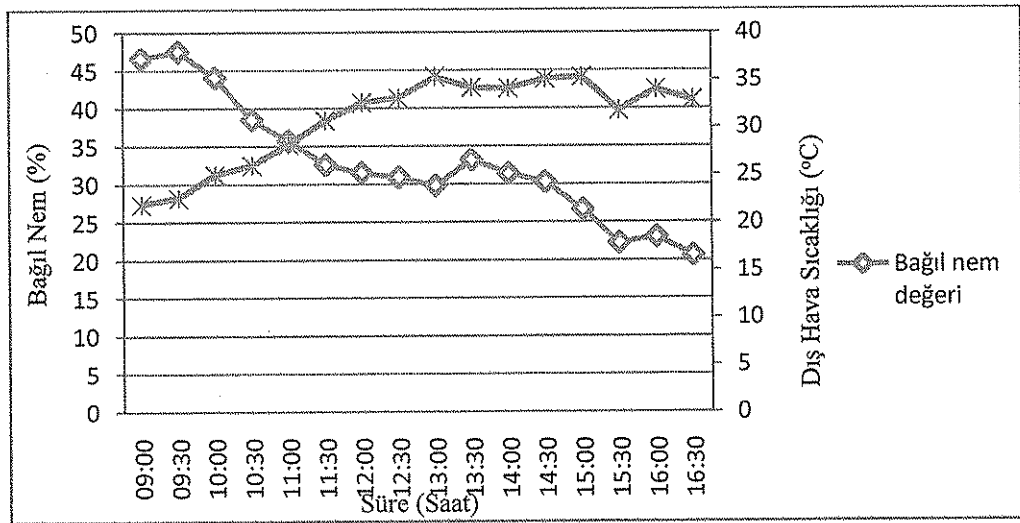


Şekil 5.10. Cebri sirkülasyonlu kurutucuda ölçülen bağıl nem değerleri

04.06.2011, 06.06.2011 ve 08.06.2011 tarihlerinde yapılan sırasıyla nane, maydanoz ve defne yaprağını kurutma deneylerinde nane yaprağı için saat 11:00'da bağıl nem miktarı % 70,8'e ulaştığı anda klape açılmış ve % 69 değerine geldiğinde klape kapatılmıştır.

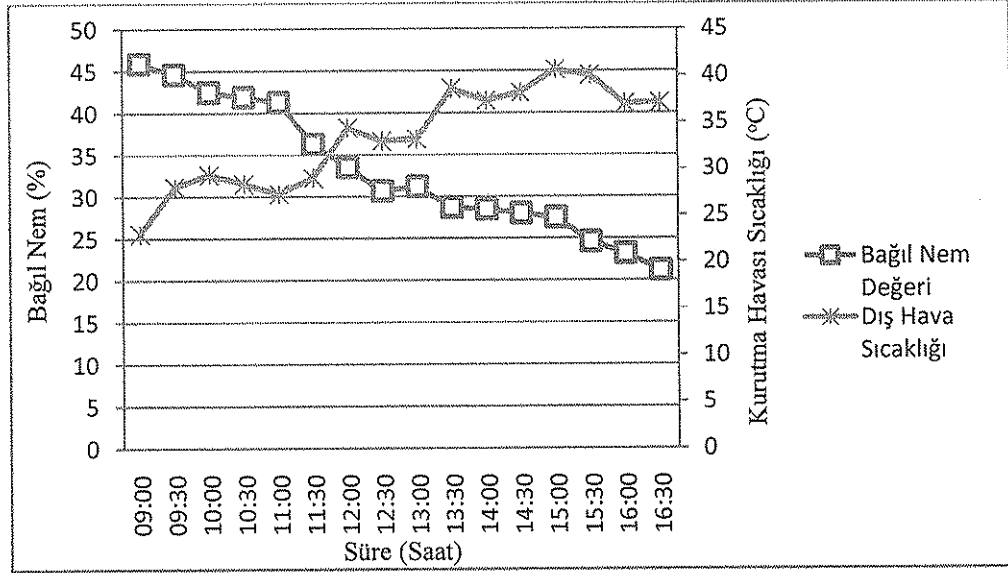
### 5.1.3.2. Dış Hava Bağıl Nem Değerleri

Dış hava bağıl nem değerleri, dış hava sıcaklığı arttıkça azalmaktadır ve bu değerler Şekil 5.11 - 5.16'da görülmektedir.

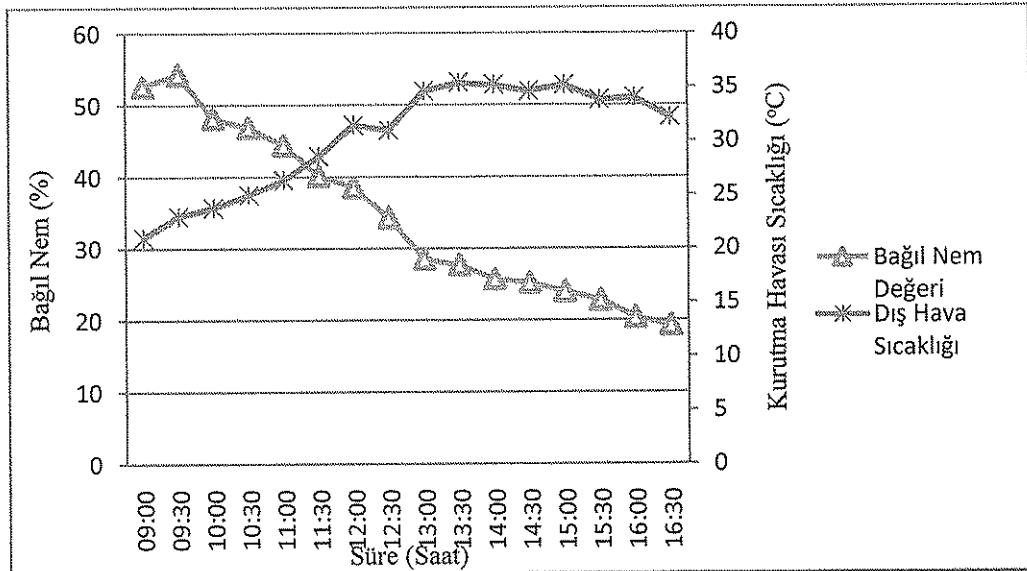


Şekil 5.11. Doğal sirkülasyonu kurutucuda nanenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması

3.06.2011’de yapılan nane kurutuma deneyinde dış ortam sıcaklığının artmasıyla birlikte bağıl nemi de azalmaktadır. Dış hava sıcaklığı ve rüzgar hızının da artmasıyla birlikte, güneş altında kuruyan nane yapraklarında kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir (Şekil 5.20).

