

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KAYISI KURUTMA
SİSTEMİ**

77667

77667

Celal SARSILMAZ

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

1998

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KAYISI KURUTMA SİSTEMİ

Celal SARSILMAZ

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 31 / 03 / 1998 Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği /
Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

İmza
Danışman
Doç. Dr. Cengiz YILDIZ

İmza
Üye
Doç. Dr. Yaşar BİÇER

İmza
Başkan
Prof. Dr. Teoman AYHAN

ÖZET**Doktora Tezi****GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KAYISI KURUTMA
SİSTEMİ****Celal SARSILMAZ****Fırat Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Makina Mühendisliği Anabilim Dalı****1998, Sayfa: 164**

Elazığ ve Baskil yöresinde yetişen kayısıların büyük bölümü her yıl artan oranlarda kurutularak tüketime sunulmaktadır. Açık sergilerde yerlere serilerek kurutulan bu ürünün dışarıdaki payının da artması için kapalı ortamlarda ve sıhhi şartlarda kurutulması gereği vardır.

Doğal kurutmanın hijyenik, ekonomik vb. olumsuzlukları nedeniyle insanlığı tarih öncesinden beri alışlagelmiş usullerin yerine daha çağdaş uygulamaları koyma çabasıdır. Kurutma usulleri arasında doğal kurutmadan sonra en ekonomik olan güneş enerjisiyle ısıtılan hava yardımıyla yapılan kurutmadır. Burada, kurutma havasının güneş enerjisiyle ısıtılmasını sağlayan ve doğal kurutmanın vereceği zararlardan koruyan, doğal kurutmadan sonra en ekonomik olan bir sistemin yapılandırılmasının ilk aşamasında, üç tesirli, genişletilmiş yüzeyli, özgün bir kolektör imali ile başlanmıştır. Daha sonra; yöremizdeki üretim potansiyeli dikkate alınarak, diğer kurutuculara kıyasla kayısı üreticilerinin az bir masrafla elde edip kullanabilecekleri, açık sergilerde geleneksel kurutma ile ortalama 10 gün olan kuruma süresini 2 güne indiren; kükürtlemenin aynı kurutucuda yapılmasıyla da hem zamandan ve hem de işçilikten kazanç sağlayan, her yönüyle orijinal olan ve tarafımızdan “Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu” (DSSK) diye isimlendirilen kurutucudur. İmal edilen bu kurutucu ile Elazığ ve Baskil yörelerinde yetiştirilen farklı büyüklük ve kalitedeki kayısı

materyalinin optimum kurutucu hava hızı ve kurutucu devri ile homojen kurumanın sağlanması hedeflenmiş ve denenmiştir.

Bu çalışmada; kayısının fiziksel ve kimyasal özellikleriyle birlikte karakteristik kuruma özelliklerinin belirlenmesi, güneş radyasyonu, dış hava sıcaklık ve nemi, havalı kolektör giriş-çıkış sıcaklıkları, kurutma odasındaki raflar arası sıcaklık ve oda içi nemi, kurutma odası giriş-çıkış sıcaklıkları ile giriş-çıkış nemleri, kurutma boyunca kayısı içi sıcaklık değişimi araştırılmış ve ayrıca güneş enerjisi destekli kurutucudan elde edilen kayıların nem değişimleri ile doğal olarak açıkta kurutulan kayılardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, toplayıcı ve kolektörün koalisyonu ile kayıların kuruma hızı ve dönme hızının homojenliğe olan etkisi araştırılmıştır.



SUMMARY

PhD Thesis

APRICOT DRYING SYSTEM WAS SUPPORTED BY SOLAR ENERGY

Celal SARSILMAZ

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machines Engineering

1998, Page: 164

The apricot cultivated in Elazığ and Baskil district is mostly delivered as dried apricot. The product is generally dried on the ground under direct sunlight ignoring the hygiene. It is a necessity to dry this product in a close and hygienic environment in order to be able to increase the share and exportation.

Since natural drying has hazardous effects on both the product and human health. New drying methods have been tried to develop among them the second most economical method following natural drying system is the system using solar energy. For this reason, in this study a new solar energy air drier system designed by us was investigated. With this aim, first a new and original collector was designed and manufactured. The collector has three dosorbing and enlarged surface. It has some advantages like using “air heated with solar energy” and protecting the products against the harmful effects of natural drying. Then, considering the production capacity of the district a new drier, which is called as “Cylindrical Drier of Rotary Column“ by us, was designed and manufactured. The drier dries the same amount of the production in two days insted of ten days in natural drying. It also has the advantage of sulfuring during the drying period thus providing a big cost save.

With this original and new drier it was aimed to dry apricots in different quality and size homogeneously with an optimum air rate and rotation speed, which had not been succeeded by the producers till that time.

In this study, the characteristic drying properties of the apricot besides the physical and chemical properties were determined. The sun radiation, external air temperature and moisture amount, the air temperatures at the entrance and exit of the collector, the intershef temperature of the collector, the cabin moisture, the cabin entrance and exit temperatures and moistures, temperature variations inside the apricots during the drying process were investigated in the same production term. In addition, the variations in moistures of artificially and natural dried apricots in this period were compared. Finally, it was proved that the spinning and rotation speed of apricots with the combination of the collector and cabin have an important effect on homogenous drying.



TEŞEKKÜR

Bu tezin önerilmesi ve yönlendirilmesinde çok yardımlarını gördüğüm danışman hocam sayın Doç. Dr. Cengiz YILDIZ' a, Makina Mühendisliği Bölüm Başkanı değerli hocam sayın Prof. Dr. Kazım PIHTILI' ya, önerilerde bulunan sayın Prof. Dr. Teoman AYHAN' a ve doktora öncesi yardımları için Doç. Dr. Yaşar BİÇER' e, Mühendislik atölyesi teknisyenlerine, Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv, Talaşlı, Metal ve Yapı Bölümleri atölye teknisyenlerine, AYHAN İNŞAAT SAN. ve TİC. A. Ş. Genel Müdürü sayın Zülfükar Bey' e, FÜNAF Müdürü sayın Prof. Dr. Fikret TÜMEN' e ve şahsında tüm çalışanlarına ve ailemin tüm fertlerine, bilhassa oğluma her aşamadaki yardım ve desteğinden dolayı teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

***Bu çalışma; Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından FÜNAF-245
no'lu proje olarak desteklenmiştir.***

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
TABLolar LİSTESİ	xv
RESİMLER LİSTESİ	xvi
EKLER LİSTESİ	xvi
SİMGELER LİSTESİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. KAYISI BİTKİSİ, ÜRETİMİ ve EKONOMİYE KATKISI	9
3.1 Kayısı Bitkisi	9
3.2. Kuru Kayısı	12
3.3. Kuru Kayısıda Aranan Özellikler	14
3.4. Dünyada Kayısı Üretimi ve Başlıca Üretici Ülkeler	15
3.5. Türkiye’de Kayısı Üretimi ve Üretim Bölgeleri	16
3.6. M.E.E. Yöresinin Türkiye Kayısı Üretimi Açısından Yeri ve Önemi	19
3.7. M.E.E. Yöresi Kuru Kayıslarının Türk Ekonomisine Katkısı	20
3.8. M.E.E. Yöresi Kayıslarının Özellikleri	22
3.9. M.E.E. Yöresi Kayısı Hasadı ve Hasat Mevsimi	23
4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANILMA ESASLARI, POTANSİYELİ VE ÖNEMİ	25
4.1 Güneş Enerjisi	25
4.2. Güneş Enerjisinin Kullanımı ve Açılardan Önemi	25
4.3. Enerji ve Güneş Enerjisinin Önemi	31
4.4. Türkiye’nin Güneşlenme Durumu	31
5. KURUTUCU HAVASININ ŞARTLANDIRILMASI VE PSİKROMETRİ	34

5.1. Kurutucu Havaının Özellikleri	34
5. 2. Psikrometri ve Kurutmaya Uygulanması	37
5.3. Sıcak Hava İle Kurutma Tekniğinde Psikrometrik Diyagramın Önemi	39
5.4. Bitkilerdeki Hücre Yapısı ve Kuruma Teorisi	43
5.4.1. Hücre yapısı	43
5.4.1.1. Sorpsiyon izotermi	45
5.5. Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler	49
5.6. Kurumanın Safhaları	51
5.7. Sabit Hızda Kuruma Safhası	53
5.8. İnce Sergi ve Azalan Hızda Kuruma Teorisi	54
6. ENDÜSTRİYEL KURUTUCULAR	49
6.1. Güneş Enerjili Kurutucular	49
6.1.1. Sera Tipi Güneş Enerjili Kurutucular	50
6.1.2. Kolektörlü Güneş Enerjili Kurutucular	51
6.1.2.1. Düz Levha Tipi Güneş Kolektörleri	55
6.1.2.2. Kolektör teorisi	59
6.2. Kurutmada Güneş Enerjisinin Kullanıldığı Alanlar	60
6.3. Yapay Kurutucular	61
6.3.1. Kabin (kompartıman) kurutucular	61
6.3.2. Vakumlu kompartıman kurutucular	62
6.3.3. Tünel kurutucular	64
6.3.4. Döner kurutucular	66
6.3.5. Silindir kurutucular	67
6.3.6. Askı kurutucular	67
6.3.7. Püskürtmeli kurutucu	68
6.3.8. Dondurarak kurutma	69
6.3.9. Akışkan yatak kurutucular	70
6.3.10. Özel kurutucular	72
7.DENEYSEL ÇALIŞMA	87
7.1. Deney Setinin Oluşturulması	87
7.1.1. Üfleme bölgesi (Fan)	87

7.1.2. Havayı ısıtma bölgesi (Kolektör)	89
7.1.3. Kurutma bölgesi	93
7.1.3.1 Kurutma kapasitesinin tespiti	93
7.1.3.2 Kurutucu odası	96
7.3. Yapılan Ölçmeler ve Ölçme Cihazları	101
7.3.1. Kükürt dioksit miktarının tespiti	102
7.3.2. Hava Debisinin Ölçülmesi	103
7.3.3. Güneş radyasyon ölçümleri ve kolektör verimi	104
7.4. Kayısların Hazırlanması ve Deneylerin Yapılması	106
7.5. Kayısların Sorpsiyon İzoterminin Tespiti	108
8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	110
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	141
EKLER	148
KAYNAKLAR	158

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Güneş Yükseklik ve Azimut Açıları	26
Şekil 4.2. Dünyanın Güneş ve Kendi Etrafında Dönüşü İle Deklinasyon Açısının Oluşumu	27
Şekil 4.5. 40° Enlemi İçin Kış ve Yaz Güneş Yükseklikleri	31
Şekil 5.1. Psikrometrik Diyagram	39
Şekil 5.2. Sıcak Hava ve Islak Metaryalin Teması İle Sıcaklığın Değişimi	40
Şekil 5.3 Kurutmada Psikrometrinin Kullanılması	42
Şekil 5.4 Bitki Hücresinin Elektron Mikroskobu İle Çekilmiş Resmi	44
Şekil 5.5 Sorpsiyon İzotermi (Eş sıcaklık)	47
Şekil 5.6 Ürün Hücresinde Isı ve Suyun Kuruma Sırasındaki Hareket Yönleri	48
Şekil 5.7 Karakteristik Kuruma Eğrileri	52
Şekil 5.8 İnce Sergide Kuruma Modeli	56
Şekil 6.1 Sera Tipi Güneş Enerjili Kurutucu	51
Şekil 6.2 Kolektörlü Tip Güneş Enerjili Kurutucu	52
Şekil 6.3 Güneş Enerjisiyle Kondenzasyonlu Kurutma Sistemi	52
Şekil 6.4 Değişik Kurutma Yöntemlerine Göre Kuruma Sürelerinin Karşılaştırılması	53
Şekil 6.5 Kurutmada İzlenebilecek Yollar	54
Şekil 6.6 Düz Levha Tipi Havalı Kolektör	55
Şekil 6.7 Işınlardan Geçiş Açılarının Geçirgen Ortamlar Üzerindeki Etkisi	56
Şekil 6.8 Farklı Emici Yüzeye Sahip Kolektör Çeşitleri	58
Şekil 6.9 Kabin (kompartıman) Kurutucu	62
Şekil 6.10 Vakum Kurutucu	63
Şekil 6.11 Tünel Kurutucu	65
Şekil 6.12 Zıt ve Paralel Akış Tünellerinde Hava Sıcaklığının Değişimi	65
Şekil 6.13 Çapraz Akışlı Tünel Kurutucu	66
Şekil 6.14 Döner Kurutucu	66
Şekil 6.15 Silindir Kurutucu	67
Şekil 6.16 Askı Kurutucu	68
Şekil 6.17 Dondurarak Kurutma Cihazı	69
Şekil 6.18 Akışkan Yataklı Kurutucu	71

Şekil 6.19 Taşkın Yataklı (Püskürtmeli Akışkan Yatak) Kurutucu	72
Şekil 7.1 Kurutucunun Komple Şeması	88
Şekil 7.2 Kolektörün Enine Kesiti	90
Şekil 7.3 Kolektörün Boyuna Kesiti	90
Şekil 7.4 Bir Sıra Rafın Üsten Görünüşü (Şematik)	96
Şekil 7.5 Kurutucunun Kesit Resmi (Ölçeksiz)	97
Şekil 7.6 Kükürt Dioksit Tespit Cihazı	103
Şekil 7.7 Kipp & Zonen Piranometre'sinin Şematik Resmi	105
Şekil 7.8 Termopilin Şematik Resmi	105
Şekil 7.9. Sorpsiyon İzoterminin Tespitinde Kullanılan Deney Düzeneği	109
Şekil 8.1 Güneş Radyasyonu, Kolektör Giriş-Çıkış Sıcaklıkları, Çevre Sıcaklığı, Hava Debisi ile Düz ve Genişletilmiş Yüzeyli Kolektör Verimleri	111
Şekil 8.2 Güneş Radyasyonu, Kolektör Giriş-Çıkış Sıcaklıkları, Çevre Sıcaklığı, Hava Debisi ile Düz ve Genişletilmiş Yüzeyli Kolektör Verimleri	112
Şekil 8.3 Güneş Radyasyonu, Kolektör Giriş-Çıkış Sıcaklıkları, Çevre Sıcaklığı, Hava Debisi ile Düz ve Genişletilmiş Yüzeyli Kolektör Verimleri	113
Şekil 8.4 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.00 \text{ d/d}$, $V = 20 \text{ m}^3/\text{h}$)	116
Şekil 8.5 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.75 \text{ d/d}$, $V = 20 \text{ m}^3/\text{h}$)	117
Şekil 8.6 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 1.50 \text{ d/d}$, $V = 20 \text{ m}^3/\text{h}$)	118
Şekil 8.7 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25 \text{ d/d}$, $V = 20 \text{ m}^3/\text{h}$)	119
Şekil 8.8 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.00 \text{ d/d}$, $V = 43 \text{ m}^3/\text{h}$)	120
Şekil 8.9 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.75 \text{ d/d}$, $V = 43 \text{ m}^3/\text{h}$)	121
Şekil 8.10 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 1.50 \text{ d/d}$, $V = 43 \text{ m}^3/\text{h}$)	122
Şekil 8.11 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25 \text{ d/d}$, $V = 43 \text{ m}^3/\text{h}$)	123
Şekil 8.12 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.00 \text{ d/d}$, $V = 65 \text{ m}^3/\text{h}$)	124
Şekil 8.13 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.75 \text{ d/d}$, $V = 65 \text{ m}^3/\text{h}$)	125

Şekil 8.14 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 1.50$ d/d, $V = 65$ m ³ /h)	126
Şekil 8.15 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25$ d/d, $V = 65$ m ³ /h)	127
Şekil 8.16 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n=2.25$ d/d, $V=43$ m ³ /h ve $V = 20$ m ³ /h)	128
Şekil 8.17 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n=2.25$ d/d da $V=65$ m ³ /h ile $V = 20$ m ³ /h)	129
Şekil 8.18 Bir Raftaki Tepsiler Arasındaki Kuruma Farklılıkları (devir yok)	130
Şekil 8.19 Kayısların Raflardaki Ters ve Düz Durmaları Halindeki Kuruma Seyri	131
Şekil 8.20 Şekerpare Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25$ d/d, $V = 43$ m ³ /h ve $V = 20$ m ³ /h)	132
Şekil 8.21 Şekerpare Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25$ d/d, $V = 65$ m ³ /h ve $V = 20$ m ³ /h)	133
Şekil 8.22 Güneş Radyasyonu ile Çevre, Kolektör Giriş-Çıkış, Kurutucu Giriş-Çıkış ve Kayısı İçi Sıcaklıklarının Saatlik Değişimi	134
Şekil 8.23 Güneş Radyasyonu, Çevre, Kolektör Giriş Sıcaklığı ile, Düz ve Güneşe Göre Eğimli Kolektör Çıkış Sıcaklığı Arasındaki Saatlik Değişimi	135
Şekil 8.24 Güneş Radyasyonu, Çevre, Kurutucu İçi ile Giriş-Çıkış Bağlı Nem Oranının Saatlik Değişimi	136
Şekil 8.25 Çevre, Kurutucu Giriş-Çıkış Sıcaklıkları ile Bağlı Nem Oranının Zamanla Değişimi	137
Şekil 8.26 Kayısının Sorpsiyon İzotermi	139

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Çeşitlere Göre Taze Kayısların Kimyasal Bileşimi	11
Tablo 3.2 Taze Kayısı Çeşitlerinin Mineral ve Vitamin Bileşimi (mg/100g)	11
Tablo 3.3. Türkiye ve Dünyada Pazarlanan İşlenmiş Kayısı Mamulleri	12
Tablo 3.4. Kuru Kayısının Kimyasal Bileşimi	13
Tablo 3.5. Dünya Kayısı Üretimi (1000 Ton)	16
Tablo 3.6. Ülkemizde Kayısı Üretiminin En Fazla Olduğu 6 İlimizdeki Ağaç Sayıları ve Üretim Miktarları	17
Tablo 3.7. Türkiye'nin İllere Göre Kayısı Ağaç Sayıları ve Üretim Miktarları	19
Tablo 3.8. Bölgelere Göre Kayısı Ağaç Sayıları ve Üretim Miktarları (Zerdali dahil)	19
Tablo 3.9. Yöremiz Kayıslarının Fiziksel Özellikleri	20
Tablo 3.10. Ülkemizin 87-93 Yıllarındaki Dışalım ve Dışsatımı (Milyon Dolar)	21
Tablo 3.11. Toplam Dışsatımların Sektörel Dağılımı (Milyon Dolar)	21
Tablo 3.12. Kayısı Sektöründe Üretim ve Dış Ticaretin Gelişimi	21
Tablo 3.13. Türkiye'nin Kuru Meyve Üretim ve Dışsatımı	22
Tablo 3.14. Malatya İli Kayısı Hasat Zamanları (Tümaş 1988)	24
Tablo 4.1. Elazığ ili Yeryüzü ve Atmosfer Öncesi, Aylık Ortalama Radyasyon Değerleri. (Yatay düzleme gelen) Enlem: 38°41', Boylam: 39°14', Yükseklik: 990 m	29
Tablo 4.2. Bazı Karakteristik Yüzeylerin Yansıtıcılığı	30
Tablo 4.3. Difüz ve Yansıtılmış Açı Faktörleri	30
Tablo 4.4. Direkt Radyasyon Açı Faktörleri	30
Tablo 4.5. Aylara Göre Türkiye'nin Güneşlenmesi	32
Tablo 4.6. Aylara göre Türkiye'nin Güneş Radyasyonu	33
Tablo 4.7. Türkiye'nin Bölgeler İtibariyle Güneşlenme Müddeti (1955-67)	33
Tablo 5.1. Bazı Gıdaların Donma Noktalarından Hesaplanan a_w Değerleri	46
Tablo 6.1. Çeşitli Örtü Malzemelerinin Özellikleri	57
Tablo 6.2 Poli Etilen Saydam Örtü ve Kara Örtü Düzenlemesinin Fiziksel Değerleri	57
Tablo 6.3. Saydam Plastik Örtülerin Güneş Işınımını Geçirgenliği	57
Tablo 6.4. Saydam Plastik Örtü Kombinasyonlarının Güneş Işınımını Geçirgenlikleri	57
Tablo 6.5. Kolektör Projelendirmede Fiziksel Büyüklükler	58

Tablo 6.6. Buz-Buhar Sisteminde Sublimasyon Gizli Isısı ve Buhar Basıncının Sıcaklıkla Değişimi	70
Tablo 7.1. Ortamın Bağıl Nemi ile Sülfürik Asit Konsantrasyonu Arasındaki İlişki	109

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

	Sayfa
Resim 7.1 Deney Setinin Komple Resmi	87
Resim 7.2 Delikli Bakır Plakalı Havalı Güneş Enerjili Toplayıcı	91
Resim 7.3 Delikli Bakır Plaka ve Bulaşık Teli ile Genişletilmiş Yüzeyli Havalı Güneş Kolektörü	92
Resim 7.4 Delikli Bakır Plaka ve Genişletilmiş Yüzeyden Güneş Işınımının Oluklu Saca Düşüşü	92
Resim 7.5 Kolektörün 60° lik Dönme Hareketi	93
Resim 7.6 12 Voltluk Cam Silgi Motoru ile Dönme Mekanizması	98
Resim 7.7 Kurutma Odasının İçten Görünüşü	100
Resim 7.8 Eğik Manometreli Orifis metre İle Hava Debisinin Tespiti	104

EKLER LİSTESİ

EK 1 Malatya Kayısı Borsası Raporu	148
EK 2 Hava Debisinin Ölçülmesi	150
EK 3 Elazığ'la İlgili Meteorolojik Tablolar	152
EK 4 Ekonomik Analiz	168

SİMGELER

a	: Kullanılan ml olarak normal NaOH
a_w	: Su Aktivitesi (-)
A, A_H	: Malzemenin kuruma veya hava ile temas alanı (m^2)
A_c	: Kollektör yüzey alanı (m^2)
A_M	: Malzemenin ıslak kurutma alanı (m^2)
c_{pa}	: Kuru havanın sabit basınçtaki özgül ısısı, (Bu değer 273.1 K' de 0.1.00464, 373.1K'de ise 0.1.013 dir. Bu yüzden 0 - 100 °C arasında 1.007 kJ / °C ($kg_{kuru\ hava}$) alınmaktadır.)
c_{pw}	: Su buharının özgül ısısı, kJ/°C($kg_{su\ buhar}$), Bu değer ortalama olarak 1.842 (kJ/°C $kg_{su\ buhar}$) alınmaktadır.
c_s	: Havanın nemli ısısı, (kJ / $kg_{kuru\ hava}$ °C)
C	: Nem derişimi, konsantrasyonu ($k.mol/m^3$), Orifis katsayısı
C_{eq}	: Dengedeki nem derişimi ($k.mol/m^3$)
C_{ph}	: Faz dönüşümü
d	: Deklinasyon Açısı , Orifis çapı = 37 mm
D	: Orifis' in önündeki boru çapı = 100 mm
E	: Enerji (W/m^2) - Düzeltme faktörü, Hız düzeltme faktörü
Enl	: Güneş yükseklik açısının bulunacağı bölgenin enlem derecesi
G_L	: Nem akım hızı (m/sn)
h	: Özgül entalpi (kJ / kg), Manometreden okunan fark basınç - mm H ₂ O
h_a	: Kuru havanın özgül entalpisi (kJ / kg)
h_w	: Su buharının özgül entalpisi (kJ / kg)
h	: Havadan materyale ısı transfer katsayısı ($kJ/m^2\ h\ ^\circ C$)
h_1	: Yaş termometre sıcaklığındaki doymuş havanın entalpisi (kJ/kg.k.hava)
h_1^w	: Yaş termometre sıcaklığındaki suyun entalpisi (kJ/kg.su)
h_T	: Isı taşınım katsayısı (kJ/m^2hK)
H	: Nemli havanın entalpisi (kJ/kg _{Kuru hava})
I_c	: Toplayıcı yüzeyine düşen güneş radyasyonu (W/m^2)
k_A	: Havanın ısı iletim katsayısı (W/mK)
K_G	: Kütle transfer katsayısı
k_H	: Isı aktarımını simgeleyen geçirgenlik katsayısı (W/mK)
k_L	: Nemin iletim katsayısı (W/mK)
k_M	: Kütle aktarımını simgeleyen geçirgenlik katsayısı (W/mK)
k_p	: Hidrodinamik aktarımını simgeleyen geçirgenlik katsayısı (W/mK)
2L	: Katının kalınlığı (m)
m	: Kütle (kg), Kollektörden geçen havanın kütlesi (kg), Alan oranı
M	: Molekül ağırlığı ($kg/kmol$)
n	: Gazın mol sayısı (kmol)
N	: Materyalden havaya kütle transfer debisi (kmol/h)
p_{sw}	: Islak termometre sıcaklığında (t_w) doymuş havanın su buhar basıncı (N/m^2)
p_a	: Kuru havanın kısmi basıncı (N/m^2)
p_w	: Su buharının kısmi basıncı (N/m^2)
p_w	: Havanın bulunduğu koşullarda gösterdiği su buharı kısmi basıncı (Pa)
p_s	: Havanın aynı koşullarda doyma noktasındaki su buharı basıncı (N/m^2)
P_{dh}	: Doymuş nemli havanın kısmi su buharı basıncı (N/m^2)
P_h	: Malzemedeki su buharı kısmi basıncı (N/m^2)
P	: Nemli havanın toplam basıncı - Gıdadaki suyun buhar basıncı (N/m^2), Orifis'in önündeki mutlak basınç - kp/cm^2 - Tartılan numunenin ağırlığıdır
P_o	: Açık hava basıncı - Pa
P_1	: Aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncı (N/m^2)
P_0	: Katı ile havanın nem denge basıncı (N/m^2)
P_R	: Havadaki buhar basıncı (N/m^2)
P_x	: Kılcal akımlardaki potansiyel (N/m^2)
P_{wB}	: Katı yüzeyindeki buhar basıncı (N/m^2)

R	: Üniversal Gaz Sabiti (8.314 kJ / kmol K)
R	: Güneşten gelen radyasyon akısı (W/m ²)
R	: Gazların gaz sabiti. (Kuru havanın $R_a=0.287$ ve su buharının $R_w=0.461$ kJ/kg K)
Q	: Boyutsuz konsantrasyon oranı, Güneş kollektöründen faydalanılacak ısı enerjisi (W)
t	: Kuruma zamanı (sn)
t_a	: Kuru termometre sıcaklığı (°C)
t_w	: Yaş termometre sıcaklığı (°C)
t_{GR}	: Greenwich' deki yerel zamanı . Türkiye için $t_{GR} = (t_{SSA} - 3)$ dır.
t_{SSA}	: Standart saat-ülkelerin kullandığı saat
t_{YS}	: Yerel Saat
T	: Mutlak Sıcaklık (t °C + 273) K
T_a	: Kuru havanın mutlak sıcaklığı (K), dış ortam sıcaklığı (K)
T_c	: Kollektör yutucu yüzey sıcaklığı (K)
T_c	: Akışkanın kollektörden çıkış sıcaklığı (K)
T_d	: Ortalama çevre sıcaklığı (°C)
T_g	: Akışkanın kollektöre giriş sıcaklığı (K)
T_{KT}	: Kurutma havasının kuru termometre sıcaklığı (K)
T_{YT}	: Kurutma havasının yaş termometre sıcaklığı (K)
U	: Toplayıcı ortalama ısı kayıp katsayısı (W/m ² °C)
U_0	: Kollektörden çevreye toplam ısı geçiş katsayısı (W/m ² K)
v	: Özgül hacim (m ³ /kg) - Nemli havanın özgül hacmi (m ³ / kg _{kuru hava})
v_a	: Nemli havadaki kuru havanın özgül hacmi (m ³ / kg _{kuru hava})
v_w	: Nemli havadaki su buharının özgül hacmi (m ³ / kg _{su buharı})
V	: Hacim (m ³)
$\dot{V}$	: Hacimsel debi - lt/dk
w	: Katının geçirgenlik katsayısı (W/mK)
W	: Özgül nem ($\frac{kg_{su buharı}}{kg_{kuru hava}}$)
W_1	: Yaş termometre sıcaklığındaki doymuş havanın özgül nemi (kg _{nem} /kg _{k.hava})
dW/dt	: Kuruma hızı (Nem gradyenti)
Z_R	: Reynolds sayısı düzeltme faktörü
Z_D	: Boru boyut düzeltme faktörü
α	: Efektif yutma katsayısı (-)
β	: Gelen ışınların toplayıcı normaliyile yaptığı açı
β_{AZM}	: Azimut Açısı
β_{GY}	: Güneş yükseklik açısı
β_{SSA}	: Güneş yükseklik açısının bulunacağı bölgenin saat açısı
β_{YAA}	: Toplayıcı eğim açısı. Güneş ışınlarının toplandığı yüzeyin yatayla yaptığı açı.
ϵ	: Daralma faktörü
λ	: Işığın dalga boyu
λ_o	: Suyun 0°C' da buharlaşma gizli ısı 2500 kJ/kg _{su}
σ	: Yüzey gerilimi (Pa) - Stefan Boltzman sabiti (5.77*10 ⁻⁸ W/m ² K ⁴) -deneysel
τ	: Saydam örtüden radyasyon geçiş oranı (-)
μ_A	: Havanın viskozitesi (kg/m.sn)
μ_L	: Nemin viskozitesi (kg/m.sn)
ρ	: Orifis' in önündeki hava yoğunluğu - kg/m ³
ρ_o	: Bulunulan yerin hava yoğunluğu - kg/m ³
ρ_A	: Havanın yoğunluğu (kg/m ³)
ρ_L	: Nemin yoğunluğu (kg/m ³)
ϕ, ϕ_d	: Bağıl nem - Havanın denge bağıl nemi (%) -Güneş ışınlarının yatayla yaptığı açı

1. GİRİŞ

1970'li yıllara kadar, genellikle bahçe kenarlarında ve tarlaların kuzey sınırlarında sınır bitkisi olarak yetiştirilen kayısı, 80'li yılların başından itibaren dışsatımdaki canlanmaya paralel olarak ekonomik açıdan büyük önem kazanmış ve bölgenin geçim kaynağı olmaktan öte, servet kaynağı olmuştur. 1987 yılı itibariyle yöremizde ülkemiz taze kayısı üretiminin yaklaşık yarısı gerçekleştirilmiştir. 1987 yılı Türkiye taze kayısı üretimi 220000 ton olup Malatya 93903 ton, Elazığ 4904 ton ve Erzincan 6108 tondur. Bölge, kuru kayısı üretiminin merkezi durumundadır. Kuru kayısı dışsatımının tamamı yöremizden sağlanmaktadır. Ülkemizde üretilen kuru kayısının çok büyük bir yüzdesi dışsatıma gitmektedir. Kuru kayısı dışsatımı miktar ve değer olarak son on beş yılın rekoltedeki dalgalanmalara rağmen, mutlak bir artış eğilimi göstermektedir. 1980'lerden günümüze kadar olan tarımsal dışsatımlarımızda, yurda kazandırılan döviz açısından, kuru kayısının kuru üzümünden sonra ikinci önemli kuru meyve durumuna geçtiği gözlenmiştir (Özmen, 1990).

Dünya pazarlarının kuru kayısıya olan talebi henüz doygunluk noktasına ulaşmamıştır. Oysa Elazığ ve ilçeleri kayısı ekim alanı olarak büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Fakat genel olarak ülkemizde tarım için elverişli ekilir, biçilir arazileri kullanmada sınır rakamlara varılmasına rağmen, gelişmiş ülkelerdeki verim ve üretilen kayısıyı işleme oranlarına ulaşamamıştır.

Taze meyve ve sebzelerin çabuk bozulması, bu ürünlerin taze olarak dar bir bölgede tüketilmesini zorunlu kılmaktadır. Oysa bunların kurutulmaları ile iç ve dış pazar istekleri rahatlıkla karşılanabilir. Günümüzde taze meyve ve sebzelerin tarladan çıktığı, bahçeden toplandığı gibi tüketilmesi azalmakta ve bu aynı zamanda ekonomik de olmamaktadır. Gelişmiş ülkelerde gıda maddelerinin %60'ı teknolojik işlemlere tabi tutulurken bu oran bizde %30'u bulmamaktadır. Bu oranların yükseltilmesi gelişme düzeyini artıracak gibi ekonomik verimliliği de artırıcı ve hatta tarımsal kalkınmayı motive edici olacaktır. Gıda maddelerinin uzun süre kullanılmasını sağlayan teknolojik işlemlerin başında kurutma gelmektedir.

Kurutma, üründeki sıvının uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Kurutma ile üründeki mevcut su, onun bozulmasına imkan vermeyecek bir düzeye kadar azaltıldığı için kesin bir muhafaza imkanı oluşmaktadır. Kurutulmuş gıdalar, diğer yöntemlerle muhafaza edilenlerden farklı olarak, besin öğeleri açısından yoğunlaştırılmış nitelik kazanmaktadır.

Yapay olarak yapılan kurutmada, güneşte açık alanlarda yapılan kurutmanın bir çok sakıncaları ortadan kaldırılmaktadır. Böylelikle daha kaliteli ürün alınabilmektedir. Güneş

enerjisinin ısı etkisinden yararlanma yöntem ve cihazlarının kısa zamanda uygulamada yaygınlaştığı, bilhassa konutların sıcak su ihtiyaçlarının karşılanması, hayvan barınaklarının ve seraların ısıtılması, ürünlerin kurutulması gibi uygulamaları görülmektedir. Güneş enerjisi uygulamaları arasında, kurutma önemli bir yer tutmaktadır. Tarımsal ürünler çok eskilerden beri güneş enerjisiyle açıkta kurutulmaktadır. Ancak bu yöntemle kurutma kontrolsüz olup, çeşitli risklerle karşı karşıyadır. Her şeyden önce, her ürünün maydanoz, nane, erişte vb. gibi güneşte açıkta kurutulması doğru değildir. Ayrıca her yer ve her bölge, güneşte kurutmaya elverişli de olmayabilir. Elverişli bir bölgede dahi kurutma, o sıradaki iklim koşullarına son derece bağlıdır. Aynı şekilde açıkta güneşte kurutmada hijyenik koşulların kontrolü mümkün olamamakta ve kurutulan ürün açıkta çeşitli böcek, kuş ve benzer hayvanların zararlarına uğramakta ve tozlanıp kirlenmektedir. Bunun gibi, güneşte kurutulan meyvelerde solunumun bir süre devam etmesi ve hatta çoğu kez hafif bir fermantasyon belirmesi nedeniyle, madde kayıpları oluşmakta ve sonuçta verim yapay kurutmaya göre düşmektedir. Bunlara ek olarak güneşte kurutma uygulamasında, 20 dönümlük bir tarım alanı için yaklaşık bir dönümlük açık sergi alanına ihtiyaç olduğu, ayrıca kurutma süresinin fazlalığı ve kurutulan ürünlerin kalite düşüklüğü gibi olumsuzluğu yanında güneşte açıkta kurutma, yapay kurutma odalarında kurutmaya göre ekonomik olmaktadır. Ülkemizin birçok bölgesi, güneşte kurutma ve güneş enerjisi destekli yapay kurutma için son derece elverişli olup, başta üzüm ve kayısı gibi ürünler bu yolla başarı ile kurutulmaktadır.

Yöremiz ve dolayısıyla ülkemizin tarımsal kalkınması ve ekonomisi için bu kadar önemli yeri olan kuru ve kurutulacak meyvelerimizin dünya pazarlarındaki yeri de oldukça önemlidir. Buna göre mevcut pazarların elde tutulması ve ayrıca yeni pazarlar elde edilmesi için, kaliteli ve hijyenik koşullarda kayısı kurutma sektörünün geliştirilmesine gerekli önem ve önceliğin verilmesi lazımdır.

Bu araştırma; yöremizdeki üretim potansiyeli dikkate alınarak, kayısının fiziksel ve kimyasal özellikleriyle birlikte karakteristik kurutma özelliklerinin belirlenmesi, yöremiz üreticilerinin az bir masrafla temin edip kullanabilecekleri, yöre koşullarına uygun güneş enerjisinden yararlanarak kurutma masrafını azaltan, açık sergilerde geleneksel kurutma ile 10 gün olan kurutma süresini 2 güne indiren, homojen bir kuruma sağlayan, kükürtlenmenin aynı kurutucuda yapılmasıyla da hem zamandan ve hemde işçilikten kazanç sağlayan özgün bir kurutucu tipinin uygulamadaki geçerliliğinin araştırılmasını içermektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Gıdaların kurutulması ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmakta olup bu araştırmaları üç grupta incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi; kurutma sırasında kurutucu ortam koşulları (hava sıcaklığı, nemi ve akış hızı) ile kurutulan örneğe ait özelliklerinin (boyut ve yüzey temas alanları) kurutma hızına etkilerinin incelendiği araştırmalardır. Bu konuda en önemli araştırmacılar Saravacos ve Charm, (1962a, 1962b); Komanowsky vd., (1970); Labuza ve Simon, (1970); Pointing ve Bean, (1970); Bowden vd., (1983); Mazza, (1983); Mulet vd., (1987); Puiggali vd., (1987); Mulet vd., (1989); Weite vd., (1989); Adar, (1989); Yapar vd., (1990); Karataş ve Esin, (1990); Doğan, (1991); Karataş ve Battalbey, (1991).

İkinci grupta; kurutma sırasında nem taşınım mekanizmasının incelendiği çalışmalar yer almaktadır. Bunların başında da Vaccarezza vd., (1974); Vaccarezza ve Chirife, (1975); Kısakürek, (1980); Özil ve Özel, (1987); Monr ve Can, (1992) gelmektedir.

Üçüncü grupta ise; kurutma sırasında kalite kayıplarının incelendiği araştırmalar gelmektedir. Bu konudaki önemli araştırmacılar ise schadle vd., (1983); Evranuz vd., (1984); Mishkin vd., (1984); Esin, (1985); Keleş, (1986); Madahar vd., (1989) dır.

Bunlardan bazıları sebze kurutmayla ilgilidir ki bunlar Saravacos ve Charm, (1962a, 1962b); Komanowsky vd., (1970); Mazza, (1991) dır. Ayrıca Van Arsdel (1963), patatesin kurutulmasında hava hızı ve sıcaklığını araştırmış, hava hızının kuruma hızına etkisini ve ayrıca patatesin kuruması sırasında sabit ve azalan hız periyotlarında kuruduğunu ispatlamıştır. Diğer taraftan Zhao ve Porsdal (1988), patatesin azalan hız periyodunda kuruduğuna ve kurumayı denetleyen faktörün iç nem transportu olduğuna işaret etmiştir. Şahbaz ve Kayhan (1992), da yaptığı araştırmayla haşlanmış patates örneklerini, yarı kesikli tünel tipi kurutucuda farklı hava sıcaklık ve akış hızlarında kurutarak, sıcaklık ve hava akış hızının kuruma hızına etkisini incelemişlerdir. Karataş ve Esin (1989), deneysel bir püskürtmeli kurutucu ile domates salçasından domates tozu eldesi için TÜBİTAK destekli başarılı bir çalışma gerçekleştirmiş, Cihan ve Özgür (1991), çeltik kurutma ve bir optimum çeltik kurutma tesisatı tasarımı çalışmalarında bulunmuştur. Küçüka (1989), bilgisayar simülasyonu yardımıyla İzmir ve yöresindeki bir depo tipi mısır kurutucu için optimum çalışma koşullarının belirlendiği bir çalışma yapmıştır. Akkiprik (1970), Turhal Şeker Fabrikasına bağlı ispiro fabrikasına yemlik maya kurutma için Vals tipi kurutucu imali ve termodinamiği hakkında bir çalışma yapmıştır. Şengezer (1970), çözgü nemliliği ve nispi hava rutubetinin dokuma prosesine etkisinin araştırılması, Özil ve Özel'in (1987), kurutmada güneş

enerjisinin kullanımı ile ilgili araştırmasına psikrometrinin de katılarak sunulması, Uyarel ve Öz (1987), ayrıca Atagündüz'ün (1989), orman ürünlerinin güneş enerjisi ile kurutulması hakkındaki araştırma ve projeleri sayılabilir.

Güneş enerjisi ile kurutmada geçerli olan ince sergi kurutması hakkında yapılan çalışmalar Hukill (1947), tarafından bilimsel bir temele oturtulmuştur. Hukill bilhassa hububat kurutmanın teorisini oluşturmuştur (Hukill ve Schmidt, 1960); Newman (1931); taneli tarımsal ürünlerin kurutulması, Perry (1944), ise erik kurutulması hakkında araştırmalar yapmışlardır. Gallahar, (1951); Johnson ve Dale, (1954); ve daha sonraları Rodriques, (1963); yapmış oldukları araştırmalarla kurutulacak katılardaki nemin difüzlenmesi için gerekli ısıyı araştırmışlardır. Buelow, (1958); ilk defa güneş enerjisinden yararlanarak kurutma hakkında araştırmalar yapmış, Philips (1965); ise aynı metodu kullanarak havalı güneş enerjisiyle meyve kurutmayı başarmıştır. Whillier (1963); Liu ve Jordon, (1963); ve Close, (1963); gibi bilim adamları da güneşli hava ısıtıcıları hakkında araştırmalar yapmışlardır.

Bunlardan başka, kurutulacak gıdaları doğrudan güneş ışınlarına bırakarak kurutulmalarını sağlayacak kurutucular üzerinde araştırmalarını yoğunlaştıranlar ve güneş enerjisi yardımıyla kurutmayı sağlayan kurutucu havasının sıcaklığını artırıp bağıl nemini düşürerek bunu kurutulacak ürünün üzerine üfleyerek hem ürünün ısıtılması ve hem de ürün yüzeyindeki oluşan su buharının taşınmasında kullananlar diye gruplandırılabilir. Bu konularda araştırma yapan araştırmacılar ve yaptıkları araştırmalar ise aşağıda verilmiştir.

Shedd, (1951); çeşitli ürünlerin hava akımına karşı direnci üzerine araştırmalar yaparak, nemli ürünlerin hava akımına karşı dirençlerinin fazla olduğunu, yabancı maddelerin direnci artırdığını, ürünleri sıkıştırarak doldurmanın gevşek doldurmaya göre direnci artıracığını açıklamışlardır.