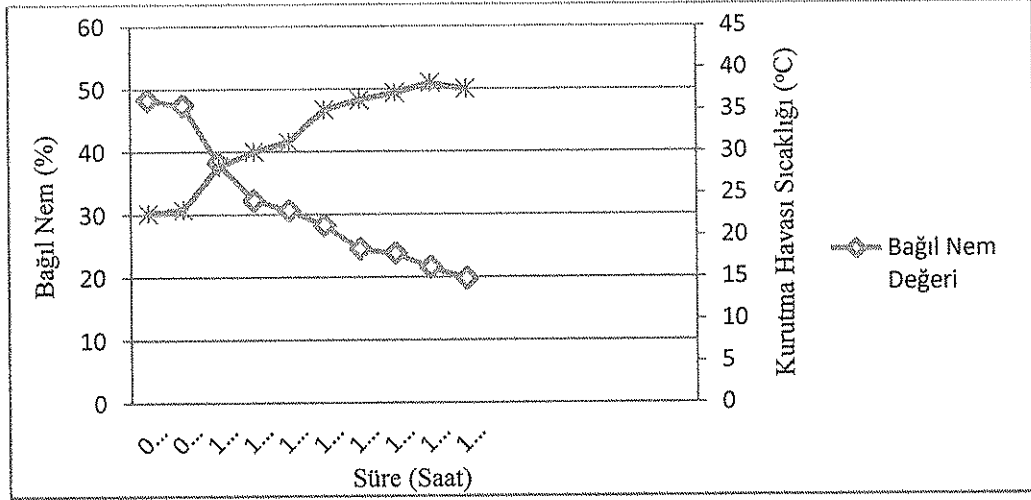


Şekil 5.12. Doğal sirkülasyonu kurutucuda maydanozun kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması



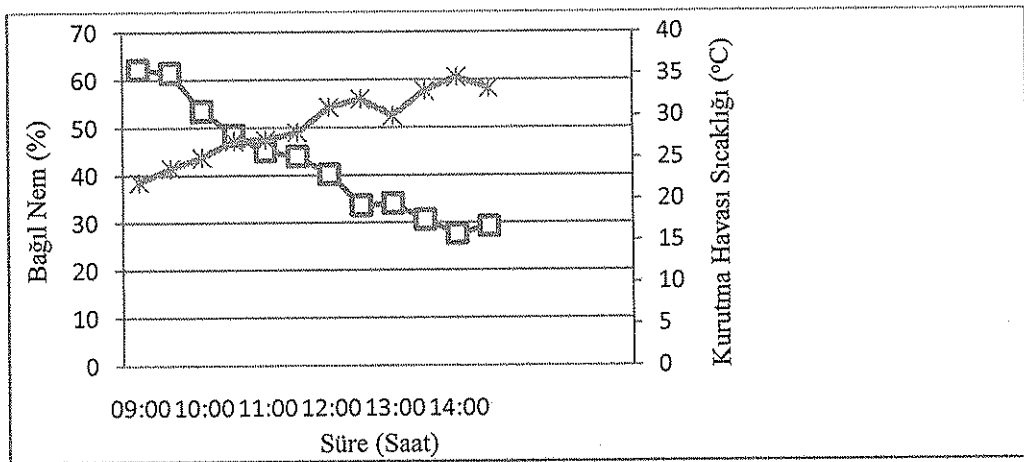
Şekil 5.13. Doğal sirkülasyonu kurutucuda defnenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması

07.06.2011 tarihinde yapılan güneş altında defne yaprağı kurutma deneyinde saat 12:30 ve 16:30 arasında dış hava sıcaklığı artmış dış hava bağıl nemi azalmıştır. Bu aralıkta kurutma maksimum gerçekleşmiştir.



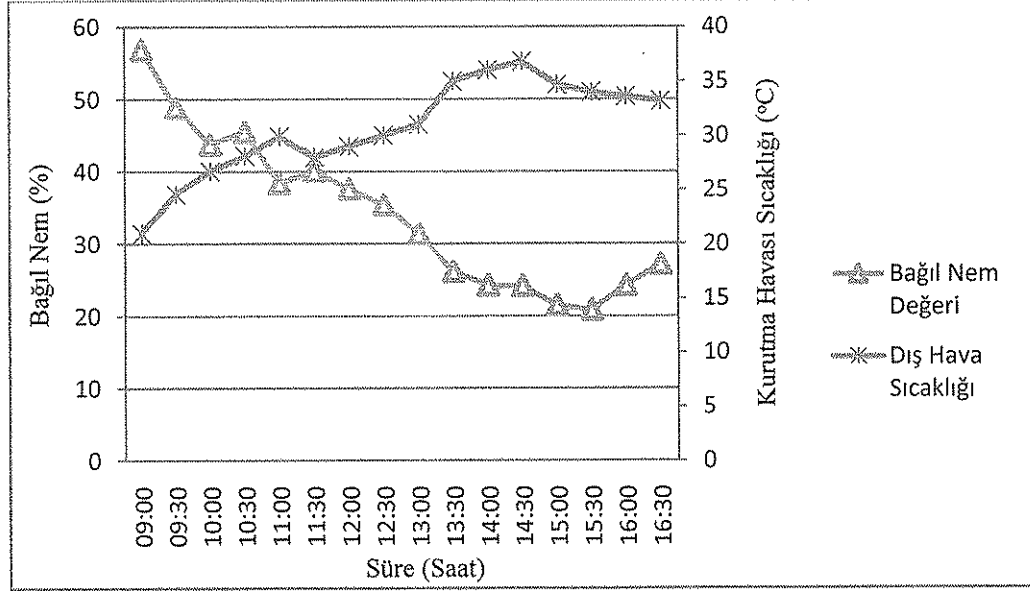
Şekil 5.14. Cebri sirkülasyonu kurutucuda nanenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması

04.06.2011 tarihinde yapılan güneş altında nane yaprağı kurutma deneyinde saat 12:30 ve 16:30 arasında dış hava sıcaklığı artmış dış hava bağıl nemi azalmıştır. Bu aralıkta kurutma maksimum gerçekleşmiştir. Dış hava sıcaklığı ve rüzgar hızının da artmasıyla birlikte güneş altında kuruyan nane yapraklarında kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir (Şekil 5.26).



Şekil 5.15. Cebri sirkülasyonu kurutucuda maydanozun kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması

05.06.2011 tarihinde yapılan güneş altında maydanoz yaprağı kurutma deneyinde saat 10:30 ve 14:30 arasında dış hava sıcaklığı artmış dış hava bağıl nemi azalmıştır. Bu aralıkta kurutma maksimum gerçekleşmiştir.

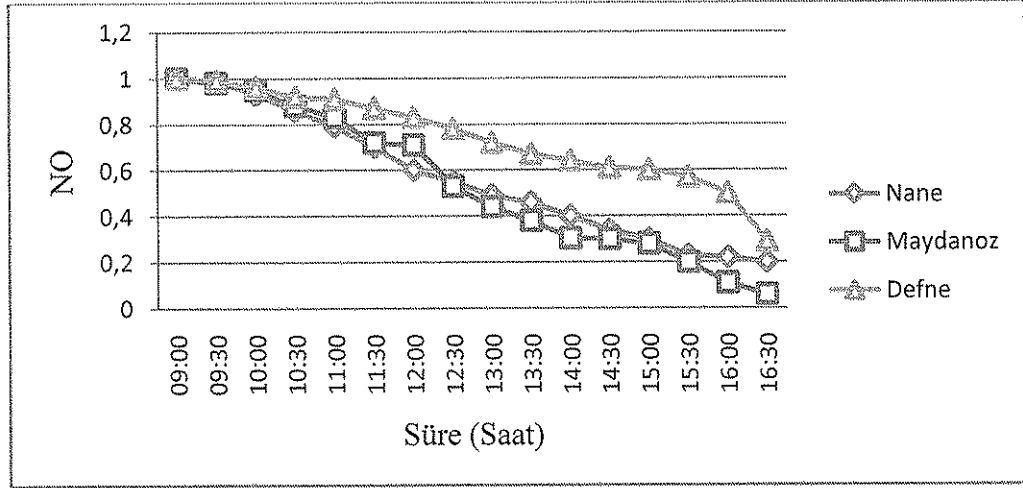


Şekil 5.16. Cebri sirkülasyonu kurutucuda defnenin kurutulma sırasındaki dış hava bağıl neminin ve dış hava sıcaklığının karşılaştırılması

08.06.2011 tarihinde yapılan güneş altında nane yaprağı kurutma deneyinde saat 11:30 ve 14:30 arasında dış hava sıcaklığı artmış dış hava bağıl nemi azalmıştır. Bu aralıkta kurutma maksimum gerçekleşmiştir. Dış hava sıcaklığı ve rüzgar hızının da rüzgarlı olmasından dolayı güneş altında kuruyan defne yapraklarında kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir (Şekil 5.30).

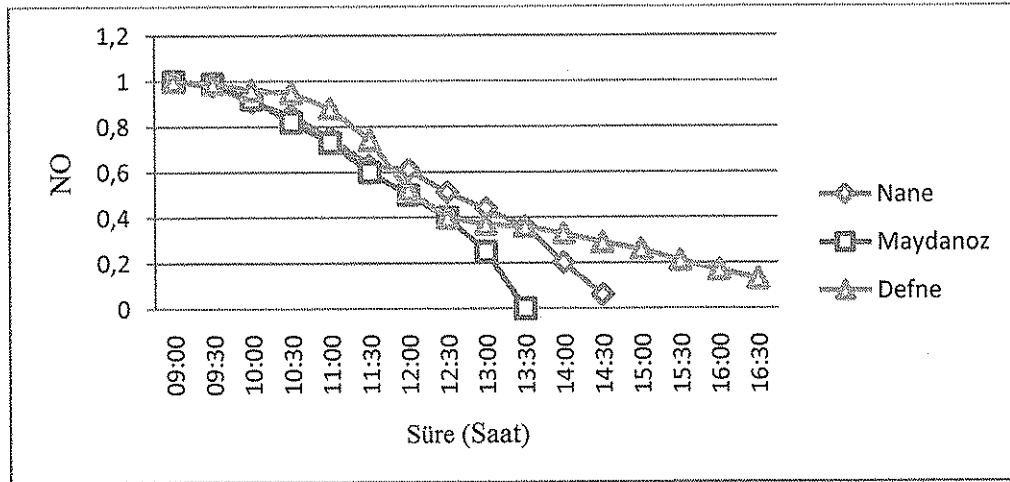
#### 5.1.4. Nem Oranı (NO)

Nem oranı, ürünün kurutma sırasında herhangi bir anda üründe kalan buharlaşabilecek nem miktarının, üründen buharlaşacak tüm nem miktarına oranı olarak tanımlanır [10]. Güneş enerjili kurutucuda kurutulan ürünlerin her biri için hesaplanan bu değerler Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'de görülmektedir.



Şekil 5.17. Doğal sirkülasyonlu kurutucudaki nem oranının kurutma süresine bağlı olarak değişim değerleri

Doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan ürünlerin nem oranları nane, maydanoz ve defnenin sırasıyla (0,2), (0,06) ve (0,29) olarak belirlenmiştir. Aynı sürede güneş altında kurutulan defne yaprağının son nem oranı 0,19 olarak belirlenmiştir. Fakat nane ve maydanoz yaprakları tam kuru miktarının altındaki bir değerde olup son nem oranı sırasıyla -0,041 ve -0,12 olarak belirlenmiştir. Buradan da anlaşılacağı dış ortamda gerçekleştirilen deneylerin kontrolsüzlüğünden dolayı nane ve maydanozdan standartların üzerinde nem atılmıştır.



Şekil 5.18. Cebri sirkülasyonlu kurutucudaki nem oranının kurutma süresine bağlı olarak değişim değerleri

Cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulan ürünlerin nem oranları nane, maydanoz ve defnenin sırasıyla (0,06), (0,0007) ve (0,13) olarak belirlenmiştir. Aynı sürede güneş altında kurutulan defne yaprağının son nem oranı 0,16 olarak belirlenmiştir. Fakat nane ve maydanoz yaprakları tam kuru miktarının altındaki bir değerde olup son nem oranı sırasıyla -0,08 ve -0,13 olarak belirlenmiştir. Buradan da anlaşılacağı dış ortamda gerçekleştirilen deneylerin kontrolsüzlüğünden dolayı nane ve maydanozdan standartların üzerinde nem atılmıştır.

### 5.1.5. Ürünlere Ait Özgül Nem Çekme Oranı (ÖNÇÖ)

Kurutulan üründen 1 g nem kaldırmak için harcanması gereken enerji olarak tanımlanan özgül nem çekme oranı Eşitlik 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır [10]. Çizelge 5.1’de bu değerler görülmektedir.

Çizelge 5.1. Ürünlerde hesaplanan ÖNÇÖ değerleri

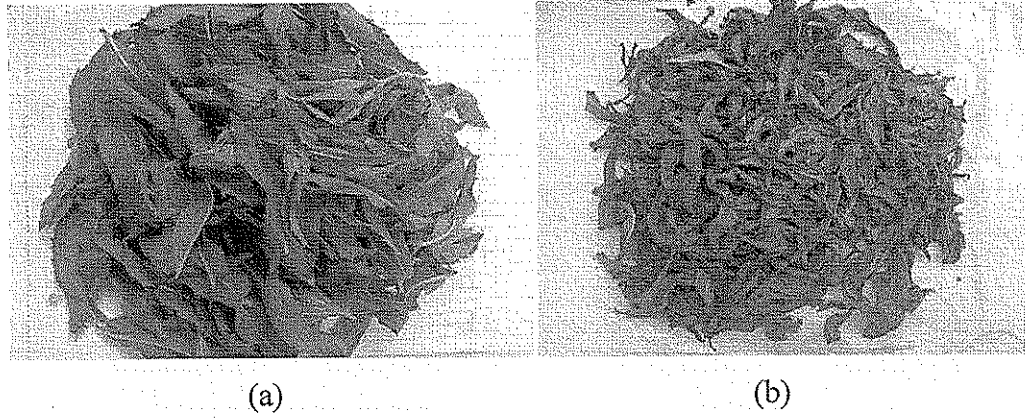
Ürün	ÖNÇÖ(g/Wh)
Nane	0,0024
Maydanoz	0,0023
Defne	0,0015

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, tam kuru ağırlığı en fazla olan defne yaprağı en düşük özgül nem çekme oranına sahiptir. Tam kuru ağırlığı en az olan nanenin özgül nem çekme oranı daha yüksektir. Bu nedenle tam kuru ağırlık ile özgül nem çekme oranı arasında bir orantı olduğunu göstermektedir.