Pederson vd. (1960), yer sıcaklığının kurumaya etkisini incelemiş, biçilen ve namlu halinde bırakılan bitki ile yer arasına siyah plastik örtü döşemiş, bu plastiğin güneş ışımasını yutarak üzerine serili otu ısıtarak kurummasını incelemişlerdir.

Buelow ve Boyd'a (1957) göre, güneş enerjisini kurutucu havasının ısıtılmasında kullanarak, bir güneş enerjili toplayıcı tasarlamıştır. Bu sistemle; koçanlı mısır, tane mısır, maydanoz, soya fasulyesi ve saman kurutmuşlardır. Denemelerinde iki tip havalı güneş kolektörü kullanmışlardır. Birinci tip kolektör siyah asfalta boyanan saç levha ve camdan oluşmuştur. Altta ısı geçişini engelleyen yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Kolektörde ısınan hava kurutucuya verilmiştir. İkinci tip kolektörde ise, üstte bulunan cam kaldırılmış, siyah

saç levha ile yalıtım malzemesi arasındaki ısınmış hava çekilerek, kurutucuya verilmiştir. Bunun yanında çevre havası ile kurutma yapabilecek kurutucularda denenmiştir. Bu üç tip kendi aralarında karşılaştırılarak; güneş enerjisiyle kurutma yapan sistemlerin, çevre havasını kullanan sistemlere göre üç misli daha hızlı kurutma gerçekleştirdiği gösterilmiştir.

Williams'da (1961), plastik örtülerin kurutmaya etkisini araştırmak için siyah plastik örtüyü otun üzerine sermiş ve 30 cm üzerine de ikinci bir saydam plastik örtü yerleştirmiştir. Bununla doğal kurutma süresi arasında %33'lük bir azalma olduğunu tespit etmiştir.

Buelow'un (1962) yapmış olduğu araştırma ile, tarımsal alanlarda kullanılabilecek güneş enerjili toplayıcıların tasarım özelliklerini belirlemiştir. Ayrıca toplayıcıların güneye bakmasını ve sistemdeki giriş ve çıkış açıklıklarının basınç kayıplarını minimuma indirecek açıklıkta yapılması gerektiğini göstermiştir.

Bailey ve Williamson (1963), üstü selüloz asetat geçirilmiş, arada delikli siyaha boyalı levha bulunan basit bir kurutucu ile arpa ve buğday kurutmuşlardır. Bu kurutucunun en fazla güneş ışınımı alabilmesi için yatayla 20° lik açı yapmasını önermişlerdir.

Peck (1964), havanın ısınmasını güneş enerjisinden ve hızını da elektrik enerjisinden sağlayan bir kurutucu geliştirerek, klasik kurutuculara göre %50 verim artışı sağlamıştır. Bu kurutucunun kuzeye bakan duvarını kontrplak ile diğer duvarları 10 cm aralıklı çift kat plastikle kaplamıştır. Doğu tarafta iki hava girişi ve batı yönünde de iki hava çıkışı vererek kurutucu içindeki hava dolaşımını ve nem transportunu 0.5 W' lık vantilatör ile sağlamıştır.

Lawand (1965), kolektörde ısınan havayı kurutucuya verip, kurutucu bacasına koyduğu rüzgar enerjisiyle çalışan aspiratör vasıtasıyla emip dışarı atan sistem geliştirmiştir. Bu kurutucu ile domates salçası, bamya, patlıcan, kabak, patates ve ebegümeci kurutmuştur. Güneşte sererek kurutmaya göre, %20-58 daha kısa sürede kurutma sağlamıştır.

Sharma ve Nath (1972), Hindistan da kereste kurutmak için klasik tiplerden daha iyi olan bir sistem geliştirmişlerdir. Bununla güneş enerjisini uygun bir yöntemle depolayıp gece kullanmış ve kurutma süresinin kısaldığını bildirmiştir.

Van (1972), içersinde rafları olan kurutma odasına plastik bir tünel aracılığı ile ısıttığı havayı göndermek suretiyle kurutma yapan bir kurutucu ile bir günde elma, şeftali, mantar, çeşitli baharatlar ve et kurutmuştur.

Akyurt vd. (1973), Van'ın kurutucusuna benzeyen bahçe tipi güneş enerjili kurutucusu ile dut, şeftali, çekirdeksiz üzüm ve dolmalık kabak kurutmuşlardır. Ürün çeşidine göre kuruma süresi 100-156 saat sürmüştür.

Agrawall vd. (1973), sandık tipi kurutucu ile erik, şeftali, bezelye ve karnabaharı 3 ile 18 saat arasında kurutarak, nem içeriğini %80-85'den %5-20'ye indirebildiğini bildirmektedir. Hindistan'da uygulanan bu kurutucu, Lawand'ın (1965), geliştirdiği kurutucu tipine çok benzemektedir.

Ghosh (1973), klasik cam serayı değiştirerek kurutucuya çevirmiştir. Burada kakao kurutmayı deneyerek başarılı sonuç elde etmiştir. Prototip kurutucuda platform altına yerleştirilen ısıtıcılar, yağışlı devrelerde veya geceleyin çalışarak kuruma süresini kısaltmıştır. Gün ortasında kurutucu içindeki ortalama en fazla sıcaklık, çevre havasından 20 ile 25°C daha fazla, bağıl nem ise çevre havasına göre %15-20 daha az olmuştur. Ek ısıtıcı kullanıldığında ise sıcaklık 70-75 °C çıkmıştır.

Pinheiro vd. (1973), alt kısmı cam yünü ile yalıtılmış, üst kısmına çift katlı cam takılmış, dikdörtgen şeklindeki kurutucu ile muz, ananas gibi meyveler kurutmuşlardır.

Posingham (1973), Avustralya'da üzüm kurutmayı, yaptığı kurutucuyla deneyerek başarılı sonuç elde etmiştir. 1,50 m genişlik, 2,50 m yükseklik ve 50 m arasında uzunluğu olan ahşap ve demir borular ile çatı oluşturmuştur. Araya aralıkları 5 cm olan kümes telinden rafları 25 cm dikey aralıklarla yerleştirmiştir. Kurutucuyu yağış ve aşırı güneşten korumak içinde üzerine oluklu saçtan bir çatı yapmıştır. Dört tarafı açık bırakmıştır. Bu yöntemle kendi yöresi için üzüm kurutma süresini 8-14 gün arasına indirmeyi başarmıştır.

Thomas vd. (1974), üçgen prizma şeklinde tasarladıkları kurutucuyla, özellikle 43°C aşmayan sıcaklıkta baharat kurutmuşlardır. Kurutma odası doğrudan güneş ışınlamından etkilenmemekte ve toplayıcı tarafından üstü kapanmıştır. Güneş toplayıcısı saydam plastik ile kaplanmıştır. Hava 15 W'lık küçük bir vantilatör yardımıyla toplayıcıdan geçirilmektedir. Araştırmacı bu kurutucuda reyhan, bergamot, melisa, lavanta, maydanoz ve yeşil soğanı 2 ile 21 gün arasında kurutabildiğini bildirmektedir.

Peterson (1973), yaptığı araştırmada, sakın tabaka kurutucularını, güneş enerjisinden yararlanacak şekilde değiştirmeyi tasarlamış, bunu iki tip kurutucuda denemiştir. Bunlardan ilkinde, doğu-batı eksenine paralel konumdaki kurutma ambarının güney yüzüne bakan çatısını güneş enerjisi toplayıcısı olarak kullanmıştır. Kurutucuda her 2 m³ tahıl için 1m² toplayıcı alanı kullanılmıştır. Araştırmacı, mısır kurutmada vantilatörün gece gündüz devamlı çalıştırılabileceğini, yalnız mısır tabakası üzerindeki nemin %20 y.b. veya daha az olduğu durumlarda vantilatörün gece çalışmaması gerektiğini saptamıştır. Araştırmacının üzerinde çalışmış olduğu ikinci güneş enerjili kurutucu 5,5 m çapında 110 m³ hacmi olan

çelik bir silodur. Silo duvar çevresinin %65'ini saran 4,25 m yüksekliğinde güneş enerjisi toplayıcısı eklenmiştir. Elektrik enerjisi tüketiminde %50 azalma sağlandığı bildirilmiştir.

Peterson vd. (1974), yaptıkları çalışmada mısır kurutmada kullanılan havayı ısıtan, beş tip güneş enerjisi toplayıcıları birbirleri ile kıyaslamışlardır. En iyi verimi, üstü siyaha boyanmış oluklu galvanize saç tabakaya sahip toplayıcı vermiştir. Güneş enerjili bu kurutucu, klasik tipe göre enerji tüketiminde %26 azalma sağlanmıştır.

Converse vd. (1977), güneş enerjisini, ek bir ısı kaynağı olarak, tahıl kurutmada kullanmışlardır. Çevre havasıyla yapılan kurutma ile güneş enerjisiyle ısıtılmış havayı kullanarak yapılan kurutmayı birbirleriyle kıyaslamışlardır. Kurutma sırasında kurutma oranı, son nem içeriği, elektrik enerjisi girdisi ve tahılın bozulması saptanmaya çalışılmıştır. Kurutmada şişirilebilir ve boru şeklinde güneş toplayıcıları kullanılmıştır. Bu araştırmada, kuruma hızının hava debisine bağlı olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında güneş enerjili ısıtmanın, soğuk ve nemli hava koşullarında daha verimli olacağı vurgulanmıştır. %11 y.b. nem içeriğinin uzun süreli tahıl depolamada yeterli olacağı ve toplayıcı ile elde edilen ısıyı büyük kayaların ısıtılması suretiyle depolamanın soğuk havalarda kurutma verimini arttıracakını bildirmiştir.

Keener vd. (1977), dairesel, yarı dairesel ve üçgen kesitleri olan plastik güneş toplayıcılarının uygulamadaki kullanılabilirliğini incelemişlerdir.

Moy (1977), Güneş enerjisi ile çalışan çeşitli kurutucular üzerinde yapmış olduğu çalışmalarla, güneş enerjisinin toplanması, verimlilik, hijyenik koşullara uyumluluk, üretim kalitesi gibi konuları kıyaslamıştır.

Wagner vd. (1977), odaklayıcı yansıtıcı yardımıyla güneş enerjisini toplayıp, çevre havasını ısıtarak meyve ve sebze kurutmuşlardır. Bunun yanında klasik sıcak havalı kurutucu ile yapılan kurutmadaki ürünlerin tat, renk, nem içeriği, fire oranı düzeylerini inceleyerek, güneş enerjili kurutucuya göre kıyaslamışlardır.

Coleman vd. (1978), yeşil biberi, klasik sıcak havalı kurutucularla ve doğrudan güneş ışınlamı alan kurutucularla kurutarak C vitamini değişimini araştırmışlardır. Bu araştırmalarıyla sıcak havalı kurutucular ile kuruyan biberlerde C vitamininin daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Johnson vd. (1979), güneş enerjisiyle ısıtılan hava ile ve açıkta serilen çevre havası ile mısır kurutmuşlardır. Nem içeriği %24 y.b'dan, emniyetle depolanabilir nem içeriği düzeyine, %16.5 y.b'a kadar inebildiğini bildirmişlerdir.

Mühlbauer (1978), saydam ve siyah plastik örtü kullanarak toplayıcı maliyetini düşürmeyi amaçlamıştır. Fakat güneş ışınımının 300 W/m^2 nin altına düştüğü günlerde plastik güneş toplayıcılarının termik verimliliğinin çok düştüğünü ve ancak güneş ışınımı yoğun olan iklim kuşağında bu tip toplayıcıların kullanılabileceğini bildirmektedir.

Pierce vd. (1979), çevre havasını kullanan kurutucular ile sürekli sıcak havayla kurutma yapan kurutucuları güneş enerjisiyle çalışan kurutucularla karşılaştırmışlar. Havası serin ve kuru yerlerden, nemli ve ılık yerlere gidildikçe gerekli hava debisinin artacağını, bunun yanında güneyden kuzeye doğru yapılan kurutma araştırmalarında kuruma süresinin artacağını bildirmişlerdir. Sisteme ek ısı eklendiğinde aşırı kurutma sorunlarının olacağını ve hasat edilen düşük nem içerikli ürünlerin kuru madde yüzdesinde azalma olacağını bildirmişlerdir. Güneş enerjili sistemlerde enerji tüketiminin oldukça az olacağını da vurgulamışlardır.

Troeger vd. (1979), su ısıtmalı güneş enerjisi ile beslenen toplayıcılarla elde ettikleri ısı enerjisini, kayaları ısı deposu olarak kullanarak yerfıstığı kurutmuşlardır. Bu kurutucuyu enerji tüketimi açısından akaryakıtla ısıtılan kurutucularla kıyaslamışlardır.

Wagner vd. (1979), iki adet küçük boyutlu ve düşük maliyetli güneş enerjili kurutucuyla çeşitli meyve ve sebze kurutmuşlardır. Kurutucularda parabolik yansıtıcıları kullanarak, ürün üzerine düşen ışınımı artırmışlar, dolayısıyla kuruma sürelerini kısaltmışlardır. Oldukça hafif olan bu kurutucuların kurutma alanı $0,5 \text{ m}^2$ dir. Bu kurutucularda üzüm, şeftali, kiraz ve mantar için kurutma süresi 5-8 saat arasına değişmektedir.

Kranzler vd. (1980), bir silodaki tane mısırın güneş ve elektrik enerjisiyle kurutulmalarını enerji tüketimi açısından kıyaslamışlardır. 5,8 m çapında, 5,2 m yüksekliğindeki iki çelik tahıl kurutma silosunun birisine güneş enerjisi, diğerine elektrik enerjisi yardımıyla ısıtılan hava göndererek kurumalarını incelemişlerdir.

Troeger vd. (1980), yer fıstığı kurutulmasında üç tip kurutucu kullanarak, bunları kendi aralarında karşılaştırmışlardır. Bu kurutucular; güneş enerjisiyle su ısıtarak bunu kurutucuda kullanan sistem, güneş enerjisiyle hava ısıtıp bu ısıyı kayaları ısıtmada kullanan sistem ve sıvılaştırılmış petrol gazı kullanan sistemlerdir. Birinci tip sistemde güneş enerjisinin %41'i, ikinci tip sistemde güneş enerjisinin %74'ünün kullanıldığı bildirilmektedir.

Tuncer (1980), açıkta güneş altında yonca kurutmak amacıyla, Çukurova bölgesi şartlarına uyacak plastik toplayıcılarının uygunluğunu araştırmıştır. Araştırmada 60 m çapta, 25 m uzunlukta, dışı saydam polietilen ve içinde alt çevreyi saran siyah polietilenden tünel tipi güneş toplayıcısı kullanılmıştır. Plastik tünelin boğumlu olması, havanın bu tünel

yüzeylerine çarpıp sürtünmesine neden olmuş, oluşan türbülans ile ısıнын daha kolay taşınmasının sağlandığı bildirmiştir. Elde edilen kuru hava $3600 \text{ m}^3/\text{h}$ debi ile kurutma silosuna verilmiştir. Hava şartlarına göre kurumanın 30-50 saat arasında değiştiği bildirmiştir.

Vaughan vd. (1980), çiftlik binasının çatısına güneş enerjisi toplayıcısı koyarak yer-fistiği kurutucusu olarak kullanmıştır. Kurutucu verimliliği, toplayıcı verimi ve ekonomik yeterliliğini incelemişlerdir.

Morey vd. (1981), güneş enerjisini çevre havasının ısıtılmasında kullanarak, enerji ihtiyacını klasik kurutucu sistemlerine göre azaltacağını bildirmiştir.

Boyacıoğlu vd. (1984), kurutma yöntemleri hakkındaki en son gelişmeler olan yüksek frekanslı ısıtma ile, infrared ile, vakumda, kondenserli, güneş enerjili, yüksek sıcaklıkta ve mikrodalga kurutma hakkında bilgiler vermektedir.

Esin (1985), besin sanayinde ısı işlemler ve konservecilik hakkındaki araştırmayla besin maddelerinin bir süre bozulmadan saklanabilmesi için kurutmanın önemini açıklamıştır.

Cemeroğlu (1986), meyve ve sebze işleme teknolojisinin bilimsel temellerini izah etmiş ve ayrıca kurutma sistemlerinden de bahsetmiştir.

Özbalta vd. (1988), tarımsal ürünlerin kurutulmasında güneş enerjisinin kullanımının araştırıldığı bu çalışmada, kurutma teknolojisinde enerji ekonomisi sağlanması bakımından kurutucuların geliştirilmesinin önemini, günümüzde tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan güneş enerjili kurutucular ve uygulanabilirlikleri ile üstünlüklerini vurgulamışlardır.

Güngör vd. (1994), $1,65 \text{ m}^2$ net alanlı havalı güneş enerjisi toplayıcısı ve her biri $55 \times 93,7 \text{ cm}$ ölçülerinde üst üste 5 sıralı, raflı kabinet tipi bir güneşli kurutucusu ile elma kurutma denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Kurutucu içersindeki hava hareketini 50 W gücünde $500 \text{ m}^3/\text{h}$ kapasiteli bir fanla sağlamışlardır. Kurutma havası, belirli oranlarda emilerek dolaştırılmakta ve nemi yükselen hava dışarı atılarak enerji tasarrufu yapılabileceği ve bir defada yaklaşık 25 kg standartlara uygun yaş elma dilimlerinin kurutulabildiğini ayrıca değişik noktalardaki sıcaklıkların, ürün kuruma hızlarının tespit edildiğini bildirmişlerdir. Hava ısıtıcı olarak kullanılan toplayıcıda absorber yüzey olarak özel toplayıcı boyalı siyah sac ve üzerine yerleştirilmiş bulaşık teli ile genişletilmiş yüzeyli bir yapı oluşturulmuştur.

Oechsle (1996), solar tünel kurutucularda alternatif kurutma imkanlarının araştırıldığı çalışmada kuru meyveler ve kuru sebzeler için sınırsız kullanma olanakları sıralamaktadır.

3. KAYISI BİTKİSİ, ÜRETİMİ ve EKONOMİYE KATKISI

3.1 Kayısı Bitkisi

Kayısı (*pr.armeniaca* L.) Rosales takımının Rosaceae familyasının Prunaideae alt familyasının *Prunus* cinsine girer. Bu tür, zerdalinin aşı ile çeşit halinde çoğaltılan bir kültür tipidir. *Prunus* cinsi içerisinde kayısı olarak üç tür tanınmaktadır.

1. *Prunus armeniaca* L. Kayısı
2. *Prunus mume* Sieb, Japon kayısı
3. *Prunus dasycarpa*, Ehrh, Siyah kayısı

Yapılan araştırmalar, kayısının milattan önce yetiştirildiği ve yenildiğini göstermektedir. Kayısının ana vatanı Türkistan ve batı Çin, özellikle de Tiyanşan dağlarıdır. Kafkasya üzerinden İpek Yolu ile İran ve Anadolu'ya oradan Yunanistan'a ve daha sonraları da tahmini 1. yy. da Romalılar zamanında İtalya'ya geçmiş, buradan Avrupa'ya ve Afrika'ya yayılmıştır. İngiltere'ye götürülüşü 13. yy. isabet etmekte olup gene Kafkasya üzerinden Rusya'ya, Avrupa ve yaklaşık 1700'lü yıllarda Amerika kıtasına götürüldüğü ve böylece dünyaya yayıldığı tespit edilmiştir (TUMAS,1988; Pektekin, 1994).

Kayısı, hasat süresi 20 ~ 25 gün gibi çok kısa olan bir meyvedir. Olgun taze kayısı ve kayısı ürünleri tercih edilen ürünlerin başında gelmektedir. Kayısının karakteristik aromasını; Myrcene, limonin, P-Cymene, Terpinolin, trans-2-hexanal, μ -terpineol, geranial, geraniol, linalul, 2-Methylbutyrik asit, Kaproik asit, d lakton (C_8 , C_{10} , C_{12}), s lakton (C_8 , C_{10}) ve Benzil alkol gibi uçucu bileşikler oluşturmaktadır (Belirtz. vd. 1987).

Taze kayısı hoş kokusu ve tadı olan fakat taşıma ve paketlemeye dayanıklı olmayan bir meyvedir. Çok çeşitli şekillerde işlenen kayısı ürünleri kayısının pazarlama sahasını ve süresini artırmaktadır. Kayısı besin maddelerince zengin, özellikle de tansiyon düşüklüklerinde, elektrolit dengesinin sağlanmasında önemli olan Sodyum-Na, Potasyum-K, Demir-Fe, A vitamini, C vitamini ve lisin amino asidi bakımından yeterli bulunmaktadır. Bazı taze kayısı çeşitleri ile yapılan laboratuvar tespitlerine göre taze kayısıların kimyasal bileşimi Tablo 3.1' de, mineral ve vitamin bileşimi Tablo 3.2'de verilmiştir. Ayrıca kayısının bileşiminde glikoz, fruktoz, sakkaroz, malik ve sitrik asit, tanenler, çekirdekten ürünlere geçebilen amigdalın ve hidrosiyamik asit bulunmaktadır.

Taze kayısı örneklerinin kimyasal bileşimleri incelendiğinde literatür bulguları ile farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar değişik çeşit ve ekolojik koşullardan

Tablo 3.1: Çeşitlere Göre Taze Kayısların Kimyasal Bileşimi

Çeşit	Enerji kJ/100g	Protein %	yağ %	Karbonhidrat %	Nem %	Kül %	Selüloz %	pH	Top. Asitlik g/100g
Hacıhaliloğlu	335.80	0.78	0.97	19.30	78.26	0.69	1.63	4.66	0.35
Çataloğlu	335.00	0.54	0.21	21.24	77.22	0.79	1.15	4.78	0.34
Çöloğlu	327.22	0.41	0.90	19.24	78.74	0.71	1.20	4.94	0.23
Hasanbey	324.67	0.53	1.26	18.12	79.47	0.62	1.23	4.99	0.20
Aprikoz	349.49	0.19	0.09	16.17	82.92	0.63	1.21	4.40	0.37
Kaba aşı	264.30	0.29	0.18	16.85	82.03	0.65	1.42	4.60	0.31
İsmailağa	281.55	0.51	0.46	17.14	81.30	0.59	1.34	5.38	0.12
Soğancı	367.99	0.47	10.8	21.47	76.29	0.69	1.18	4.68	0.28
Şekerpare	294.44	0.40	0.58	17.82	80.59	0.61	1.20	4.97	0.20
Hungarish Best	232.16	0.47	0.36	14.13	84.54	0.50	1.23	3.53	1.42
Tokaloğlu (Erzincan)	262.88	0.67	0.31	16.10	82.29	0.63	1.27	3.64	1.38
Ortalama	297.88	5.47	0.58	17.98	80.33	0.64	1.27	4.59	0.47
Literatür Bulguları*	213.49- 226.04	0.60- 1.10	0.10- 0.20	10.90- 15.90	82.70- 89.30	0.59- 0.77	0.60- 0.90	-- --	-- --

*Souci, S. W., 1981/82

Kaynak: Pala. M., vd. 1994

Tablo 3.2: Taze Kayısı Çeşitlerinin Mineral ve Vitamin Bileşimi (mg/100g)

Çeşit	Demir	Çinko	Sod- yum	Kalsi- yum	Potas- yum	Mag- nezyum	Karoten	B ₁ Vitamini	B ₂ Vitamini	Niasin
Hacıhaliloğlu	0.52	0.32	0.3	9.2	292	9.4	1.0	0.025	0.03	0.67
Çataloğlu	0.66	0.35	3.0	8.8	327	10.7	1.2	0.019	0.03	0.76
Çöloğlu	0.35	0.25	0.1	7.3	252	8.9	0.6	0.015	0.02	0.62
Hasanbey	0.78	0.47	3.8	12.7	270	11.2	2.3	0.005	0.03	0.71
Aprikoz	1.12	0.21	1.3	9.5	233	8.5	0.8	0.004	0.03	0.27
Kaba aşı	0.74	0.35	3.0	12.0	292	9.2	1.8	0.005	0.03	0.53
İsmailağa	0.32	0.25	0.1	51.8	246	8.5	1.9	0.007	0.03	0.62
Soğancı	0.32	0.35	0.4	28.9	292	9.8	1.9	0.004	0.03	0.69
Şekerpare	0.31	0.17	0.1	32.7	215	9.1	1.5	0.006	0.03	0.56
Hungarish Best	1.12	0.32	2.0	15.0	253	9.8	4.6	0.009	0.03	0.30
Tokaloğlu Erzincan	1.29	0.36	3.4	11.4	260	12.4	0.8	0.007	0.03	0.64
Ortalama	0.68	0.31	1.6	18.1	267	9.8	1.7	0.010	0.03	0.58
Literatür Bulguları*	0.49- 0.80	0.04- 0.10	0.6- 6.1	12.0- 20.0	190- 370	7.0- 14.0	0.5- 3.5	0.03- 0.06	0.03- 0.09	0.60- 0.80

*Souci, S. W., 1981/82

Kaynak: Pala. M., vd. 1994

kaynaklanmaktadır. Nem, kül ve selüloz düzeyleri literatür bulguları ile uygunluk göstermektedir. Enerji düzeyleri ortalama 297.88 kJ/100g olarak bulunmuş, tüm çeşitlerin enerji düzeylerinin literatür bulgularından yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu da ülkemiz kayısı çeşitlerinde karbonhidrat yüzdesinin dünyada yetiştirilen kayısı çeşitlerinden daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Vitamin düzeyleri değerlendirildiğinde, kayısının önemli bir β -karoten kaynağı olduğu dikkat çekmektedir. En yüksek β -karoten içeren çeşidin Hungarish Best (4.6 mg/100g) olduğu belirlenmiştir. Kayısı B grubu vitaminleri için önemli kaynak sayılmaktadır. (Pala. vd. 1994).

3.2. Kuru Kayısı

Kayısı, taze ve çok çeşitli şekillerde işlenmiş mamuller olarak tüketilmektedir. Dünyada ve Türkiye’de tüketilen en önemli işlenmiş kayısı mamulleri Tablo 3.3’de verilmiştir.

Kayısı ülkemizin çeşitli illerinde kurutulduğu gibi, başka ülkelerde de kurutulmaktadır. Ancak kurutulan bu kayısılar, cinsleri itibariyle çeşitlilik göstermektedir. Dünya çapında kurutulan kayısıların cinsleri ele alındığında, bazıları fazla miktarda su ve az miktarda kuru kütle ihtiva ettiğinden sofralık olarak kullanımı uygundur. Bunların uzun süre saklanması

Tablo 3.3. Türkiye ve Dünyada Pazarlanan İşlenmiş Kayısı Mamulleri

Kayısı mamulleri	Özellikler
1. Minimum işlenmiş kayısı	Kontrollü atmosfer ambalajlı taze kayısı. 90 gün raf ömrü
2. Dondurulmuş kayısı	3:1 Şeker ve 0.5-1 g/kg Askorbik asit ilavesi ile -180°C depolama
3. Kayısı Konservesi	14-18 Brix şurupla
4. Kayısı pulpu	18 Brix
5. Kayısı Nektarı	14 Brix
6. Kayısı İçecekler	Kayısı, Kayısı-Portakal suyu karışımı (70:30). Sporcu için
7. Kayısı Pulp Konsantresi	
8. Kayısı Reçel, Marmelat, Jöle ve Krema	50 Brix, 55 Galon varillerde
9. Yeşil Kayısı Turşusu	Japonya’ da yaygın
10. Kuru Kayısı	% 7.5-30 Nem
11. Toz Kayısı	Pulpadan yapılmış
12. Kırılmış, Küp doğranmış, Pul pul kuru kayısı ürünleri	
13. Ekstürüzyon Kuru Kayısı Ürünleri	% 12 Nemli Kayısı Pestili vd. ürünler
14. Kayısı Şekerlemeleri	
15. Kayısı Ekstraktı ve Esansı	
16. Kayısı Likörü	
17. Enjeksiyonla Şekillendirilmiş Kayısı Jelatin mamulleri %85 Kuru Modeli	
18. Kayısı Pasta, Kek, Bar ve Gofret türü mamulleri	

Kaynak : Yıldız. F., 1994

mümkün değildir. Bazı cinsleri ise fiziksel yapısı ve kimyasal bileşimi itibariyle uygun olduğundan bunlarında kurutulmaları uygundur. Tablo 3.4’de kuru kayısının kimyasal bileşimi verilmektedir. Burada dikkati çeken, enerji değeri 1230 kJ/100g olan kuru kayısının tazesine göre besin değeri yüksek, yani yoğunlaştırılmış enerji deposu olmasıdır. Dikkat edilecek diğer bir husus da kuru kayısının mineral madde bileşiminin zenginliği ve düşük sodyum düzeyine karşın yüksek oranlarda potasyum içermesidir. A vitamininin öz maddesi olan karoten, vücuttaki fonksiyonları ve özellikle bazı hastalıklara karşı koruyucu etkinliği ile kuru kayısı sağlıklı beslenmede önemli bir yer tutmaktadır. Kuru kayısının Tablo 3.4’te verilen özelliklerine göre insan sağlığına faydaları şu şekilde sıralanabilir (Uslu, 1989).

- Beynin düzenli çalışmasını sağlar.
- Karaciğerin düzenli çalışmasını sağlar.
- Kemikleri kuvvetlendirir.
- Dişlerin sağlam ve kuvvetli olmasını sağlar.
- Kan yapımını artırır.
- Bağırsakların düzenli çalışmasını sağlar, kabızlığı önler.
- Böbreklerin taş teşekkülünü önler.
- Üremeyi sağlar, cinsel gücü artırır.
- Kadınlarda cilt güzelliği sağlar.
- Kalp kaslarını güçlendirir, düzenli çalışmasını sağlar.
- Mide ve onikiparmak ülserini önler, meydana gelmiş ülserlerin iyileşmesini sağlar.

Tablo 3.4. Kuru Kayısının Kimyasal Bileşimi

Enerji ve Besin Öğeleri	Bulgular	Literatür Bulguları*
Nem - %	15.48	15.00-24.00
Enerji - kJ/100g	1230	260-274
Protein - %	3.61	4.80-5.20
Eter ekstraktı - %	0.33	0.40-0.50
Karbonhidrat - %	77.44	63.70-73.10
Ham selüloz - %	2.51	2.60-3.80
Kül - %	3.14	3.10-3.80
B ₁ vitamini - mg/100g	0.010	0.003-0.010
B ₂ vitamini - mg/100g	0.020	0.06-0.16
Niasin - mg/100g	2.81	2.80-3.30
Karoten - mg/100g	2.50	3.42-6.54
Demir - mg/100g	3.88	3.50-5.50
Kalsiyum - mg/100g	22.87	67.00-92.00
Çinko - mg/100g	0.61	0.20-0.50
Potasyum - mg/100g	1269	980-1700
Sodyum - mg/100g	1.25	4.00-33.0
Magnezyum - mg/100g	47.08	38.00-76.00

* Souci, S.W., 1981/82

Kaynak: Pala,M.,vd.,1994

3.3. Kuru Kayısıda Aranan Özellikler

Son istatistik verilere göre, Türkiye meyve üretim potansiyeli yönünden 22 önemli Avrupa ülkesi içinde dördüncü sırada yer almaktadır. Başlıca meyvelerimiz olan şeftali, erik, vişne, kiraz, armut, elma, ayva vd. içinde, gerek üretim bölgesinin genişliği, gerek üretim miktarı ve gerekse çeşit yönünden en önemli yeri kayısı almaktadır (Göğüş, 1994). Böyle aranan bir ürünün dış pazarlardaki haklı yerini korumak için yapılması gereken tüketicinin beğeni ve isteğine uygun mal sunabilmektir. Bunun için de üründe standartlaşmayı sağlamak için Türk Standartları Enstitüsü Teknik Kurullarınca yayınlanan kayısı ve kayısı mamulleri ile ilgili standartlar aşağıda verilmiştir.

1. Kayısı (TS 791/ Şubat 1981)
2. Kuru Kayısı (TS 485/ Ocak 1974)
3. Kayısı Konservesi (TS 3727/ Şubat 1982)
4. Kayısı Reçeli (TS 4187/ Nisan 1989)
5. Kayısı Nektarı (TS 1597/ Eylül 1989)
6. Kayısı Çekirdeği İçi "tatlı" (TS 3690/ Aralık 1981)
7. Kayısı-Soğuk Depolama Kılavuzu (TS 2964/ Şubat 1978)
8. Kayısı Reçeli Yapım Kuralları (TS 11061/ Nisan 1993)
9. Kayısı Kurutma Yerleri, Sınıflandırma, Özellikler ve Kurutma Kuralları (TS 9951/ Mart 1992)

Bu standartların ışığı altında, *Prunus armeniaca* L. türüne giren taze meyvelerin kurutulmuşlarına "Kuru Kayısı" denir. Küflenmiş, normalin üstünde nem almış, kendine has kokusunu ve lezzetini kaybetmiş, kısmen veya tamamen kararmış, ekşimiş, çürümüş ve güvelenmiş kuru kayıslara "Bozuk Kuru Kayısı" denir. Herhangi bir dış sebeple bir veya birkaç yerinde belirli sertlik veya leke bulunanlara da "Vuruk Kuru Kayısı" denir. Ayrıca *Clasterosporium Carpophyllum* mantarından meydana gelen ve bir yüzünde beşten fazla kendi renginden koyu renkteki çilleri taşıyan meyvelere "Çilli Kuru Kayısı", bir yüzün de beş dahil az çil bulunan meyveler az çilli sayılır. Kuru kayısı içinde bulunan bitki yaprağı, taş, toprak, kümes hayvanları ve kuş dışkısı gibi kendinden başka her türlü maddelere "Yabancı Madde" denir.

Kuru kayısı kalitesine göre üçe ayrılır.

Ekstra: Kurutma olgunluğunda toplanmış, parlak renkli, özelliğine has koku ve lezzeti tam olarak taşıyan, yırtıksız, üstün kaliteli meyvelerdir. Bu sınıfa yalnız 1, 2 ve 3 numaralı boylardaki meyveler girer.

I. sınıf: Kurutma olgunluğunda toplanmış, kısmen parlak renkli, meyveye has koku ve lezzeti taşıyan, iyi kaliteli meyvelerdir.

II. Sınıf: Renk, koku ve tat bakımından Ekstra ve I. sınıfa girmeyen meyvelerdir. Bu sınıfta boy tasnifi de aranmaz.

Kayısılar kurutulma şekillerine göre de dörde ayrılırlar.

Şekerpare: Bütün olarak kükürtlenip kısmen kurutulduktan sonra çekirdeği çıkartılmış, şekil verilmiş ve daha sonra kuruması tamamlanmış olan meyvelerdir.

Bademli: Şekerpare gibi hazırlanıp çekirdeği çıkartıldıktan sonra içine tatlı veya acılığı giderilmiş kayısı çekirdeği içi konan ve şekillendirilerek kuruması tamamlanan meyvelerdir.

Kabuk: Ortadan ikiye ayrılıp çekirdeği çıkarıldıktan sonra açık olarak kükürtlenip kurutulan meyvelerdir.

Yarma: Kabuk gibi hazırlanan, fakat kükürtlenmeden kurutulan meyvelerdir.

Ayrıca, kilogramdaki meyve sayısına göre de boylara ayrılırlar.

<u>Boy No:</u>	<u>1 kg.daki sayı:</u>	<u>Bir adedin Ağırlığı:</u>
1	az -100 ad.	10 gr
2	101-120 "	8 "
3	121-140 "	7 "
4	141-160 "	6 "
5	161-180 "	5 "
6	181-200 "	4 " ağırlıktan az meyve bulunamaz.
7	201-220 "	
8	221-Yukarı	

Kabuk ve yarma tiplerinde iki yarın meyve bir sayılır.

Standartlara göre kuru kayısıda su miktarı %25'i, kükürtdioksit miktarı %0.25'i geçmemelidir. Kuru kayısılar temiz olmalı, her türlü yabancı maddeden ve canlı, cansız kurtlardan arındırılmış olmalıdır. Yalnız kabuk ve yarma tiplerinde metal maddeler dışında en çok %0.5'e kadar yabancı madde bulunabilir. Ancak bademli ile şekerpare arasında en çok %3'e, kabuk ile yarma arasında en çok %5'e kadar homojenlik toleransı tanınır.

3.4. Dünyada Kayısı Üretimi ve Başlıca Üretici Ülkeler

Kayısı, dünya üzerinde tarımı en yaygın olan ve beş kıtada yetiştirilebilen bir meyve türüdür. 1992 yılı ortalamalarına göre dünyada 2153000 ton kayısı üretilmiştir (Tümaş, 1988; Kaşka, 1994). Bu üretimin ülkelere ve kıtalara göre dağılımı Tablo 3.5'de verilmiştir.

Dünyada taze kayısı dışsatımı yapan ülkeler Fransa, İspanya, İtalya ve Yunanistan'dır. Ayrıca Macaristan, Fas, Tunus ve İsrail turfanda kayısı konusunda önemli üretici ülkelerdir. Türkiye, Avustralya ve İran ise dünya piyasalarına kurutulmuş kayısı dışsatımı yapmakla tanınmışlardır. Güney Afrika, Yugoslavya, Çekoslovakya, Bulgaristan ve

Tablo 3.5. Dünya Kayısı Üretimi (1000 Ton)

Kıtalar ve Ülkeleri	1979/81	1984	1985	1986	1987	1990	1991	1992
DÜNYA	1645	1873	1872	1860	2005	2119	2006	2153
AFRİKA KITASI	182	211	181	187	-	240	246	221
-Cezayir	32	55	33	40	44	-	-	-
-Fas	47	60	59	62	70	74	92	66
AMERİKA KITASI	150	164	165	84	-	154	121	137
-A.B.D.	110	115	119	50	104	111	87	98
-Arjantin	19	29	26	12	-	-	-	-
ASYA KITASI	420	528	518	648	-	936	905	967
-İran	55	55	56	56	56	85	81	82
-Pakistan	36	52	53	54	-	8	81	82
-Türkiye	159	250	202	350	260	300	343	378
AVRUPA KITASI	603	762	802	728	-	760	698	786
-Fransa	73	82	103	115	95	110	107	159
-Almanya	101	95	128	77	-	-	-	-
-İtalya	103	196	196	186	191	185	156	175
-İspanya	147	208	151	150	141	120	211	193
-Romanya	34	44	45	60	54	-	-	-
-Yunanistan	-	-	-	-	110	103	69	95
OKYANUSYA KITASI	35	33	36	35	-	35	37	41
-Avustralya	28	24	27	26	-	-	-	-
RUSYA	255	175	170	178	-	-	-	-

Kaynak: •FAO Production Year Book, 1992

•Anonymous

Romanya konserve kayısı dışsatımı yapan ülkelerdir. ABD ise Avrupa kıtasına hem kuru kayısı hem de taze kayısı konserve dışsatımı yapmaktadır (Kaşka, 1994).

3.5. Türkiye’de Kayısı Üretimi ve Üretim Bölgeleri

Kayısı ağacı yarı sıcak ve kurak geçen bölgelerde, dağların bol güneş alan güneye bakan eteklerinde derin ve su tutmayan, az meyilli ve hafif kireçli yamaçlarda çok iyi yetişmektedir. Böyle topraklarda hastalıklı, parlak, lezzetli, tatlı, hoş kokulu ve kuru maddesi fazla olan ürün elde edilmektedir. Ülkemizin tabiatı ve klimatolojik şartları kayısı ağacının yetiştirilmesine çok elverişlidir (Tar. Or. ve Köy. İşl. Bak. Çiftçi Broşürü, 1990). Kayısı ülkemizde bağ ikliminin hakim olduğu her yerde yetişmektedir. Ancak fazla nemden hoşlanmadığı için Karadeniz’in doğusu ve Doğu Anadolu’nun soğuk yaylalarında iyi olmamaktadır. Ülkemizde kayısı üretim bölgelerini başlıca altı grupta toplamak mümkündür.

1. Malatya-Elazığ-Erzincan (M.E.E.) Bölgesi: Bu bölge, Türkiye taze kayısı üretiminin yarısını gerçekleştirmekte ve üretimin tamamına yakını kurutulmaktadır (Tümaş,1988). En

önemli kayısı merkezi olan Malatya’da kayısının 1655’lerden beri var olduğu, Evliya ÇELEBİ’ nin 1655 ilkbahar aylarında Malatya’ya gidip Seyahatnamede, sulama nedeniyle kayıtlı 7800 bahçe olduğu, buralarda “Al Hamri, Sarı Hamri, Mişmiş Hamri, Beyaz Hamri, Bek Hamri ve Etlı Hamri” adlarında kayısaların yetiştirildiğinden bahsetmesinden anlaşılmaktadır. O devirlerde bahçe sınırlarına dikilen bir meyve ağacı iken, zamanla kapama kayısı bahçeleri, Malatya ve yakın yöresini kayısı ormanına çevirdi. Kayısı Malatya’nın merkez ilçelerinden dairesel olarak yayılarak Malatya ve yöresini kayısı ile sınırı çizilen bir coğrafyaya döndürdü. Bu gün Elazığ-Baskil yöresinde her yıl artan oranlarda kayısı tarımı yapılırken Malatya’ya coğrafi sınırı, kara ve demiryolu bağlantısı ve üretilen ürünün Malatya’da pazarlanması nedeniyle Malatya kayısı olarak adı geçmektedir. Oysa iklim ve tabiat şartları her iki yörede de aynıdır. Doğu Anadolu’nun batıya açılan geçit bölgesi olan Fırat Havzası’nın bir yakası Elazığ’ın Baskil ve Ağın ilçelerini, diğer yakası ise Malatya’yı kapsamaktadır. Kayısı coğrafyası olarak adlandırılacak bu bölge; Erzincan’dan Eğin (Kemaliye), Elazığ’dan Ağın ve Baskil, Sivas’tan Gürün, Kahraman Maraş’tan Elbistan, Adıyaman’dan Çelikhan gibi yöreler ekonomisi ve kültürü kayısıya dayanan coğrafyanın doğal bir uzantısına dönüşmüştür (Ünaldı, 1994).

Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığının verilerine göre 1987 yılı itibariyle Türkiye’de 6 913 000 adet kayısı ağacı ve bunlardan 195 519 ton taze kayısı rekoltesi gerçekleşmiştir. Bu rekoltenin yaklaşık yarısı, yani 104 912 ton’u Malatya, Elazığ ve Erzincan yöresinden gerçekleşmiştir. Tablo 3.6’da yurdumuz kayısı üretiminin en fazla olduğu 6 ilimizdeki ağaç sayıları ve üretim miktarları verilmiştir.

Tablo 3.6. Ülkemizde Kayısı Üretiminin En Fazla Olduğu 6 İlimizdeki Ağaç Sayıları ve Üretim Miktarları *

İLLER	Ağaç Sayısı (1000 adet)	Türkiye’deki Ağaç Sayısına Oranı	ÜRETİM (Ton)	Türkiye Üretimine Oranı (%)
Malatya	2807	40.6	93903	48.0
Elazığ	217	3.1	4904	2.5
Erzincan	205	3.1	6108	3.1
Ankara	282	4.1	5705	2.9
İçel	221	3.2	13595	7.0
TÜRKİYE	6913	100.0	195519	100.0

* Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı İl Müdürlükleri 1987 yılı Verileri

Bölgenin önemli kayısı çeşitleri:

- Yeğen
- Hacıkız
- Mahmudun Eriği
- Çöloğlu
- Tokaloğlu (Erzincan)
- Soğancı
- Kuru kabuk
- İsmailağa
- Çataloğlu
- Paşa mişmişi
- Şekerpare
- Hasanbey

2. Kars-Iğdır Bölgesi: Bu bölgede üretim iç tüketime yöneliktir. Bölgede yaklaşık %80 oranında etli ve sulu çeşit olan Aprikoz üretilmektedir.

Bölgenin önemli çeşitleri:

- Aprikoz (Şalak)
- Erken ağerik

3. Akdeniz (Mut-İskenderun) Bölgesi: Burada da iç pazara ve kısmi olarak da dışsatıma yönelik kayısı üretimi yapılmaktadır.

Bölgenin önemli çeşitleri:

- Lutgani
- Tokaloğlu
- Septik
- Hırmanlı dırağı
- Tekeler
- Sahit

4. Marmara (Sakarya-Bilecik) Bölgesi: Bu bölgelerde de iç pazara yönelik sofralık, kısmen de sanayii tipi kayısı yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Bölgenin önemli çeşitleri:

- Karacabey
- Tokaloğlu (Yalova)
- Mektep
- Ethembey
- İmrahor
- Çekirge 52

5. Ege Bölgesi: Bu bölgede turfanda sofralık kayısı üretimi yapılmaktadır.

Bölgenin önemli çeşitleri:

- Yerli İzmir
- Tokaloğlu (İzmir)
- Çiğli
- Proyma
- Malatya
- Şam

6. İç Anadolu Bölgesi: Bu bölgede de sofralık ve sanayii tipi kayısı üretimi yapılmaktadır. Konya, Ürgüp ve Gürün'de az miktarlarda kükürtleme de yapılmaktadır. Ayrıca bu bölgede meyve suyu için zerdali de üretilmektedir.

Bölgenin önemli çeşitleri:

- Boğaz
- Tokaloğlu
- İri Bitirgen
- Şekerpare altı

Ayrıca Türkiye'deki kayısı üretim bölgeleri ve üretim miktarları Tablo 3.7 ve Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Türkiye'nin İllere Göre Kayısı Ağaç Sayıları ve Üretim Miktarları (Zerdali dahil)

İLLER	Ağaç Sayıları (Meyve Veren)	Ağaç Sayıları (Meyve Vermeyen)	TOPLAM	Üretim (Ton)	%
Adana	42055	4490	46545	1177	0.4
Ankara	630064	140899	770963	23307	7.8
Elazığ	386504	198606	585110	8610	2.9
Erzincan	765640	164075	929715	29939	19.0
Hatay	140740	33070	173810	8581	2.9
İçel	303726	28949	332675	23370	7.8
Kars	328170	31470	362644	29144	9.7
Konya	370565	8030	408595	7615	2.5
Malatya	3428345	1267205	4695550	95257	31.8
TÜRKİYE	9919000	2890000	12809000	300000	100.0

Kaynak : Tarımsal Yapılar ve Üretim 1990

Tablo 3.8. Bölgelere Göre Kayısı Ağaç Sayıları ve Üretim Miktarları (Zerdali dahil)

BÖLGELER	Ağaç Sayıları (Meyve Veren)	Ağaç Sayıları (Meyve Vermeyen)	TOPLAM	Üretim (Ton)	%
Orta Anadolu	4175943	1637324	5813267	115501	38.5
Orta Kuzey	877374	187474	1064848	25024	8.3
Orta Güney	1628159	321063	1949222	34140	11.4
Ege	557456	122191	679647	15859	5.3
Marmara	104685	6876	111561	2350	0.8
Akdeniz	891752	237830	1129582	38848	13.0
Kuzeydoğu	1192969	221880	1414839	61234	20.4
Güneydoğu	438372	134006	572378	5866	2.0
Karadeniz	52290	21360	73650	1176	0.4
TÜRKİYE	9919000	2890000	12809000	300000	100.0

Kaynak : Tarımsal Yapılar ve Üretim 1990

Türkiye'de kayısı yetiştiriciliği gerek ağaç sayısı, gerek elde edilen ürün yönünden yıllara göre devamlı bir artış kaydetmiştir. Bazı yıllar üretim miktarının hafif dalgalanması, genellikle ilkbahar geç donlarının yüzündendir. Ayrıca Karakaya barajının 1986 da su toplanması (1987 yılında baraj işletmeye alınmıştır) sebebiyle Elazığ'ın Baskil ve Malatya'nın Kale (İzolu) ilçelerine ait kayısı bahçeleri su altında kalmıştır. Fakat Elazığ'ın Kuzova ve Malatya Çat ve Sultansuyu sulama amaçlı barajların bitmesi halinde kayısı ağacı sayısında ve üretiminde muazzam bir artış olacağı tahmin edilmektedir (DSİ Bültenlerinden).

3.6. M.E.E. Yöresinin Türkiye Kayısı Üretimi Açısından Yeri ve Önemi

Dünya çapında üretilen kayısı cinsleri incelendiğinde, bazı cinslerin fazla oranda su ihtiva etmesinden dolayı sofralık olarak kullanımı uygun olup, uzun süre saklanmaları mümkün değildir. Diğerleri ise fiziksel yapısı ve kimyasal bileşimi itibarıyla kurutmaya uygun

olduğundan kurutularak değerlendirilmektedir. Özellikle bu yörede yetiştirilen kayısı çeşitlerinin en büyük özelliği, gerek yurdumuzdaki gerekse diğer ülkelerdeki kayısı çeşitlerine göre kuru madde oranının çok yüksek olmasıdır. Yöredeki toplam kayısı üretimi içinde %93 gibi çok yüksek bir orana sahip olan Hacıhaliloğlu, Çataloğlu ve Çöloğlu çeşitlerinde kuru madde oranı %30 civarında ve şeker oranı da çok yüksek bulunmaktadır. Diğer çeşitlerde ise bu oran %20-25 arasında değişmektedir. Dünyada ise ortalama %15'tir. Bu durum Tablo 3.9'da gösterilmiştir. Bu sebeple M.E.E. yöresi kayısılarının %90'dan fazlası kurutulmak suretiyle değerlendirilmektedir. Kuru madde miktarının fazlalığı nedeniyle yöre kayısılarından 100 kg taze kayısıdan 30-35 kg kuru kayısı elde edildiği halde, diğer ülkeler de ancak 15-20 kg kuru kayısı elde edilebilmektedir.

Tadı, aroması, besin değeri bakımından tüm dünyanın beğenisini kazanan Malatya ve yöresi kuru kayısıları havanın, suyun ve toprağın en mükemmel uyumu neticesinde kendine has özelliğini kaybetmeden sadece bu coğrafyada üretilmektedir.

Tablo 3.9. Yöremiz Kayısılarının Fiziksel Özellikleri

Kayısı Çeşitleri	Tane Ağırlıkları (gr)			Tane İriliği (Büyük)	Tane İriliği (Küçük)	Tane İriliği (Ortalama)			Ortalama Çekirdek Ağırlığı (gr)	Kuru Madde (%)	
	En Büyük	En Küçük	Ortalama			Uzunluk-mm	Genişlik-mm	Kalınlık-mm		En Çok	En Az
Hacıhaliloğlu	37	17	27	7.37	42 41 34	34	30	30	37.7 37.7 35.5	1.99	30 20
Çöloğlu	38	19	30	6.86	45 42 41	41	32	34	37.0 36.4 34.6	2.06	29 15
Çataloğlu	42	17	31	6.67	43 41 38	35	30	28	38.2 35.7 32.8	2.01	30 19
Hasanbey	61	22	40	6.45	51 45 43	42	35	33	46.6 38.7 35.0	2.58	25 15
Hacıkız	72	30	49	4.75	57 56 48	43	41	36	48.5 47.0 40.8	2.33	20 16
İsmailağa	55	19	35	5.22	52 47 42	36	31	30	42.3 38.0 35.5	1.83	22 16
Ortalama	50	20	35	6.22	48 45 41	38	33	32	41.7 38.6 35.7	2.13	26 17

Kaynak : Gökçe. K., 1966

3.7. M.E.E. Yöresi Kuru Kayısılarının Türk Ekonomisine Katkısı

Dünya kuru kayısı üretiminde %80 civarında paya sahip olan, 1992 yılında 80 milyon dolar civarında dışsatım karşılığı ülkemize döviz girdisi sağlayan bu bölgenin kuru kayısıdır. Yöre insanının şimdiye kadar devlet desteği olmaksızın kayısıda sağladığı ilerleme teknik, hukuki, ekonomik ve eğitimsel düzenlemelerle yörenin Türk ekonomisine 1 milyar

dolarlık kayısı geliri biçiminde bir potansiyel göstermektedir.

Ülkemizin 1987-93 yıllarındaki dışalım ve dışsatımı arasında yaklaşık iki katı farkların olduğu Tablo 3.10'da görülmektedir. Dışsatım gelirimizin sektörel dağılımı Tablo 3.11'de verilmektedir. Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'de kuru kayısı üretimi ve dışsatımı ile gelişimi verilmektedir. Bu veriler incelendiğinde Türk ekonomisine yöre kuru kayısının getirisi daha iyi anlaşılacaktır. Bu nedenle bir yandan kayısı üretiminin artışı için gerekli

Tablo 3.10. Ülkemizin 87-93 Yıllarındaki Dışalım ve Dışsatımı (Milyon Dolar)

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993 Ocak/Ekim
Dışsatım	10190.0	11662.0	11624.7	12959.3	13593.5	14714.7	12132.0
Dışalım	14157.8	14335.4	15792.1	22302.1	21047.0	22870.9	23469.4

Kaynak: DPT, Temel Ekonomik Göstergeler, Aralık 1993

Tablo 3.11. Toplam Dışsatımların Sektörel Dağılımı (Milyon Dolar)

	1990	1991	1992	1993 Ocak/Eylül
Tarım ve hayvancılık	2.347.2	2.682.8	2.203.5	1.501.7
Bitkisel ürünler	2.062.3	2.404.7	1.999.1	1.229.9
İşlenmiş tarım ürünleri	940.5	1.212.3	1.337.2	872.6

Kaynak: DPT, Temel Ekonomik Göstergeler, Aralık 1993

Tablo 3.12. Kayısı Sektöründe Üretim ve Dış Ticaretin Gelişimi

	1982	1992	Fark	Artış - %
TAZE KAYISI ÜRETİMİ (Ton)				
Türkiye (Genel)	140000	320000*	180000	128.6
Malatya ve Yöresi	41257	150000	108743	263.6
KURU KAYISI ÜRETİMİ (Ton)				
Malatya ve Yöresi	17000	3947	22474	132.2
KURU KAYISI DIŞSATIMI				
Miktar (Ton)	10802	31522	20720	191.8
Değer (1000\$)	26073	79376	53303	204.4
Birim Fiyat (\$/Ton)	2413.7	2518.1	104.4	4.3
AĞAÇ SAYISI (1000 ad.)				
Türkiye (Genel)				
Meyve Veren	4750	7728**	2978	62.7
Meyve Vermeyen	1400	2460**	1060	75.7
Malatya ve Yöresi				
Meyve Veren	1173	3791**	2618	223.2
Meyve Vermeyen	351	1277**	926	263.8

* Tahmini

** 1991 yılına ait tahmini rakamlar

Kaynak : 1-Devlet İstatistik Enstitüsü

2- Tarım Orman ve Köyışleri Bakanlığı Malatya Tarım İl Müdürlüğü

3- Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı

Tablo 3.13. Türkiye'nin Kuru Meyve Üretim Ve Dışsatımı

	Üretim Miktarı (1000 Ton)	Dışsatım Geliri (1000 \$)
Fındık	174	448
Kuru Üzüm	112	129
Kuru Kayısı	32	80
Kuru İncir	27	63

tedbirler alınmalı, diğer yandan da elde edilen ürünlere katma değer ekleyerek sınai ürün olarak dışsatımını gerçekleştirecek araştırma ve çalışmalara hız verilmelidir.

Tablolardan görüldüğü gibi kuru kayısı, fındık, kuru üzüm ve incire benzer şekilde, Türkiye'yi gerek üretimde gerekse ticaretinde, dünyadaki en önemli ülke konumuna yerleştiren Türkiye'ye has bir ürün olma özelliğini taşımaktadır.

3.8. M.E.E. Yöresi Kayıslarının Özellikleri

Yukarıda belirtilen Malatya merkezli kayısı coğrafyasında üretilen kayısı çeşitlerinin %90'mı Hacıhaliloğlu çeşididir. Geriye kalan %10'luk kısmın büyük bir çoğunluğu da Çataloğlu, Çöloğlu ve Hasanbey olmak üzere Soğancı, Kaba aş Şekerpare ve Yeğen çeşitleridir.

- Hacıhaliloğlu: Orta irilikte ve uzunca, karın çizgisi belirgin, dilimleri eşit, sarı zemin üzerine güneş gören taraf kırmızı serpmeye, tam yarma, susuz, çok tatlı, şeker ve kuru maddesi fazla, asit miktarı az, çok iyi bir kurutmalık çeşittir.
- Çataloğlu: Orta irilikte olup Hacıhaliloğlu çeşidine çok benzemektedir. Karın çizgisinin daha derin olması ile Hacıhaliloğlu cinsinden ayrılır. İyi bir kurutmalık çeşittir.
- Çöloğlu: Yuvarlak ve yuvarlağa yakın, orta irilikte, karın çizgisi hafif belirgin, yarma, tam sarı, suluca, çok tatlı, lifsiz, kuru madde ve şeker oranı oldukça yüksek, asit miktarı az, iyi bir sofralık çeşittir. Kurutmalık da olabilir. Reçel yapımı için en uygun çeşittir.
- Hasanbey: İri, uzun ve dilimleri eşittir. Karın çizgisi hafif belirgin, sarı zemin üzerine çok hafif pembe, az sulu, çok tatlı, kuru maddesi ve şekeri oldukça yüksek, asidi az iyi bir sofralık çeşittir. Orta derecede kurutmaya gelebilir. Bu kayısların bademleri iri ve tatlıdır.
- Soğancı: Oldukça iri, yuvarlağa yakın, yeşil zemin üzerine sarı renkli, yarma, etli, lifsiz, az sulu, çok tatlı, kuru madde ve şeker oranı yüksek, asidi az, iyi bir kurutmalık çeşittir.
- Kaba Aşı: Çok iri, uzunca, karın çizgisi belirgin, dilimler eşit, yarma, tam sarı renkli, lifsiz, az sulu, kuru madde ve şekeri yüksek, asidi az, oldukça iyi bir kurutmalık çeşittir.

3.9. M.E.E. Yöresi Kayısı Hasadı ve Hasat Mevsimi

Bu yörede turfanda kayısıcılığı yapılmamakta, üretim büyük oranda kurutmalık, kısmen de sofralık ve kurutmalık çeşitlere dayanmaktadır. Yörede en yaygın kurutmalık çeşit Hacıhaliloğlu olup en erken hasat zamanı, sıcak geçen mevsimlerde Haziranın 20 sidir. Yarı kurutmalık ve sofralık olan Hasanbey çeşidinin hasadı en erken 15 Hazirandır. Reçel yapımı için çok iyi olan Çöloğlu çeşidi ise en erken olgunlaşan ve bir haftada hasat edilmesi gereken bir türdür. Malatya'da yetiştirilmekte olan kayısı türlerinin ilçeler itibariyle hasat zamanları EK' de verilmiştir. Ek' deki tablodan görüldüğü gibi Malatya'da toplam kayısı üretiminin %94 gibi çok büyük bir kısmı Temmuz ayında hasat edilmektedir. Temmuz ayının 2. haftasında hasadın pik noktaya yükseldiği ve toplam üretimin %39'unun bu hafta içinde toplandığı görülmektedir. Malatya ve yöresinde yetiştirilen kayısıların %86 gibi bir çoğunluğunu Hacıhaliloğlu çeşidi teşkil etmesi ve bu çeşidin kurutularak değerlendirilmesi kayısının hasat şeklini ve zamanını etkilemektedir. Yine tablodan, hasat mevsiminin 20 Haziran-30 Temmuz arasında olduğu ve hasadın kayısı ağacının dalları sallanmak veya sopa ile vurulmak suretiyle, meyvelerin ya doğrudan toprak üzerine veya işçiler tarafından ağaçlar altına serilen sünger üzerine dökülmeleri sağlanmaktadır. Bölgede çok yaygın olan bu hasat şekli meyvelerde çeşitli zararlara sebebiyet vermekte ve ürün kalitesini yakından etkilemektedir. Bu şekilde yapılan hasat sırasında olgun meyvelerin yanında henüz tam olgunlaşmamış, tadı, kokusu ve tam rengini alamayan kayısıların da dökülmesi, kurutma esnasında bunların daha fazla Kükürt dioksit (SO₂) almasına böylece kükürt oranı açısından homojensizliğe sebep olarak kayısının kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Son zamanlarda kayısı, pazarlamacılar tarafından, ağaçta toptan satışı suretiyle yapılmaktadır. Bahçe sahibi olmayan bu alıcılar, hasat sırasında ağacın zarar görmemesi için titiz davranmamakta, işlerin çabuk olması için çırpma darbeleri daha şiddetli olmakta, bu da ürün verecek tomurcukların zarar görmesine ve bir daha ki yıllık hasadı azaltmaktadır.

Tablo 3.14 Malatya İli Kayısı Hasat Zamanları (Tümaş 1988)

YER	KAYISI CİNSİ	HASAT ZAMANI	
		HASAT BAŞLANGICI	HASAT SONU
Merkez	Hacıhaliloğlu	Haziranın 4. haftası	Temmuz son haftası
“	Hasanbey	Haziranın 2. haftası	Haziranın son haftası
“	Çataloğlu	Haziranın 4. Haftası	Temmuz ilk haftası
“	Çöloğlu	Haziranın 4. Haftası	Temmuz 2. haftası
“	Şekerpere	Haziranın 2. Haftası	Haziranın son haftası
“	Muhtelif Çeşitler	Haziranın 1. haftası	Temmuz son haftası
Darende	Hacıhaliloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 1. haftası
“	Hasanbey	Temmuzun 3. haftası	Temmuz 4. haftası
“	Çöloğlu	Temmuzun 3. haftası	Temmuz 4. haftası
“	Şekerpere	Temmuzun 3. haftası	Temmuz 4. haftası
Akçadağ	Hacıhaliloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Hasanbey	Haziranın 4. Haftası	Temmuz ilk haftası
“	Çataloğlu	Temmuzun 2. haftası	Temmuz 3. haftası
“	Çöloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Şekerpere	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
Hekimhan	Hacıhaliloğlu	Temmuzun 2. haftası	Temmuz 3. haftası
“	Hasanbey	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Çöloğlu	Temmuzun 3. haftası	Temmuz 4. haftası
“	Şekerpere	Temmuzun 3. haftası	Temmuz 4. haftası
Arguvan	Hacıhaliloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Hasanbey	Haziranın 4. Haftası	Temmuz ilk haftası
“	Çataloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Çöloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Şekerpere	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Muhtelif Çeşitler	Haziranın 4. Haftası	Temmuz 1-2. haftası
Arapkir	Hacıhaliloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Çöloğlu	Temmuzun 2. haftası	Temmuz 3. haftası
“	Şekerpere	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Muhtelif Çeşitler	Temmuzun 1.2 ve 3. haftası	
Yeşilyurt	Hacıhaliloğlu	Haziranın 4. Haftası	Temmuz ilk haftası
“	Hasanbey	Haziranın 4. Haftası	Temmuz ilk haftası
“	Çöloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Şekerpere	Haziranın 4. Haftası	Temmuz ilk haftası
“	Muhtelif Çeşitler	Haziranın 2.3 ve 4. Haftası	
Pütürge	Hacıhaliloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Hasanbey	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Şekerpere	Haziranın 4. Haftası	Temmuz 1 ve 2. haftası
Doğanşehir	Hacıhaliloğlu	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası
“	Hasanbey	Haziranın 4. Haftası	Temmuz ilk haftası
“	Muhtelif Çeşitler	Temmuzun 1. haftası	Temmuz 2. haftası

4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANILMA ESASLARI, POTANSİYELİ ve ÖNEMİ

4.1. Güneş Enerjisi

Yakıtı hidrojen ve ürünü helyum olan güneş, çok büyük bir fırın olarak düşünülebilir. Burada oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından azdır. Aradaki fark, güneşten ışın olarak çıkan enerjiyi verir ki buna “Güneş Radyasyonu” denir (Uyarel ve Öz, 1987).

Stefan Boltzman’a göre, “bir cismin yaydığı enerji o cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılıdır” ve

$$E = \sigma T^4 \quad (4.1)$$

formülü ile verilmektedir.

Diğer taraftan bir cismin sıcaklığı arttıkça, yayılan maksimum şiddetteki radyasyon dalga boyu Wien kanunu ($\lambda_{\max} = a/T$) gereği azalır. Wien kanununa göre; güneş enerjisi taşıyan radyasyon dalgaları, kısa dalga boyundadır. Güneş radyasyonunun dalga boyu 0.15~4 μm arasındadır. Yüzey sıcaklığı ortalama 288 K olan dünyamız da uzaya enerji göndermektedir. Ancak, Stefan Boltzman’a göre enerji miktarı düşük ve Wien’e göre de radyasyon dalga boyu uzundur.

Atmosferdeki su buharı ve karbondioksit gazları; güneşten gelen ve çoğunlukla 0.2~3.0 μm kısa dalga boyunda olan ışınlar ve yeryüzünden dönen ışınların bir kısmını yutarak ısınırlar ve onlar da radyasyon yaymaya başlarlar. Yayılan bu radyasyonun bir kısmı tekrar yeryüzüne yönelir. Böylece yeryüzü tekrar aldığı ışınlarla ısınır. Isınan yeryüzü Stefan Boltzman’a göre radyasyon yayar. Yeryüzünün ortalama sıcaklığı düşük olduğundan radyasyonu Wien’e göre uzun dalga boyunda olur. Cam ve plastik örtüler kısa dalga boyundaki radyasyonu geçirdikleri halde uzun dalga boyundaki radyasyonu geçirmezler. Böylece toplayıcı ile geçirgen örtü arasında kalan hava ısınmış olur. Bu nedenle güneş enerjisinin toplanması mümkün olmaktadır. Yeryüzüne gelen ortalama radyasyon değeri yaklaşık 315~630 W/m^2 dir. Birim alana gelen radyasyonun az oluşu, geniş kolektör yüzeyini gerektirir.

4.2. Güneş Enerjisinin Kullanımı ve Açılarının Önemi

Güneş enerjisinin kullanımında üç tip güneş radyasyonundan yararlanılır. Isı elde eden sistemler için en önemlisi ışık radyasyonudur. Güneş ışınlarının hiç bir yere çarpmadan, dünyadaki bir noktaya direk olarak gelmeleri ışık radyasyonunu oluşturur. Buna “Direkt

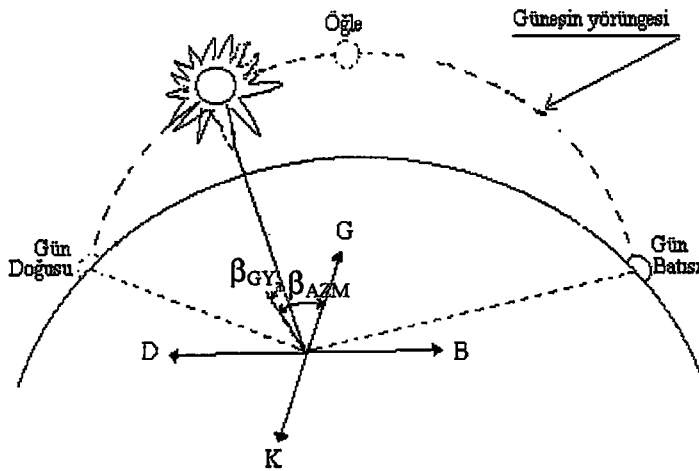
Radyasyon” denir. Güneşli bir günde bir yüzeye gelen toplam radyasyonun %80’i ışık radyasyonu veya direkt radyasyondur.

İkinci radyasyon şekli yayılmış yada dağılmış radyasyondur. Buna da “Difüz Radyasyon” denir. Bunlar her yönden gelen ışınlardır. Atmosferdeki su buharı, partiküller ve mikroskobik katı cisimlere çarparak dağılmış güneş ışınları, difüz radyasyonu oluşturur. Bulutlu bir günde gelen ışınlar yalnız difüz ışınlardır.

Üçüncü tip radyasyon ise, parlak yüzeylerin yansıttığı “Yansıtılmış Güneş Radyasyonu” dur. Bunlar cisimlere gelen direkt yada difüz radyasyonun yansıtılmışlarıdır. Yansıtılmış radyasyonun miktarı, yansıtan yüzeyin renklerine göre önemli ölçüde değişiklikler gösterir.

Herhangi bir bölgenin yatay düzlemi ile güneşin, herhangi bir anda, bulunduğu noktaya doğru varsayılan çizgi arasındaki açıya “Güneş Yükseklik Açısı” denir. Şekil 4.1’de β_{GY} ile gösterilmiştir. Yine herhangi bir bölgede ve zamanda güneşe doğru varsayılan, yatay düzlemdeki izdüşümü ile güney doğrultusu arasındaki açıya “Azimut Açısı” denir. Bu da β_{AZM} olarak gösterilmiştir. Güneş yükseklik açısı en yüksek değerini, bütün mevsimlerde, öğle vaktinde almaktadır. Güneş yükseklik açısının mevsimlere dolayısıyla aylara göre değişiminden güneş kolektörlerinin yatay düzlemle yapacağı açının mevsimlere yada aylara göre ayarlanması ve böylece güneş ışınlarının kolektör yüzeyine dik gelmesi sağlanmalıdır.

“Yerel Saat” diye $\beta_{AZM}=0$ olduğu, yani Güneş yükseklik açısının maksimum olduğu zamanın saat 12 olarak alındığı saat sistemine denir. Yerel saat ile standart saat arasındaki ilişki; t_{GR} -Greenwich’deki yerel zamanı. Türkiye için $t_{GR} = (t_{SSA}-3)$ ve E-Düzeltilme faktörü olarak aşağıdaki eşitlikle tespit edebiliriz (Uyarel ve Öz, 1987).



Şekil 4.1 Güneş Yükseklik ve Azimut Açıları

$$t_{YS} = t_{GR} + (E - 4 \times \text{boylam}) : 60 \quad (4.2)$$

Güneş yükseklik ve Azimut açıları basit küresel geometrik eşitliklerden kolayca bulunabilir. Detaylı bilgi ilgili kaynaklarda verilmiştir (Atagündüz, 1989; Uyarel ve Öz, 1987). Enl-Güneş yükseklik açısının bulunacağı bölgenin enlem derecesi ve β_{SSA} -Aranan bölgenin saat açısı (saat açıları güneş öğlesine göre simetrik) olarak alınırsa güneş yükseklik açısı β_{GY} bulunur.

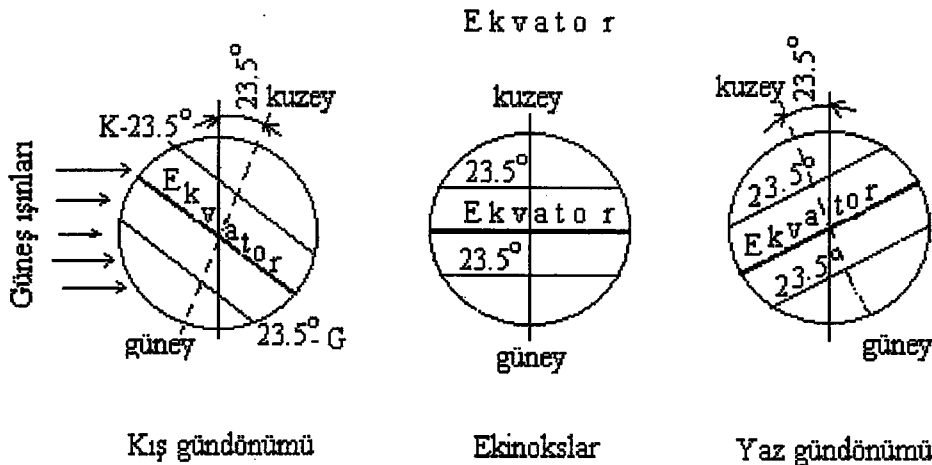
$$\beta_{GY} = \sin^{-1} [\cos(d) \cdot \cos(Enl) \cdot \cos(t_{SSA}) + \sin(d) \cdot \sin(Enl)] \quad (4.3)$$

Deklinasyon açısı, aylara ve mevsimlere göre, güneş ışınlarının dünyaya geliş açılarıdır. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi kuzey-güney doğrultusu ile düşey doğru arasında daima bir açı vardır. Güneş ışınları kış gündönümünde 23.5° güney enlemine, yaz gündönümünde de 23.5° kuzey enlemine diktir. Dünyanın kendi ve güneşin etrafında dönüşü sırasında oluşan bu açığa “Deklinasyon Açısı” denir. Başka bir ifadeyle, güneş ışınlarının öğle vakti dik olarak alındığı bir bölge ile ekvator arasındaki enlem derecesi farkıdır.

Deklinasyon açısının (-) değerinde olduğu, 23 Eylül-21 Mart arası kuzey yarıkürede kış mevsimi, deklinasyon açısının (+) değerinde olduğu 21 Mart-23 Eylül tarihleri arasında kuzey yarıkürede yaz mevsimi hüküm sürmektedir. Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi grafik olarak verilmekle birlikte, kolektör eğim açılarının hesaplanmasında önemsenmeyecek % bir kaç hata ile analitik olarak da;

$$d = 23.45 \sin [0.986(n+284)] \quad (4.4)$$

hesaplanabilir. Burada; 1 Ocak için $n = 1$, 31 Aralık için $n = 365$ olan sayıdır.



Şekil 4.2 Dünyanın güneş ve kendi etrafında dönüşü ile deklinasyon açısının oluşumu

Güneşin doğuş ve batışı sırasında, güneş yükseklik açısı $\beta_{GY} = 0$ dır. Güneşin doğuş ve batış zamanları arasındaki farktan “Güneşin Batışı” β_{GB} aşağıdaki formülden bulunur.

$$\beta_{GB} = \cos^{-1}[-\tan(d) \cdot \tan(Enl)] \quad (4.5)$$

Güneş azimut açısı- β_{AZM} , deklinasyon açısı- d ve Güneş yükseklik açısının bulunacağı bölgenin saat açısı - β_{SSA} ile doğru, güneş yükseklik açısı- β_{GY} ile ters orantılıdır.

$$\beta_{AZM} = \sin^{-1} [\cos(d) \cdot \sin(\beta_{SSA}) / \cos(\beta_{GY})] \quad (4.6)$$

Yerel saat ile bir ülkede kullanılan standart saat arasındaki ilişki, herhangi bir bölgede, güneşin pozisyonunu bulmada yardımcı olur. Her boylam arasındaki zaman farkı 4 dakikadır. Türkiye 26-45° boylamları arasındadır. Türkiye'nin en doğusundaki bir yer ile en batısındaki yer arasındaki zaman farkı $(45-26) \times 4 = 76$ dakikadır. Buna göre güneşin doğuşu en doğudaki bir bölgede, batıdakinden 76 dk veya 1 saat 16 dk önce olacaktır. Batışı ise bunun tersidir.

Kolektörler de kullanılan diğer bir açı da, güneş ışınlarının toplayıcı yüzeyine dik düşürülmesi için, toplayıcının yatayla yapacağı açıdır. Yüzey güneş ışınlarına dik ise geliş açısı (yüzeyin normaliyle yaptığı açı) sıfır, paralel ise 90° dir. Güneş ışınlarının geliş açısının toplayıcının normaliyle yaptığı açığa (β), Güneş ışınlarının toplandığı yüzeyin yatayla yaptığı açığa da β_{YAA} - Toplayıcı eğim açısı- denilirse, bu açı;

$$\beta = \cos^{-1}[\cos(d) \cdot \cos(Enl - \beta_{YAA}) \cdot \cos(\beta_{SSA}) + \sin(d) \cdot \sin(Enl - \beta_{YAA})] \quad (4.7)$$

formülü ile bulunur.

Işığın şiddeti onun yoğunluğudur. Güneş teknolojisinde kullanılan sayısal değer ışığın enerjisini oluşturan parlaklığıdır. Yoğunluk ışık radyasyonunun kuvvetini açıklarken, parlaklık bir yüzeye düşen enerji miktarını açıklar. Parlaklık; belirli zaman diliminde birim alana düşen enerji miktarı olarak tanımlanır. Birimi W/m^2 dır. Yatay düzlemin aldığı güneş parlaklığına “Güneşlenme” denir. Meteoroloji istasyonları bu güneşlenmeyi ölçmektedir. Diğer bir terim ise güneş akısıdır. Güneş akısı, Güneşlenme ve parlaklık aynı anlama gelen terimlerdir. Aradaki fark, güneşlenme yatay düzleme gelen enerji miktarını açıklarken, diğerleri herhangi bir açıdaki eğik düzleme gelen enerji miktarını açıklar.

Bir düzlemin aldığı güneş akısı veya parlaklık, düzlemin güneş ışınlarına dikliği ile değişir. Işınlara dik olan yüzeyin alacağı enerji daha fazla olacaktır. Bu nedenle, güneş enerjisini toplayan kolektörlerin eğim açısı çok önemlidir.

Meteoroloji istasyonlarının toplam radyasyon ölçüm değerleri, yılın her ayı için ortalama olarak hazırlanmaktadır. Yurdumuzun tüm illeri için toplam radyasyon değerleri kaynaklarda ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü Bilgi işlem merkezinde mevcuttur. Burada yalnız Elazığ için aylara göre ortalama toplam radyasyon değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Tablo 4.1’deki üst sırada verilenler yeryüzü, alt sırada verilenler ise atmosfer öncesi, yatay düzleme gelen toplam radyasyon değerleridir.

Eğik yüzeylere gelen radyasyonun hesaplanmasında, Meteoroloji Müdürlüğü’nden alınan, yatay düzleme gelen radyasyondan faydalanılır. Yatay düzlemle belirli bir açı yapan kolektörler, yatay düzleme göre, daha fazla direkt radyasyon alırlar. Her yönden gelen difüz ve yansıtılmış radyasyon alınmasında yönlendirme önemli değildir. Kolektörler öyle yerleştirilmeli ki, direkt radyasyonu dik olarak alıp maksimum düzeyde güneş radyasyonundan faydalanılmalıdır. Güneşli ısıtıcıların yatay düzlemle olan konumları, bölgenin enlem derecesine eşit alınarak yıl boyu en iyi enerji talebi karşılanabilir. Enlem derecesinden 15^0 fazla almakla da kış uygulamaları için iyi neticeler alınabilir. Eğik yüzeylere gelen radyasyonun hesaplanabilmesi için; cisimlerin yüzey yansıtıcılığına (Tablo 4.2), difüz ve yansıtılmış açı faktörü değerlerine (Tablo 4.3) ve mevsimlere göre değişen açılara göre direk radyasyon açı faktörlerine (Tablo 4.4) ihtiyaç vardır (Uyarel ve Öz, 1987).

Tablo 4.1. Elazığ ili Yeryüzü ve Atmosfer Öncesi, Aylık Ortalama Radyasyon Değerleri.
(Yatay düzleme gelen) Enlem: $38^{\circ}41'$, Boylam: $39^{\circ}14'$, Yükseklik: 990 m

AYLAR	Yatay Düzleme Gelen (W/m^2)	Atm. Öncesi (W/m^2)
Ocak	60.22	185.27
Şubat	93.80	245.49
Mart	152.86	323.06
Nisan	207.26	401.78
Mayıs	266.32	456.24
Haziran	306.83	478.24
Temmuz	309.15	466.66
Ağustos	275.58	421.50
Eylül	218.84	350.87
Ekim	143.55	267.49
Kasım	81.06	199.17
Aralık	52.08	169.04

Tablo 4.2. Bazı Karakteristik Yüzeylerin Yansıtıcılığı

YÜZEY	Ortalama yansıtıcılığı % (YAO)
Taze kar	0.75
Su yüzeyi	0.07
Toprak	0.14
Kara yolu	0.04
Asfalt kaplı zemin	0.10
Beton kaplı zemin	0.22
Taze çim	0.26
Bina yüzeyleri koyu (Kırmızı tuğla vb.)	0.27
Bina yüzeyleri açık (Açık renk buyalı binalar.)	0.60

Kaynak: Uyarel ve Öz, 1987**Tablo 4.3. Difüz ve Yansıtılmış Açı Faktörleri**

Kolektör Eğim Açısı	Difüz açı faktörü (DİFAF)	Yansıtılmış açı faktörü (YAF)
0	1.00	0.00
10	0.99	0.01
20	0.97	0.03
30	0.93	0.07
40	0.88	0.12
50	0.82	0.18
60	0.75	0.25
70	0.67	0.33
80	0.59	0.41
90	0.50	0.50

Kaynak: Uyarel ve Öz, 1987**Tablo 4.4. Direkt Radyasyon Açı Faktörleri**

YAZ MEVSİMİ İÇİN (Kolektör eğim açısı = Enlem derecesi-15°)												
Enlem	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
38	1.764	1.508	1.270	1.084	0.966	0.920	0.940	1.032	1.192	1.420	1.696	1.864
39	1.822	1.544	1.290	1.092	0.968	0.920	0.940	1.036	1.206	1.450	1.742	1.932

HER MEVSİM İÇİN (Kolektör eğim açısı = Enlem derecesi)												
38	2.114	1.706	1.340	1.044	0.876	0.804	0.836	0.972	1.212	1.574	2.000	2.260
39	2.182	1.748	1.340	1.052	0.878	0.802	0.838	0.976	1.226	1.612	2.060	2.340

KIŞ MEVSİMİ İÇİN (Kolektör eğim açısı = Enlem derecesi+15°)												
38	2.322	1.786	1.310	0.938	0.726	0.640	0.680	0.842	1.156	1.622	2.172	2.514
39	2.396	1.828	1.330	0.944	0.728	0.640	0.680	0.846	1.168	1.656	2.236	2.602

Eğim açısı 90°												
38	2.146	1.486	0.890	0.440	0.222	0.146	0.182	0.338	0.698	1.282	1.966	2.388
39	2.228	1.538	0.920	0.460	0.236	0.158	0.196	0.354	0.724	1.326	2.038	2.484

Kaynak: Uyarel ve Öz, 1987

4.3. Enerji ve Güneş Enerjisinin Önemi

Enerji, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin temel ihtiyaçlarından biridir. Dünya nüfusunun hızla artması ve teknolojik alandaki gelişmeler, ülkelerin enerjiye olan ihtiyaçları her onbeş yılda iki kat artırmaktadır (Özek, N ve Kunduz, M.). Günümüzde enerji, büyük oranda birincil kaynaklardan elde edilmektedir. Petrol, tabii gaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), kömür ve odun belli başlı enerji kaynaklarıdır.

1984 Devlet İstatistik Enstitüsü yayınlarına göre Türkiye; enerji ihtiyacının %49'unu petrol (bunun %13'ü yerli üretim), %17'sini Linyit, %11'i Odun, %10'u Tezek, %5 Hidrolik enerji ve diğer kaynaklar ile karşılamaktadır. Türkiye; geçmiş yıllarda %43 gibi birincil enerji ihtiyacını dışalım, yani dövize bağlı petrol ile sağlamıştır. Ayrıca Türkiye'nin yaklaşık 5 milyar ton civarında işlenebilir nitelikte kömür, 76000 ton civarında asfaltit, 1,5 milyar ton bitümlü şist, 8400 ton uranyum, 380000 ton toryum rezervleri mevcuttur. Türkiye'nin yaklaşık 35000 MW hidrolik gücü ve Öziş'e (1991) göre de ekonomik olarak yararlanılabilir 110 TW h/yıl olarak hidroelektrik potansiyeli, 4500 MW elektrik ve 31000 MW termik jeotermal potansiyeli ve yaklaşık 24 milyar ton TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ısı, 88 milyar ton TEP elektrik ve toplam 112 TEP güneş enerjisi termik potansiyeli mevcuttur. Bu temel enerji kaynakları, güneş enerjisi ve odun hariç sınırlıdır. Bu yakıtların 35 ile (Doğal Gaz) 200 yıl (kömür) arasında bitirilebileceği ve kullanımlarında da çevre problemleri olduğu unutulmamalıdır. Hidrolik enerji tesislerinin kurulmasının çok uzun, pahalı ve hidrolik enerji potansiyelinin artırılamayıp sabit oluşu gibi olumsuzlukları vardır. Gelecekte nükleer, güneş ve rüzgar enerjilerinin önem ve kullanımlarının artacağı beklenmektedir. Nükleer enerjinin, yüksek teknoloji ve maliyeti yanında stratejik oluşu teknolojik transferini zorlaştırmakta, insan sağlığına son derece zararlı oluşu güvenilirliğini azaltmaktadır. Oysa güneş enerjisi bilinen tüm yakıt rezervlerine eşdeğer enerjiyi iki gün içinde dünyaya sağlayacak potansiyeldedir (Duranay, 1982).