## 5.2. DENEY SONRASI ÜRÜNLERDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

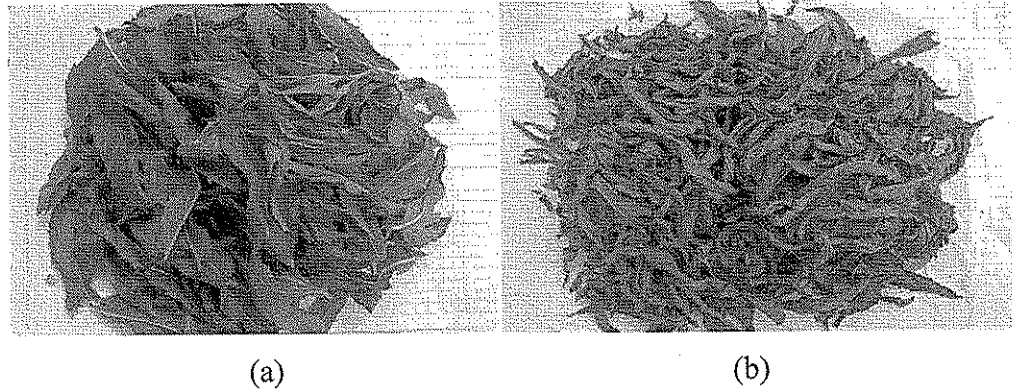
### 5.2.1. Doğal Sirkülasyonlu Kurutucuda Ve Güneş Altında Kurutulan Ürünlerin Kurutulmadan Önce Ve Kurutulduktan Sonraki Görünümleri

Doğal sirkülasyonlu kurutucuda ve aynı sürede güneş altında kurutulan yassı yapraklı ürünlerin görünümünde meydana gelen değişimler Şekil 5.19 – 5.24’de görülmektedir.



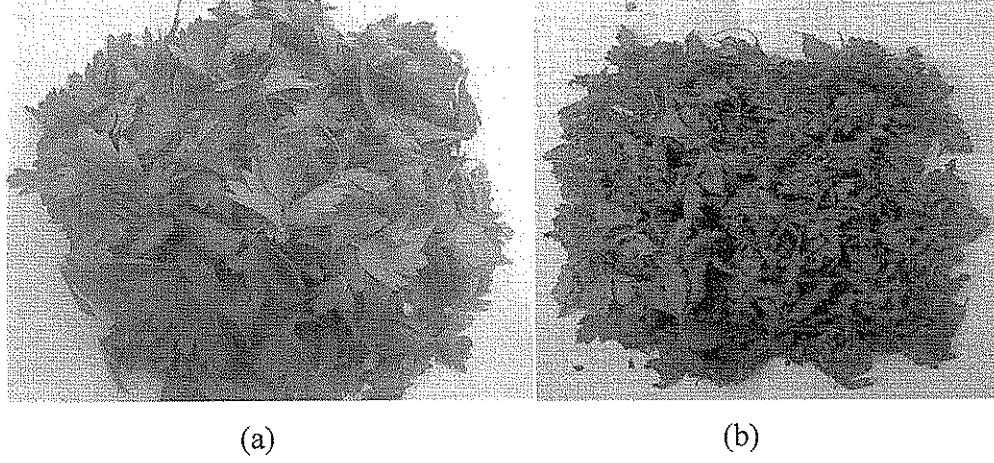
Şekil 5.19. Nane yapraklarının doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümü

Nane yaprakları doğal sirkülasyonlu deneyinde istenilen tam kuru miktarına kısmen ulaşamamıştır. Bu nedenle nane yapraklarının bir kısmı kurumuş fakat bir kısmı da yaş olarak kalmıştır.



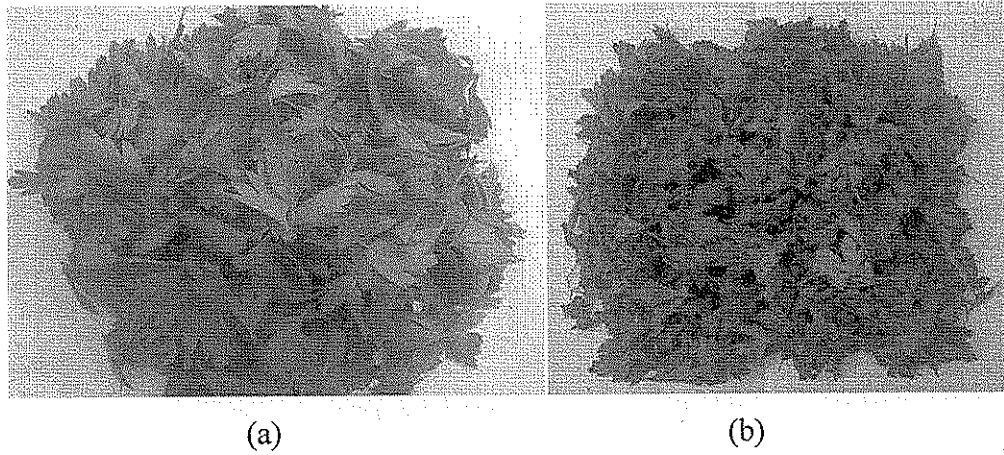
Şekil 5.20. Nane yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümü

Kuruma esnasında rüzgar etkisinden dolayı nane yapraklarında kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir.



Şekil 5.21. Maydanoz yapraklarının doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümleri

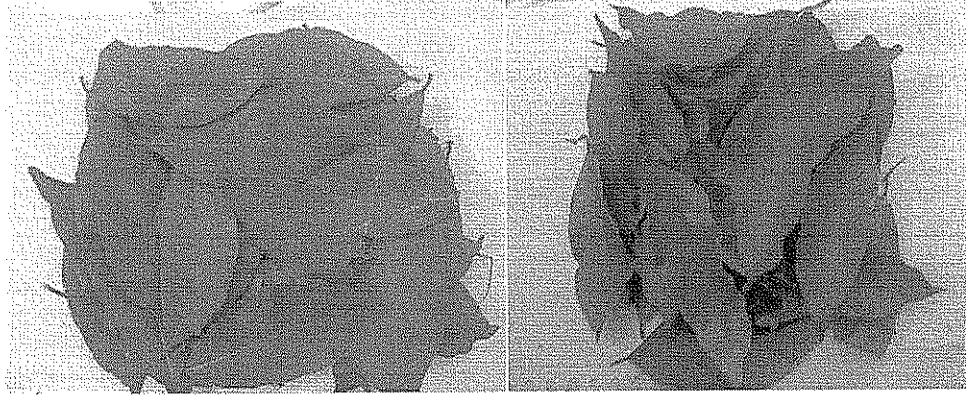
Doğal sirkülasyonlu kurutucuda maydanoz yaprakları istenilen tam kuru miktarına ulaşamamıştır. Renk görünümünde kısmen de olsa koyulaşma meydana gelmiştir.



Şekil 5.22. Maydanoz yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümleri

Güneş altında kuruyan maydanoz yaprakları istenilen tam kuru miktarının altındaki bir değerdedir. Yani üründen alınması gereken nemden daha fazla nem alınmıştır.



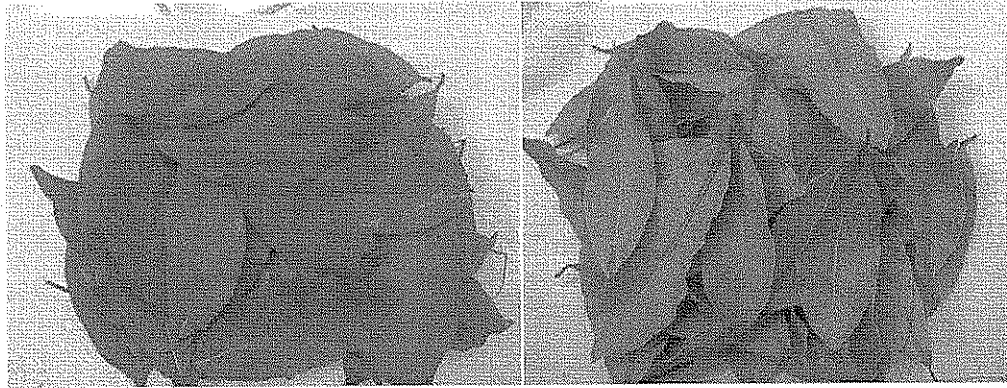


(a)

(b)

Şekil 5.23. Defne yapraklarının doğal sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümleri

Deney sonrasında, defne yapraklarında renk değişimleri meydana gelmiş fakat istenilen tam kuru miktarına ulaşamamıştır.



(a)

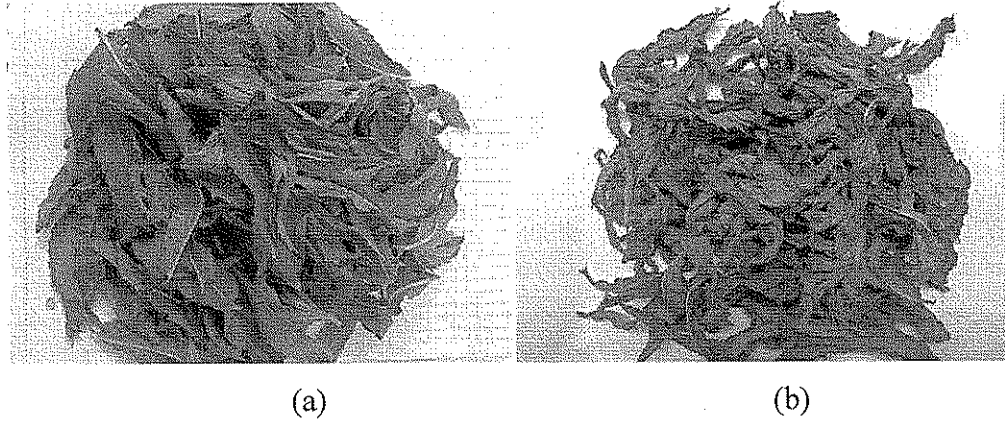
(b)

Şekil 5.24. Defne yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümleri

Güneş altında kuruyan defne yapraklarında rüzgarın etkisiyle kıvrımlaşmalar meydana gelmiş ve yapraklarının renginde ise kahverengileşme meydana gelmiştir.

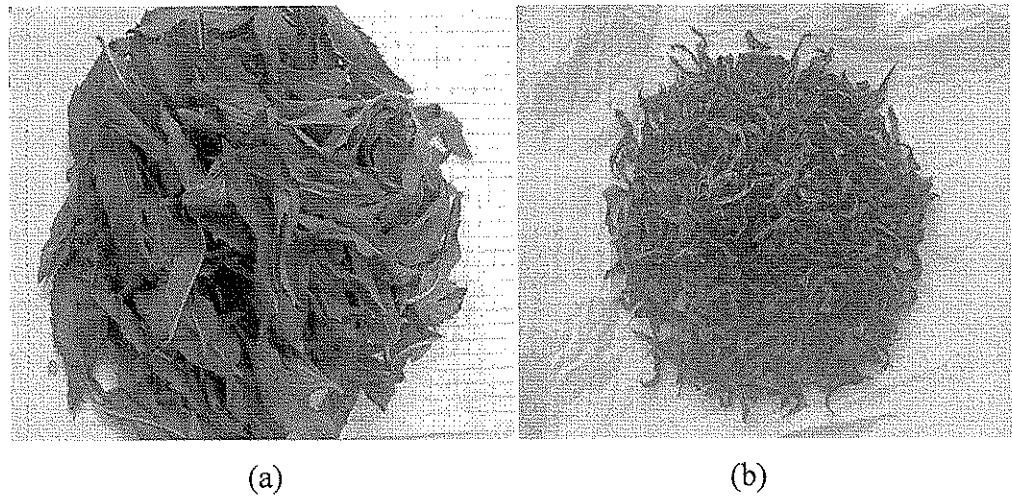
### 5.2.2. Cebri Sirkülasyonlu Kurutucuda Ve Güneş Altında Kurutulan Ürünlerin Kurutulmadan Önce Ve Kurutulduktan Sonraki Görünümleri

Cebri sirkülasyonlu kurutucuda ve aynı sürede güneş altında kurutulan yassı yapraklı ürünlerin görünümünde meydana gelen değişimler Şekil 6.25 – 6.30’da görülmektedir.



Şekil 5.25. Nane yapraklarının cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünüşleri

Güneş enerjili kurutucuda cebri sirkülasyon sırasında nane yapraklarının kurutulması esnasında sirkülasyonun etkisiyle kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir.



Şekil 5.26. Nane yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünüşleri

Güneş altında kuruyan nane yapraklarında rüzgarın etkisiyle kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir.