4.4. Türkiye'nin Güneşlenme Durumu

Daniels'e, (1964) göre; güneş enerjisi açısından dünya üç bölgeye ayrılmıştır. Türkiye'nin de bulunduğu 35~45. derece kuzey ve güney enlemleri arasındaki kuşak üçüncü bölgeyi teşkil eder. Bu bölgede yıl boyunca görülen radyasyon ortalaması 195~250 W/m² arasındadır. Ward'da Daniels gibi 45° kuzey ve güney enlemleri arasındaki bölgeyi güneş kuşağı olarak ele almakta ve altı grupta incelemektedir. Buna göre de Türkiye altıncı gruba

girmektedir. Bu grubun özelliklerini de 39° kuzey enleminde yapılan ölçmelerle açıklamaktadır. Daniels'e göre radyasyonun yıllık ortalama değeri bu bölgede 150~175 W/m² arasındadır. Her iki araştırmacı da; Türkiye'nin içersinde bulunduğu kuşağın güneş enerjisinden faydalanmaya çok elverişli olduğunu söylemektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün verilerine göre 1955-67 yılları arasında yapılan ölçmelerin ortalamasına göre, Türkiye'nin çeşitli aylardaki güneşlenme süreleri tablo 4.5'de gösterilmiştir. Tablo 4.5 incelenecek olursa en fazla güneşlenme Temmuz, en az güneşlenme saati ise Aralık ayına aittir. Tablolardaki değerler geniş bir alanı kaplayan Türkiye'yi yaklaşık olarak temsil etmektedir. Aynı şekilde, Meteoroloji Genel Müdürlüğünün verilerine göre 1955-67 yılları arasında yapılan ölçmelerin ortalamasına göre hesaplanan, Türkiye'nin çeşitli aylardaki güneş radyasyonu tablo 4.6'da, bölgelere ait değerler ise Tablo 4.7'de verilmiştir. Tablo 4.7 yıllık güneşlenme değerleriyle birlikte, Türkiye ortalamasına göre en fazla olduğu Temmuz ve en düşük olduğu Aralık aylarına ait değerleri de kapsamaktadır. Türkiye coğrafi bölgeleriyle ele alındığı zaman, bu tablodan Güney Doğu Anadolu bölgesinin güneşlenme bakımından en fazla değere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilen verilere göre; Elazığ'ın 1965-1992 yılları arasındaki En Yüksek, En Düşük ve Aylık Ortalama Sıcaklıklar, Aylık Ortalama Nem ile 1986-1996 yılları arasındaki, Aylara Göre Yağışlı Gün Sayısı, Güneşlenme ve Hakim Rüzgar Yönü ve Hızı, Tablolar halinde ekte verilmiştir.

Tablo 4.5. Aylara Göre Türkiye'nin Güneşlenmesi

Aylar	Güneşlenme Müddeti (Saat)	Güneşlenme Müddeti %
Ocak	109.0	4.2
Şubat	111.5	4.3
Mart	154.5	5.9
Nisan	198.6	7.6
Mayıs	263.8	10.1
Haziran	321.1	12.3
Temmuz	361.8	13.9
Ağustos	351.4	13.5
Eylül	271.7	10.4
Ekim	217.7	8.3
Kasım	149.9	5.3
Aralık	97.8	3.7
Toplam	2608.8	100.0

Kaynak: Dev.Meto.İşl.Gen.Müd.

Tablo 4.6. Aylara göre Türkiye'nin Güneş Radyasyonu
(1967 yılı sonuna kadar ki değerlerdir.)

Aylar	Radyasyon W/m ²
Ocak	72.60
Şubat	91.48
Mart	128.41
Nisan	173.72
Mayıs	207.43
Haziran	234.85
Temmuz	243.51
Ağustos	221.27
Eylül	181.63
Ekim	130.24
Kasım	86.67
Aralık	63.91

Kaynak: Dev.Meto.İşl.Gen.Müd.

Tablo 4.7. Türkiye'nin Bölgeler İtibariyle Güneşlenme Müddeti (saat)
(1955-67)

Bölgeler	İstasyonlar	Yıllık	Temmuz	Aralık
Güneydoğu Anadolu	Adıyaman Diyarbakır Gaziantep Siirt	1460	197	61
Akdeniz	Antalya İsparta İskenderun Adana	1414	175	63
Ege	Denizli Manisa İzmir Uşak	1320	180	47
İç Anadolu	Ankara Eskişehir Kayseri Konya	1312	185	47
Doğu Anadolu	Elazığ Erzincan Erzurum Malatya	1373	180	50
Marmara	Balıkesir Bursa Çanakkale İzmit	1222	171	41
Karadeniz	Rize Samsun Sinop Trabzon	951	131	39

Kaynak : Meteoroloji Gen. Müd. Verileri

5. KURUTUCU HAVASININ ŞARTLANDIRILMASI VE PSİKROMETRİ

5.1. Kurutucu Havaının Özellikleri

Kayıslı kurutmak için geliştirilen “Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu” (DSSK) da, kolektörle ısıtılan hava kullanılmaktadır. Bu nedenle havayı oluşturan su buharı ve kuru havanın basınç, sıcaklık, entalpi ve hacim ilişkileri, kuruma olgusu ve kurutma uygulamalarının denetimi açısından önemlidir. Bu ilişkiler gerçekte gaz yasalarına dayanmaktadır. Kurutma teknolojisi açısından önemli gaz yasaları, Boyle-Mariotte, Gay-Lussac, Dalton, Amagat ve Avagadro yasalarıdır. Bütün bu yasalar Genel Gaz Kanunu olarak bilinir.

$$P.V = n.R.T \quad (5.1)$$

Ayrıca, $m = n.M$, $P.V.M = m.R.T$ ve $R = R / M$ den $P.v=R.T$ bağıntıları vardır.

İdeal gaz kanunları, ideal gaz karışımlarına da uygulanır. Kuru hava, orta sıcaklıklarda ideal gaz kabul edilir. Hava (kuru hava + su buharı), gaz kanunlarında belirtilen basit ilişkilerden bir miktar sapmaktaysa da, bu sapmalar kurutma tekniği açısından ihmal edilebilir niteliktedir. Aslında küçük olan bu sapmalar psikrometrik diyagramlarda göz önüne alınmıştır. Hava bir gaz karışımı olup hacimce %78.09 N₂, % 20.95 O₂, %0.93 Ar ve %0.03 CO₂’den oluşmaktadır. Bu çoğunlukla %79 N₂ ve %21 O₂ olarak kabul edilir ve molekül ağırlığı $M = 28.97 \text{ kg/kmol}$ olarak alınır.

Bir gaz karışımında her bir gazın hacminin, toplam gaz hacmine oranı, her bir gazın kısmi basıncının toplam basınca oranı ve her bir gazın mol sayısının toplam mol sayısına oranı (% hacim = % basınç = % mol) gibi değerler birbirine eşittir. Buna göre kuru havada hacimce %79 N₂ ve %21 O₂ bulunduğu kuru havanın basıncının da %79’u N₂’den, %21’i O₂’den oluşur. Aynı şekilde 1 m³ kuru havanın 0.79 m³’ü N₂ ve 0.21 m³’ü O₂ dir. Bunu hava için de yaparsak; havada “x” mol su buharı ve “y” mol kuru hava bulunur. Su buharının 18.02 gr/mol ve kuru havanın 28.97 gr/mol molekül ağırlığında olduğu göz önüne alınınca, havanın kütlesi; $m(\text{gr})=x(18.02) \text{ gr su buharı} + y(28.97) \text{ gr kuru havaya}$ eşittir. Toplamdaki su buharının kütlesi ise;

$$\frac{x}{x+y} = \frac{\text{Karışımındaki su buharının hacmi}}{\text{Karışımın toplam hacmi}} \text{ olup } \frac{x(18.02)}{x(18.02) + y(28.97)} \text{ şeklinde gösterilebilir.}$$

Özgül Nem (W); havadaki 1 kg kuru havaya karşın, kg olarak su buharı miktarına denir. Birimi $\text{kg}_{\text{su buharı}}/\text{kg}_{\text{kuru hava}}$ dir. (w) indisi su buharını ve (a) indisi de kuru havayı gösterebilir.

Burada; m_a 1 kg ve m_w (x) kg dir. Hava miktarı ise, $(1+x)$ kg olacaktır. O zaman;

$$W = \frac{m_w}{m_a} = \frac{p_w \cdot V \cdot M_w / R \cdot T}{p_a \cdot V \cdot M_a / R \cdot T} = \frac{p_w \cdot M_w}{p_a \cdot M_a} \quad (5.2)$$

Olarak özgül nem bulunur. Karışımın toplam basıncı, karışımdaki gazların kısmi basınçları toplamına eşittir. $P=p_a+p_w$ olup, buradan $p_a=P-p_w$ dir. Özgül nem; su buharı kısmi basıncıyla suyun molekül ağırlığı çarpımının, kuru hava kısmi basıncıyla kuru havanın molekül ağırlığı çarpımına oranına eşittir. Buna göre,

$$W = \frac{p_w(18.02)}{p_a(28.97)} = 0.622 \frac{p_w}{p_a} \quad (5.3)$$

$$W = 0.622 \frac{p_w}{P - p_w} \quad (5.4)$$

yazılabilir. Uygulamalardaki hava çoğunlukla doymamış haldedir. Nadiren sis halinde su veya buz tanecikleri içeren hava halinde bulunur. $W=0$ hali kuru havanın, $W=\infty$ hali ise, sadece su buharının havayı oluşturduğunu gösterir.

1 kg kuru havanın içerebileceği maksimum su buharı miktarını bulmak için p_w yerine nemli havanın sıcaklığına karşılık gelen su buharının doyma basıncı p_s alınarak

$W_s = 0.622 \frac{p_s}{P - p_s}$ olur. $W > W_s$ ise; karışım $(m_a \cdot W_s)$ kadar su buharı ve $[m_a(W - W_s)]$ kadar da yoğunlaşmış halde nem içerir.

Mutlak nem (τ): 1 m³ havanın içerdiği su buharının kütesine denir. Birimi kg_{nem}/m³ dır.

$$\tau = \frac{m_w}{V} = \frac{p_w}{R_w \cdot T} = \frac{1}{v_w} = \rho_w \quad (5.5)$$

Mutlak nem; nemli havanın içerisindeki su buharının yoğunluğuna eşittir. Su buharının basıncı, söz konusu sıcaklıktaki doyma basıncına eşit olduğu zaman mutlak nem max. olur.

Bağıl nem (ϕ): belli bir sıcaklıkta, havanın içinde bulundurabileceği su buharı miktarının doymuş havadaki su buharı miktarına oranıdır. 1 kg kuru hava, belli bir sıcaklık ve belli bir basınçta ancak belli bir miktar su buharı taşıyabilir. Bu miktarın üzerindeki su buharı havadan su damlacıkları şeklinde ayrılır. Bu nokta, havanın o sıcaklık ve basınçta su buharına doyma noktasıdır. Havada su buharı çoğunlukla, doyma noktasının altında bulunur. Buna göre bağıl nem, herhangi bir T ve P'de 1 kg kuru hava tarafından beraberinde taşımakta olduğu su buharı miktarının aynı T ve P'deki taşıyabileceği maksimum su buharı miktarının

% orandır. Diğer taraftan; herhangi bir havada bulunan su buharı miktarının, aynı koşullarda bulunabilecek azami su buharı miktarına oranı, havanın su buharı kısmi basıncının, aynı koşullarda doyma noktasındaki su buharı basıncına oranıdır. Buna göre bağıl nem;

$$\phi = \frac{p_w}{p_s} (\%) \quad (5.6)$$

olur. Özgül nem, hangi sıcaklıkta olursa olsun 1 kg kuru havanın beraberinde bulunan su buharı miktarı olduğuna göre, özgül nem havanın sıcaklığına bağlı değildir. Bu sebeple her hangi bir hava, ısıtılrsa da soğutulrsa da özgül nemi değişmez. Yani kuru hava miktarı hep aynı kalır. O zaman kurutucuya giren 1 kg kuru hava, kurutucunun neresinde, hangi basınç altında veya ne kadar su buharı yüklenmiş olursa olsun, daima 1 kg kuru hava olarak kalır. Diğer taraftan özgül nemi sabit olan bir hava, tüm sıcaklıklarda daima aynı çığ noktasına sahiptir. Yani hava ısıtılrsa da soğutulrsa da kendine özgü çığ noktası değişmez.

Havanın bağıl nemi ise, havanın sıcaklık ve basıncına göre değişir. Hava ısıtılrsa bağıl nemi düşer, soğutulursa bağıl nemi artar. Hava sıcaklığı artınca, içinde bulunan nemin mutlak değeri değişmemekle beraber, doyma noktasındaki su buharı basıncının (p_s) değeri artacağından bağıl nemin değeri azalır. Bağıl nemin sıfır olması, bu havanın hiç su içermediğini, yani tam olarak kuru olduğunu gösterir. Oysa bağıl nemi %100 olan hava, suya doymuştur anlamındadır. Bağıl nemi %100 olan havanın çığ noktası bulunduğu sıcaklık derecesidir. Bir havanın özgül ve bağıl nemleri arasındaki matematiksel ilişki;

$$W = \frac{P}{p_s} \frac{W}{0.622 + W} \quad (5.7)$$

Havanın özgül ısısı (c_s): 1 kg kuru havanın sıcaklığını 1°C yükseltmek için gerekli ısı miktarı ile bu miktar kuru havanın beraberinde bulunan su buharının sıcaklığını 1°C yükseltmek için gerekli ısı miktarının toplamıdır. Matematiksel olarak;

$$c_s = c_{pa} + W c_{pw} \quad (5.8)$$

Havanın özgül entalpisi (h): havanın entalpisi, 1 kg kuru havanın entalpisi ile bu miktar kuru havanın beraberinde bulunan su buharının entalpisi toplamına eşittir.

$$h = \frac{H}{m_a} \text{ (kJ/kg}_a\text{)}, \text{ ve } H = m_a \cdot h_a + m_w \cdot h_w$$

yazıp her iki tarafı m_a 'ya bölerek,

$$h = h_a + \frac{m_w}{m_a} \cdot h_w = h_a + W \cdot h_w = c_{pa} \cdot t_a + W \cdot h_w = c_{pa} \cdot t_a + W [c_{pw} \cdot t_a + \lambda_o]$$

$$h = c_{pa} t_a + W[c_{pw} t_a + \lambda_o] \text{ Eğer bu değerleri yerlerine koyarsak;}$$

$$h = 1.007.t_a + W[1.842. t_a + 2500] \quad (5.9)$$

Buna göre; sıcaklığı ve özgül nemi bilinen havanın özgül entalpisi hesaplanabilmektedir.

Havanın özgül hacmi (v): Kuru havanın 1 kg'ı başına kuru hava-su buharı karışımının m³ değeridir. Birimi (m³/kg_a) dır. Havanın özgül hacmi veya 1 kg kuru hava ile bu kuru hava tarafından taşınan su buharının hacimleri toplamıdır. $v = v_a + W.v_w$ Diğer taraftan Charles yasası olarak da bilinen Gay Lussac yasasını sabit basınçta T_a ve $T_0 = 273.1$ K sıcaklığında ki kuru havaya uygular ve taraf tarafa bölersek;

$$p_a.v_a = R_a.(273.1 + t)$$

$$p_a.v_0 = R_a.(273.1 + t)$$

Buradan; $v_a = v_0 \cdot \frac{273.1 + t}{273.1}$ olur. 1 kg kuru havanın 273.1 K sıcaklıktaki v_0 hacmini bulmak

istersek; 1 g mol gaz 273.1 K de 22.41 lt gelirse, 1 kmol gaz da 273.1 K'de 22.41 m³ gelir.

veya $v_0 = V_0 / m_a$, $m = n \cdot M = 1 \text{ (kmol)} \times 28.97 \text{ (kg/kmol)} = 28.97 \text{ kg}$ bulunur.

O zaman; $v_0 = \frac{22.41}{28.97} \text{ (m}^3/\text{kg)}$ olarak bulunur. Bunu yerine yazarsak,

$$v_a = \frac{22.41}{28.97} \cdot \frac{273.1 + t}{273.1} \text{ bulunur. Aynı düşünce ile } v_w = \frac{22.41}{18.02} \cdot \frac{273.1 + t}{273.1} \text{ olur.}$$

Bunları havanın özgül hacminde yerlerine yazar ve düzenlersek,

$$v = (22.41 + 1.082 \cdot t) \cdot \left(\frac{1}{28.97} + W \frac{1}{18.02} \right) \quad (5.10)$$

Doymuş Hava (m³/ kg_a): 1 kg kuru havanın ve bu miktar hava tarafından taşınabilecek max. su buharının hacimlerinin toplamıdır.

Havanın özgül kütlesi (kg/m³); 1 m³ nemli havanın kütlesidir.

$$\rho = \frac{P}{R_w \cdot T} \frac{1 + W}{0.622 + W} \quad (5.11)$$

Çiğ Noktası: Nemli havanın çiğ noktası, su buharına doymuş hale gelene kadar soğutulması gerekli sıcaklık derecesidir. Ancak bu soğutmada, havanın bileşiminin ve basıncının sabit tutulması gerekir.

5.2. Psikrometri ve Kurutmaya Uygulanması

Psikrometri; hava ile su buharı karışımının özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır.

Havanın tamamen kuru olmaması, içinde su buharının da olması nedeniyle psikrometri

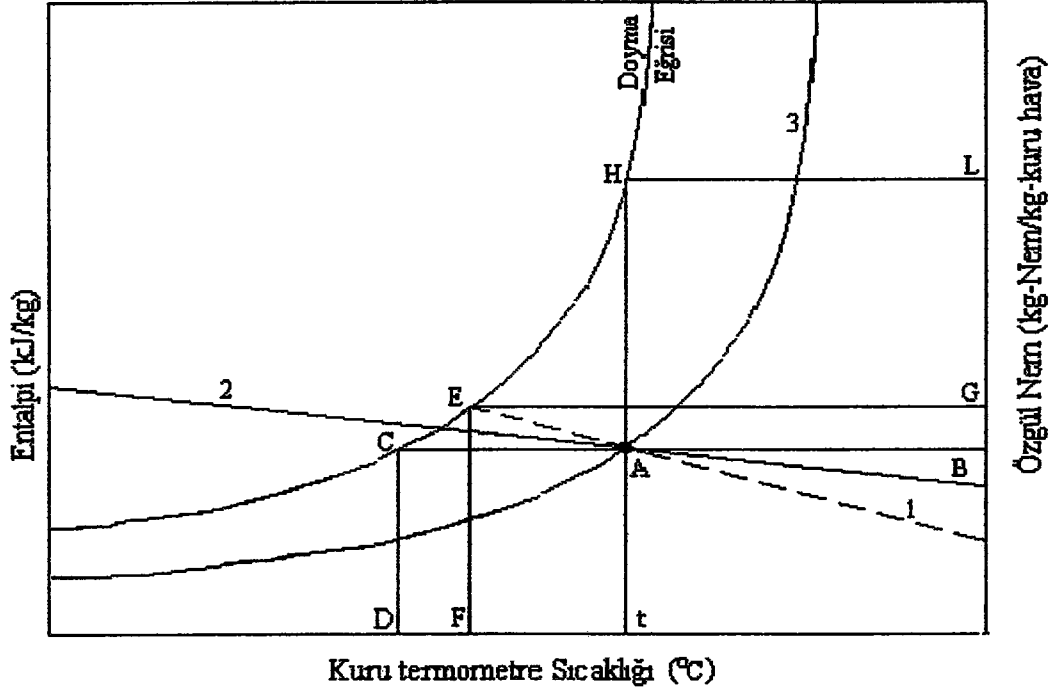
önem kazanır. Psikrometri; entalpi potansiyelinin, soğutma kulelerinin, soğutma ve nem alma (kurutuma) incelemelerinin temelini oluşturur.

Havadaki nem çeşitli aletlerden yararlanılarak ölçülmektedir. Nem ölçmede kullanılan aletlere “higrometre” denir. Islak ve kuru termometre çiftinden yapılmış higrometrelere “psikrometre” denir. Nem ölçmede ayrıca saç higrometrelerinden de yararlanılmaktadır. Hava nemini ölçmede en yaygın olarak kullanılan cihazlar psikrometrelerdir. Bunlarla önce havanın ıslak ve kuru termometre sıcaklıkları tespit edilerek, aşağıdaki eşitlik yardımıyla havanın bulunduğu şartlardaki su buharı kısmi basıncı hesaplanır.

$$p_w = p_{sw} - 0.5 (t_a - t_w) \quad (5.12)$$

Havanın çeşitli termodinamik özellikleri bir grafiğe işlenince, psikrometrik diyagram denen ve kurutmada çok kullanılan bir diyagram elde edilmektedir. Bu diyagramlar zaman kaybını önleyerek, tüm iklimlendirme işlerini grafik olarak çözmek için, genellikle ortam sıcaklığı ve özgül nemi esas alarak geliştirilmiş diyagramlardır. Psikrometrik diyagramlar, bağıl ve özgül nem, yaş ve kuru termometre sıcaklıkları ile entalpi ilişkilerini kapsamaktadır.

Bu konuda hazırlanmış çeşitli diyagramlar vardır. Bu diyagramlar, su buharı ve kuru hava karışımlarının gaz yasaları ile ilişkisine dayalı hesaplama ve deneysel ölçümlerden yararlanılarak hazırlanmıştır. “Grosvenor” ve “Mollier” tipi olmak üzere iki farklı psikrometrik diyagram vardır. Mollier tipi diyagramlar daha çok Avrupa ülkelerinde yaygındır. Mollier diyagramında bağıl ve özgül nem, entalpi, suyun buhar basıncı, suyun buharlaşma gizli ısı, havanın hacmi gibi bilgiler vardır. Şekil 5.1’de psikrometrik diyagram görülmektedir. Bu diyagramda, doyma eğrisi üzerindeki bir nokta, doymuş havayı belirler. Doyma eğrisinin sağ tarafındaki her nokta, belli nitelikteki bir havayı belirler. Doygunluktan öte hava olamayacağından doyma eğrisinin sol tarafı boştur. Psikrometrik diyagramın apsisi kuru termometre sıcaklığını, ordinatı ise özgül nemi göstermektedir. A noktasının sıcaklığı, bu noktadan ordinata çizilen dikmenin apsisi kestiği noktadaki t sıcaklığıdır. Bu doğrunun arka tarafa uzantısı, doyma eğrisini H noktasında keser. H noktası t sıcaklığındaki havanın, doymaya ulaştığı andaki bileşimini simgeler. H noktasından apseye paralel çizilirse bu sağdaki ordinatı L noktasında keser. H noktasındaki havanın özgül nemi L (kg_w / kg_a) dır. Diğer taraftan A noktasından apseye çizilen paralel doyma eğrisini C noktasında, ordinatı ise B noktasında keser. Böylece A noktasındaki havanın özgül nemi B kg_w / kg_a olduğu, bu havanın doyma noktasına erişmesi için C noktasına kadar soğutulması gerektiği anlaşılmaktadır. C noktasındaki sıcaklık derecesi ise, apsisi



Şekil 5.1 Psikrometrik Diyagram

kestiği D noktasındaki değerdir. A noktasındaki hava, üzerinde yer aldığı adyabatik soğuma doğrusu 1 boyunca soğur ve E noktasında doymun hale gelir. E'nin kuru termometre sıcaklığı F olup, adyabatik doyma sıcaklığıdır ve bu A'daki havanın yaş termometre sıcaklığına çok yakındır. G noktası ise, adyabatik doyma sıcaklığındaki özgül nemdir.

A noktasının bağıl nemi, bu noktanın üzerinde yer aldığı bağıl nem eğrisinin 3 gösterdiği değerdir. Entalpisi ise, A noktasından geçen entalpi doğrusunun 2 gösterdiği değerdir. Entalpi değerleri, sağdaki ordinata ve devamı olarak da üstteki apsise işaretlenmiştir.

Psikrometrik diyagramın özelliği olarak, havanın verilen iki değeri sayesinde çok kolay olarak diğer tüm değerler, herhangi bir hesap yapmadan bulunabilmektedir.

5.3. Sıcak Hava İle Kurutma Tekniğinde Psikrometrik Diyagramın Önemi

Psikrometrik diyagramın önemli değerlerden biri de “adyabatik soğuma doğruları”dır. Sistem ile çevresi arasında ısı alışverişi olmayan olaylara adyabatik'tir denir. Bir çok kurutucuda adyabatik şartlar vardır. Sıcak hava, kurutulacak ürünü ısıtır ve onun nem kaybetmesini sağlarken duyulur ısıyı vererek kendisi soğur ve üründeki suyun buharlaşmasına neden olur. Su buharı havaya karışarak beraberinde taşıdığı buharlaşma gizli ısıyı

havaya kazandırır. Böylece havanın kaybettiği ısı, buharlaşma gizli ısısı olarak havaya tekrar geri döner. Sıcak hava soğur fakat entalpisi yaklaşık sabit kalır. Kurutulan ürünün bu şekilde su kaybetmesi adyabatik buharlaşmadır. Ancak sistemin toplam enerjisi sabittir.

Adyabatik buharlaşma, ürün ile sıcak havanın yeteri kadar temas etmesiyle dengeye ulaşır, soğur ve nemi artarak, ulaştığı bu yeni sıcaklık derecesinde, doyma noktasına erişir. Bu noktaya “adyabatik doyma sıcaklığı” denir. Bu olay Şekil 5.2’de gösterilmiştir. t_1 ile gösterilen adyabatik doyma sıcaklığı, havanın yaş termometre sıcaklığına eşittir. Bu nedenle buna yaş termometre sıcaklığı denir.

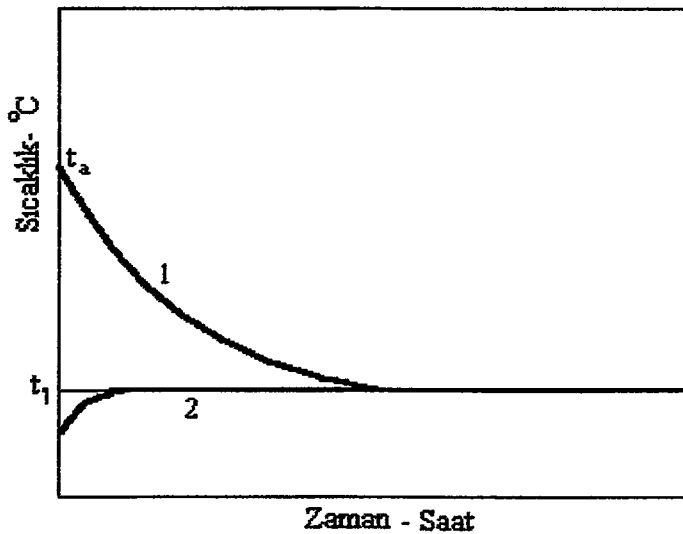
Özgül nemi W ve entalpisi h olan hava, bir adyabatik kurutucuya verilir ve kurutucuyu W_1 özgül nem ve h_1 entalpisi ile, bir miktar soğumuş fakat su buharına doymuş olarak terk ederse, adyabatik enerji bilançosu aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$h_1 = h + (W_1 - W) h_w^1 \quad (5.13)$$

Herhangi bir t_1 adyabatik doyma sıcaklığı için, sadece belirli bir h_1 , W_1 ve h_w^1 değerlerinin söz konusu olduğu, böylece bu her üç değer tek bir t_1 değerinin fonksiyonu olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Diğer taraftan (5.13) no’lu eşitlikteki h yerine eşdeğeri olan terimler konursa,

$$h_1 = c_{pa} t_a + W[c_{pw} t_a + \lambda_o] + (W_1 - W) h_w^1$$

olur. Denklem W için çözülürse,



Şekil 5.2 Sıcak Hava ve Islak Ürünün Teması İle Sıcaklığın Değişimi

(1) Sıcak hava, (2) ıslak ürün, (t_2) Sıcak havanın başlangıç derecesi, (t_1) Adyabatik doyma derecesi.

$$W = \frac{h_1 - c_{pa}(t_a) - h_1(h_w^1)}{c_{pw}(t_a) + \lambda_0 - h_w^1} \quad (5.14)$$

olarak bulunur. Yukarıda verilen c_{pa} , c_{pw} ve λ_0 in sabit değerleri yerine konunca;

$$W = \frac{h_1 - 1.007.(t_a) - W(h_{w1}^1)}{1.842.(t_a) + 2500 - h_w^1} \quad (5.15)$$

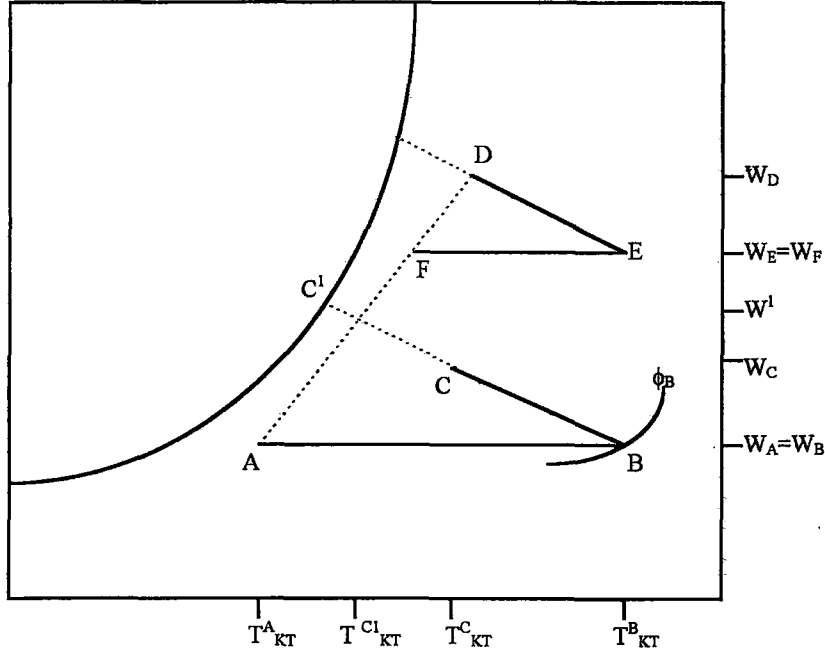
Bu eşitlikteki h_1 ve W_1 değerleri ilgili tablolardan h_w^1 değeri ise hesaplanarak bulunabilir. Bu durumda bilinmeyen sadece t_a ve W değerleri kalır. Belli t_a değerlerine karşı W değerleri hesaplanıp bulunan değerler psikrometrik diyagrama işlenirse adyabatik soğutma doğruları elde edilir.

Duyulur ısıtma ve soğutma: Sabit özgül nem oranında, havanın ısıtılması veya soğutulması için kurutma havasına ısı eklenir veya alınır. Duyulur ısıtma ve soğutma işlemi, psikrometrik diyagramda, apsise paralel bir doğru olarak gösterilir. Havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları, entalpisi, özgül hacmi ve bağıl nemi değişmesine karşın özgül nemi, doyma noktası sıcaklığı ve buhar basıncında değişme olmaz.

Isıtma ve nemlendirme: Bu işlem sırasında havaya sadece ısı değil az bir miktar su buharı da eklenir. Sonuç olarak havanın entalpisi, nem oranı, buhar basıncı, kuru ve yaş termometre sıcaklıkları ile doyma noktası sıcaklığı ve özgül hacim artar. Bağıl nemdeki değişme, havaya eklenen enerji ve su buharının birbirine bağlı miktarları ile saptanır. Isı kaynağının devamlı olması, kurutma havasının bağıl nemini düşürür.

Kurutma: Ürünlerin kurutucularda kurutulması adyabatik olarak kabul edilir (Cemeroğlu, 1986; Doğan, 1986). Nemin buharlaştırılması için gereken hava, kayısların üzerinden geçerken, havadaki su buharının artması sonucu, havanın duyulur ısının büyük bir kısmı, ürünlerdeki suyun buharlaşması için buharlaşma gizli ısına dönüşür. Adyabatik kurutma esnasında nem oranı, bağıl nem, buhar basıncı ve doyma noktası sıcaklığındaki artma ile birlikte kuru termometre sıcaklığında bir düşme olmaktadır. Bu işlem sırasında entalpi ve yaş termometre sıcaklığı sabit kalmaktadır (Tamer, 1972; Brooker, 1974).

Kurutmayı psikrometrik diyagramda gösterecek olursak; kuru termometre sıcaklığı T_{KT}^A ve bağıl nemi ϕ_A olan açık hava emilerek kolektörde sıcaklığı T_{KT}^B ve bağıl nemi ϕ_B olarak kurutucuya gönderilir. Bu noktayı psikrometrik diyagramda Şekil 5.3'de A noktası olarak belirleyip havanın bu noktadaki özgül nemini ve yaş termometre sıcaklığını sırası ile W_A kg_w/kg_a ve T_{YT}^A olarak tespit edebiliriz. A noktasındaki soğuk hava, kolektörde T_{KT}^B ye ısıtılınca B noktasında ki özellikleri kazanacaktır. Hava ısıtılınca özgül nemi sabit



Şekil 5.3 Kurutmada Psikrometrinin Kullanılması

kalacağından olay AB doğrusu üzerinde gelişecektir. B noktasının psikrometrik diyagram yardımıyla özellikleri; bağıl nemi W_B , yaş termometre sıcaklığının T_{YT}^B ve özgül neminin sabit kalarak $W_A = W_B$ kg_w/kg_a olduğu görülür. Yani kurutucuya giren havanın özellikleri B noktasındaki sıcak havanın özellikleridir. Bu özelliklerdeki hava kurutucudaki yaşkayışlarla temas ederek, kayışlardaki suyun buharlaşmasına neden olarak T_{YT}^B 'ye ait adyabatik soğuma eğrisi boyunca gittikçe soğur. Şekilde bu B-C doğrusu olarak gösterilmiştir. Kurutucuda adyabatik şartların egemen olması nedeniyle havanın soğuması, B-C doğrusu boyunca olacaktır. Kurutucudaki hava en çok T_{YT}^C 'ye kadar soğuyabilir ve bu derecede doymuş olur. Fakat sıcak havanın hiç bir zaman doyması beklenemez. Ancak T_{KT}^C ye soğuyunca (C noktası) dışarı atılır. C noktasındaki bağıl nem W_C kg_w/kg_a dir. Bu noktada hava T_{KT}^B 'den T_{KT}^C 'ye düşerek $T_{KT}^B - T_{KT}^C = T$ kadar soğumakla özgül nemde W_B den W_C 'ye yükseldiği görülmektedir. Yani kurutucuya verilen her birim kg kuru hava, W_C kg su buharı kazanmış olarak dışarı atılmaktadır. Eğer kurutucuda m kg su buharlaştırılacaksa, bu şartlarda kurutucuya saatte m/W_C kg kuru hava içeren miktarda, sıcaklığı T_{KT}^B ve özgül nemi W_A olan hava verilmelidir. Teorik olarak kurutucudaki havanın C noktasında değil de C^1 noktasında doymuş olarak, özgül nemi W^1 'e çıkmış olarak atılması da mümkündür. Bu durumda kurutucuya verilen sıcak havaya, içerdiği W_B kg su buharına ilaveten daha $W^1 - W_B$ kg kadar su buharı yüklenebilirdi. Buna Evaporasyon

limiti denir. Böylece buharlaştırılabilecek maksimum su buharı uzaklaştırılabilir. Kurutucularda hava evaporasyon limitine ulaşmadan önce dışarı atılır. Eğer evaporasyon limitinin sonuna kadar beklenirse kuruma çok uzun sürer.

Şekil 5.3'de görüldüğü gibi, B noktasındaki sıcak hava, kurutma sırasında adyabatik doğrudan en çok C^1 noktasına kadar soğuyabilir ve ortamdan aldığı nem ile C^1 noktasında doymuş hale gelir. O halde B-C doğrusunun uzunluğu, bu havanın maksimum kurutuma gücünü gösterir. Yani herhangi bir havanın psikrometrik diyagramdaki yerinin adyabatik soğuma doğrusu üzerinden doyma eğrisine olan uzaklığı, onun kurutma potansiyelinin göstergesidir. Bu mesafe ne kadar fazla ise, havanın kurutma gücü o kadar yüksektir.

Atmosferden emilerek kolektörde ısıtılan hava, kurutma odasındaki ürün üzerinden geçirilir. Eğer kurutma odası yeterli uzunlukta değilse, veya bu hava yeteri kadar kurutucuda bekletilmeden atılıyorsa, bu havanın kurutma kapasitesinden yeteri kadar yararlanılmadan yani, hala sıcak olduğu halde, dışarı atılmasından başka çare yoktur. Halbuki sıcak hava kurutma tekniğinde ısıdan tam olarak yararlanmak için, kuruma süresinin uzamamasını dikkate alarak bağıl nemin 0.60 dolaylarına kadar yükselmesinden sonra dışarı atılması daha ekonomiktir. Bu şekil havanın tekrar tekrar kullanılması çok yüksek sıcaklıklarda kurutma yapılan yerlerde ancak uygulanmaktadır (Cemeroğlu, 1986).

5.4. Bitkilerdeki Hücre Yapısı ve Kuruma Teorisi

5.4.1. Hücre yapısı

Yaşayan her şey hücre denen yapı taşlarından yaratılmıştır. Zirai ürünler genel olarak 10~100 μm uzunluğundaki hücrelerden meydana gelmiştir. Meyve ve sebzelerin hücreleri, yumuşak ve etli parenkimlerdir. Genel olarak bunlar, dört ile otuz yüzeyli prizmatik kutular şeklindedir ve petkinli maddelerle birbirlerine bağlanırlar. Komşu hücreler, plasmodesmata denen kılcal bağlar ve hücre duvarlarındaki delikler vasıtasıyla birbirleriyle madde alışverişi yapabilirler. Hücrelerin aralarında gaz alışverişine yarayan hava boşlukları vardır. Bu boşluklar bitkiyle birlikte büyür ve olgunlaştıkça hücreler arasında yaygın bir hava kanalı ağı oluştururlar (Doğantan, 1986).

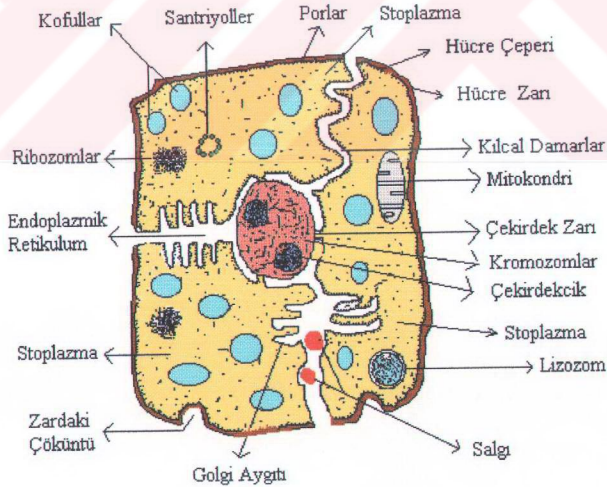
Bir gıda hücresinin yapısı incelenecek olursa; ilk duvarın pektit bir dolgu maddesinin içinde sıralanan selüloz iplikçiklerden meydana geldiği görülür. Burada hücre duvarı hücrenin dış sınırını belirler. Aynı yapının daha da pekleştirilmiş olan ikinci duvar ise ilk

duvarın içinde bulunur ve hücrenin şeklinin muhafazasını sağlar. Hücre duvarının iç yüzeyini kaplayan hücre zarı ancak 100 angström kalınlığındadır ve çoğu zaman seçici geçirgen özelliği gösterir. Hücre eti ise pelte kıvamındadır (Frey-Wyssling, 1959).

Şekil 5.4'de elektron mikroskobu altında resmi çekilmiş bir bitki hücresinin fotoğrafı resmedilmiştir. Hücre dıştan içe doğru üç kısımda incelenebilir. Bunlar;

Hücre Zarı: Hücreyi çevreyle ayıran ve koruyan kısımdır. Görevi hücrenin çevre ile madde alışverişini kontrol etmesidir. Protein-yağ-yağ-protein yapısındadır. Canlı, esnek, seçici geçirgen, saydam ve incedir. Hücre zarı hem bitki hem de hayvan hücrelerinde bulunur. Hücre zarının hemen altında, hayvan hücrelerinde bulunmayan hücre çeperi vardır. Hücre çeperi ölü, esnek, tam geçirgen ve dayanıklıdır. Selülozden yapılmıştır.

Sitoplazma: Hücre zarı ile çekirdek arasını dolduran, canlı ve yarı saydam, yumurta akı kıvamında bir sıvıdır. Bu sıvı %70~%80 su olmak üzere organik ve inorganik maddeler barındırır. Sitoplazma hücre zarı ile çekirdek arasında sürekli hareket halindedir. Hayatsal olayların bir çoğu burada olur. Burada her biri hayati görevler üstlenmiş çok küçük yapılar vardır. Bu yapılara organel adı verilir. Sitoplazmada bir çok birbirinden farklı görevleri



Şekil 5.4 Bitki Hücresinin Elektron Mikroskobu İle Çekilmiş Resmi

olan organeller vardır. Bunlar;

Endoplazmik retikulum: Sitoplazmayı ağ gibi saran bir kanal sistemine benzer. Görevi, hücre ile çekirdek arasında madde transportunu sağlamaktır.

Golgi aygıtı: Yapı olarak endoplazmik retikulum'a benzer, ancak kıvrımlı olup körük şeklindedir. Salgılama işini görür.

Ribozom: Çok sayıdadır ve endoplazmik retikulum çeperlerine dizilmiş şekilde bulunur. Görevi, hücrede ihtiyaç duyulan proteini sentezlemektir.