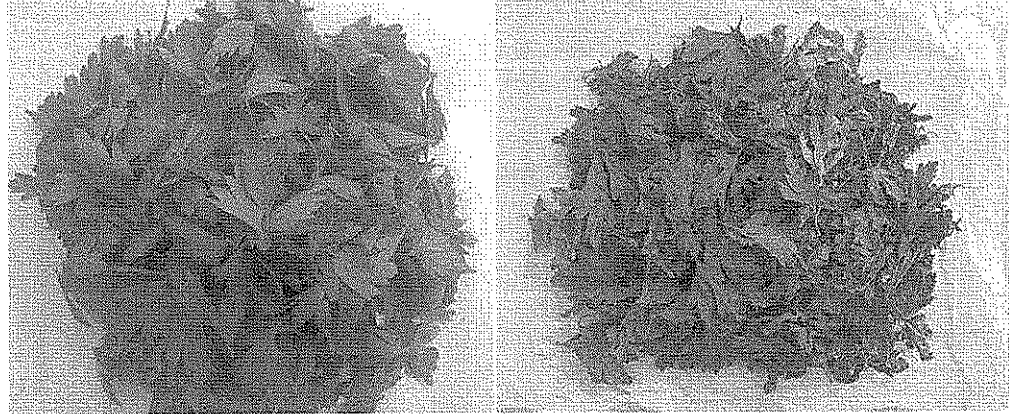


(a)

(b)

Şekil 5.27. Maydanoz yapraklarının cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri

Maydanoz yaprakları istenilen tam kuruluk miktarına kısmen ulaşamamıştır. Fanın etkisiyle yapraklarda kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir.

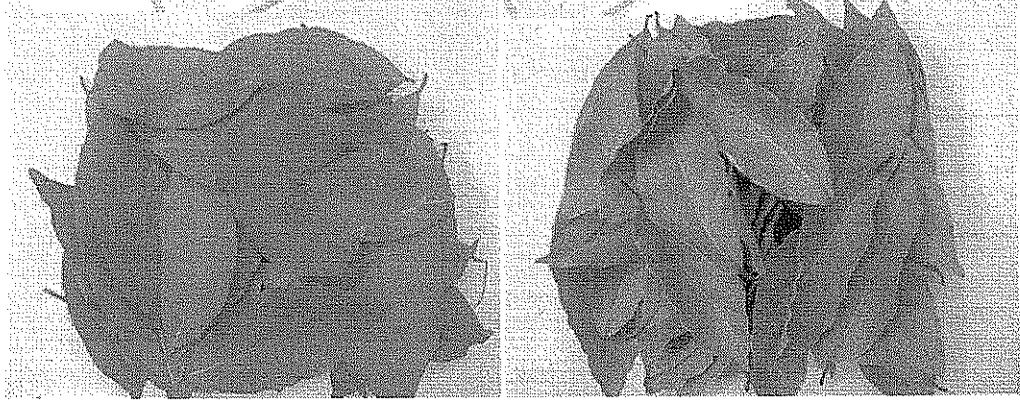


(a)

(b)

Şekil 5.28. Maydanoz yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görüntüleri

Güneş altında kurutulan maydanoz yaprakları istenilen kuruluk miktarının altındaki bir değerdedir. Yani üründen alınması gereken nemden daha fazla nem alınmıştır.



(a)

(b)

Şekil 5.29. Defne yapraklarının cebri sirkülasyonlu kurutucuda kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümleri

Fanın etkisiyle kurutulmak istenilen defne yapraklarında kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir. İstenilen tam kuru miktarına kısmen ulaşamamıştır.



(a)

(b)

Şekil 5.30. Defne yapraklarının güneş altında kurutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümleri

Güneş altında kurutulan defne yapraklarında rüzgarın etkisiyle kıvrımlaşmalar meydana gelmiştir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, nane, maydanoz ve defne yaprağının kurutulması amacıyla vakum tüplü güneş enerjili kurutucu tasarlanmıştır. Vakum tüplü güneş enerjili kurutucuda yapılan deneyler ve incelemeler sonucunda, dış ortamda gerçekleştirilen kontrolsüz deneylere oranla daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Ürünlerin kuruma süreleri incelendiğinde, güneş altında kuruyan ürünlerin kuruma süreleri daha hızlı olduğu belirlenmiştir. Fakat sergideki ürünlerde tozlanma olduğu görülmektedir. Bu nedenle güneş enerjili kurutucu sağlık yönünden daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, dış ortamda yapılan kurutmaya göre vakum tüplü güneş enerjili kurutucunun koku ve renk kalitesini arttırdığı görülmektedir.

Güneş enerjili kurutucunun enerji verimliliği Eşitlik 3.13'de yararlanılarak, doğal sirkülasyonlu kurutucuda %17,3 ve cebri sirkülasyonlu kurutucuda %26 olarak hesaplanmıştır.

Doğal sirkülasyonlu kurutucuda nane, maydanoz ve defne yaprağı için deneyler saat 9.00'dan saat 16.30'a kadar devam etmiştir. Fakat cebri sirkülasyonlu fırında nane ve maydanoz yaprağı için deneyler istenilen kuruluk miktarına ulaştığı için saat 9.00'dan sırasıyla saat 13.30 ve saat 14.30'a kadar devam etmiştir. Defne yaprağı ise saat 16.30'a kadar devam etmiştir. Bu nedenle cebri sirkülasyonlu kurutma yönteminin ürünlerin kuruma hızını artırıp, sürenin kısılmasını sağlamıştır.

Deneyler sonunda, ürünleri kurutucudan alırken çok dikkat edilmelidir. Aksi halde, kuruyan ürünler nem almaya başlar.

Vakum tüplerinin içerisine suyun konulmasıyla kurutucunun içerisindeki ürünleri nemlendirilerek kurutma yapılabilir. Bu sayede sık gözenekli ürünleri daha verimli bir şekilde kurutulacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Kuşçu, A., “Sürekli sistemde kurutma işleminin kırmızıbiberde kalite özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-2 (2002).
2. Aktaş, M., “Isı pompalı kurutma fırınının tasarımı, imalatı ve deneysel incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2-3 (2005).
3. Polatçı, H ve Tarhan, S., “Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan bitkisinin kurutma süresine ve kalitesine etkisi”, *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (1): 61-70 (2009).
4. Onat, A., İmal, M., Işık, N., İnan, A. T ve Binark, A. K., “Kırmızı biberlerin karşıt akışlı taşınım tipli kurutucuda kurutulmasının deneysel ve teorik analizi”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8 (1): 45-52 (2005).
5. Çelikay, A. G., “Kurutulmuş kırmızı biberin mikrobiyolojik kalitesi ve aflatoksin aranması”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-70 (2003).
6. Karaaslan, S ve Tuncer, İ. K., “Kırmızıbiberlerin fan destekli mikrodalga ile kurutulmasında kuruma karakteristiklerinin incelenmesi ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi”, *KSÜ Doğa Bil. Der.*, 12 (2): 9-16 (2009).
7. Aktaş, M., Ceylan, İ ve Doğan, H., “Güneş enerjili kurutma sistemlerinin fındık kurutulmasına uygulanabilirliği”, *Teknoloji*, 7 (4): 557-564 (2004).
8. Onat, A. İnan, A. T ve Gül, Z., “Faklı geometrik yapıdaki kırmızı biberlerin PLC kontrollü güneş enerjili-gizli ısı depolamalı kurutucuda kurutulması”, *Politeknik Dergisi*, 6 (1): 379-384 (2003).
9. Aktaş, M., Ceylan, İ., Doğan, H ve Aktekeli, Z., “Güneş enerjisi destekli, ısı pompalı kırmızıbiber kurutucusunun tasarımı, imalatı ve performans deneyleri”, *Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi*, 30 (1): 111-120 (2010).
10. Gürel, A. G., “Güneş enerjili, ısı borulu, nem kontrollü kurutucuda aromatik ürünlerin (nane, maydanoz, biberiye) kurutulması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 9-38 (2010).
11. Yılmaz, S. ve Yavuz, C., “Isı pompası destekli kurutma fırınlarında kurutma parametrelerinin kontrolü için alternatif bir yöntem”, *Teknoloji*, 9 (4): 237-244 (2006).

12. Mandala, İ. G., Anagnostaras, E. F and Oikonomou, C. K., "Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetic and their quality characteristics", *Journal Of Food Engineering*, 69: 307-316 (2005).
13. Belghit, A and Bennis, A., "Experimental analysis of the drying kinetics of cork", *Energy Conversion and Management*, 50: 618-625 (2009).
14. Kassem, A. S., Shokr, A. Z., El-Mahdy, A. R., Aboukarima, A. M and Hamed, E. Y., "Comparison of drying characteristics of thompson seedless grapes using combined microwave oven and hot air drying", *Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences*, 10: 33-40 (2011).
15. Yang, J., Chen, J., Zhao, Y and Mao, L., "Effects of processes on the antioxidant properties in sweet potatoes", *Agricultural Sciences In China*, 9 (10): 1522-1529 (2010).
16. Toor, R. K and Savage, G. P., "Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes", *Food Chemistry*, 94: 90-97 (2006).
17. Yayla, E., Çiçek, A., Çiçek, A ve İskender, İ. "Düzlemsel güneş kolektörleri verim deney standı", Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Makine Eğitimi ABD.*, Karabük, 11-13 (2009).
18. İnternet: Türk Standardları Enstitüsü "Nane, maydanoz ve defne yaprağının TSE standartları", <http://www.tse.org.tr/> (2011).
19. Öz, E. S., Özbaş E ve Dündar R., "Vakum tüplü güneşli su ısıtma sistemi ile standart düz kolektörlü güneşli su ısıtma sistemlerinin performans ve verimlerinin deneysel olarak karşılaştırılması" *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, Poster Bildirisi: 991-998 (2007).



## ÖZGEÇMİŞ

Ayşen ÇİÇEK 1987 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Akçaabat Lisesi Fen Bilimleri Bölümü'nden mezun oldu. 2005 yılında ZKÜ Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2009 yılında iyi bir derece ile KBÜ'den mezun oldu. KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

### ADRES BİLGİLERİ

Adres : Yenidoğan Mah. 13. Sokak No: 21/1  
Merkez /SİVAS

Tel : (531) 347 11 00

E-posta : aysencicek\_13@hotmail.com

**EK AÇIKLAMALAR A.**

**DOĞAL SİRKÜLASYONLU KURUTUCUDA SICAKLIĞIN ZAMANA**

**BAĞLI DEĞİŞİM ÇİZELGELERİ**

Çizelge Ek A.1. Nane yaprağı kurutulurken sıcaklığın zamana bağlı değişim değerleri

Saat	Dış Sıcaklık $T_1(^{\circ}\text{C})$	Vakum Tüpü İç Sıcaklık $T_2(^{\circ}\text{C})$	Ürün Tepsi Altı Sıcaklığı $T_3(^{\circ}\text{C})$	Setin Alt Kısımındaki Sıcaklık $T_4(^{\circ}\text{C})$	Setin Üst Kısımındaki Sıcaklık $T_5(^{\circ}\text{C})$	Klape Çıkış Sıcaklığı $T_6(^{\circ}\text{C})$
9:00	21,9	60,5	19,8	24,6	24,2	-
9:30	22,6	99,6	23,2	27,4	28	-
10:00	25	124,9	25,6	33,2	35,1	-
10:30	26	129,9	27,8	35,5	37,1	-
11:00	28,2	130,5	32,1	37,5	40	-
11:30	30,7	131,5	33,5	40	41,5	-
12:00	32,6	132,1	33,9	40,2	42,5	33,2
12:30	33,1	131,3	34,3	40	43,2	33,6
13:00	35,3	130,1	34,1	38,4	43,5	-
13:30	34,2	132,7	33,8	39	41,4	-
14:00	34,1	133,6	33,1	37,6	40,9	-
14:30	35,1	135,8	32,7	36,7	40,5	-
15:00	35,3	123,1	32,5	38,6	40,2	-
15:30	31,8	116,7	31,8	37,4	39,8	-
16:00	34	109,3	29,6	36	39	-
16:30	32,9	104,5	29,2	35,5	38	-

Çizelge Ek A.2. Maydanoz yaprağı kurutulurken sıcaklığın zamana bağlı değişim değerleri

Saat	Dış Sıcaklık T <sub>1</sub> (°C)	Vakum Tüpü İç Sıcaklık T <sub>2</sub> (°C)	Ürün Tepsi Altı Sıcaklığı T <sub>3</sub> (°C)	Setin Alt Kısımındaki Sıcaklık T <sub>4</sub> (°C)	Setin Üst Kısımındaki Sıcaklık T <sub>5</sub> (°C)	Klape Çıkış Sıcaklığı T <sub>6</sub> (°C)
9:00	23	49,8	17,1	26	26	-
9:30	28	72	19,8	26,8	27,4	-
10:00	29,4	102,4	22,6	28,2	32,2	-
10:30	28,4	110,4	26,8	37,1	41,4	-
11:00	27,3	113,8	29,8	36,5	39,8	-
11:30	29	115,4	33,2	38	41,8	-
12:00	34,4	112,5	30	41,3	43,6	-
12:30	33	114,9	35	41,8	44,2	-
13:00	33,2	116,5	36,8	41,5	43	-
13:30	38,6	120,5	40,8	42,7	44,6	-
14:00	34,7	120,6	41,7	43	45,6	-
14:30	38,2	119,2	42,3	44,3	47	-
15:00	40,6	122,6	43,8	44,5	46	-
15:30	40	119,4	44,9	45	45,7	-
16:00	37	112,1	46,8	43	43	-
16:30	37,1	105,1	47	41	41	-