Koful: İçi su dolu baloncuklar gibidir. Sindirim ve boşaltımda görevleri vardır. Bitki hücrelerinde büyük ve sayıca az, hayvan hücrelerinde ise küçük ve çoktur. Hücre yaşlandıkça kofulların sayısı artar ve büyür.

Bunların dışında sitoplazmada Mitokondri, Sentozom, Lizozom ve Kloroplast diye organeller de vardır.

Çekirdek: Sitoplazma içindeki en büyük yapı çekirdektir. Sitoplazmadan daha yoğun ve koyu renklidir. Çift kat zarı vardır. Yapısı hücre dışı zarı yapısındadır. İçi çekirdek sıvısı ile doludur. Canlı olup içinde küçük, yoğun ve daha koyu renkli çekirdekçikler vardır.

Hücre yapısında suyun en fazla olduğu kısım sitoplazmadır. Çekirdekte de bir miktar su olmasına rağmen buradaki su emilmiş (absorbed) halde olduğundan bu suyun hücreden çıkarılması, ancak yüksek sıcaklıklarda mümkün olur. Ürünün kuruması için sitoplazmanın boşaltılması gerekmektedir. Sitoplazmadaki erimiş maddelerle çözelti halindeki suyun ayrılıp, hücre çeperini ve hücre dışı zarını geçerek çıkması ancak mümkündür. Bu şekilde hücre dışına çıkan sıvı, dokunun dışına alınarak üründen uzaklaştırılması gerekmektedir. Hücre dışına çıkan sıvı, hücreleri birbirine bağlayan pektinli maddeyi de aşarak başka bir hücreye girmeye çalışabilir. İki hücre arasında, hücre duvarlarındaki gedikler vasıtasıyla bir geçit varsa, sıvı için buradan çıkmak kolaylaşacaktır. Sıvının çıkacağı bir başka yol da, hücre dışına çıkan su bir hava kanalına tesadüf edebilir ki hava kanalları genellikle birbirlerine bağlıdır, bu kanallardan rahatlıkla dışarı çıkabilir.

Gıdalarda bulunan suyun miktarı, gıdayı çevreleyen havanın bağıl nemine bağlıdır. Gıdalardaki bu su, değişik fiziksel niteliktedir. Su ve niteliklerini belirlemek ve bunun gerek kurutma teknolojisi, gerekse gıdaların dayanıklılığı açısından anlamını ortaya koymak için, ancak deneysel olarak elde edilen "Sorpsiyon İzotermi" ile mümkündür.

5.4.1.1. Sorpsiyon izotermi

Herhangi bir ortamdaki su, bulunduğu şartlara bağlı olarak az veya çok sıvı fazdan buhar fazına geçme eğilimi taşır. Bu, bazı su moleküllerinin kendini çevreleyen havaya su buharı halinde karışması demektir. Su ister katı, ister sıvı ve isterse buhar fazında bulunsun, bulunduğu koşullara bağlı olarak belli bir “buhar basıncı” gösterir. Buzun ve sıvı haldeki suyun buhar basıncına “su buharı basıncı” denir. Buna karşın, havadaki su buharı basıncına, havanın toplam basıncı içindeki miktarını vurgulamak için “su buharı kısmi basıncı” denir. Sitoplazmadaki serbest suyun, havaya su buharı molekülleri halinde karışması olayına, suyun buharlaşması denir. Buna göre serbest su veya herhangi bir üründe bulunan su, buharlaşarak miktarı azalır, yani kuruma olur. Suyun tanımlanan bu anlamda buharlaşmasının itici gücü, üründeki suyun buhar basıncıyla, kendisini çevreleyen havanın su buharı kısmi basıncı arasındaki farkıdır. Bu fark ne kadar büyükse, suyun buharlaşması o kadar hızlı ve fazla olur. Böylece havanın su buharı kısmi basıncı, hızla yükselerek bir süre sonra, üründeki suyun su buhar basıncına erişip dengeye ulaşır. Bu durumda hava, aynı zamanda, bulunduğu sıcaklık derecesinde su buharına doymuş hale gelmiştir ve bu nedenle suyun buharlaşması durur.

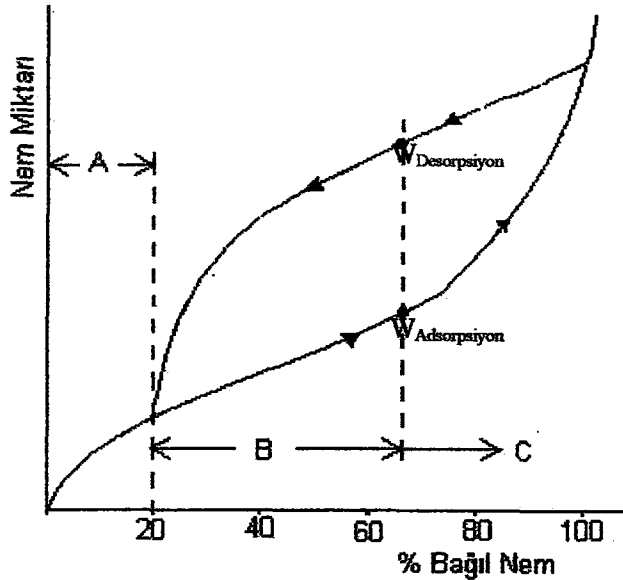
Suyun buhar basıncı üzerine birçok faktörler etki eder. Bunların başında sıcaklık gelir. Sıcaklık arttıkça suyun buhar basıncı yükselmektedir. Bütün bunlar saf su içindir. Şayet su içinde erimiş madde varsa veya su bir maddeye bağlı ise suyun buhar basıncı düşer. Raoult yasasına göre, suda erimiş maddeler suyun kaynama ve donma noktasını değiştirdiği gibi onun buhar basıncını da düşürürler. Raoult yasası; “Eğer, uçabilir nitelikte veya elektrolit nitelikte olmayan maddeler aynı molar ağırlıkta olmak üzere, belli ağırlıktaki bir çözücüde çözümlerse, aynı koşullardaki saf çözücünün donma noktasını düşürürler, kaynama derecesini artırırlar, buhar basıncını düşürürler. Bu değişiklikler çözünen maddeye bağlı olmayıp, sadece molariteye bağlıdır” şeklindedir.

Buhar basıncına etki eden faktörlerden biri de, kurutma teknolojisi açısından çok önemli olan kapilar kuvvetin etkisidir. Daha ince bir kapilar borudaki suyun buhar basıncı, daha kalın kapilar borudakinden daha yüksektir. Böylece kapilar çapı küçüldükçe içindeki suyun, su buhar basıncını yükseltme etkisi artmaktadır. Kurutmada ürünlerdeki su, hücreler arasında oluşmuş bir kapilar sistemle yüzeye ulaşarak buradan uzaklaştığından, bu kapillardaki suyun buhar basıncı, aynı sıcaklıktaki serbest suyun buhar basıncından daha yüksektir. Bir kap içerisindeki su buharlaşarak kendini çevreleyen atmosferle dengeye

eriştiği gibi, herhangi bir ıslak madde de aynı davranışı gösterir. Nitekim, bir gıda maddesi, bulunduğu sıcaklıkta, kendisini çevreleyen atmosferle nem açısından bir dengeye ulaşır. Belli bir sıcaklık derecesinde, farklı bağıl nem içeren atmosferde dengeye erişmiş bir üründe, ürünün nem içeriği ile çevre havasını oluşturan atmosferinin bağıl nemi arasındaki ilişki Şekil 5.5’de görülmektedir. Bu ilişkiye sorpsiyon izotermi denir.

Genel olarak düşük nem oranlarında, kimyasal bozulma ve tepkimelerin az olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ürünler kurutularak muhafaza edilirler. Bu durum ürünlerdeki suyun serbest veya bağlı su olma durumu ile yakından ilgilidir. Ürünlerdeki bir kısım su, gıdadaki protein, şeker ve yağ gibi maddelere ve hücre çekirdeğine bağlı olarak bulunduğu gibi, çoğunluğu stoplazmada serbest olarak bulunmaktadır. Bağlı su, canlı dokulardaki çok düşük sıcaklıklarda dahi donmayan su olarak tanımlanmaktadır. Sıcaklık azaldıkça dokulardaki su süratle donar, ancak belli bir sıcaklıktan sonra donan su miktarı azalır. Genellikle hücre suyunun %5-%10 kadarı donmadan kalır. Bu olay Rault tarafından, ürünlerin içerdiği suyun çözünmüş maddeler içermesi ile açıklanmıştır. Sıcaklık donma noktasının altına düşünce su kademeli olarak buz haline dönüşür ve kalan çözeltinin konsantrasyonu giderek artar. Bu konsantrasyon artışı da donma noktasını düşürür.

Şekil 5.5’deki A bölgesinde su tamamen bağlı durumdadır. Bu bölgede kiyasal ve biyolojik tepkimeler görülmez ve buradaki bağlı su monomoleküler bir katman oluşturur. C bölgesindeki su serbest su olup, ürünlerin bozulmasına sebep olan tepkimelere neden olmaktadır. Bu bölgedeki su kapilerlerde ve stoplazmanın kofullarında bulunur. B bölgesinde ise kısmen bağlı olarak bulunan su, orta nemli gıdalar denen grubu oluşturur.



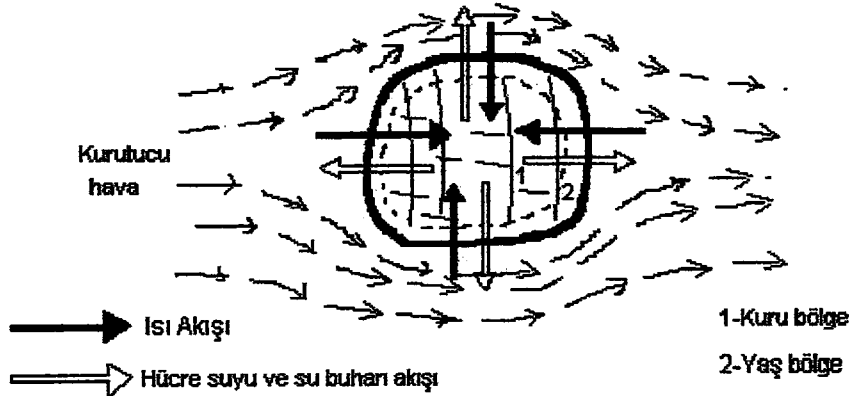
Şekil 5.5 Sorpsiyon İzotermi (Eş sıcaklık)

Aynı nem düzeyine kadar kurutulmuş ürünlerin desorpsiyon eğrisi ile yine aynı nem düzeyine nemlendirilen adsorpsiyon eğrileri arasında farklı durumların ortaya çıktığı görülmektedir. Şekilden aynı bağıl nem ortamındaki bir ürünün, desorpsiyonunda daha fazla nem içerdiği görülmektedir. Yani, ürünlerin sorpsiyon eşsıcaklık eğrileri, ortam bağıl neminin azalıp çoğalması halinde; aynı özgül nem değerlerinde farklı nem içeriği gösterirler. Bu olaya histeresis (seğirme) adı verilir. Bu olay en çok, yüksek oranda pektin ve şeker içeren ürünlerin monomoleküler katman bölgesinde oluşmaktadır (Evranuz, 1984)..

Her gıdanın belli şartlarda ulaştığı denge nemi farklıdır ve kendine özgüdür. Buna göre sorpsiyon izotermi tespit edilecek gıda maddesi, bağıl nemi sabit tutulan kavanozlar da, belli sıcaklıkta dengeye erişene kadar tutulur. Bir kavanozda istenen oranda nem içeren atmosfer oluşturmak için, kavanoza konan değişik tuzların çözeltilerinden, yararlanılmaktadır. Örneğin, farklı konsantrasyonlarda sülfürik asit bulunan kapalı cam kavanozlarda, belirli su buharı basınçları veya belirli bağıl nem içeriği olan ortamlar oluşmaktadır

5.4.2. Kuruma teorisi

Kurutmadan esas, kurutulacak malzemenin içindeki suyu önce buhar haline getirip sonra da bu buharı uzaklaştırmaktır. Suyu, sıvı halden buhar haline getirmek için, buharlaşma gizli ısı kadar bir ısı vermek gerekmektedir. Bu ısı, normal sıcaklıklarda buharlaştırmak için her gram su için yaklaşık 2.5 kJ'dür. Malzemeye bu ısıyı vermek için klasik ısı transfer yolları ile dielektrik ısıtma metotları kullanılır. Klasik ısı transfer metotları; konduksiyon, konveksiyon ve radyasyondur. Bu ısıtmanın verilmesi sırasında ısı transfer metotlarından biri veya birkaçı etkili olabilir. Hava akımı yardımıyla yapılan kurutmada konveksiyonla ısı iletimi daha etkindir. Şekil 5.6'de görüldüğü gibi bu ısıtmada, sıcaklık



Şekil 5.6 Ürün Hücresinde Isı ve Suyun Kuruma Sırasındaki Hareket Yönleri
(Akyurt vd. 1976 ve (Doğantan, 1986)

dokunun dışından hücrelere doğru olurken, buharlaşan su hücreden dışa doğrudur. Dielektrik yolla ısı transferi ise bunun tam tersi olup ısı içerden dışa doğrudur.

Su buharının ürünü terk edişi difüzyon, kapılar veya bu iki mekanizma ile olur. Taze kesilmiş bir kayısının kurutulması olayında; kuruma için gerekli ısı sağlanmış ise; ilk anda kesik yüzey ıslak olacağından, yüzeydeki bu serbest hücre suyu hemen buharlaşmaya başlar. Başta çok hızlı buharlaşma görülürse de bir müddet sonra yüzeyin yakın çevresinde su buharı filmi oluşarak buharlaşmayı yavaşlatır. Kurumanın devam edebilmesi için bu film tabakasının uzaklaştırılması gerekir. Bu filmin yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi hareketli bir hava ile dağıtıp taşınır. Genel olarak gıdalarda ki suyun, büyük bir kısmını oluşturan, zayıf bir şekilde bağlı bu suya, kuruma olayı açısından herhangi bir ürünün yüzeyindeki serbest haldeki su nazarı ile bakılabilir. İşte gıdadan bu suyun uzaklaştığı döneme “sabit kuruma hızı” dönemi veya sabit hızda kuruma dönemi denilmektedir. Bu dönem boyunca, birim zamanda uzaklaşan su miktarı sabit kalmaktadır. Gıdadaki su miktarı azaldıkça geride kalan suyu ürüne bağlayan güç artmaktadır. Bu nedenle gıdadaki su oranı belli bir düzeye inince, sabit kuruma hızı dönemi sona erer ve kuruma hızının gittikçe düştüğü “azalan kuruma hızı” dönemi başlar. Sabit kuruma hızı döneminde, gıda içindeki suyun, buharlaşmanın meydana geldiği yüzeye ulaşma hızı, yüzeydeki buharlaşmayı karşıladığı sürece devam eder. Bu dönemde en büyük engel kuruyan maddenin dış yüzeyinde, ısıya az veya çok yalıtkan özellik gösteren bir film tabakasının oluşması ve bunun da ısının iç kesimlere yeterince iletilmesine engel olmasıdır. Kuruma hızındaki değişimin meydana geldiği andaki gıdanın nemine kritik nem denir. Kuruma hızının değiştiği bu noktaya dönme noktası denir. Birçok gıda maddesinin kurumasında 2 hatta 3 dönme noktası dolayısıyla 2 veya 3 azalan hız dönemleri oluşmaktadır.

5.5. Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler

Kuruma hızı; ısı ve kütle transferine etki eden, havanın bağıl nemi, kurutucu içerisindeki hızı, sıcaklığı, kurutulacak malzemenin hava ile temas eden yüzey alanı gibi fiziksel özellikleri ile ürünün kendine özgü nitelikleri tarafından kontrol edilir. Bunlar;

Fiziksel özellikler: Kuruma hızına; ürünün şekli, büyüklüğü, yerleştiriliş şekli, yüzey alanı ve kalınlığı etki eder. Yüzey alanının büyüklüğü ile kalınlığın küçüklüğü, kuruma hızını artırır. Ürün ne kadar küçük olursa yüzey alanı, kalınlığına göre büyük ve kalınlığı da o kadar küçük olur. Parça iriliğinin kuruma hızına bu denli etkisinden dolayı, kurutulacak

meyve ve sebzelerin daima küçük parçalar halinde doğranmasının yararlı olacağı açıktır. Ancak doğranarak kurutulan ürünlerde parça iriliğini, tüketici istekleriyle kuruma hızının beraberce değerlendirilmesi gerekir.

Kimyasal özellikler: Şeker, tuz ve benzeri küçük moleküllü erimiş maddelerce zengin bir gıda, bu maddelerce daha fakir bir gıda ile kuruma açısından karşılaştırılırsa, erimiş maddelerce zengin olanın daha zor kuruduğu görülür. Bilindiği gibi Rault yasasına göre, çözülmüş maddeler suyun buhar basıncını düşürmekte ve buharlaşmasını güçleştirmektedir. Üründe yağ bulunması da kuruma hızını sınırlandırıcı bir faktördür. Diğer taraftan gıdanın bileşimi onun suyu bağlama gücüyle de yakından ilişkilidir. Nitekim serbest su, gıdadan kolaylıkla uzaklaşabilen su olduğu halde, katı parçacıkları tarafından absorplanmış su, daha zor uzaklaştırılmaktadır (Cemeroğlu, 1986). Gıdanın bileşiminin suyu bağlama şekli kuruma hızına etki eden en önemli etkidir. Gıdalar hücrelerden oluşmuş doğal dokulardır. Bunlarda su hem hücre içinde ve hem de hücreler arasında bulunur. Hücreler arasındaki suyun uzaklaştırılması daha kolaydır. Ancak hücre ölünce, hücre zarının geçirgenliği artar. O zaman içindeki suyun uzaklaşması kolaylaşır. Bu nedenle doku haşlanarak kuruma hızı artırılır. Ayrıca başlangıç nemi de kuruma hızına önemli ölçüde etki eder.

Hava hızı: Hava hızı artıkça kuruma hızı da artmaktadır. Şayet ürünün yüzeyindeki film tabakası sürekli olarak uzaklaştırılırsa, kuruma hızında da sürekli bir artış olur. Ancak bu artış belli bir hava hızına kadar görülmektedir. Yapılan araştırmalarda hava hızının artması ile kuruma süresinde meydana gelen kısalmanın ekonomiklik bakımından sağladığı getiri ile hava hızını artırmak için yapılan enerji tüketiminin sebep olduğu ekstra masraf karşılaştırılmış ve en uygun hava hızının, malzeme kalınlığına göre 2-4 m/s arasında bulunmuştur (Kantay ve Bozkurt, 1980). Hava hızının etkisi kuruma aşamalarına göre değişiklikler göstermektedir. Kurumanın başlangıç aşamalarında hava hızı çok etkili ise de kurumanın ileri aşamalarında kuruma hızı artık, alt tabakalardaki suyun yüzeye taşınma hızı ile sınırlandırıldığından, hava hızının yüksek olmasının bu aşamada etkisi olmamaktadır (Kısakürek, 1980; Cemeroğlu, 1984). Kurutmada hava hızının artması ile ısıнын yayılması, malzemenin yüzeylerinde biriken nemin taşınması ve yerine nem alma kapasitesi yüksek olan taze havanın getirilmesi ile malzeme neminin buharlaşması hızlanacaktır. Böylece kuruma hızlanmakta ve kurutma süresi kısalmaktadır. Fakat hava hızının çok yükselmesi ile yüzeylerde meydana gelen buharlaşma hızı da artmakta ve dış tabakalar iç kısımlara nazaran daha çabuk kuruyarak bu kısımlardan yüzeylere doğru olan su akışındaki düzen

bozulmaktadır. Buna bağılı olarak çatlamalar, dış sertleşme, şekil değişimleri gibi kusurlar meydana gelmektedir. Bu nedenle kurutma havasının hareket hızının belli sınırların üstüne çıkması kurutmanın kalitesi bakımından önemlidir. Hava hızının çok düşük olması halinde ise malzeme yüzeyinde biriken nem zamanında uzaklaştırılamamakta ve böylece malzeme yüzeylerine doğru olan su hareketi engellenmektedir.

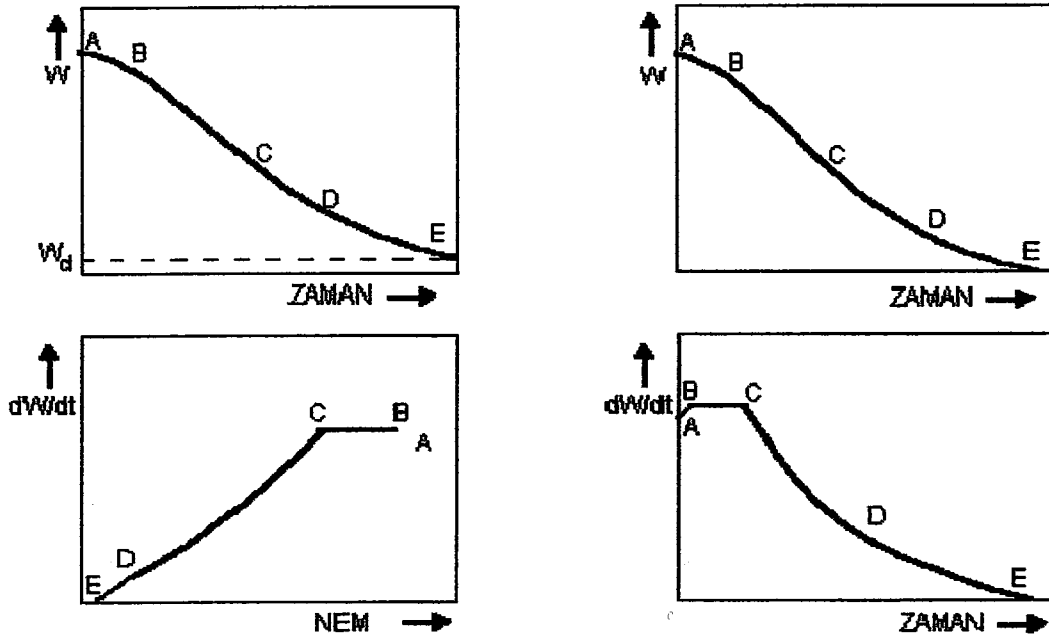
Hava sıcaklığı: Kurutmada sıcaklığın artması ile malzeme içerisindeki sıvının viskozitesi düşmekte ve iç kısımlardan yüzeylere doğru difüzyon hızı artmaktadır. Böylece kuruma süresi kısalmaktadır. Ancak, kurutma sıcaklığının çok artırılması mümkün değildir. Çünkü her malzemenin çıkabileceği belirli bir sıcaklık derecesi vardır. Bu sıcaklığın üzerine çıkıldığı takdirde malzemelerde çatlama, renk değişmesi ve içine çökme gibi kurutma kusurları ve kalite düşmeleri meydana gelmektedir. Daha düşük sıcaklık uygulandığı takdirde ise, kurutmanın kalitesi yükselmekte, fakat kuruma süresi gereksiz yere uzatılmış olmaktadır. O halde teknik kurutmada, hem kuruma süresinin ve hemde kalitenin optimum değere ulaşması için çıkılması mümkün olan en yüksek sıcaklık derecesinin uygulanmasına özen gösterilmelidir. Nemliliğin k.b'da 0.4~0.6 (y.b'da ise %28.57~37.5) değerine kadar hava sıcaklığı hissedilmez (Cemeroğlu, 1986). Bundan sonra ise sıcaklığın rolü büyüktür. Kuruma hızına etki eden bir diğer faktör de havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları arasındaki farktır. Yaş ve kuru termometre sıcaklıkları arasındaki fark ne kadar artarsa kuruma hızı da o kadar artar. Yaş termometre sıcaklığı sabit tutulup kuru termometre sıcaklığı artırılırsa, bu durum kurumanın başlangıcında yani sabit kuruma devresinde bir etkisi görülme de azalan hız devresinde, kuruma hızını sınırlayıcı faktör olarak iç tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonu şeklinde ortaya çıkar. Artan sıcaklık bu difüzyon olayını hızlandırıcı etki yapmakta, bu da ileriki aşamalarda kuruma hızını artırmaktadır.

Ürünün yerleştiriliş şekli: Rafların diziliş tarzı, hava geçitlerinin boyutları, hava hızları ve türbülans gibi faktörler hem kuruma hızına ve hemde kurumanın homojenliğine tesir eder.

5.6. Kurumanın Safhaları

Kurutma amacıyla yeterli ısının bulunduğu bir ortama konan nemli bir maddenin kuruma sürecinde genel olarak üç dönem vardır. Bunlar ısınma dönemi, sabit kuruma hızı ve azalan kuruma hızı dönemleridir.

Kurumakta olan bir maddenin nemliliğinde olan değişim Şekil 5.7'da verilmiştir. Şekillerdeki AB ile gösterilen ısınma döneminde, ürünün sıcaklığı kurutma havasının sıcak-



Şekil 5.7 Karakteristik Kuruma Eğrileri (Doğantan,1986)

lığı ile dengeye ulaşmaya kadar sürer. Ürün kalınlığı azaldıkça, ısınma dönemi süresince oluşan nem kaybı dikkate alınmayacak ölçüde azalır.

Sabit kuruma hızı devresi, şekillerde BC çizgisiyle belirtilmiştir. Burada ürünün üzeri ince bir su tabakası ile kaplı olduğundan, önce bu su tabakası buharlaşmaya başlar. Aslında bu durgun bir su yüzeyinden olan serbest buharlaşmaya benzer. Başlangıçta çok hızlı olan bu buharlaşma, bir süre sonra yüzeyin hemen üzerinde oluşan buhar tabakası nedeniyle yavaşlar. Kurumanın devam etmesi için, bu buhar filminin, bir hava akımı ile dağıtılıp taşınması gerekir. Şekildeki C noktası, ürünün yüzeyindeki serbestçe buharlaşabilen nem sona erdiği zaman, sabit hızda kuruma sona erer ki bu noktadaki nem “kritik nem” olarak bilinir. C noktasının görülebilmesi için, ürünün başlangıç nemi, kritik nem değerinden daha yüksek olmalıdır. Meyvelerde ve sebzelerde sabit kuruma hızı devresi, genellikle çok kısa sürer.

Şekildeki CDE eğrisi, sabit kuruma devresinden sonra başlayan azalan hızda kuruma devresini göstermektedir. Bu devrede buharlaşma ürünün içinde başlar. Su yüzeye difüzyon ile ulaşır. Yüzeye yakın bölümler, hem doğrudan doğruya yüzeye ve hem de kapillarlara nem verdiklerinden, iç katmanlara göre daha çok su kaybederler. Bunun sonucu olarak ürünün dış yüzeyinde kabuk bağlama, buruşma, çatlama ve yarılmalar görülür. Bu devrede kuruma süresi uzadıkça, birim zamanda buharlaşan nem miktarı azalmak-

tadır. Bu nedenle bu devreye azalan hızda kuruma devresi denir ve nem uzaklaşması sona erene kadar (E) devam eder. Birinci azalan hız devresinde, hem yüzeyden serbest buharlaşma ve hem de iç kısımlardaki buharlaşan suyun hareketi etkili olmaktadır. Bu bölüm bir geçiş aşamasıdır (CD arası). Hava hızı, sıcaklık ve nem bu bölümde etkili olmaktadır. İkinci bölümde kuruma hızı, bütünüyle içsel nem hareketine bağlı olarak oluşur. DE ile gösterilen bu bölüm denge nemine ulaşıncaya kadar devam eder.

5.7. Sabit Hızda Kuruma Safhası

Sabit hızda kuruma devresinde, kuruma hızının tespit edilmesinde herhangi bir karışıklık yoktur. Bu konuda yapılan çalışmalar, ortam havasının nem alma yeteneğinin, ürünün yüzey sıcaklığındaki suyun buhar basıncı ile aynı sıcaklıktaki havanın kısmi buhar basıncı arasındaki fark ve birim zamanda ortamdan geçen kurutucu havasının debisine bağlı olduğunu belirtmektedir. Kurutucu hava ile ürün arasında ısı transferi olduğundan, ürünlerdeki suyun buharlaşabilmesi için alması gereken veya bu suyun buharlaşabilmesi için havanın vermesi gereken ısı, sabit hızda kuruma devresi için, Newton'un soğuma ifadesi ile kuruma hızı aşağıdaki gibi kolaylıkla formüle edilebilir.

Kütle akısı olarak $n = dW/A.dt$ ($kg/m^2.sn$) tarif eder ve suyun buharlaşması için gerekli ısıyı Q ile gösterirsek, $Q = h.A.(T_{KT}-T_{YT}) + \lambda_0.\dot{m}$,

$$n = \frac{dW}{A.dt} = - \frac{h.(T_{KT} - T_{YT})}{\lambda_0} \left[\frac{kg}{m^2.sn} \right] \quad (5.16)$$

Olarak birim zamanda birim alandan geçen buhar miktarı bulunabilir. Ayrıca bu buhar havaya kütle transferi olarak katılmakta olduğundan kütle, ısı ve momentum aktarımlarının benzeşim (analoji) yöntemi ile yazıp, bunu da kütle akısı formuna dönüştürüp eşitlesek;

$$n = \frac{dW}{A.dt} = k_m.(p_s - p_w) \left[\frac{kg}{m^2.sn} \right] \quad (2.24)$$

şeklinde kütle akısı olarak yazılabilir. Bu iki denklemi eşitleyerek;

$$n = \frac{dW}{A.dt} = \frac{h.(t_a - t_w)}{\lambda} = k_m.(p_s - p_w) \quad (5.17)$$

şeklinde yazılır. Ayrıca; Cemeroğlu'na (1986) göre,

$$n = \frac{dW}{A.dt} = \frac{h.(t_a - t_w)}{\lambda} = k_m.(W_w - W_a) \quad (5.18)$$

şeklinde verilmektedir. Buradaki tüm değerlerin ölçülebildiği yalnız k_m ' nin (kütle transfer katsayısı-kg/m²s) ölçülemediğini bunun da Lewis sayısından yararlanarak bulunabileceğini

$$Le = \frac{h}{k_m \cdot c_{pa}} \quad (5.19)$$

ve hava-su sistemlerinde $Le=1$ almakla büyük bir hatanın olmayacağını bildirmiştir. Buna göre, $c_{pa}=1.007$ kJ/kg.K alınarak,

$$1 = \frac{h}{1.007 \cdot k_m} \Rightarrow k_m = \frac{h}{1.007} = 0.993 \cdot h \quad (5.20)$$

Burada h (W/m²K) olarak ısı iletim (film) katsayısıdır. Ayrıca, Doğan (1986) (5.16) no'lu denklemi,

$$n = a \cdot v^b (p_s - p_w) \quad (5.21)$$

şeklinde verip, buradaki v -kurutma havası hızı, p_s -yüzey sıcaklığındaki suyun buhar basıncı, p_w -yüzey sıcaklığındaki havanın kısmi buhar basıncı olup a ve b deneyle saptanacak katsayılar olarak bildirmiştir. Bu katsayıların değerlerini de sırasıyla 0.027 ve 0.8 olarak tanımlamıştır. Ayrıca Mak Müh El kitabı 3. Cilt, sayfa 10-25 de ise, aşağıdaki gibi vermiştir.

$$k_m = 0.0176 \cdot W^{0.8} \quad (5.22)$$

Yukarıdaki (5.19) no'lu denklemde birim zamandaki kurumayı sağlayan itici kuvvetin, nem gradyenti olmasından kaynaklandığı görülmektedir. Bu denklem ürün yüzeyi ıslak kaldığı sürece, yüzeyden hava akımına kütle transferi şeklinde olup, havadan ürüne konveksiyon ile; kondüksiyon ve radyasyon ile ısı transferi ihmal edilecek şekilde meydana gelir.

5.8. İnce Sergi ve Azalan Hızda Kuruma Teorisi

İnce sergi kuruma teorisine geçmeden önce bazı kabullerin yapılması gerekmektedir. Bunlar;

- Üründeki nem dağılımının homojen olduğu,
- Kurumanın; üründeki su yada buhar fazındaki hareketinin difüzyon ile oluştuğu,
- Difüzyonu sağlayan kuvvetin ürün ile kurutucu ortam arasındaki nem gradyenti ya da buhar basıncı farkından ileri geldiğidir.
- Kurutulacak ürün ince bir tabakadır (tabaka kalınlığı ürün kalınlığından yüksek değilse ince tabakadır denir).

- Kurutucu havası özellikleri (sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı) kuruma süresince sabittir (Doğantan,1986).
- Ürün yapısının homojen olduğu varsayımı yapılmıştır.

Şartların getirdiği çaresizlik sonucu yapılan bu basitleştirmelerden sonra ince sergi içerisinde küçük bir prizmatik yapıyı ele alarak ürün içerisindeki nem dağılımını bulalım. Şekil 5.8'deki dx, dy ve dz uzunluğundaki sonsuz küçük elemana dt zamanı için kütle dengesinin yazılması gerekir.

Birim zamanda, birim alandan geçen akıya kütle akısı diyelim ve “n” ile gösterelim.

n_x : (x) alanından, birim zamanda akan kütle miktarı

n_{x+dx} : (x+dx) alanından, birim zamanda akan kütle miktarı

$$\text{Kütlenin Sakınımı: } \left\{ \begin{array}{c} \text{Kütle} \\ \text{Giriş} \\ \text{Hızı} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{c} \text{Kütle} \\ \text{Çıkış} \\ \text{Hızı} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \text{Kimyasal Reaksiyon} \\ \text{Oluşum Hızı} \\ (\text{Üretim}) \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} \text{Birikim} \\ \text{Hızı} \\ (\text{Depolanma}) \end{array} \right\}$$

yazılır. Kütlenin sakınımı birim hacme uygulanırsa, aşağıdaki eşitlikleri yazmak mümkün olur.

	<u>x' yönünde</u>	<u>y' yönünde</u>	<u>z' yönünde</u>
Kütle akısının giriş hızı	$n_x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$	$n_y \cdot \Delta x \cdot \Delta z$	$n_z \cdot \Delta x \cdot \Delta y$
Kütle akısının çıkış hızı	$n_{x+\Delta x} \cdot \Delta y \cdot \Delta z$	$n_{y+\Delta y} \cdot \Delta x \cdot \Delta z$	$n_{z+\Delta z} \cdot \Delta x \cdot \Delta y$
Kimyasal Reaksiyonla oluşum hızı	$r \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$		
Birikim hızı	$\frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$		

$$(n_x \cdot \Delta y \cdot \Delta z + n_y \cdot \Delta x \cdot \Delta z + n_z \cdot \Delta x \cdot \Delta y) - (n_{x+\Delta x} \cdot \Delta y \cdot \Delta z + n_{y+\Delta y} \cdot \Delta x \cdot \Delta z + n_{z+\Delta z} \cdot \Delta x \cdot \Delta y) +$$

$$r \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z = \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$$

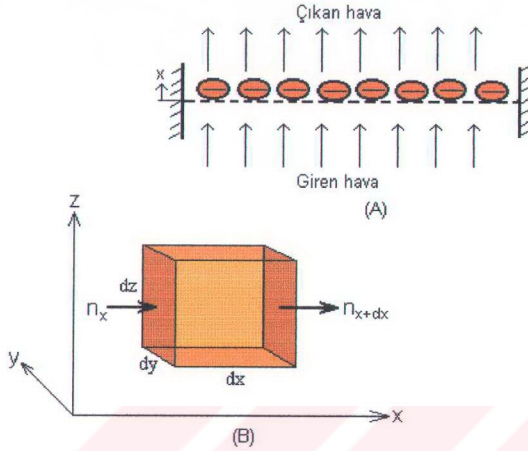
$$(n_{x+\Delta x} - n_x) \Delta y \cdot \Delta z + (n_{y+\Delta y} - n_y) \Delta x \cdot \Delta z + (n_{z+\Delta z} - n_z) \Delta x \cdot \Delta y + \frac{\partial \rho}{\partial t} \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$$

$$= r \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$$

Bu son eşitliği $\Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$ ile bölüp $\Delta x \rightarrow 0$, $\Delta y \rightarrow 0$ ve $\Delta z \rightarrow 0$ giderken ki Limitlerini alırsak,

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} = \frac{n_{x+\Delta x} - n_x}{\Delta x} = \frac{\partial n}{\partial x}$$

olur. Bu bize kütle değişim hızını verir.



Şekil 5.8 İnce Sergide Kuruma Modeli (A): Kuruma Düzeni, (B): Kuruma Modeli

$$\left(\frac{\partial n}{\partial x} + \frac{\partial n}{\partial y} + \frac{\partial n}{\partial z} \right) + \frac{\partial \rho}{\partial t} = r \quad \nabla = \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \quad \text{Gradyent' dir}$$

$$n = n_w + n_a \Rightarrow n_w = \rho_w \cdot v_w \quad \text{ve} \quad n_a = \rho_a \cdot v_a \quad \text{dir.}$$

$$v = \frac{\rho_w \cdot v_w + \rho_a \cdot v_a}{\rho} = \frac{n_w + n_a}{\rho} \quad \text{dir.} \quad \text{Ayrıca} \quad r_w + r_a = 0, \quad \text{dir.}$$

$$\left\{ \frac{\partial \rho}{\partial t} + (\nabla \cdot n) = 0 \quad \text{veya} \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + (\nabla \cdot \rho v) = 0 \right\} \quad (5.23)$$

Bu son iki denklem, hava ve su buharından oluşan karışımın kütsel süreklilik eşitliğidir.

Bu denklemden (kg/m².s) yerine N (mol/m².s) koyup r yerine de R yazılması durumunda molar süreklilik eşitliği elde edilir. Yani;

$$\frac{\partial C}{\partial t} + (\nabla \cdot N) = R \Rightarrow \frac{\partial C}{\partial t} + (\nabla \cdot v) = R$$

Molar olarak kimyasal reaksiyonlarda 1 mol R_A dan 1 mol R_B olması şartı yoktur. Oysa 1 kg r_A dan mutlaka 1 kg r_B olmalıdır.

$$\left\{ \begin{aligned} j_w &= \rho_w \cdot (v_w - v) = \rho_w \cdot v_w - \rho_w \cdot v = n_w - \rho_w \cdot v \Rightarrow n_w = j_w + \rho_w \cdot v \\ J_w &= C_w \cdot (v_w - v) = C_w \cdot v_w - C_w \cdot v = N_w - C_w \cdot v \Rightarrow N_w = J_w + C_w \cdot v \end{aligned} \right\} \quad (5.24)$$

Denklem (5.24) akışkanla birlikte hareket eden gözlemciye göre olan akılardır. Üstteki “j” kütle ortalama hıza göre kütle akısı, alttaki “J” ise, kütle ortalama hıza göre molar akıdır.

1. Fick yasasına göre;

$$\left\{ \begin{aligned} j_A &= -D_{AB} \cdot \left(\frac{\partial \rho_A}{\partial x} + \frac{\partial \rho_A}{\partial y} + \frac{\partial \rho_A}{\partial z} \right) = -D_{AB} \cdot \nabla \rho_A = -\rho \cdot D_{AB} \cdot \nabla W_A \\ J_A &= -D_{AB} \cdot \left(\frac{\partial C_A}{\partial x} + \frac{\partial C_A}{\partial y} + \frac{\partial C_A}{\partial z} \right) = -D_{AB} \cdot \nabla C_A = -C \cdot D_{AB} \cdot \nabla X_A \end{aligned} \right\} \quad (5.25)$$

yazılır. Bunlar toplam kütle akısı n_A ve molar akı N_A da yerlerine yazılırsa,

$$n_A = j_A + \rho_A \cdot v = -\rho \cdot D_{AB} \cdot \nabla W_A + \rho_A \cdot v \quad (5.26)$$

$$N_A = J_A + C_A \cdot v^* = -C \cdot D_{AB} \cdot \nabla X_A + C_A \cdot v^* \quad (5.27)$$

elde edilen ifade süreklilik denkleminde yerine konulursa, (sabit koordinatlara göre)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho_A}{\partial t} + (\nabla \cdot \rho_A v) &= \nabla \cdot \rho D_{AB} \cdot \nabla W_A + r_A \quad \dots\dots\dots (a) \\ \frac{\partial C_A}{\partial t} + (\nabla \cdot C_A v^*) &= \nabla \cdot C D_{AB} \cdot \nabla X_A + R_A \quad \dots\dots\dots (b) \end{aligned} \quad (5.28)$$

olur. Bu (a) ve (b) eşitlikleri ikili bir difüzyon sistemindeki yoğunluk ve konsantrasyon profillerini tanımlar. Isıl difüzyon, basınç ve zorlanmış difüzyon hesaba katılmamıştır. Bu iki eşitlik, değişken yoğunluk ve değişken konsantrasyon için geçerlidir. Bu denklemler basitleştirilirse,

Yani ρ ve D_{AB} sabit ise; denklem (a) den

$$\nabla \cdot \rho_A v = \rho_A \cdot (\nabla \cdot v) + v \cdot \nabla \rho_A$$

Şeklinde açılır. Burada;

$$\begin{aligned} \nabla \rho_A &= \frac{\partial \rho_A}{\partial x} + \frac{\partial \rho_A}{\partial y} + \frac{\partial \rho_A}{\partial z} \quad \text{ve} \quad v = \vec{\delta} \cdot v_x + \vec{\delta} \cdot v_y + \vec{\delta} \cdot v_z \quad \text{dir.} \\ \frac{\partial \rho_A v}{\partial x} + \frac{\partial \rho_A v}{\partial y} + \frac{\partial \rho_A v}{\partial z} &= \rho_A \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_x \frac{\partial \rho_A}{\partial x} + v_y \frac{\partial \rho_A}{\partial y} + v_z \frac{\partial \rho_A}{\partial z} \end{aligned}$$

dir. Bunları (a) ve (b) de yerlerine yazarsak;

$$\frac{\partial \rho_A}{\partial t} + \rho_A (\nabla \cdot v) + (v \cdot \nabla \rho_A) = D_{AB} \nabla^2 \rho_A + r_A$$

Olur. ρ =Sabit için $(\nabla \cdot v)=0$, dir. $\rho=\rho_A+\rho_B$ dir.

$$\frac{\partial \rho_A}{\partial t} + (v \cdot \nabla \rho_A) = D_{AB} \nabla^2 \rho_A + r_A \quad (5.29)$$

Bu, sabit sıcaklık ve sabit basınçtaki seyreltik sıvı çözeltilerdeki difüzyon için kullanılır.

$$\begin{aligned}\frac{D\rho_A}{Dt} &= \frac{\partial \rho_A}{\partial t} + v \cdot \nabla \rho_A \\ \frac{D\rho_A}{Dt} &= \frac{\partial \rho_A}{\partial t} + v_x \cdot \frac{\partial \rho_A}{\partial x} + v_y \cdot \frac{\partial \rho_A}{\partial y} + v_z \cdot \frac{\partial \rho_A}{\partial z} \quad \text{Tam türev}\end{aligned} \quad (5.30)$$

$$\frac{D\rho_A}{Dt} = -(v \cdot \nabla \rho_A) + D_{AB} \nabla^2 \rho_A + r_A + v \cdot \nabla \rho_A$$

$$\frac{D\rho_A}{Dt} = D_{AB} \nabla^2 \rho_A + r_A$$

olur. Eğer kimyasal reaksiyon yoksa, $r_A = 0$ olur. Üretim yok

$$\frac{D\rho_A}{Dt} = D_{AB} \nabla^2 \rho_A$$

Şayet akışkan sakin ise,

$$\frac{\partial \rho_A}{\partial t} = D_{AB} \nabla^2 \rho_A \quad (5.31)$$

olur. Bu Fick' in 2. Difüzyon yasasıdır. Katılarda veya durgun sıvılardaki difüzyon için veya gazlarda zıt yönlü difüzyon için kullanılır.

Bir boyutlu sistemler için 2. Fick yasası;

$$\frac{\partial \rho_A}{\partial t} = D_{AB} \cdot \frac{\partial^2 \rho_A}{\partial x^2} \quad (5.32)$$

olur. Süreklilikten

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + (\nabla \cdot n) = 0 \quad \text{idi,} \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial n}{\partial x} = 0 \Rightarrow \frac{\partial n}{\partial x} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad \text{olur}$$

$$\frac{\partial n}{\partial x} = -D_{AB} \frac{\partial^2 \rho_A}{\partial x^2} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{sn}} \right]$$

Şekil 5.5'den herhangi bir dt anındaki, ürünlerdeki nem dağılımının, denklemini çıkarmak için birim hacmin kütle dengesinin cebrik ifadesi,

$$(\dot{m}_x + \dot{m}_y + \dot{m}_z) dt = (\dot{m}_{x+dx} + \dot{m}_{y+dy} + \dot{m}_{z+dz}) dt + \rho \cdot dW \cdot (dx \cdot dy \cdot dz) \quad (5.33)$$

Burada $\dot{m} = dm/dt$ ve birimi (kg/s) dir.

Hareketsiz olan ürünün, birim hacmine x yönünden giren kütle hızı denklem (5.26) dan

$v=0$ konularak, $\dot{m}_x = -D_{AB} \frac{\partial W}{\partial x} dy \cdot dz$ bulunur. x' yönünden çıkan n_{x+dx} kütle hızı için bu

ifadenin Taylor serisine açılımı ile,

$$\dot{m}_{x+\Delta x} = -D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} dy \cdot dz + \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(-D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} \right) dx \right] dy \cdot dz + \dots$$

$$\dot{m}_x + \dot{m}_{x+\Delta x} = -D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} dy \cdot dz + -D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} dy \cdot dz + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} \right) dx \cdot dy \cdot dz +$$

$$\dot{m}_x + \dot{m}_{x+\Delta x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} \right) dx \cdot dy \cdot dz$$

Aynı işlemleri y ve z için de yazıp (5.33)'e yerleştirerek ve $dx \cdot dy \cdot dz \cdot dt$ ile bölersek,

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial z} \right) = \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial t}$$

bulunur. Bu difüzyonla kurumanın genel ifadesidir. Yalnız x yönündeki kuruma

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \cdot \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial x} \right) = \rho \cdot \frac{\partial W}{\partial t}$$

bulunur. Ayrıca difüzyon ve özgül kütlenin zamanla ve mesafeyle değişmediği kabulü ile;

$$\frac{\partial W}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \quad (5.34)$$

bulunur. 5.34'ün sınır şartlarına göre çözümü, azalan hız bölgesinde difüzyon ile nem kaybının "x" ve "t" ye bağlı profilleri elde edilir. $t=0$ da $W=W_0$ gibi sabit bir ilk nemde ve $t=\infty$ da $W=W_d$ denge nemine ulaşan şartlarda ve boyutsuz nem oranı belirlenerek çözümü

$$\frac{W - W_d}{W_0 - W_d} = \frac{4}{\pi} \left(\cos\left(\frac{x}{2L}\right) \cdot e^{\left(-D \frac{\pi^2}{4L^2} t\right)} - \frac{1}{3} \cos\left(3 \frac{\pi}{2L} x\right) \cdot e^{\left(-9D \frac{\pi^2}{4L^2} t\right)} + \frac{1}{5} \cos\left(5 \frac{\pi}{2L} x\right) \cdot e^{\left(-25D \frac{\pi^2}{4L^2} t\right)} + \dots \right) \quad (5.35)$$

olarak bulunur. İnce bir sergi, sabit sıcaklık ve bağıl nemdeki bir hava ile kurutulurken (5.35) no'lu denklem, t küçükken parantez içersindeki terimlerin etkisi hissedilir, t büyüdükçe ikinci ve sonrası terimlerin etkisi azaldığından ihmal edilebilir. Bu sebeple kurumanın başlangıcından kısa bir müddet sonra (5.35) ifadesini,

$$\frac{W - W_d}{W_0 - W_d} = X \cdot e^{-Y \cdot t} \quad (5.36)$$

şeklinde yazmak mümkün olur. Bu yarı logaritmik kağıda çizilirse, bir doğru olur. Analitik olarak verilen bu ifade tamamen deneysel olarak ta doğrulanmıştır (Hukill 1954; Akyurt vd' den 1976). Hatta kurutma deneyleri, bu ifadedeki Y değerinin bazı ürünlerde sıcaklığa kuvvetli bağlı olmadığını ve sabit olarak alınabileceğini göstermiştir (Akyurt vd. 1976).

6. ENDÜSTRİYEL KURUTUCULAR

Gıdaların kurutulması uzun süre muhafaza yöntemi, ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski koruma yöntemidir. Bu yöntem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmektedir. Bu olay, güneş enerjisiyle gerçekleşmektedir. Fakat kurumanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması mümkün değildir. Ayrıca her ürünün güneşte kurutulması doğru da değildir. Bu sebeple gıdaların ya güneş enerjisinden veya başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımıyla kurutulma yolları geliştirilmiştir. Genel olarak kurutmayı ikiye ayırabiliriz. Birincisi açık havada güneşe bırakılarak kurutma ki buna “güneşte kurutma” denir. İkincisi ise havayı ısıtarak yapılan kurutmadır ki buna da “yapay kurutma” denir. Bu şekilde iki ana gruba ayrılmakla birlikte, çeşitli açılardan alt gruplara da ayırmak mümkündür. Bu gruplardan birincisi, ısının ortama taşınma şekline göre; “konveksiyon kurutma”, “kontakt kurutma” ve “radyasyon kurutma” diye üç farklı kurutma yöntemi söz konusudur.

Konveksiyon kurutmada suyun buharlaşması için gerekli ısı, hava tarafından taşınır. Isınan hava ürünün her tarafından geçirilir. Genel olarak bu yönteme “Sıcak Hava Kurutma” adı verilir. Buradaki havanın ısıtılmasına göre de, güneş enerjili veya yapay kurutma adı verilir. Bu yöntemin birçok uygulama çeşidi vardır. Örneğin; tünel kurutucular, akışkan yatak kurutucular, püskürtücülü kurutucular gibi,

Kontakt kurutma yönteminde ise, gerekli ısı kondüksiyonla taşınır. Burada ürün ile ısı kaynağı arasında bulunan iletken vasıtasıyla ısı transferi sağlanarak kurutma gerçekleştirilir. En önemli uygulama alanı vals tipi kurutucular ve dondurarak kurutmadır.

Radyasyon kurutmada ise ısı, bir kaynaktan ışıma ile ulaştırılır. Bu yöntem güneş enerjisiyle açıkta kurutma ve Lawand yönteminin dışında pek yaygın değildir.

Uzun yılların deneysel çalışmaları sonucunda çok değişik kurutucular geliştirilmiştir. Bunun neticesinde de çok sayıda sınıflandırmalar vardır. Genel olarak meyve ve sebzeler ile sanayi ürünlerinin kurutulmasını esas alan sistemlerin sınıflandırılmaları aşağıdaki gibi yapılmaktadır (Banchere ve Badger, 1973; Cemeroğlu, 1986; Uyarel ve Öz, 1987).

6.1. Güneş Enerjili Kurutucular

Teknolojinin getirdiği yenilikler; zaman, kaliteli ürün eldesi ve optimizasyon koşullarını sağlamış olsa bile, minimum enerji koşulunu sağlayamamaktadır. Öte yandan enerji girdisinin giderek artması, bu alanda güneş enerjisinin kullanım imkanlarının araştırılmasını

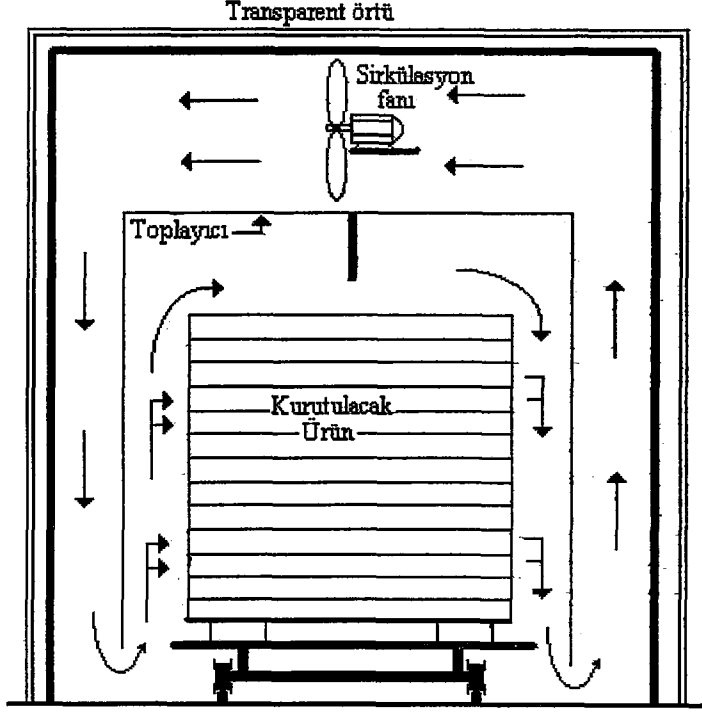
zorunlu kılınmaktadır. Güneş enerjili kurutma sistemleri konusunda, 1950'lerden bu yana, bir çok ülkede araştırmalar yapılmaktadır. Araştırmalarda bu enerjinin toplanması, depolanması ve kullanma verimliliğini arttıracak çeşitli dizaynlar teklif edilmektedir. Güneş enerjili sistemler uzun vadeli yatırımlar olarak oldukça yararlıdır. Bunların ekonomik kullanım ömürleri 20 yıl olup işletme ve bakım masrafları oldukça düşüktür (Anonymous, 1979).

Günümüzde bir çok alanda enerji kaynağı olarak yer alan güneş enerjisinin ideal kullanım alanlarında biri de gıda kurutmacılığıdır. Bu sektörde kullanılan sıcaklıklar oldukça düşük olup kolektörlerin etkili olarak çalışmalarına imkan sağlar. Güneş enerjili sistemlerle kurutma yapılması düşünüldüğünde, kurutmanın yapılacağı bölgenin iklim özellikleri ve güneş radyasyonu dikkatle incelenmelidir. Bu özellikler, güneş enerjili kurutucuların dizaynını ve performansını etkileyen önemli unsurlar olmaktadır.

Güneş enerjili kurutucular, sera tipi ve kolektörlü olmak üzere, ikiye ayrılır.

6.1.1. Sera Tipi Güneş Enerjili Kurutucular

Sera tipi kurutucularda, kurutucunun çatı ve duvarları, güneş ışığının geçmesi için saydam örtü ile kaplanır. Saydam örtüden ışınlar, bu örtülerin altındaki toplayıcılarda absorbe edilip, bunlardan da hava ile taşınarak kurutulacak malzemeye ulaştırılır. Güneş enerjisiyle ısıtılan hava ile buharlaştırılan nem, yine aynı hava ile kurutma ortamından uzaklaştırılmaktadır. Şekil 6.1'de sera tipi bir güneş enerjili kurutucu görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, saydam örtüden geçen güneş ışınları mat siyah boyalı alüminyum plakada absorbe edilir. Toplayıcı ile saydam (transparet) örtü arasında ısınmış olan hava bir fanla emilerek malzeme üzerine gönderilir. Malzeme nemini alıp bağıl nemi yükselen havanın bir kısmı eksoz havası olarak dışarı atılırken bir kısmı tekrar çevrime sokulur. Dışarıya atılan havanın yerine bağıl nemi daha az olan dış hava alınır. Kurutma havasının nemi yükseldiğinde, dışarıya hava atma ve dışarıdan hava alma otomatik aygıtlarla yapılabilir. Sera tipi kurutucularda, güneş enerjisini toplayan yüzeyler, kurutucunun entegre bir parçası olduğundan, dizaynlarında ve yüzeylerinin büyüklüğünün belirlenmesinde kurutucunun geometrisine ve dizaynına uyma zorunluluğu vardır. Konstrüksiyonları basit olup verimleri, kolektörlü güneş kurutuculara göre daha düşük ve kurutma süreleri uzundur. Isı kayıpları fazla olduğundan saydam örtü çift kat yapılmalıdır. Sıcak hava saydam örtünün altından sirküle ettirildiğinde, hava içindeki toz ve diğer parçacıkların, örtü malzemesinin altına yapışması mümkündür. Tozların temizlenmemesi halinde verimin düşeceği dikkate alınmalıdır.

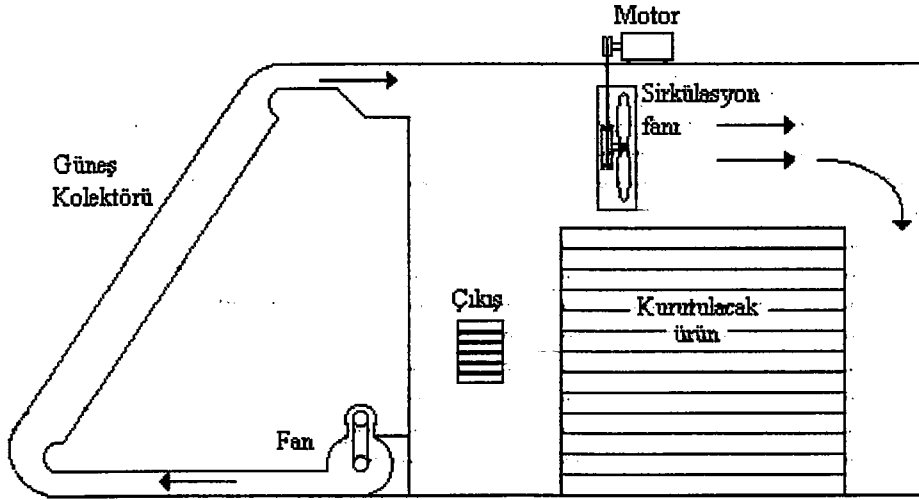


Şekil 6.1. Sera Tipi Güneş Enerjili Kurutucu (Uyarel ve Öz, 1987)

6.1.2. Kolektörlü Güneş Enerjili Kurutucular

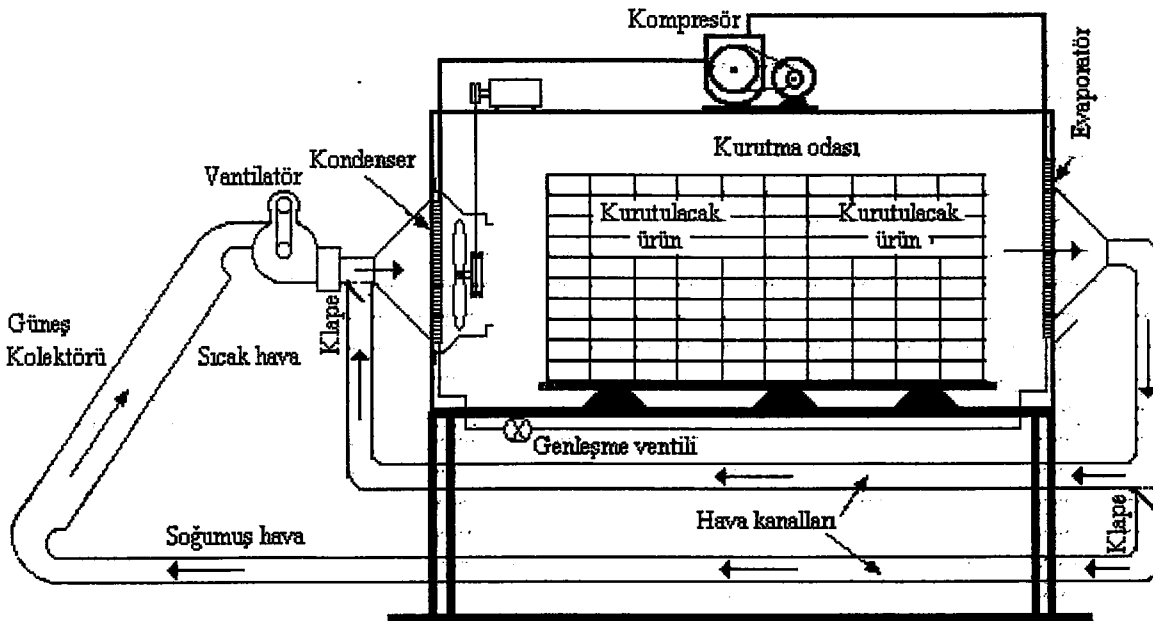
Kolektörlü güneş enerjili kurutucularda, kolektörler kurutucudan ayrı birer parçadır. Kolektörlerde toplanan ısı hava vasıtasıyla alınarak kurutulacak malzemeye iletilir. Bu kurutucuların dizaynı daha komplike ve sera tipine göre maliyeti daha yüksektir. Kolektörlü tip kurutma sistemi Şekil 6.2’de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kolektörlerde ısınan hava bir fan ile kurutma odasındaki ürün üzerinden sirküle ettirilmektedir. Havanın nemi kurutucuya monte edilen bir higrostatla kontrol edilebilmektedir.

Kolektörlü güneş enerjili kurutma sistemlerinin kondenserli sistemle birleştirilmesi ile kurutma hızı artırılabilir. Şekil 6.3’de bu tip bir kurutma sistemi görülmektedir (Uyarel ve Öz, 1987). Bu kurutucularda ilke; normal kurutucuda eksoz ile terk edilen havadaki ısınn geri kazanılmasıdır. Burada ürün üzerinden geçirilen nemli hava, dışarı atılmayıp bir ısı pompasının evaporatöründe yoğunlaştırılmaktadır. Böylece yoğunlaşma sırasında yoğunlaşma gizli ısısı, ısı pompasının kondenserinde, tekrar kurutma ısısı olarak kullanılabilir. Kolektörde ısınan hava bir vantilatörle emilerek kurutucu içindeki malzeme üzerinden geçirilmektedir. Malzemenin nemini alıp bağıl nemi yükselen hava kolektörlere giderken, kurutucu çıkışındaki evaporatör üzerinden geçeceğinden, nemi yoğunlaşır ve daha kuru olarak kolektöre döner. Geceleri ve güneşin olmadığı günlerde vantilatör, kolektör sıcaklığından kumanda



Şekil 6.2. Kolektörlü Tip Güneş Enerjili Kurutucu (Uyarel ve Öz, 1987)

alan bir termostatla, devreden çıkar. Ventilatorün devreden çıkmasıyla ısı pompasının kompresörü otomatik olarak devreye girer ve kondenserli kurutmaya devam edilir. Isı pompasının çalışması sırasında, malzeme kondenserden alınan ısı ile ısıtılırken havanın nemi de evaporatörde yoğuşacağından, kurutma daha düşük sıcaklık ve nemi alınmış kuru hava ile devam eder. Isı pompasının çalışması sırasında, kurutma havasının sistemde sirkülasyonu, kurutucunun altındaki by-pass kanalında, ısı pompasının kondenseri önündeki fanla yapılır.

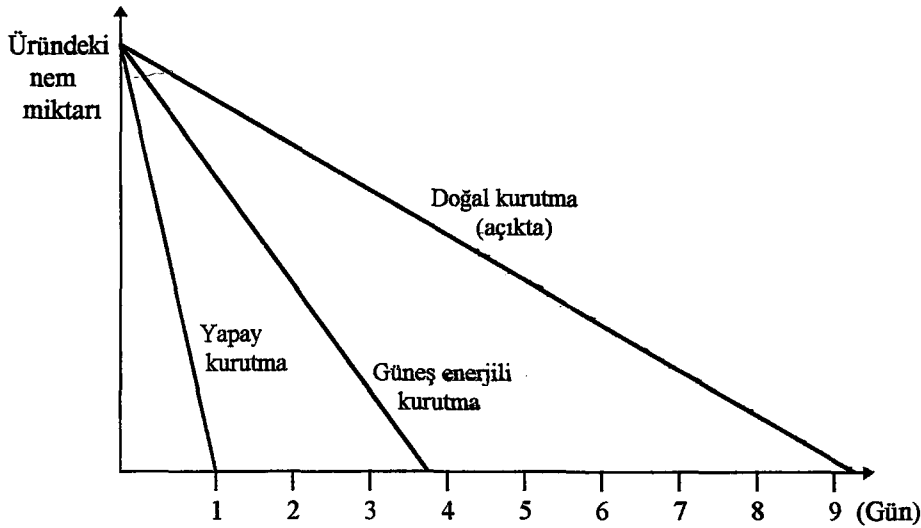


Şekil 6.3 Güneş Enerjisiyle Kondenzasyonlu Kurutma Sistemi

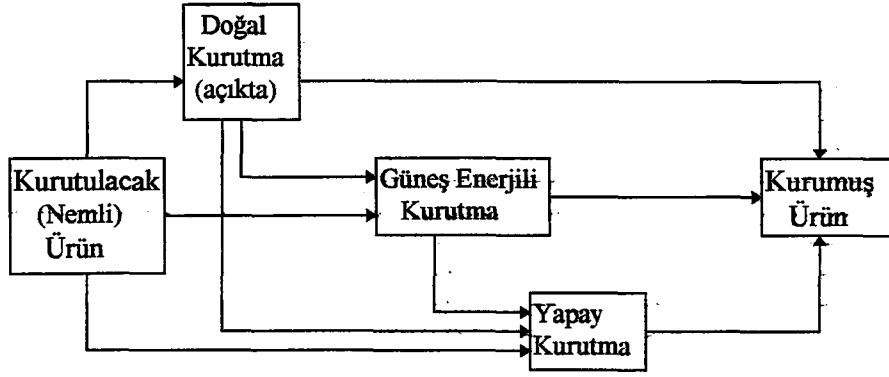
Hummel'e (1966) göre; böyle bir sistemde psikrometrik diyagrama göre, kurutma havasının nem ve sıcaklığının düzenlenmesiyle mükemmel bir kurutma sağlanır. Burada dış koşullardan izole edilen sistemde havanın sirkülasyonu ve kondenser üzerinden geçirilmesi suretiyle havadaki suyun bir kısmı yoğunlaştırılır. Bu kurutucular oldukça iyi sonuç vermesine rağmen operasyon ve konstrüksiyonun çok karmaşık olduğundan, kullanılmaları oldukça sınırlıdır. Kondanserli kurutucular, makarna sanayiinin uzun imalat kısmının son kurutma kademesinde oldukça başarılı olarak kullanılmaktadır.

Güneş enerjili kurutmanın doğal kurutma ve diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması Şekil 6.4'de görülmektedir. Görüldüğü gibi, güneş enerjili kurutma doğal kurutmaya göre çok daha hızlı, yapay kurutmaya göre ise yavaştır. Klasik kurutmaya göre düşünülecek bu dezavantaj, kullanılacak enerjinin maliyeti dikkate alındığında, olumsuz bir faktör olarak değerlendirilmeyebilir.

Kurutmada izlenebilecek üç temel adımın bağımsız olabileceği gibi, birbirleriyle nasıl ilişkilendirilebileceği Şekil 6.5'de görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi, kurutma bu işlemlerden biri ya da üçünün değişik kombinasyonları ile yapılabilmektedir. Kurutma maliyeti ve süreleri yapılan kurutma işlemine göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 6.4. Değişik Kurutma Yöntemlerine Göre Kuruma Sürelerinin Karşılaştırılması (Uyarel ve Öz, 1987)



Şekil 6.5. Kurutmada İzlenebilecek Yollar (Uyarel ve Öz, 1987)

Enerji kullanımı açısından güneş enerjisinin doğrudan, dolaylı ve doğrudan-dolaylı kullanımının analiz edilmesi gerekir (Özel ve Özel, 1987).

Enerjinin doğrudan kullanımı: Bu sistemlerde toplayıcıdan elde edilen enerji, doğrudan enerji tüketim ortamına aktarılmaktadır. Toplanan enerjinin, tüketilen enerjiye eşit olduğu, yani kurutma için yeterli olduğu durumlarda uygulanır. Lawand tipi seralı kurutucular.

Enerjinin dolaylı kullanımı: Bazı sistemlerde güneş enerjisi toplanabildiği kadarıyla bir ısı deposuna aktarılmakta, kurutma sisteminde tüketilen enerji bu depodan sağlanmaktadır. Kurutma sıcaklığının fazla yüksek olmadığı durumlarda ve kurutmanın, güneş enerjisinin verimli olmadığı zamanlarda devam etmesi istendiğinde bu yöntem tercih edilmektedir.

Enerjinin doğrudan-dolaylı kullanımı: Bazı sistemlerde doğrudan ve dolaylı kullanım yöntemleri birlikte uygulanır. Toplanan güneş enerjisi ihtiyaçtan fazla olduğu durumlarda, fazla enerji depolanarak, güneş enerjisinin verimli olmadığı dönemlerde kullanılmaktadır.

Bugüne kadar güneş enerjisinin kullanımının yeterince yaygınlaşmamasının nedeni, bu kaynağın sürekli bir enerji kaynağı olmaması ve genellikle ek enerji kaynaklarına ihtiyaç göstermesidir. Bu durum oldukça karmaşık otomatik kontrol mekanizmalarını gerektirmekte olduğundan güneş enerjili sistemlere ilave masraf getirmektedir. Gelişigüzel enerji veren güneşle, yüksek oranda kullanım amaçlandığı zaman depolama zorunlu olmaktadır. Havanın sürekli bulutlu olduğu zamanlar hesaplanarak, bu zamandaki enerji ihtiyacını karşılayacak bir depo tasarlanabilir. Ancak, böyle bir deponun boyutları çok büyük olmakta, otomatik kontrol mekanizmalarının da eklenmesiyle sistem ekonomikliğini yitirmektedir. Bu olumsuz durumu önleyecek çeşitli yollar vardır. Örneğin güneş enerjisini yoğunlaştırarak, daha yüksek sıcaklıklarda depolamak düşünülebilir. Bu durum mümkün görünmekle birlikte, daha pahalı ve yoğun teknoloji gerektirmekte, sistemin kuruluş maliyeti artmaktadır. Toplanan

güneş enerjisi tüm gereksinimi karşılamasa bile bir ön ısıtma anlayışı içinde ısı ekonomisi yapılabilmektedir (Özil ve Özel, 1987).

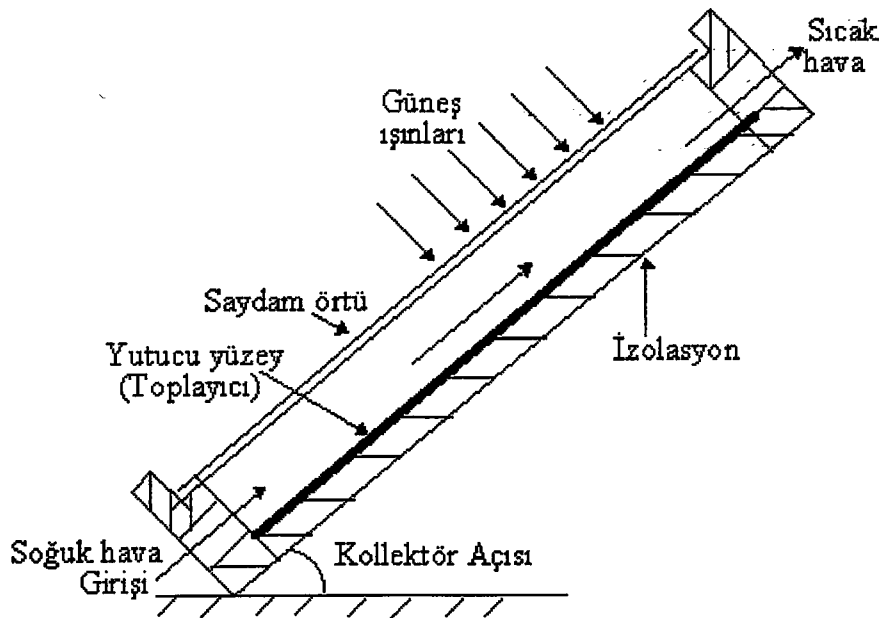
6.1.2.1. Düz Levha Tipi Güneş Kolektörleri

Güneş ışınlarından faydalanmak amacıyla kurulan toplayıcılardan, bilhassa düşük sıcaklıklar için, en basiti ve tesirli olanlarından biri şüphesiz düz levha tipi hava kolektörleridir. Bunlar;

- Gün boyunca güneşin hareketini takip için bir mekanizmaya ihtiyaç göstermezler.
- İmalatı basit ve ekonomiktir.
- Direkt ışınlarda olduğu gibi difüz ışınlardan da faydalanırlar.

Bu özelliklerinden dolayı düz levha tipi havalı kolektörler, bilhassa hava ısıtmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 6.6'da düz levha tipi havalı kolektör görülmektedir. Bu kolektörler dört kısımdan oluşur.

Şeffaf örtü: Pratikte şeffaf örtü olarak bir veya birden fazla levha cam veya radyasyon geçirici plastikler kullanılmaktadır. Şeffaf örtü ısı kayıplarını iki şekilde düşürür. Birincisi, görünür ışınları geçirerek kızılötesi (enfraruj) ışınları geçirmeme özelliği nedeniyle, üzerine gelen görünebilir ışınları emici plakaya geçirir. Emici plakadan olan radyasyonu dışarıya bırakmayarak bir kısmını tekrar emici plakaya yansıtır. İkincisi de şeffaf örtü, rüzgar ve doğal konveksiyon yoluyla, emici plakanın soğumasını önleyerek ısı kayıplarını önemli

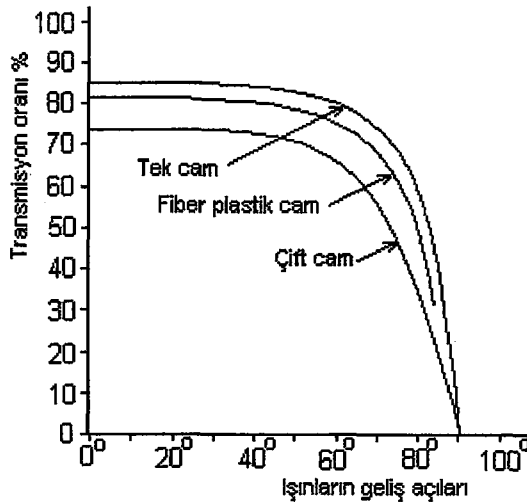


Şekil 6.6. Düz Levha Tipi Havalı Kolektör

ölçüde düşürür. En fazla kullanılan örtü malzemesi camdır. Kolaylıkla bulunabilmesi, görünür ışınları geçirmesi ve emici plakadan yansıyan radyasyonun dışarı çıkmasına engel olması camın üstünlükleridir.

Plastikler genellikle termoplastlar ve duroplastlar olarak iki gruba ayrılırlar. Termoplastlar ısı etkisiyle birbirlerine doğru hareket etme yeteneğinde olan zincir moleküllerden oluşur. Bu nedenle bunlar yüksek sıcaklıklarda yumuşarlar. Duroplastlar sertleştirme işlemine tabi tutularak yüksek sıcaklıklarda dayanıklı, yumuşamaz duruma getirilirler (Volger vd., 1972). Kolektör yapım malzemesi olarak iki tip plastik kullanılabilir niteliktedir. Bunlar poli etilen (PE) ve poli vinil klorittir (PVC) (Tuncer, 1980). Şekil 6.7, Tablo 6.1, Tablo 6.2, Tablo 6.3, Tablo 6.4 ve Tablo 6.5’de kolektör örtü malzemelerinin özellikleri ve kolektör hesaplamalarında kullanılan katsayılar verilmektedir.

Emici levha: Güneş ışınlarını ısı enerjisine dönüştüren ve bu enerjiyi kurutucu havasına ileten elemandır. Emici plakanın yapıldığı malzeme ve biçimi; toplanan, yansıtılan, yayılan ve geçirilen enerji miktarını oldukça etkilemektedir. Şekil 6.8’de farklı emici plakaya sahip ısıtıcı tipleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Burada a, b ve c tipleri levhalı emici yüzeye sahip ısıtıcılardır. Saka, 1982; b’nin a ve c’den daha iyi olduğunu ortaya koymuştur. Emici yüzey d tipinde olduğu gibi V biçiminde yapılırsa yansımalar oldukça azaltılır. V emici yüzeyli ısıtıcının a, b ve c tiplerinden daha iyi olduğu Gupta ve Garg, (1967) ve Macedo ve Altemani, (1978) tarafından belirtilmektedir. Petekli (f) ve panjurlu (g) ısıtıcılarda en büyük sorun yansımadır. Petek derinliğinin ve panjur kanat aralığının yanlış seçimi, ısıtıcı verimini oldukça azaltmaktadır. Petekli tip ısıtıcı a, b ve c tiplerinden daha iyidir (Saka, 1982).



Şekil 6.7 Işınlardan Geçiş Açılarının Geçirgen Ortamlar Üzerindeki Etkisi (Pıhtılı, 1980).

Tablo 6.1. Çeşitli Örtü Malzemelerinin Özellikleri

Malzeme	Kalınlık (mm)	Işık Geçirgenliği (%)	Kızılötesi ışık geçirgenliği	Piyasadaki ölçüsü (cm)	Alevlenme	Max. Çalışma Sıcaklığı	Tahmini ömür (yıl)
Temiz cam	3	85	düşük	85 x 200	düşük	400°C	30 +
Düşük Fe ₂ O ₃	3	87	"	85 x 200	"	"	" +
Su renkli cam	3	91	"	85 x 200	"	"	" +
Polyester katkılı fibreglas	1	87	"	60	"	250 °C	10-15
Flexiglas	3	89	"	60	yüksek	190 °C	20

Kaynak: Uyarel, A. Y., ve Öz, E. S., 1987

Tablo 6.2. Poli Etilen Saydam Örtü ve Kara Örtü Düzenlemesinin Fiziksel Değerleri

Işınım geçirme oranı (%)	Geçiş x Yutma Katsayısı ($\tau.\alpha$)	Toplam Isı Kayıp Katsayıları (W/m ² K)		
		U _t	U _b	U _o
%88	0.81	7.93	6.79	14.72
Poli etilen saydam örtü ve polivinil kara örtü düzenlemesi				
%88	0.81	7.92	6.22	14.14

Kaynak: Tuncer, İ. K., 1980

Tablo 6.3. Saydam Plastik Örtülerin Güneş Işınımını Geçirgenliği

Örtü Materyali	2.8/nm'den Uzun dalga boylu ışınımı geçirilmesi (%)	Işınımın Tipi	(Günlük Ortalama) Kısa dalga boylu Işınımı geçirilmesi (%)	Güneş ışınımını geçirilmesi (<2.8 /nm), (%)					
				Güneş Işınımı Geliş Açısı (°)					
				0°	14°	30°	45°	60°	67°
Poli etilen UV Stabilizanlı	80	-Toplam	88.3	92	91	88	86	82	67
		-Direkt		84	84	82	80	71	60
Poli vinil florit	43	-Toplam	86.5	93	92	91	90	83	65
		-Direkt		85	85	85	78	66	48
Cam	3	-Toplam	87.8	89	89	88	85	82	74
		-Direkt		88	88	87	85	81	70

Tablo 6.4. Saydam Plastik Örtü Kombinasyonlarının Güneş Işınımını Geçirgenlikleri

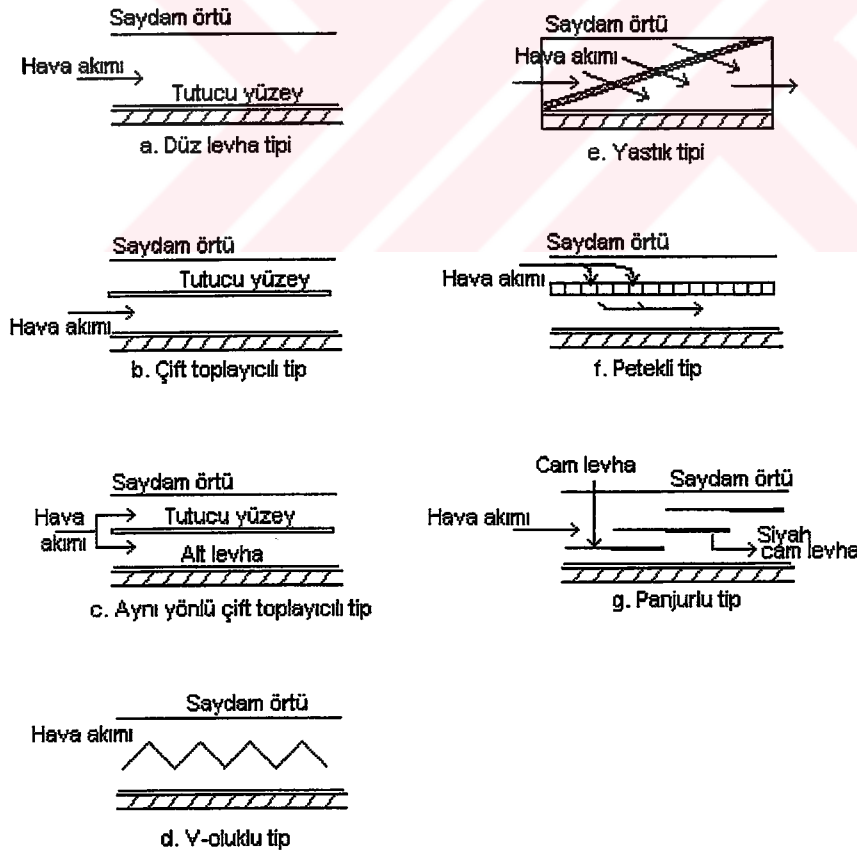
Örtü Materyali	2.8/nm'den Uzun dalga boylu ışınımı geçirilmesi (%)	Işınımın Tipi	(Günlük Ortalama) Kısa dalga boylu Işınımı geçirilmesi (%)	Güneş ışınımını geçirilmesi (<2.8 /nm), (%)					
				Güneş Işınımı Geliş Açısı (°)					
				0°	14°	30°	45°	60°	67°
Poli etilen (Üst kat)	63	-Toplam	79.3	83	82	81	75	59	37
Poli etilen (Alt kat)		-Direkt		58	56	53	45	30	17
Poli etilen (Üst kat)	63	-Toplam	82.3	86	84	82	78	66	99
Poli vinil florit (Alt kat)		-Direkt		70	68	66	59	44	28
Poli vinil florit (Üst kat)	26	-Toplam	84.2	88	87	83	82	65	43
Poli vinil florit (Alt kat)		-Direkt		73	71	68	61	43	26
Poli vinil florit (Üst kat)	36	-Toplam	80.0	82	83	81	77	64	45
Poli etilen (Alt kat)		-Direkt		62	60	58	54	41	26

Kaynak: Tuncer, İ. K., 1980

Tablo 6.5. Kolektör Projelendirmede Fiziksel Büyüklükler

Simge	Açıklama	Değer ve Birimi	Kaynak
δ	Stefan-Boltzman katsayısı	$5.6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}$	Deriş, 1979
T	Yutucu yüzey sıcaklığı	K	Whillier, 1967
T_p	Yutucu yüzey mevzi sıcaklığı	K	" "
T_s	Eşdeğer gökyüzü sıcaklığı	K	Kendall, 1978
$h_{r,p-c}$	Yutucu yüzeyden örtüye ışınlama ısı geçiş katsayısı	(1.81 W/m ² K)	" "
$h_{r,p-s}$	Poli etilen örtüden göğe ışınlama ısı geçiş katsayısı	(1.75 W/m ² K)	" "
$h_{r,p-g}$	Poli etilen örtüden yere ışınlama ısı geçiş katsayısı	(1.70 W/m ² K)	" "
h_{p-s}	Yutucu yüzeyden plastik örtüye		
h_w	Konveksiyon katsayısı	(7.36 W/m ² K)	Duffie, 1974
ϵ_c	Rüzgar için kayıp katsayısı	(11.3 W/m ² K)	Kendall, 1978
ϵ_p	Poli etilen örtüyü yayma katsayısı	0.2	Simpkins, 1976
	Kara poli etilen için yayma katsayısı	0.61	Kendall, 1978
τ	(8-14 /nm) saydam poli etilenden ışınlam geçiş oranı	0.89	Bond, 1977
τ	(0.4-0.7 /nm) saydam poli etilenden ışınlam geçiş oranı	0.89	" "
α	Poli etilen kara yüzey yutma katsayısı	0.90	Kendall, 1978

Kaynak: Tuncer, İ. K., 1980



Şekil 6.8 Farklı Emici Yüzeye Sahip Kolektör Çeşitleri (Saka, 1982).