Çizelge Ek A.3. Defne yaprağı kurutulurken sıcaklığın zamana bağlı değişim değerleri

Saat	Dış Sıcaklık $T_1(^{\circ}\text{C})$	Vakum Tüpü İç Sıcaklık $T_2(^{\circ}\text{C})$	Ürün Tepsi Altı Sıcaklığı $T_3(^{\circ}\text{C})$	Setin Alt Kısımındaki Sıcaklık $T_4(^{\circ}\text{C})$	$T_5(^{\circ}\text{C})$	Klape Çıkış Sıcaklığı $T_6(^{\circ}\text{C})$
9:00	21	72,6	15,4	22	23	-
9:30	23	88,5	18,6	25	26	-
10:00	23,8	127,6	21,4	24,2	25	-
10:30	25	142,1	22,6	28	31,4	-
11:00	26,4	155,1	24,7	32,2	34,5	-
11:30	28,6	154,5	25,3	32,9	38,9	-
12:00	31,5	153,6	28,7	34	41,2	-
12:30	31	150,3	32,3	36,8	46,2	32,5
13:00	34,6	150,7	36,8	41,5	45,8	36,4
13:30	35,4	149,2	40,2	43	48	-
14:00	35,2	145,7	43,6	45,1	48,2	-
14:30	32,3	147,6	44,1	39,2	45,3	-
15:00	35,2	144	46,8	40,5	42,5	-
15:30	32,2	132,6	45,9	39,8	40	-
16:00	34	125,8	45,5	37,1	39,8	-
16:30	32,2	121,8	44,8	34,4	34,8	-

**EK AÇIKLAMALAR B.**

**CEBRİ SİRKÜLASYONLU KURUTUCUDA SICAKLIĞIN ZAMANA BAĞLI**

**DEĞİŞİM ÇİZELGELERİ**

Çizelge Ek B.1. Nane yaprağı kurutulurken sıcaklığın zamana bağlı değişim değerleri

Saat	Dış Sıcaklık T <sub>1</sub> (°C)	Vakum Tüpü İç Sıcaklık T <sub>2</sub> (°C)	Ürün Tepsi Altı Sıcaklığı T <sub>3</sub> (°C)	Setin Alt Kısımındaki Sıcaklık T <sub>4</sub> (°C)	Setin Üst Kısımındaki Sıcaklık T <sub>5</sub> (°C)	Klape Çıkış Sıcaklığı T <sub>6</sub> (°C)
9:00	22,7	46	15,2	25,4	24,3	-
9:30	23,1	72,2	21,2	26,6	26,4	-
10:00	28,2	91,3	25,3	35,2	34	-
10:30	30	107,3	29,1	42,3	39,7	-
11:00	31,2	109,4	35,5	44	42,2	-
11:30	35,3	108,2	40,5	44,2	43,5	38,2
12:00	36,2	108,7	43,7	47	44,8	-
12:30	37	109,8	44,4	48	45,4	-
13:00	38,2	112,3	45,3	49	45,5	-
13:30	37,5	114,1	46	49,8	46,8	-

Çizelge Ek B.2. Maydanoz yaprağı kurutulurken sıcaklığın zamana bağlı değişim değerleri

Saat	Dış Sıcaklık $T_1(^{\circ}\text{C})$	Vakum Tüpü İç Sıcaklık $T_2(^{\circ}\text{C})$	Ürün Tepsi Altı Sıcaklığı $T_3(^{\circ}\text{C})$	Setin Alt Kısımındaki Sıcaklık $T_4(^{\circ}\text{C})$	Setin Üst Kısımındaki Sıcaklık $T_5(^{\circ}\text{C})$	Klape Çıkış Sıcaklığı $T_6(^{\circ}\text{C})$
9:00	22	47	16	29	27	-
9:30	23,7	94,7	23,8	34,1	33,9	-
10:00	25	113	23,7	38,4	37,1	-
10:30	27	123,9	28,3	42	40,7	-
11:00	27,1	126,4	30,5	45	44,7	-
11:30	28	130,2	35,5	45,8	45	-
12:00	31	126,7	35,7	47,7	48	-
12:30	32	125,4	37,5	49,6	48,4	-
13:00	30	124,7	43,2	50,4	49,4	-
13:30	33	131,8	46	50,1	48,2	-
14:00	34,6	131,3	47,7	53	53	-
14:30	33,3	134,4	48,2	49	48,5	-



Çizelge Ek B.3. Defne yaprağı kurutulurken sıcaklığın zamana bağlı değişim değerleri

Saat	Dış Sıcaklık T <sub>1</sub> (°C)	Vakum Tüpü İç Sıcaklık T <sub>2</sub> (°C)	Ürün Tepsi Altı Sıcaklığı T <sub>3</sub> (°C)	Setin Alt Kısımındaki Sıcaklık T <sub>4</sub> (°C)	Setin Üst Kısımındaki Sıcaklık T <sub>5</sub> (°C)	Klape Çıkış Sıcaklığı T <sub>6</sub> (°C)
9:00	21	93,7	16,3	24	25	-
9:30	24,1	116,4	20	31,3	32,2	-
10:00	26,7	139,2	23,9	37	35,3	-
10:30	28,1	152,6	29,8	42	40	-
11:00	29,9	158,6	36,6	45	41,4	-
11:30	28	158,1	37,4	44	41	-
12:00	29	157	41,2	45,8	42	-
12:30	30	155	41,6	49	44	-
13:00	31	157,3	45,9	51	43	-
13:30	35	160,7	47,5	52	47	-
14:00	36	166,5	52	51	45,4	-
14:30	36,8	162,8	50,7	53,5	47	-
15:00	33	157,8	51	53,3	49	-
15:30	34	153,3	53,2	53	47	-
16:00	33,6	138,5	52	54	48	-
16:30	33,2	131,3	53,9	52	47	-

**EK AÇIKLAMALAR C.**

**KURUTUCU HAVASI SICAKLIĞININ, BAĞIL NEMİNİN VE ÇİY  
NOKTASI SICAKLIĞININ ZAMANA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİ**

Çizelge Ek C.1. Kurutucu havası sıcaklığının, bağıl nemin ve çiy noktası sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimi

Saat	Kurutucu Havası Sıcaklığı (°C)	Bağıl Nem (%)	Çiy Noktası Sıcaklığı (°C)
9:00	19,12	62,5	11,5
9:30	21,8	64,2	13,8
10:00	22	65,6	15,6
10:30	24	75,1	19,3
11:00	27,1	73,4	22,4
11:30	36,5	66,2	28,6
12:00	38	65,7	30,2
12:30	38,6	68,5	31,3
13:00	40,6	58,2	30,8
13:30	41,4	52,3	29,7
14:00	43,6	54,5	31,4
14:30	42,1	58,8	31,9
15:00	38	82	33,4
15:30	39,4	68	32,3
16:00	36	63	28
16:30	37	69,3	30,8