Yalıtım malzemesi: Isıtıcıların güneş radyasyonunu alamayan alt ve yan kısımlarından olan ısı kayıplarının azaltılması için, ısı iletim katsayısı küçük olan malzemelerle yalıtılırlar. Yalıtım malzemesi seçiminde ısı iletim katsayısı yanında, neme direnci, ısıya dayanıklılığı, genleşme özellikleri yanında, en önemlisi kurutulacak ürüne sağlık açısından bir zarar vermemesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Cam yünü, strapor ve poliüretan malzemeler ısı iletim katsayılarının düşüklüğü ve hafifliği nedeniyle tercih edilirler. Fakat cam yünü, kanserojen madde olan asbest içerdiği için gıda kurutmacılığında kullanılmamalıdır. Bu sebeplerden dolayı, kolektör imalatı esnasında alt ve yan duvarlardan ısı geçişini önlemek amacıyla, 5 cm kalınlığında poliüretan malzeme ile yalıtım yapılmıştır.

Kasa: Ekonomikliği dolayısıyla ağaç malzemedan imalatı yapılmaktadır. Ancak bu malzemenin sıcaktan etkilenip deformasyona uğrayacağı varsayımıyla daha uzun ömürlü olan demir sacın bükülmesi ile oluşturulan kasalar tercih edilir.

6.1.2.2. Kolektör teorisi

Kolektörün teorik hesaplarının yapılmasında aşağıdaki yollar önerilmektedir.

1. Yol Hottel-Bliss Eşitliği: Bu eşitlik, güneş enerjisinden faydalanabilecek ısı eşdeğerini veren en önemli ifadelerden biridir.

$$Q = A_c \cdot F \cdot [I_c - \bar{U}(T_g - \bar{T}_a)] \quad (6.1)$$

Toplayıcı ortalama ısı kayıp katsayısı $\bar{U}$, rüzgar hızının artışı ile yükselir. Şayet emici plakaların üzeri şeffaf örtü ile örtülmezse, rüzgarın tesiri ile absorplayıcı levhadan çevreye konveksiyonla olan ısı transferi artacaktır.

Kolektörün toplam işlerlik oranı (η_c) aşağıdaki eşitlikle belirlenir (Pıhtılı, 1980)

$$\eta_c = \frac{Q}{I_c \cdot A_c} \quad (6.2)$$

Ayrıca güneş kolektöründen faydalanabilecek ısı enerjisi,

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_f - T_g) \quad (6.3)$$

$$\eta_c = \frac{Q}{I_c \cdot A_c} = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_f - T_g)}{I_c \cdot A_c} \quad (6.4)$$

şeklinde olur.

2. Yol: Whillier, (1967), enerji dengesini şu şekilde açıklamıştır.

$$\text{Kazanılan ısı enerjisi} \quad Q_u = Q_A - Q_L \quad (6.5)$$

$$\text{Akışkana kazandırılan ısı enerjisi} \quad Q_u = m.c_p.(T_{\varphi} - T_g) \quad (6.6)$$

$$\text{Kolektörün absorbladığı enerji} \quad Q_A = \tau.\alpha.R.Ac \quad (6.7)$$

$$\text{Kolektörün ısı kaybı} \quad Q_L = U_o.Ac(T_c - T_a) \quad (6.8)$$

Kolektöre gelen enerjinin tutulma oranı kolektör verimini verir. Verim, toplanan enerjinin güneşten gelen toplam enerjiye oranıdır.

$$\eta = \frac{m.c_p.(T_{\varphi} - T_g)}{\tau.\alpha.R.Ac} \quad (6.9)$$

Kolektörden olan ısı kayıplarını tespit edebilmek için, toplam ısı geçiş katsayısının (U_o) bilinmesi gerekir. Toplam ısı katsayısı, kolektörün üst ve önündeki örtüden ısı geçiş katsayısı (U_t) ile, yan ve alt taraftan ısı geçiş katsayılarının (U_b) toplamına eşittir. Kolektör üst örtüsündeki ısı kayıp katsayısı,

$$U_t = \tau.\epsilon_p.4.\delta.T^3 \left| \frac{T_p - T_s}{T_p - T_a} \right| + \left| \frac{1}{h_{p-c} + h_{r,p-c}} + \frac{1}{h_w + h_{r,c-s}} \right|^{-1} \quad (6.10)$$

Kolektör yan ve alt tarafından ısı geçiş katsayısı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır;

$$U_b = \tau.\epsilon_p.4.\delta.T^3 \left| \frac{T_p - T_s}{T_p - T_a} \right| + \left| \frac{1}{h_{p-c} + h_{r,p-c}} + \frac{1}{h_w + h_{r,c-g}} \right|^{-1} \quad (6.11)$$

$$\text{ve} \quad h_{r,p-c} = \frac{(T_p^2 + T_c^2) + (T_p - T_c)}{\left(\frac{!}{\epsilon_p} \right) + \left(\frac{1}{\epsilon_c} \right)^{-1}} \quad (6.12)$$

Eşitliklerde kullanılan elemanlar Tablo 6.5 de verilmiştir.

6.2. Kurutmada Güneş Enerjisinin Kullanıldığı Alanlar

Bu konuda güneş enerjisinden üç farklı alanda istifade edilmektedir.

Tarımsal ürünlerin kurutulması: Bu alandaki kurutma çalışmaları mevsimlik olup, yıl boyu sürmediğinden ümit vericidir. Tarım ürünlerinin hasat döneminde güneş enerjisi bol miktarda bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu ürünlerin kurutulmasında güneş enerjisinden yararlanmak, çok daha ekonomik bulunmaktadır. Hasat döneminde, ülkemizde yaygın olarak seralar genellikle boş bulunmaktadır. O halde seraları kurutma yapılabilir şekilde dizayn etmek ve böylece seraları çift amaçlı kullanmak ekonomik ve pratik olarak görülmektedir.

Endüstriyel ürünlerin kurutulması: Bu alanda, genellikle yıl boyu ve gece gündüz kurutma yapıldığından, kullanılan enerjinin tümünü güneşle karşılamak düşünülmemelidir. O halde bu alanda, bir ön ısıtma anlayışı içinde güneşten yararlanmak daha gerçekçi olmaktadır. Bu arada, ancak yazın üretilen bazı endüstriyel ürünler varsa, bunların kurutulması için gerekli enerjinin tümünü güneşten karşılamak tasarlanabilir.

Depolanan kuru ürünün saklanması: Kurutma havasının bağıl nemi belirli bir değerden fazla olursa, kuru ürün havadan nem alabilmektedir. Kurutulmuş ürünün depoda yeniden nemlenmesi, hem ürüne zarar vermekte hem de harcanan emek ve enerjinin boşa gitmesine yol açmaktadır. Bu olumsuz durum güneş enerjisinden yararlanılarak önlenilebilir. Depo olarak kullanılan binanın güney çatı ve duvarı güneş toplayıcısı olarak dizayn edilebilir.

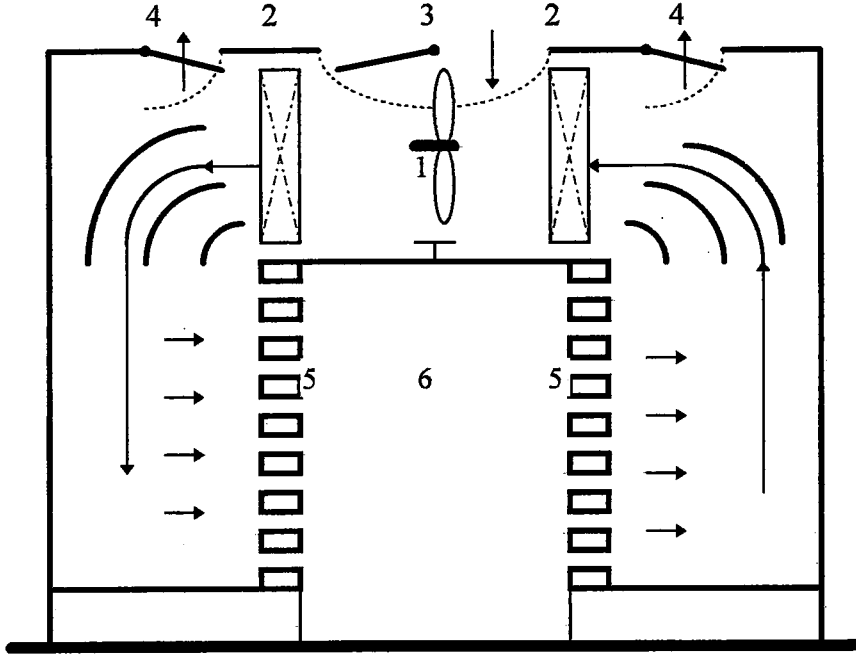
6.3. Yapay Kurutucular

6.3.1. Kabin (kompartıman) kurutucular

Çok çeşitli kabin kurutucu tipleri varsa da hepsinin prensibi aynıdır. Kurutulacak ürün kurumadan önce ve kuruduktan sonra kolaylıkla tepsilere yükleme ve boşaltma yapmaya uygun, yapışkan veya plastik maddeler, kristalize veya tanecik halindeki maddeler, lapalar ve çökeltiler halinde ise kompartıman tipi kurutucular kullanılabilir. Ayrıca yün ve pamuk iplikleri gibi tekstil ürünleri, tepsisiz olarak kompartıman tipi kurutucularda kurutulurlar.

Kompartıman; genel olarak dikdörtgen şeklinde duvarları izole edilmiş oda şeklinde bir fırındır. Kompartıman içerisinde tepsilerin yerleştirildiği raflar olduğu gibi içi boş da olabilir. Tepsiler, dışarıda vagonlara yerleştirilerek odaya konulur ve kapılar sıkıca kapatılır. Oda içerisinde hava sirkülasyonu sağlayacak tedbirler oluşturulur. Hava dışarıdan emilmekte ve ısıtılmaları oda içerisindeki ısıtıcılarla sağlanmaktadır. Çok yaygın olarak kullanılan böyle bir kurutucu Şekil 6.9’da görülmektedir. Burada ayarlanabilir yönlendirici kanatlara otomatik cihazlarla kumanda edilir. Böylece hem homojen hava dağılımı ve hemde hava hızı artırılarak uzaklaştırılacak nem miktarı artırılır. Dışarı atılan havanın %80~90’ı tepsiler üzerinden tekrar dolaştırılır. İçeri ancak %10~20 taze hava alınarak ekonomiklik sağlanır.

Kabin kurutucularda en önemli sorun; kompartıman içersinde her yerdeki üründe, homojen kurumanın sağlanamamasıdır. Bunun başlıca nedeni, tavaların her tarafında sıcaklık, hava hızı ve neminin aynı düzeyde tutulamamasıdır.



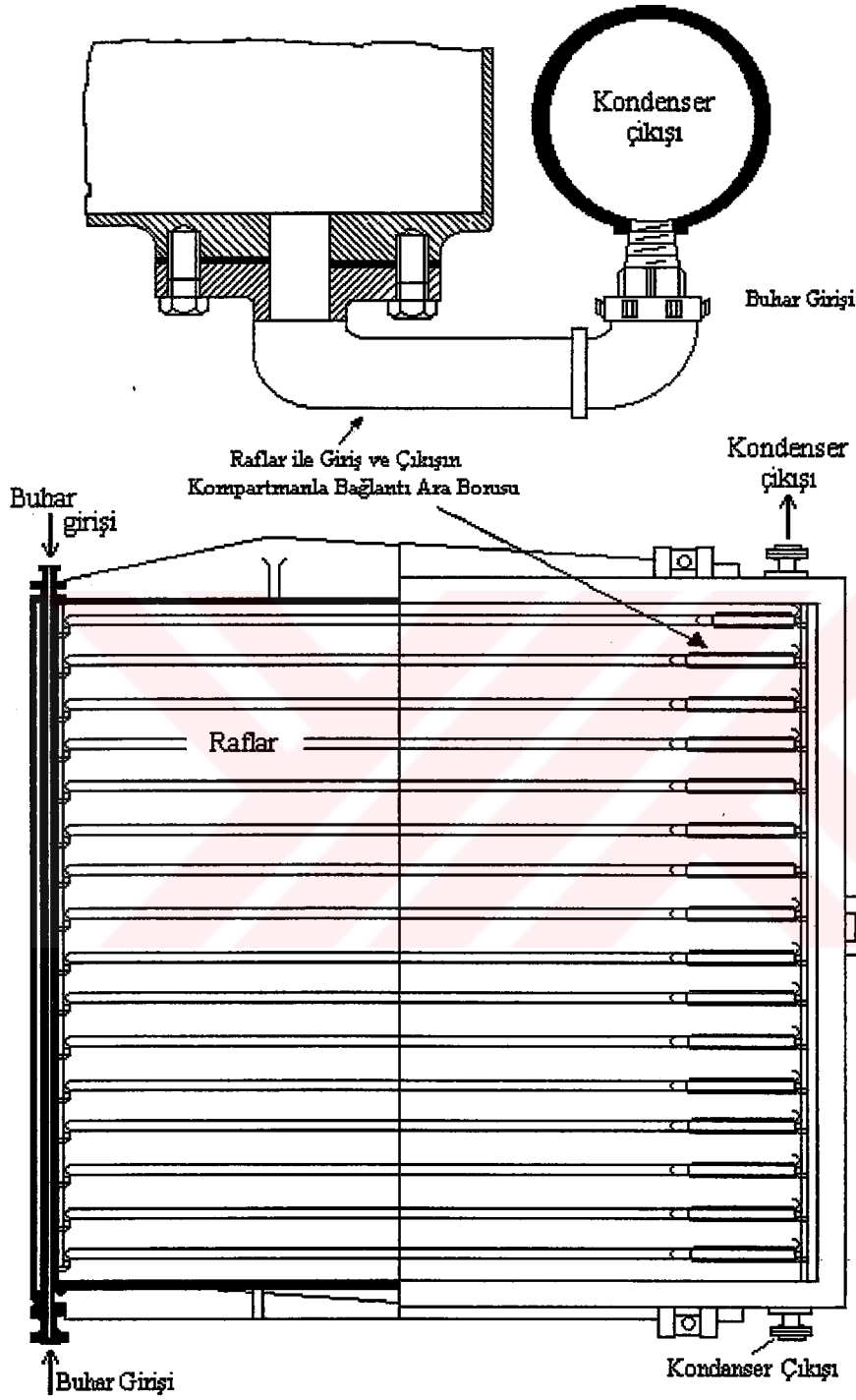
Şekil 6.9 Kabin (kompartıman) Kurutucu (Heldman, 1975)

(1) Sirkülasyon fanı, (2) Isıtıcı, (3) Taze hava girişi, (4) Kullanılmış hava çıkışı, (5) Aralıkları ayarlanabilen panjur tipi yan duvarlar, (6) Vagon boşluğu.

6.3.2. Vakumlu kompartıman kurutucular

Kurutulacak maddenin kısa bir zamanda kurutulması isteniyorsa, atmosfer basıncının altında, suyun buharlaşacağı sıcaklıktan daha düşük sıcaklıkta kurutma gerçekleştirilir. Böyle bir kurutmada Şekil 6.10'da gösterilen vakum altında çalışan raflı bir kurutucu kullanılır. Bu tip kurutucular genellikle dikdörtgen kesitli dökme demirden yapılmış kompartıman şeklindedir. İçi boş olup sıra halinde tepsiler konulabilmesi için raflar vardır. Kurutucunun ön yüzü hariç tüm dikey duvarlarında giriş ve çıkış boruları yer alır. Her rafta bunlara kısa bağlantılar yapılmıştır. Bu borulardan su buharının girişi ve yoğunlaşmayan gazların uzaklaştırılması sağlanır. Kurutulması istenen madde raflar arasındaki tepsilere konur. Kapılar kapatılarak, bir vakum pompası ile içerdeki basınç düşürülür. Tepsilere verilen su buharı kurutulacak maddeyi yavaş yavaş ısıtır ve nemin buharlaşabileceği bir sıcaklığa yükseltir. Buharlaşan nem kurutucu ile vakum pompası arasında yer alacak bir kondansörde yoğunlaştırılır.

Vakumlu kurutucular genellikle atmosfer basıncı altında bozulma ihtimali olan maddeler için kullanılır. Bunlara en güzel örnek bir ilaç hammaddesi olan Farnosit ve özellikle antibiyotiklerin, hormon preparatlarının ve aşıların hazırlanmasında çok kullanılan bir



Şekil 6.10 Vakum Kurutucu

yöntemdir. Ayrıca oksitlenebilen maddelerin kurutulmaları içinde çok uygundur. Bu tip kurutucular aralıklı olarak çalışır ve oldukça küçük kapasiteye sahiptir. Kullanış alanı çok geniş olan bu kurutucular ekonomik değildir (Banchera ve Badger, 1973).

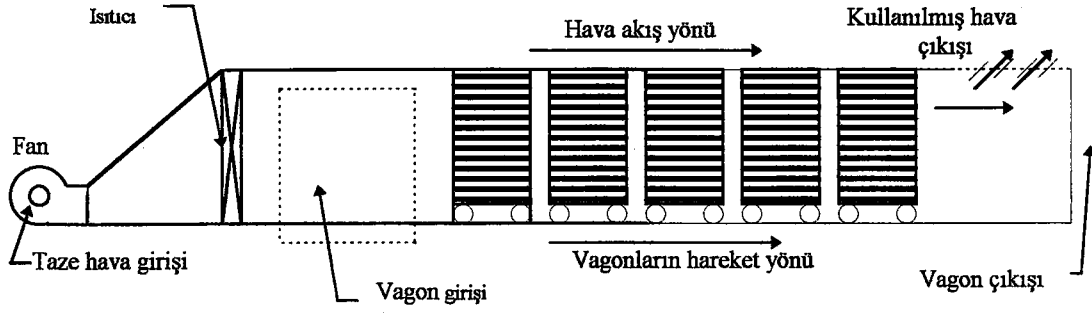
6.3.3. Tünel kurutucular

Büyük miktardaki ürünün kurutulması gerektiğinde ve ürün genel özellikleri ve nem derecesi yönüyle homojen ise, devamlı tip kurutucuların kullanılması daha uygun olur.

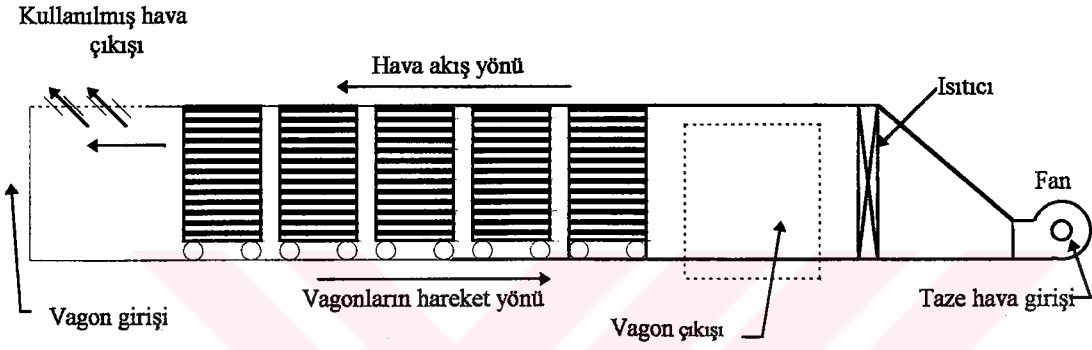
Kurutulacak madde vagonlar üzerindeki tepsilere konarak uzun olan tünelin içersinden geçirilir. Bu işlem ya devamlı vagonlar şeklinde veya bir vagon tüneli terk ederken yüklenmiş diğer bir vagon tünele girecek şekilde düzenlenir (Şekil 6.11). Tünel tipi kurutucularda hava akımı vagona paralel veya zıt olabildiği gibi dik olarak ta uygulanabilir. Eğer sıcak hava ile ürün aynı yönde hareket ederse bu tip tünellere “paralel akış tüneli” denir. Burada hava ile ürün aynı yerden girer. Bu tip kurutucularda sıcak hava önce taze ürünle karşılaşır, gittikçe soğuyup nemi artarken, daha ileride kurumuş olan ürünle temas eder. Sıcak hava ile ürünün hareketi birbirlerine zıt ise, bu tip tünellere “zıt akış tüneli” denir. Bu tiplerde de sıcak ve kuru hava önce en kuru olan ürünle, daha sonra da gittikçe soğuyarak nemi artarken, en sonunda ıslak ürünle temas eder (Şekil 6.12). Dik olarak uygulanması halinde vagonların çeşitli bölümlerine ayrı ayrı ısıtma üniteleri uygulama imkanı verir.

Meyve ve sebzelerin kurutulmalarında en yaygın olan sistemler paralel veya zıt akış tünelleridir. Zıt akış tüneli ile paralel akış tünelinin kurutma özellikleri farklıdır. Paralel akış tüneline başlangıçta kuruma hızı çok fazladır. Ürün yüzeyi çok hızlı kuruduğu için, üründe çok az bir buruşma belirir ve fakat parçacıkların içinde, boşluk ve çatlaklar oluşur. Kurutma tünelinin sonunda hava soğuk ve fazla nemli olacağından, kurumanın son aşaması çok yavaş gerçekleşir. Zıt akış tüneline ise, ürün kurudukça daha uygun kuruma koşulları ile karşılaşılır. Kurumanın ilk aşaması daha soğuk ve daha nemli hava ile gerçekleştiğinden ve kurutulan ürünün nem dağılımındaki farklılık fazla olmadığından, tam ve düzenli bir buruşma olur.

Bunların yanında çapraz akışlı tünellerde kullanılmaktadır. Bunlar, zıt akış tüneli ile kompartman kurutucuların birleştirilmesinden elde edilmektedir. Bu kurutucularda hava, tünel boyunca yer yer ısıtılarak tünele çapraz olarak verilmektedir. Bu dizaynla daha homojen bir kuruma sağlanmaktadır (Şekil 6.13).

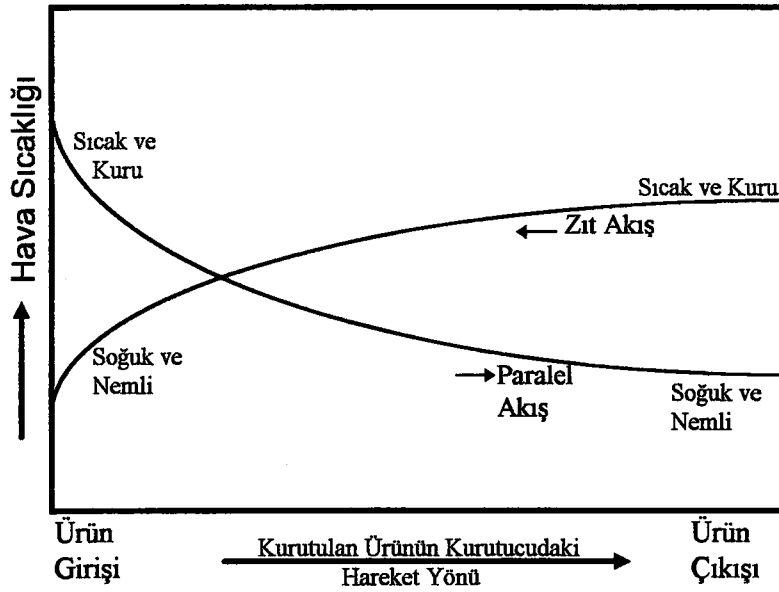


a.) Paralel akış

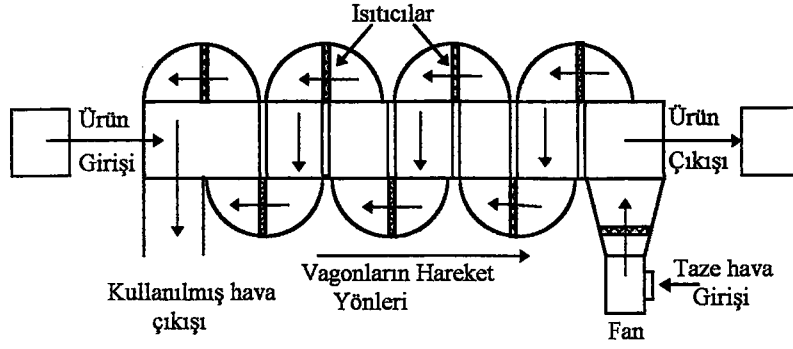


b.) Zıt akış

Şekil 6.11 Tünel Kurutucu (Van Arsdel, 1951)



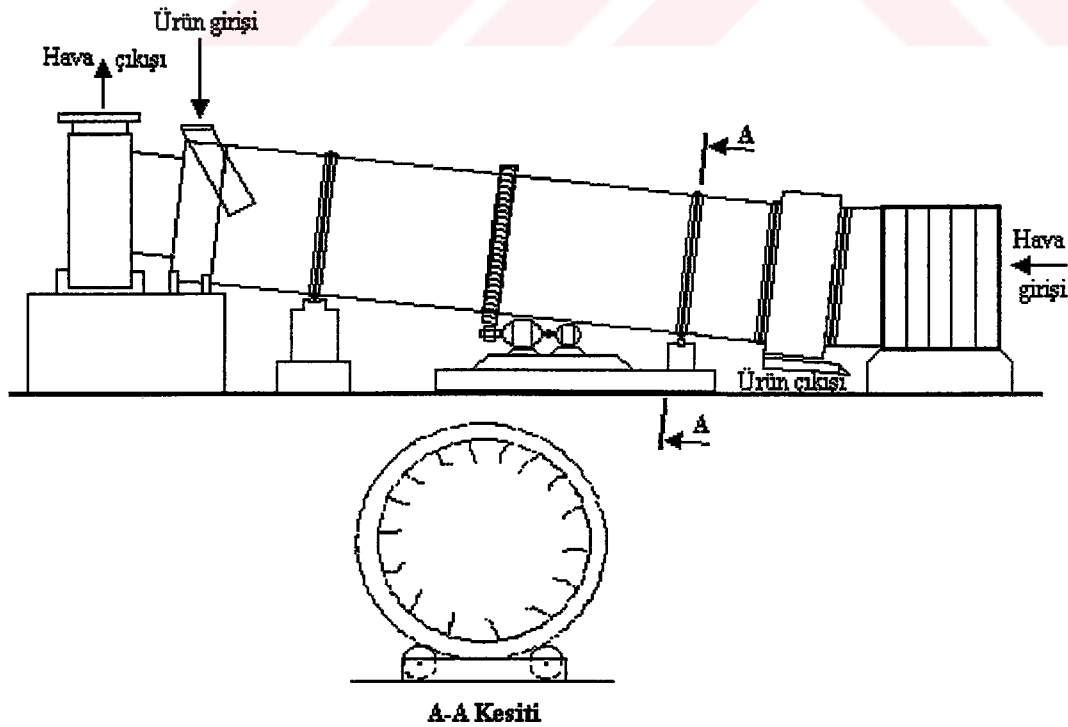
Şekil 6.12 Zıt ve Paralel Akış Tünellerinde Hava Sıcaklığının Tünel Boyunca Değişimi



Şekil 6.13 Çapraz Akışlı Tünel Kurutucu (Van Arsdel, 1951)

6.3.4. Döner kurutucular

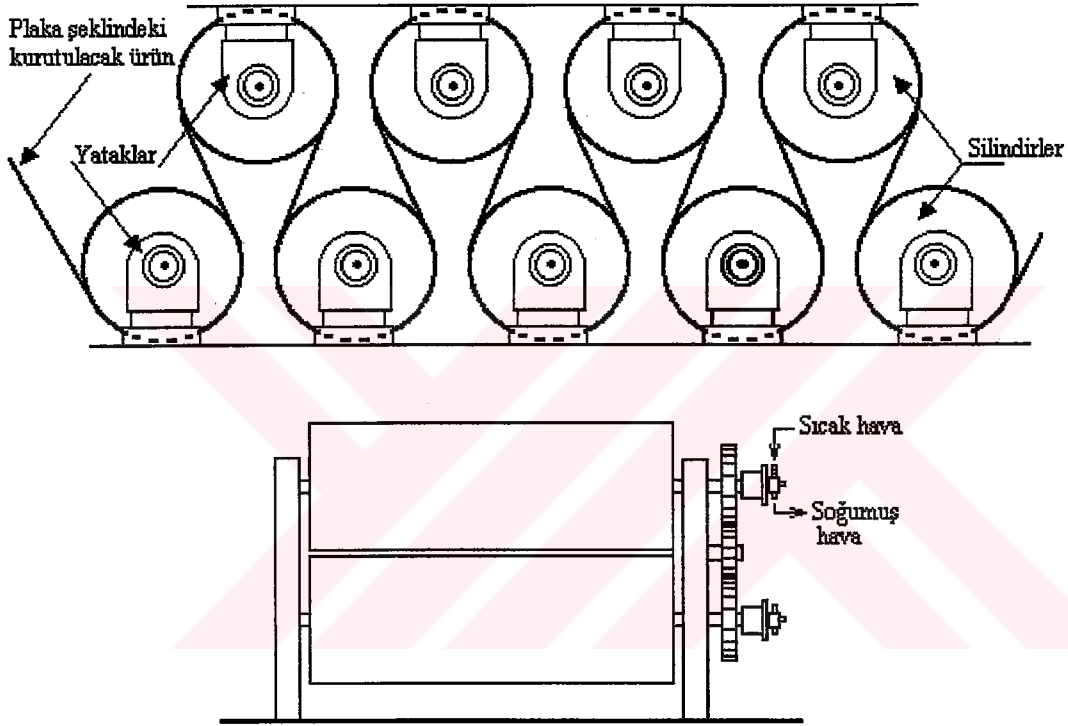
Taneli veya kristal yapıdaki, kurutucu duvarlarına yapışmayan ve kurutucuya kadar yapışmadan taşınabilen malzemelerin kurutulmasında uygun olan bir yöntemdir. Bütün döner tipi kurutucular eksenleri yatayla küçük bir açı yapacak şekilde silindirik bir gövdeye sahip ve rulmanlar üzerine oturtulmuş olarak yapılırlar (Şekil 6.14). Döndürülmeleri redüktörlerle ayarlanabilir ve düşük devrlidir. Kurutulacak madde üst kısımdan konur, döndükçe ve içerdeki kanatlar sayesinde çevrilerek aşağıya doğru iner aşağıdan da sıcak hava yukarı doğru malzeme içerisinden geçerek nemi alır, malzemeyi kurutur ve yukarıdan dışarı atılır.



Şekil 6.14 Döner Kurutucu

6.3.5. Silindir kurutucular

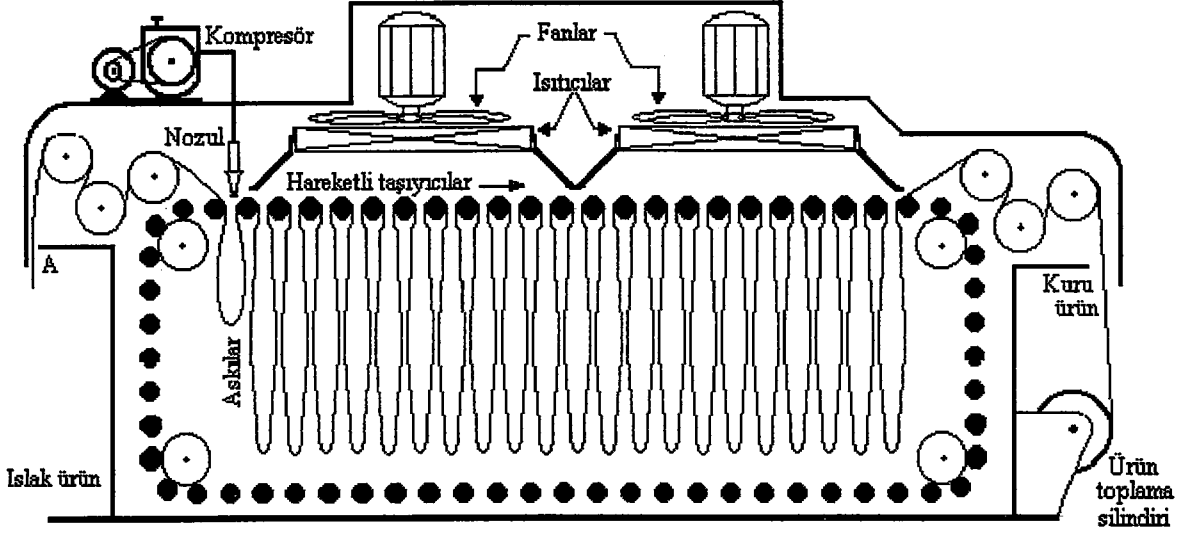
Bu kurutucular süreklilik arz eden kağıt ve tekstil gibi maddelerin kurutulmalarında kullanılırlar. Bunlar pek çok sayıda buharla ısıtılan silindirlerden meydana gelmiş olup, kurutulacak madde bu silindirler üzerinden sürekli geçer (Şekil 6.15). Silindirler iki farklı seviyede sıralanmış olup, aralarında levha halindeki kurutulacak madde yer alır. silindirleri taşıyan mil yatakları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.15. Silindir Kurutucu

6.3.6. Askı kurutucular

Bu tip kurutucular da levha halindeki kağıt ve tekstil maddelerinin kurutulmasında kullanılır. Şekil 6.14’de görüldüğü gibi levha halindeki ıslak madde A noktasında kurutucuya girer. Bir seri silindirler üzerinden geçirilir ve silindirler arasında sarkmasına imkan verecek askılar oluşturulur. Çapraz çubukları taşıyan zincirli konveyörün hızı, askılar belirli bir uzunluğa erişecek ve bu uzunluk her noktada aynı kalacak şekilde, kurutulacak levhanın hızına göre düzenlenir. Askılara düzgün bir şekil verebilmek için kompresör ile bir lüleden hava üfleyerek askılar açılır. Ürün tamamıyla kuruduktan sonra bir seri silindirden geçirilerek kurutucuyu terk eder ve dışarıdaki ürün toplama silindirine sarılır. Çok sayıdaki



Şekil 6.16 Askı Kurutucu

motorlar, kurutucu hava fanlarını çalıştırır ve hava, motor etrafındaki kanaldan içeri girer. Havaya çok sayıdaki yönlendiriciler ile yön verilerek, kurutucudaki homojen hava dağılımı sağlanır. Askıları yukardan aşağı doğru geçen hava, kanatlı ısıtıcı ile ısıtılır. Nemli hava dışarı atılır ve bunun miktarı klape ile kontrol edilir. klapenin çalışması otomatik kontrol cihazları ile düzenlenir.

6.3.7. Püskürtmeli kurutucu

İlk defa süt kurutmak amacıyla geliştirilen bu sistem, sıvı veya viskozitesi düşük, atomize edilebilir ürünlere uygulanabilir. Genel olarak dört kısımdan oluşur. Bunlar; sıcak hava üretim kısmı, ürünün pülverize edildiği kısım, atomize ürün ile sıcak havanın buluştu-rulduğu kurutma hücresi ve kuruyan ürünün toplandığı kısımdır.

Pülverize partiküller ile, sıcak havanın kurutma hücresine giriş şekline ve bunların hareket yönünün birbirlerine göre durumuna bağlı olarak, çok çeşitli tipte püskürtülerek kurutma sistemleri geliştirilmiştir.

Püskürtmeli kurutucularda; ürünün atomize edilmesiyle son derece geniş bir yüzey kazandırılarak, sıcak hava içersinde çok hızlı bir kuruma sağlanmaktadır. Islak partiküllerden suyun buharlaşması 150~200°C'ye kadar yüksek sıcaklıkta hava ile sağlanır. Kuruma çoğunlukla 3~10 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşir. Bunlarda en önemli sorun partikül boyutlarının aynı olmaması nedeniyle homojen kuruma elde edilememesidir.

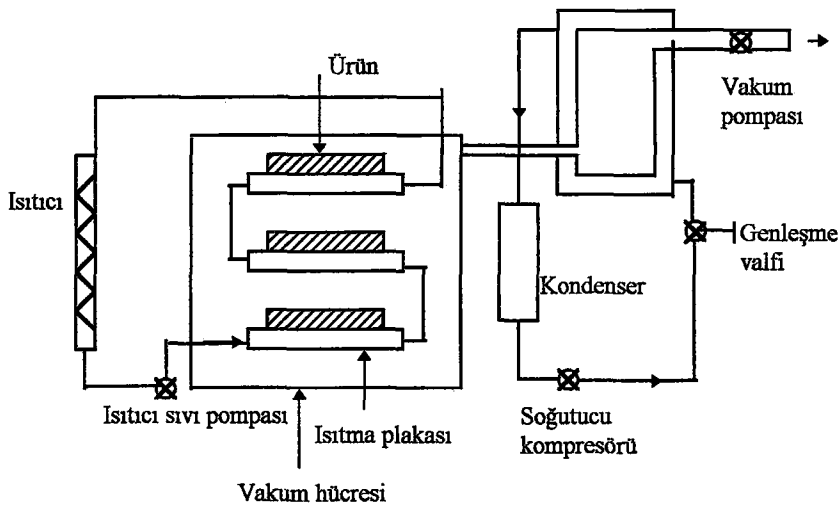
En çok kullanılan püskürtmeli kurutucu tipi "Birs" kulesi veya metodudur. Bu metotla 67 m yüksekliğinde, 15 m çapında bir kulenin üstünden atomize edilmiş sıvı

damlacıkları aşağı düşerken, 30°C sıcaklık ve %3 nem içeren kuru hava ile yaklaşık 90 saniyede kurumaları sağlanır. Bu yöntem özellikle portakal suyu, limon suyu ve domates suyu gibi ısıya duyarlı ürünlere çok uygundur. Yüksek işletme masrafları gerektirmektedir.

6.3.8. Dondurarak kurutma

Bu yöntemle ürün önce dondurulmakta ve böylece gıdadaki su bulunduğu yerde buz halinde bağlanmakta, daha sonra buz uygun koşullarda sublime edilmektedir. Burada iki aşama söz konusudur. Bunlar dondurma ve kurutmadır.

İlk olarak dondurma, bilinen metotların herhangi biri ile gerçekleştirilebilir. Kurutulacak ürünler 5~30 mm/h'lik bir hızla dondurulurlar. Dondurulmuş ürün -20 ~ -30°C'a kadar soğutulur. -30°C'da soğutulmuş gıda, bu cihazlarda vakum altında kurutulur. Dondurarak kurutma cihazı; buharlaşma hücresi ve kondenser olmak üzere iki bölümden oluşur. Her iki ünite de mekanik bir pompa ile vakum altında tutulur. Kurutma sırasında üründen sublimasyonla alınan ısı, bir ısıtma düzeniyle devamlı olarak ürüne verilir. Kurutulacak ürüne ısı, kondüksiyonla veya radyasyonla verilir. Şekil 6.17'de bir dondurarak kurutma cihazının başlıca üniteleriyle çalışma ilkesi gösterilmiştir. Evaporasyon hücresinde buzun sublimasyonu, suyun faz diyagramındaki fiziksel ilkelere göre olur. Buzun sublimasyonu, buzun su buharı basıncının buzı çevreleyen ortamın su buharı basıncından daha yüksek olmasıyla gerçekleşir. Buzun buhar basıncı, sıcaklığına bağlıdır. Örneğin 0°C'deki buzun buhar basıncı 4.579 mmHg düzeyinde olduğu halde, -15°C'deki buzun buhar basıncı 1.436 mmHg'dir. O



Şekil 6.17 Dondurarak Kurutma Cihazı (Toledo, 1979)

zaman vakum hücresindeki kurutulacak ürünün sıcaklığı ne kadar düşük ise, sublimasyonla kurumanın gerçekleşmesi için de o kadar vakum uygulanmalıdır. O halde ortamın buhar basıncının, üründeki donmuş buzun buhar basıncından daha düşük olması sağlanınca atmosfer basıncında dahi sublimasyonun gerçekleşir. Yani mutlaka vakum gerekmebilir. Bu olay, buzun atmosferik basınçta sublimasyonudur. Bu ilkeler doğrultusunda “Atmosferik Dondurarak Kurutma” yöntemi geliştirilmiştir. Ancak günümüzde yaygın olarak 0.1~2 mmHg düzeyinde vakum uygulanan sistemler kullanılmaktadır. Suyun faz değişiminde belli miktarda ısı absorbe edilir veya serbest bırakılır. 0°C deki suyun 0°C de buz haline dönüşmesinde 333.6 kJ/kg donma gizli ısı serbest kalır. 0°C deki su, 0°C deki buz haline dönüşürken 2500 kJ/kg buharlaşma gizli ısı absorbe eder. 0°C deki buz, 0°C deki buhar haline dönüşürken 2830 kJ/kg ısı absorbe eder. Donma ve buharlaşma gizli ısılarının toplamı olan bu ısıya “sublimasyon gizli ısı” denir. Buzun sublimasyon gizli ısı sıcaklık derecesine bağlıdır (Tablo 7.6).

Tablo 6.6. Buz-Buhar Sisteminde sublimasyon gizli ısı ve buhar basıncının sıcaklıkla değişimi

Sıcaklık oF	oC	Mutlak Basınç			Sublimasyon ısı	
		mmHg	Paskal	bar	kCal/kg	kJ/kg
32	0.0	4.576	591	0.00591	677.3	2835.2
30	-1.1	4.178	539	0.00539	677.4	2835.6
25	-3.9	3.309	427	0.00427	677.6	2836.4
20	-6.7	2.611	337	0.00337	677.7	2836.9
15	-9.5	2.047	266	0.00266	677.9	2837.7
10	-12.2	1.597	206	0.00206	678.0	2838.1
5	-15.0	1.241	160	0.00106	678.1	2838.5
0	-17.8	0.956	123	0.00123	678.2	2839.0
-5	-20.6	0.734	95	0.00095	678.3	2839.4
-10	-23.3	0.558	72	0.00072	678.3	2839.4
-15	-26.1	0.424	55	0.00055	678.4	2839.8
-20	-28.9	0.320	41	0.00041	678.4	2839.8
-25	-31.7	0.237	31	0.00031	678.4	2839.8
-30	-34.4	0.181	23	0.00023	678.4	2839.8
-35	-37.2	0.129	17	0.00017	678.4	2839.8
-40	-40.0	0.098	13	0.00013	678.4	2839.8

Kaynak: Charm, 1963

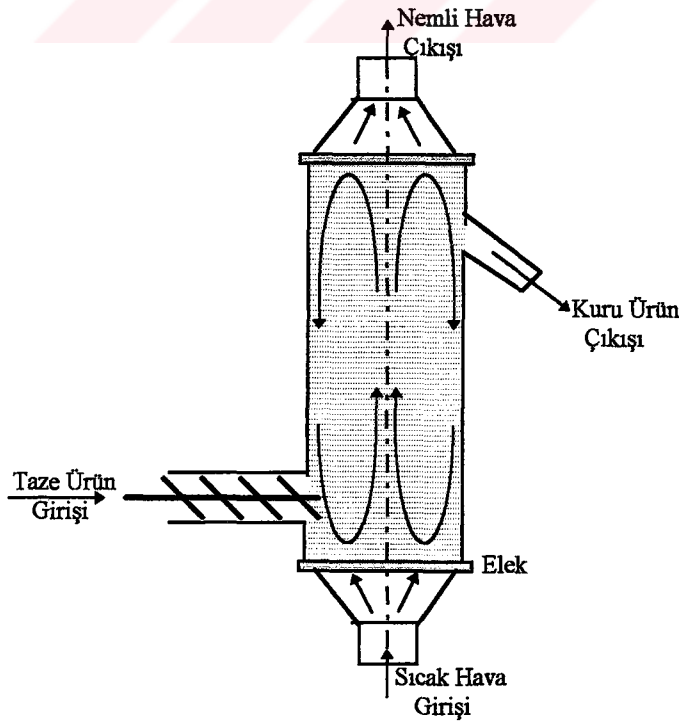
6.3.9. Akışkan yatak kurutucular

Bu kurutucularda ürün aşağıdan yüksek hızla verilen sıcak hava ile askıya alınır ve akışkan bir yatak halinde bulunur. Bunlarda havanın belli bir hızda verilmesi gerekmektedir. Örneğin 1 cm³ boyutlarında doğranmış ürünlerin havada asılı kalabilmesi için hava hızının 19

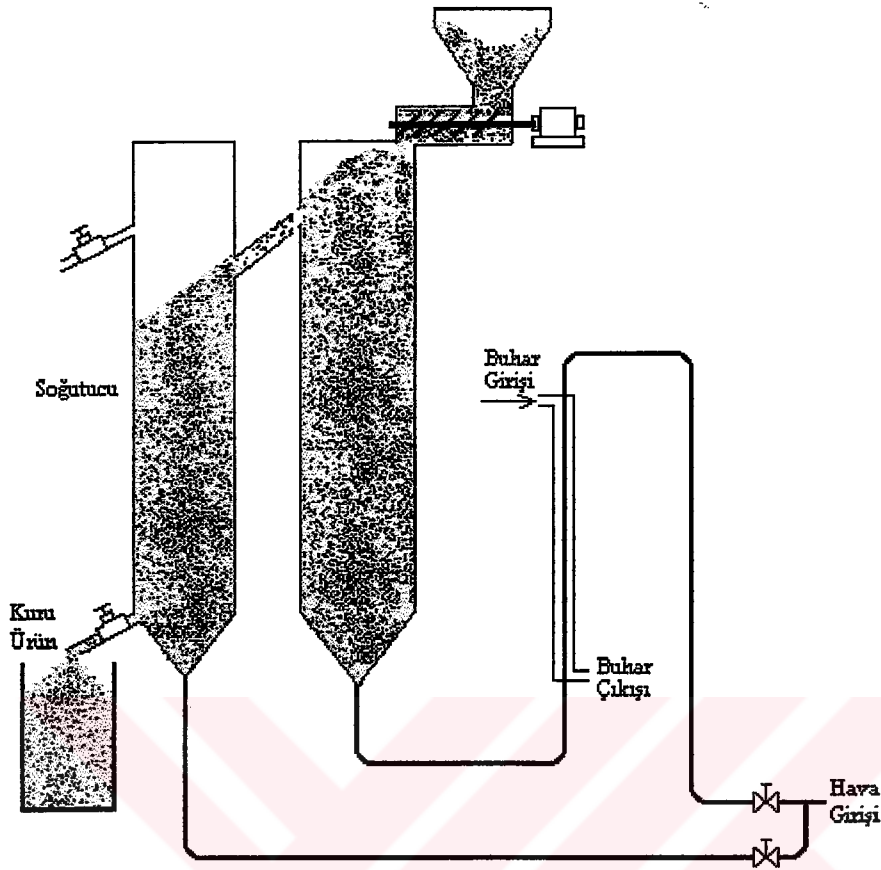
m/s civarında olması gerekmektedir (Cemeroğlu, 1986). Akışkan yataklı kurutucularda kuruyacak parçalar sürekli hareket halindedir. Tıpkı bir sıvı kütlelerinde olduğu gibi, herhangi bir parçacık, herhangi bir noktaya gidebilir. Yaş malzeme yatak içinde ani ve düzgün olarak dağılır. Parçacıkların yatak içinde kalma süreleri çok değişiktir (Şekil 6.18).

Doğantan'ın 1989 bildirdiğine göre; Mathur ve Bisher tarafından önerilen püskürtmeli akışkan yatak (Taşkın Yatak) kurutma sistemi Şekil 6.19'da gösterilmiştir. Buna göre alt tarafı konik olan içi boş bir silindir, püskürtmeli akışkan yatak olarak kullanılmaktadır. Ortam havası bir ısıtıcıdan geçirildikten sonra konik kısmın alt tarafından püskürtmeli yatağın içine üflenir. Yatak merkezindeki hava hızı yaklaşık 1 m/s kadardır. Üflenen hava yatağın merkez eksenini boyunca iç kısmından yukarı doğru hareket eder ve yatak merkezindeki malzemeleri askıya alır. Yatağı çevreleyen silindir, yüzeyine yakın olan malzeme ile daha düşük bir hız ile aşağı doğru hareket ederler. Bu kurutma sistemiyle tane halindeki hububatların kurutulması amaçlanmaktadır.

Akışkan yatak tekniğini sınırlayan başlıca etken yaş ürünün özellikleridir. Hızlı bir kurutmanın sağlandığı bu kurutucularda 135 °C ye kadar sıcak hava kullanılarak ürünün nem düzeyleri 1 saatte %5~7'ye düşürülebilmektedir. Bu tip kurutucularda meyveler öz sularını verip birbirlerine yapışarak bir kitle haline dönüştüğünden, meyve kurutmaya elverişli değildir. Fakat tahılların, bezelye ve diğer parça halindeki sebzelerin kurutulmaları mümkündür.



Şekil 6.18 Akışkan Yataklı Kurutucu



Şekil 6.19 Taşkın Yataklı (Püskürtmeli Akışkan Yatak) Kurutucu

6.3.10. Özel kurutucular

Bu metotlar sadece özel haller için kullanılır ve genel bir uygulama özelliği taşımazlar. Bunlar;

İnfrared (Kızılötesi) radyasyon: Kızıl ötesi kurutucular da denen bu sistemler enerji ışıınım prensibine göre çalışırlar. Isı akkor elektrik veya akkor gaz lambaları ile üretilir. Elektrik ısıtmalı ışıınım kaynağının sıcaklığı genellikle 2500 K civarındadır. Bu kurutucular, içine lambalar yerleştirilmiş tam kapalı bir konveyörden oluşurlar. Tünel tipi bu kurutucunun geometrisi kurutulacak malzemenin yapısına ve gerekli enerji yoğunluğuna bağlıdır. Genellikle çeşitli büyüklük ve biçimlerde malzemelerin kurutulmasına uygun biçimlerde yapılırlar. Bunlarda lamba ve reflektörler, üzerlerine sıvı damlamayacak şekilde dizayn edilirler. Tungsten elemanlı kızıl ötesi lambalar 2500 K, karbon elemanlılar 2200 K dolayında çalışırlar. Karbon elemanlı lambanın verimi 100 saatlik çalışmadan sonra düşer.

Son zamanlarda kurutmada infrared kullanımı artmış ve özellikle kısa kesilmiş makarnaların kurutulmasında başarılı sonuçlar alınmıştır. Ancak şimdiye kadar infrared

plakalar arasında dielektrik yerine geçen yaş malzemenin molekülleri tek yönlü bir gerilme kuvveti etkisinde kalırlar. Çevrimin diğer yarısında polarite değişerek malzeme içindeki gerilme ters döner. Bu yön değişimleri 2-100 MHz gibi yüksek frekanslarda olur. Bu şekilde hızlı yön değiştiren bu gerilmeler ısı meydana getiren bir çeşit sürtünmeye neden olurlar. Elektrik alanı düzgün olduğundan oluşan ısı da oldukça düzgündür. Malzemenin dışı ve içi aynı zamanda ısınır. Kalın bir parçada o kadar hızlı bir ısınma sağlanabilir ki malzeme içinde meydana gelen buhar, yüzey patlamalarına neden olabilir. Bu tip kurutucular 1-100 kW güçte olabilirler. Böyle bir tesis çok pahalıdır. Ancak yüksek frekanslı ısıtma ile sadece kısa bir süre boyunca ($\frac{1}{2}$ dakikadan az), geleneksel kurutucular ile suyu buharlaştırmak üzere kullanıldığında, bu yüksek maliyetin etkisi azalacaktır. Fakat bu işlemin ekonomik ve teknolojik avantajlarına ait güvenilir rakamlara rastlanamamıştır.

Mikrodalga Kurutma: Mikrodalga sistemiyle kurutma kurutmacılıkta kullanılan en son kurutma yöntemidir. Son 10 yılda mikrodalga ile kurutma üzerinde değişik araştırmacılar yoğun çalışmalar yaparak konuya açıklık ve pratiklik getirmeye çalışmışlardır. Bu sistemde 1-10 mm dalga boyu uzunluğunda olan ve 30-300000 milyon/devir arasında değişen frekansa sahip basit ve kısa elektromanyetik dalgalar vardır. Endüstriyel kullanım için mikrodalgalar sıcak cisimlerin radyasyonundan sağlanırlar ve tek bir frekansın mikrodalgaları magnetron tüpü ile elde edilir. Mikrodalga kurutmanın temeli, su molekülleri belirli bir ayrılma yükü derecesi gösterirler. Bunu nedeni oksijen atomunun elektronlar üzerinde çekici bir güç oluşturma eğilimidir. Böyle bir çekim, elektriksel dipol moment olarak nitelendirilen hafif bir yük ayrımına neden olur. Bir elektrik alanı varlığında çeşitli yüklerin negatif ve pozitif terminaller oluşturmalarıyla beraber, yüksek frekanstaki mikrodalgalar elektrik alandaki kutupların sürekli olarak tersine çevrilmesine neden olur. Genellikle kurutmada kullanılan frekans 915 mc'da (megacycles) elektrik alanı her saniyede 915 milyon defalık bir hızla değiştirilmektedir. Su dipollerinin bu hızlı yönelme değişikliği, temasta olduğu materyalin sıcaklığını yükselten bir iç sürtünmeye neden olur.

Mikrodalga kurutma ile ısıtma daha tekdüzedir ve denge nemi korunmaktadır. Genel olarak 915 mc da 2450 mc dan daha fazla mikrodalga etkisi vardır. Mikrodalga ısıtma faktörü olarak da bilinen dielektrik kaybı, sıcaklık ile ters orantılıdır. Bu faktör bir besindeki mikrodalga enerji absorpsiyonunun etkinliğini gösterir. Aynı zamanda bu değer büyük olması, gıda maddesine daha az etkili olacağı anlamındadır. Yarı-güç derinliği ise, dielektrik kaybı ölçümlerinden hesaplanabilir ve radyasyonun yarısının absorpsiyonu için gerekli gıda

yöntemi ile ekonomik bir kurutmayı başarmak mümkün olmamıştır. Hummel'e (1966) göre, infrared kurutma sisteminde infrared lambaları başlıca ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel üretim söz konusu olduğunda, bilhassa makarna çeşitlerinin tümünde tam bir ısı dağılımı sağlamak için çok sayıda lamba kullanımı gerekmektedir. Lambalar ile makarnalar arasındaki mesafenin en az 250 mm olması gerektiğinden makarnaların farklı tabakaları arasındaki uzaklık en az 750 mm olacaktır. Bu durum ise, infrared kullanılan bir kurutucuda daha fazla yüzeye ihtiyaç göstermekte ve geleneksel tasarımlı bir kurutucudan daha pahalı olmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından infrared ile kurutma süresinin daha kısa olduğu ileri sürülmüşse de bu bir avantaj sağlamamaktadır. Zira bu kısa kurutma sürelerinde şimdiye kadar birinci sınıf bir ürün elde edilmemiştir. Mükemmel bir ürün elde etmek için kurutma süresi uzatıldığı zaman infrared kurutma ekonomik olmamaktadır. Diğer taraftan infrared'in makarna ürünlerinin içine geçerek, iç kısmından kuruttuğu ileri sürülmüşse de yapılan testlerle bunun gerçek olmadığı kanıtlanmıştır (Boyacıoğlu ve Ünal, 1984). İnce kesilmiş sebzeler veya bütün halde yaprakların kurutulmasında infrared etkili şekilde kullanılmasına karşın, makarnalarda durum farklıdır. Çünkü makarnalarda kurutulan tabaka daha kalın olup, kurutma işlemi basit bir dehidrasyon olayı değildir. Ancak sarsıntılı bir elek ile beraber kullanılan infrared yansıtıcıları dizisi çok başarılı bir ön kurutma sağlayabilir.

Kızıl ötesi kurutma genellikle ince film şeklindeki tabakalara uygulanır. Fakat kurutma sırasında iç nem akışı olan malzemeler için uygun değildir. En geniş uygulama alanı, boya ve verniklerin kurutulması ve ince cisimlerin ısıtılmasıdır. Bunun da nedeni kızıl ötesi ışınların ancak kondüksiyon ile cisim içersine girebilmesidir. Kurutma hızı yüzeyin soğutma katsayısı ile ısı katsayısına bağlıdır. Yaş metal parçalarda yüzey kurutma 250 W lamba ve 300 mm reflektörle 2-3 dakikada tamamlandığı halde aynı şartlarda fotoğraf filmlerinin kurutulmaları 6-9 dakika sürer.

Dielektrik Isıtma (Yüksek Frekanslı Isıtma): Ürünlerin kurutulması için büyük imkanlar sağlayan bir enerji kaynağı da yüksek frekanslı ısıtma sistemleridir. Hummel' (1966) göre; bu tekniğin en büyük avantajı, kalın olan ürünlerin iç kısmına geçmesi ve ürünün iç kısmındaki suyun buharlaştırmak için gerekli enerjiyi oluşturmasıdır. Bu enerjinin sağlanması için çok güçlü bir kaynağa ihtiyaç vardır. Bu kurutucularda kurutacak malzeme yüksek frekanslı gerilimle oluşturulan güçlü bir elektrik alanına yerleştirilir. Böyle bir kurutucu en basit olarak çevreleri kapatılmış iki metal plakadan oluşur. Plakalar bir yüksek frekans osilatörüne bağlıdır. Çevrimin bir yarısında üst plaka pozitif, alt plaka negatif yüklenir ve

kalınlığı demektir. Bir besindeki su buharlaşırken yarı-güç derinliği artmaktadır. İşlenecek çeşitli gıda maddelerine göre uygulanacak mikrodalga frekansı değişmektedir. Örneğin ticari olarak üretilen cipsler için 2450 mc frekansı, su ve yağ arasında daha iyi bir yarı-güç derinliği sağladığı için kullanılmaktadır.

Mikrodalga kurutma ile sağlanan avantajlar;

- a. Zamandan Kazanma: Geleneksel kurutmanın kullanıldığı aynı süre içinde verimlilikte, 5 günlük baz üzerinden %5-42'lik artış sağlanmaktadır.
- b. Yerden Kazanma: Mikrodalga kurutma ile geleneksel kurutmanın yapıldığı aynı büyüklükteki yerde 3-4 katı daha fazla üretim yapılmaktadır.
- c. Ürün Kalitesi: Mikrodalga kurutma ile ürün kalitesi; pişme kuvveti, renk, kesme kolaylığı, ve mikrobiyolojik açıdan geliştirilmektedir. Bu uygulama ile Salmonella, Staphylococcus, E coli, Coliformlar, maya ve küf tamamen öldürülmektedir. Renk gelişimi ise en az pigment oksidasyonunun olduğu mikro kurutma işlemi süresinde tam nem kontrolü ile başarılmıştır. Pişme kalitesi de uygulanan yüksek ısı sonucu oluşmaktadır.
- d. Sanitasyon Avantajları: Geleneksel kurutucularda temizleme işleminde 24 elemana gereksinim varken mikrodalga kurutucuda bu sayı sadece 6 dır. Ayrıca kurutucu paslanmaz çelik olduğu için yıkanabilir veya buharla muamele edilebilir.
- e. Konstrüksiyon Avantajları: Kurutucu paslanmaz çeliktir ve izolasyon için poliüretan köpük kullanılmıştır. Üstte ön kurutucu, altta mikrodalga/soğutucu ve mikrodalga hava sistemi olarak üç kısma ayrılır. Tesis yaklaşık 1000 iş saati içersinde kurulabilir. Geleneksel kurutma üniteleri ise 6000-8000 iş saati arasında kurulabilmektedir.
- f. İşlem Maliyeti: Lipton Ltd. tarafından 1972 yılında Kanada'da yapılan bir çalışmada toplam işlem maliyetinin, geleneksel kurutma için 4.67 \$/h ve mikrodalga kurutma için 3.44 \$/h dan az (%35) olduğu belirtilmiştir. Ayrıca mikrodalga kurutma artıkları en az düzeye indirilmektedir. Haftada 227 ton üretim yapan bir yatırımcı mikro kurutma ile haftada 182-272 kg bir artış faktörüne sahip olacaktır.
- g. İşlem Kolaylığı: Mikrodalga en az işlem ustalığı isteyen bir kurutma sistemi olarak geliştirilmiştir. Kurutucu yalnız bir kontrol tablosundan yönetilir.

7.DENEYSEL ÇALIŞMA

7.1. Deney Setinin Oluşturulması

Deneyisel çalışma amacıyla bir kurutucu ve havalı güneş kolektörü dizayn edilmiş olup bu kurutucunun komple resmi Resim 7.1 ve Şekil 7.1’de görülmektedir. Resim ve şekilden de görüldüğü gibi sistem üç bölümden meydana gelmektedir.

- 1- Üfleme bölgesi (Fan)
- 2- Havayı ısıtma bölgesi (Kolektör)
- 3- Kurutma bölgesi (Kurutucu odası)

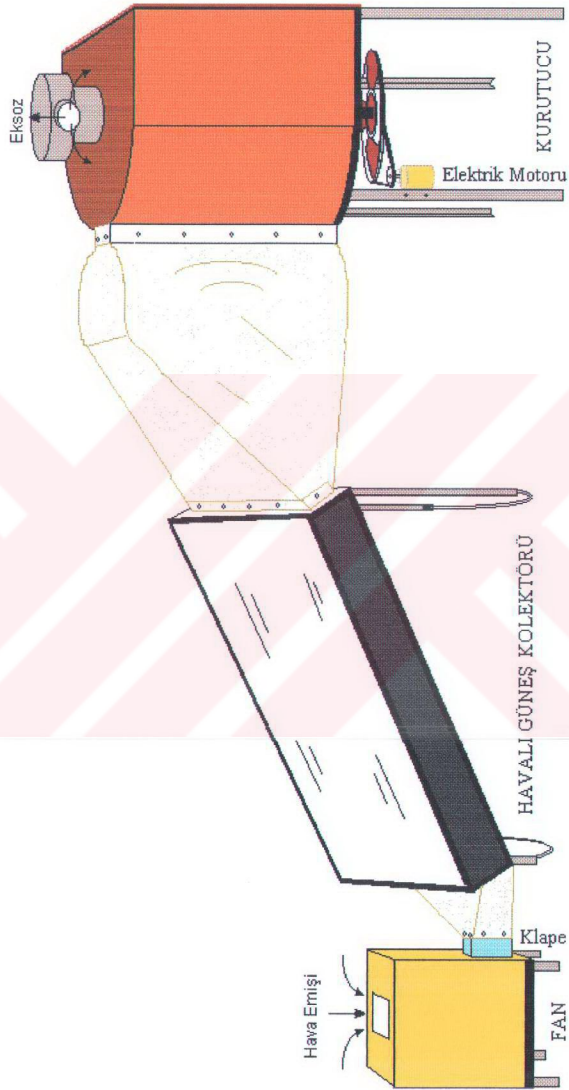
7.1.1. Üfleme bölgesi (Fan)

Üflemeyi sağlamak amacıyla kolektörün ön girişine, bir adet çift emişli ve hücreli fan yerleştirilmiştir. Bu fan Gamak marka, 71M4B tipi 0.37 kW gücünde, dakikada 1450 devirli trifaze elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Maksimum hava kapasitesi $100 \text{ m}^3/\text{h}$ dir. Hava debisi hücre çıkışındaki davlumbaza takılan ayarlanabilir klappe ile yapılmaktadır.

Fanın kolektör ile ve kolektörün kurutucuyla bağlantısı, çadır bezinin kesitlere göre diktirilmesiyle sağlandı. Fan ve kolektörün güneşin hareketine göre yön değiştirebilmesi için $30 \times 30 \text{ (mm} \times \text{mm)}$ ’lik köşebentten sehpa yaparak, ayaklarına yerleştirilen tekerlek ve



Resim 7.1 Deney Setinin Komple Resmi



Şekil 7.1 Kurutucunun Kümple Şeması

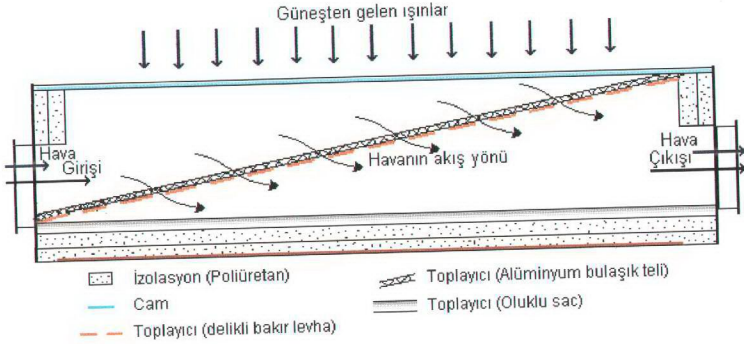
çadır bezi sayesinde, hareketlilik sağlandı.

Deneylerin ileri aşamasında eksoz havasından yararlanılmak amacıyla, eksoz havası geri besleme borusu yardımıyla fanın hava girişine bağlandı. Açık havadan ve geri beslemeden emilen havanın toz, kir ve çöplerden arındırılmış temiz bir şekilde olmasını sağlamak amacıyla da fanın hava emiş kesitine kuru filtre takıldı.

7.1.2. Havayı ısıtma bölgesi (Kolektör)

Kolektör imalatına başlamadan önce elde edilen veriler değerlendirilerek imalata geçilmiştir. Kasa için, ağaç malzemenin sıcaktan etkilenip deformasyona uğrayabileceği düşünülerek, uzun ömürlü olması amacıyla 1.5 mm'lik sac $1000 \times 2000 \times 40$ mm³ boyutlarında, presle şekillendirilerek imal edilmiştir. Yalıtım amacı ile alt tabana 25 mm kalınlıkta poliüretan, iki kat konularak ısı kayıplarına karşı izole edilmiştir. Bu izolasyonun toplam kalınlığı 50 mm dir. Bunun üzerine oluklu sac plaka konmuştur. Güneş ışınlarının dik düşmesini sağlamak amacıyla sacın oluklarının kolektörün uzunluğu istikametinde olması sağlanmıştır. Sac; olukları dolayısıyla ondüleli şekle sahip olduğundan, projeksiyon alanından daha büyük bir yüzeye sahiptir. Yani hava ile temas edecek yüzeyi fazladır. Bu sac levha "DYO mat dekorasyon boyası, Dysan 20 siyah" ile boyanmıştır. Kolektörün yan kısımları da iki kat olmak üzere toplam 50 mm kalınlığında poliüretanla kaplanmıştır. Burada izocam yerine poliüretan kullanılmasının nedeni izocam'ın kanserojen madde olan asbest içermesindendir. Bu poliüretanların üzerine, güneş ışınlarını toplayıcıya yansıtması için, önceleri alüminyum folyo kaplanmış fakat etkin bir faydasının olmadığı gözlenince bilahare sac levha geçirilerek aynı mat siyah boya ile boyanmıştır. Poliüretanların nemden etkilenmemeleri için izolasyon yapılan kısımların üzeri ruberoitle kaplanmıştır.

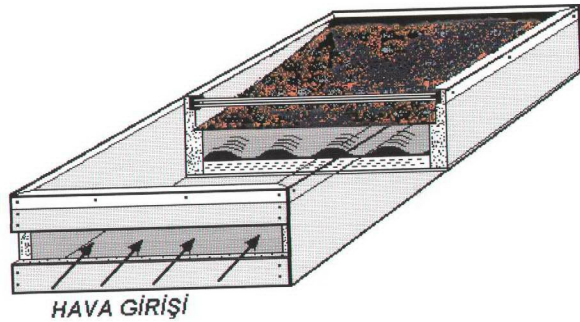
Yapılan kolektör üç tesirlidir. Yani üç absorbe edici plakaya sahiptir. Altteki izolasyonun üzerine yerleştirilen oluklu sac, bu absorbe edici plakalardan ilkini teşkil etmektedir. Kolektörün ikinci absorbe edici plakası ise, kolektörün köşegeni boyunca uzatılan delikli bakır plakadır. Delikli bakır plaka; 0.65 mm kalınlıktaki bakır saca, 30 mm'lik delik zımbası ile eşit aralıklı delikler delinerek yapılmıştır. İki delik merkezi arası 60 mm dir. Bu bakır plaka kolektöre köşegenleri istikametinde eğik olarak yerleştirilmiştir (Şekil 7.2). Plakanın bu konumu alt ucundan oluklu saca binecek şekilde olup, üst ve orta kısımlarından desteklenerek eğilmemesi sağlanmış ve üzeri siyaha boyanmıştır. Üçüncü absorplayıcı ise, alüminyum sinek telinin aynı boya ile boyanarak bakır plakanın üzerine



Şekil 7.2 Kolektörün Enine Kesiti

yerleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Ayrıca kolektör verimini daha da artırmak için, piyasada alüminyum kapların parlatılması amacıyla satılan bulaşık teli boyanarak serilmiştir. Delikli bakır plaka ve üzerine serilen alüminyum sinek telinin üzerine yerleştirilen bulaşık teli ile genişletilmiş yüzeyli bir yapı oluşturulmuştur (Şekil 7.3, Resim 7.2 ve Resim 7.3). Bu haliyle dahi güneş radyasyonunun oluklu saca yaklaşık olarak %10-15 oranında düştüğü Resim 7.4'de görülmektedir.

Geçirgen örtü olarak, tek katlı 4 mm kalınlığında cam kullanılmış ve cam ile kasa arasındaki ısı transferini azaltmak için de araya otomobil cam fitili yerleştirilmiştir.



Şekil 7.3 Kolektörün Boyuna Kesiti



Resim 7.2 Delikli Bakır Plakalı Havalı Güneş Enerjili Toplayıcı

Kolektör imal edildikten sonra, ön ile arka ayaklar arasında 650 mm'lik yükseklik farkı oluşturularak 30×30 'luk köşebentten yapılan sehpa ile denklem 4.4 den 20. Temmuz için bulunan 20° lik güneye bakan eğim sağlanmış ve yapılan kolektör bu sehpa üzerine oturtulmuştur. Daha sonra sabit olan bu kolektörden daha uzun bir zaman güneş ışınlarını dik alabilmesi için hareket ettirilmesi düşünülerek sehpa ayaklarına hareketli tekerlekler yerleştirilmiştir. Bu haliyle önceki sabit halinden daha fazla radyasyon absorplayabildiği görülmüştür. Ancak zaman zaman kolektörün ve fanın güneşin hareketine göre çevrilmesi gerekmektedir. Bir müddet bu şekilde kullanıldıktan sonra yalnız kolektörün hareket ettirilmesi daha pratik olacağı düşüncesiyle hareketli tekerleklerin yerine ön ve arka ayaklara $\varnothing 16$ mm'lik demirin bükülmesiyle oluşturulan salıncak ayaklar kaynatılarak, güneşin hareketine göre doğu batı istikametinde 60° lik rahatça hareket imkanı sağlanmıştır (Resim 7.5). Kolektörün faydalanılabilir cam yüzey alanı $950 \times 1985 \text{ mm}^2$ dir.



Resim 7.3 Delikli Bakır Plaka ve Bulaşık Teli ile Geniştirilmiş Yüzeyli Havahü Güneş Kolektörü



Resim 7.4 Delikli Bakır Plaka ve Geniştirilmiş Yüzeyden Güneş Işınımının Oluklu Saca Düşüşü



Resim 7.5 Kolektörün 60°'lik Dönme Hareketi

7.1.3. Kurutma bölgesi

7.1.3.1 Kurutma kapasitesinin tespiti

Kurutma odasının boyutlarının belirlenmesi için kurutma kapasitesinin tespit edilmesi gereklidir. Kapasitenin tespit edilebilmesi için de 1 kg taze kayısıdan kaç kg kuru kayısı kalacağını, yani içerdiği nemin ne kadarının buharlaştırılması gerektiği, bunun için ne kadar enerjiye ihtiyaç olduğu, ayrıca bu enerjinin nereden sağlanacağı ve bunun için nelerin gerekli olduğunun bilinmesi gerekir. Bütün bunların tespit edilebilmesi için, kayısıların en fazla bulunduğu ay olan Temmuz ayı için tahmini bir hesap yapılmış, daha sonra bu hesaba göre kurutucu odası imal edilmiştir.

Eğik yüzeylere gelen güneş radyasyonunun hesaplanabilmesi için aşağıdaki bilgilere ihtiyaç vardır.

1. Bölgenin enlem derecesi: 38° 41' N

2. Kolektör eğim açısı: Denklem (4.4)'den $n = 201$ (20 Temmuz için)

$$d = 23.45 \cdot \sin[0.986 \cdot (n + 284)] = 23.45 \cdot \sin[0.986 \cdot (201 + 284)] \approx 20^\circ$$

3. Aylık atmosfer öncesi ortalama radyasyon değerleri: Tablo 4.1'den yatay düzleme gelen Elazığ ili yeryüzü ve atmosfer öncesi, aylık ortalama radyasyon değerleri tablosundan, Temmuz ayı ortalama değeri $AÖRA = 466.66 \text{ (W/m}^2\text{)}$

4. Aylık yeryüzü ortalama radyasyon değerleri: Yine Tablo 4.1'den yatay düzleme gelen Elazığ ili yeryüzü ve atmosfer öncesi, aylık ortalama radyasyon değerleri tablosundan, Temmuz ayı ortalama değeri $YYRA = 309.15 \text{ (W/m}^2\text{)}$

5. Direkt, difüz (yayılmış) ve yansıtılmış radyasyon aç faktörleri:

Direkt radyasyon aç faktörü (yaz için Tablo 4.3'den): $DRAF = 0.940$

Difüz radyasyon aç faktörü Kolektör eğim açısı 20° için (Tablo 4.4'den): $DİFAF = 0.97$

Yansıtılmış aç faktörü Kolektör eğim açısı 20° için (Tablo 4.4'den): $YAF = 0.03$

6. Bulanıklık faktörü: Bulanıklık faktörü, yeryüzü radyasyon değerlerinin, atmosfer öncesi radyasyon değerlerine oranıdır. Yani,

$$BUF = YYRA / AÖRA = 309.15 / 466.66 = 0.662$$

olarak bulunur. Bu değer atmosferin ortalama radyasyon geçirgenliğidir.

7. Yatay düzleme gelen toplam radyasyonun direkt (DİR) ve difüz (DİF) miktarlarının hesaplanması: Toplam yeryüzü radyasyon değeri, direkt ve Difüz diye kısımlara ayrılır.

$$DİF = (1 - 1.097 \times BUF) \times YYRA = (1 - 1.097 \times 0.662) \times 309.15 = 84.64 \text{ W/m}^2$$

$$DİR = YYRA - DİF = 309.15 - 84.64 = 224.51 \text{ W/m}^2$$

8. Aç faktörlerinin tespiti: Açılı bir yüzey üzerine gelen radyasyonun yatay düzleme gelen radyasyona oranıdır. Yatay düzleme gelen radyasyon miktarları ile aç faktörlerinin çarpımı, açılı düzleme gelen radyasyonu (ADGR) verir.

$$DİF \text{ ADGR} = DİF \times DİFAF = 84.64 \times 0.97 = 82.10 \text{ W/m}^2$$

$$DİR \text{ ADGR} = DİR \times DİRAF = 224.51 \times 0.940 = 211.04 \text{ W/m}^2$$

9. Eğik düzleme düşen toplam radyasyon miktarının hesaplanması: Toplam radyasyon direkt, difüz ve yansıtılmış radyasyonların eğik yüzey üzerindeki toplamıdır. Yatay düzleme gelen direkt ve difüz radyasyonlar aynı zamanda buradan da yansır. Kolektörlerin çevrelerindeki çeşitli malzemeler, üzerlerine gelen radyasyonun bir kısmını kolektör üzerine düşürürler. Bu yansıtıcılık yüzdeleri Tablo 4.2'de verilmiştir. (Beton kaplı zemin için Tablo 4.2'den $YAO=0.22$)

$$TRA = DİR \times DİR AF + DİF \times DİF AF + YYRA \times YAO \times YAF = 224.51 \times 0.940 + 84.64 \times 0.97 + 309.15 \times 0.22 = 211.04 + 82.10 + 68.01 = 361.15 \text{ W/m}^2$$

$TRA = 361.15 \text{ W/m}^2$ olarak Temmuz ayı için, 20° lik eğik düzleme düşen toplam radyasyon miktarı bulunur ve faydalanılabilir cam yüzey alanı $A_{cam} = 1.985 \times 0.95 = 1.88575 \text{ m}^2$ olduğundan, kolektörün ısıtma gücü,

$$Q = TRA \times A_{cam} = 361.15 \times 1.88575 = 681.04 \text{ W}$$

olur. Kolektör bu ısıtma kapasitesi ile kayısındaki suyu buharlaştıracaktır. Kolektör verimi en iyimser tahminlere göre %44 ise, güneşten kolektörün alacağı $Q \equiv 300 \text{ W}$ lık enerjiyi kurutma havasına verecek demektir. Bu enerji ile kayısı kurutulacağından Gökçe'ye, 1970 göre; kayısının ilk ağırlığının $1/3$ 'üne düşmesi yeterli gelmektedir. Deneyler süresince ortalama taze kayısı neminin %70 olduğu ve TSE 485'e göre, kayısının %25 neme düşürülmesi gerektiğinden 1kg kuru kayısı elde edebilmek için Gökçe'ye, 1970 göre,

$$\frac{100-25}{100-70} = 2,5 \text{ kg çekirdeksiz taze kayısıya ihtiyaç vardır (Gökçe, 1970). Yani taze kayısı-$$

nın $2/3$ 'ü buharlaştırılmaktadır. Yani 1kg kayısının kurutulması için 0.667 kg suyun buharlaştırılması gerekmektedir. Buharlaştırılacak her 1kg su için ortalama 2500 kJ'lük ısı gerekir. 10 saatlik bir güneşlenme günü için kolektör 10800 kJ'lük ısı toplar. Bu ısıya;

$$\frac{10800 \text{ kJ} / 10 \text{ saat}}{2500 \text{ kJ} / \text{kg.su}} = 4,32 \text{ kg.su} / 10 \text{ saat}$$

su buharlaştırılabilir. Kayıların 2 gün $\times$ 10 saat nihai kuruluğa getirileceği kabul edilerek,

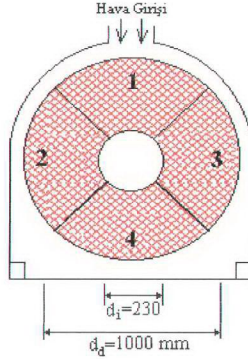
$$\frac{2 \times 10 \text{ saat} \times 4,32 \text{ kg.su}}{10 \text{ saat}} = 8,64 \text{ kg.su}$$

$$\frac{8,64 \text{ kg.su}}{0,667 \text{ kg.su} / \text{kg.kayısı}} = 12,96 \text{ kg.kayısı}$$

$1,88575 \text{ m}^2$ lik kolektör ile 10 saatlik iki günde 13 kg. kayısı kurutulabilir. m^2 ye 15 kg kayısı yoğunluğu düşünülerek yaklaşık 1 m^2 lik kurutucu sergi alanına ihtiyaç vardır. Şekil 7.4'de herhangi bir sıradaki rafların alanının hesaplanmasıyla gerekli kurutucu genişlik ve yüksekliği tespit edilebilir. Bir sıra rafın alanı:

$$\frac{\pi}{4} [(d_d^2) - (d_i^2)] = \frac{\pi}{4} [(1)^2 - (0.23)^2] = 0.74385 \text{ m}^2$$

bulunur. Buna göre alan 1 m^2 olabilmesi için iki sıra yeterli gelmektedir.



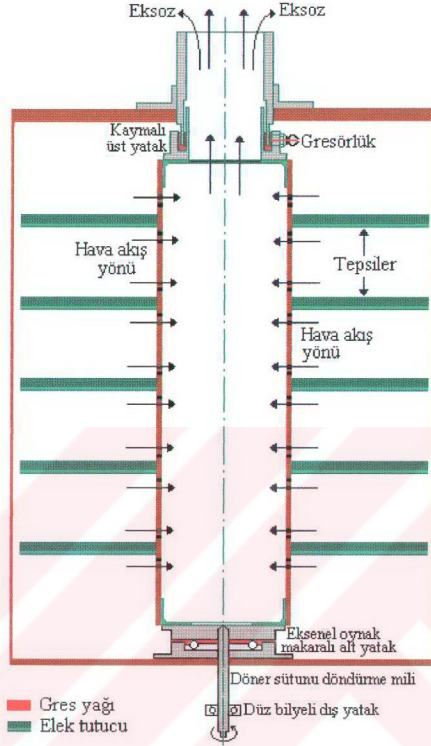
Şekil 7.4 Bir Sıra Rafın Üsten Görünüşü (Şematik)

7.1.3.2 Kurutucu odası

Kurutucu odasının dizaynında “Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu” (DSSK) adı verilen yeni bir kurutucu tipi geliştirilmiştir. Bu kurutucu ile Elazığ ve yakın çevresinde yetiştirilen kayısıların optimum kurutucu hava hızı ve kurutucu devri ile birçok meyve ve sebze kurutmada en önemli problem olan homojen kurumanın sağlanması hedeflenmiştir.

Kurutma odası; ağaç malzemeden silindirik sayılabilecek şekilde, kurutma kapasitesi dikkate alınarak, 1100 mm çap ve 1100 mm yüksekliğinde imal edilmiştir (Şekil 7.5). Üst ve alt tablalar 16’lık MDF’den, yanlar ise dairesellik sağlanabilmesi için kontrplak kıvrılarak yapılmıştır. Kurutucu odasının bütün birleşme yerleri her türlü sızdırmazlığı sağlamak amacıyla tutkallanarak vida ile birleştirilmiş ve ayrıca kurutucunun içi ve dışının nemden etkilenmemesi için de çam rengi polimerle üç kat boyanmıştır. Kolektöre bakan ön kısımda, sıcak havanın girmesi için $270 \times 1050 \text{ mm}^2$ ’lik aralık bırakılmıştır. Buraya da, kükürtleme sırasında sıkıca kapanabilmesi için, U şeklinde bir tarafı açık olarak Dodge pikapların ön cam fitili geçirilmiştir. Bu cam fitilinin bir tarafı kurutucuya monte edilmiş diğer kısmı ise kapak olarak kullanılan 1.5 mm’lik saca yuva olmuştur.

Arka kısımda $700 \times 1000 \text{ mm}^2$ ebadında 16’lık MDF’den kapı konulmuştur. Kurutucunun doldurulup boşaltılması buradan yapılmaktadır. Kapı, kükürtleme sırasında SO_2 kaçmaması için, buzdolabı imalatçılarından temin edilen menteşe ve kilit sistemi ile donatılmıştır. Ayrıca kapı iç kısmına yine buzdolaplarında kullanılan kauçuk fitil takılmıştır.



Şekil 7.5 Kurutucunun Kesit Resmi (Ölçeksiz)

Kurutucu dizayn edilirken, kükürt dioksit kaçırmaması için hareketli kısımlar yataklanmış, sabit ve hareketli birleşme yerlerindeki olabilecek sızdırmazlığı sağlamak için, gres yağı kullanılmıştır. Bu yataklama montaj ve demontaj tasarlanarak yapılmıştır. Üstte bulunan 1635 mm çaplı boru hem yataklık ve hemde eksoz vazifesi yapmaktadır. Bu sütun, alttan ve üstten $30 \times 30 \text{ mm}^2$ köşebenttin kenarları el testeresi ile kesilerek iki ucunun kaynak yapılmasıyla sekizgen şekil verilip, üzerine 16'lık MDF'lerin tek tek alıştırılarak cıvata ile tutturulması şeklinde oluşturulmuştur. MDF'den yapılması, raflar arası kurumadaki olabilecek homojensizliği önlemek amacıyla, hava çıkış deliklerinin zaman zaman delinerek ayarlanmasına imkan vermesindendir. Alt yatak ise, ortasındaki mile cıvata ile bağlı olan kasnak vasıtası ile, otomobillerin 12 Voltluk cam silgi motorundan, bir

kayış-kasnak çifti ile hareket alarak dönmesiyle sağlanmaktadır (Resim 7.6). Bu motorun devri, gerilim kontrolü ile sıfırdan 3 d/d'ya kadar sorunsuz olarak ayarlanabilmektedir. Ayrıca düşük devir elde etmek için kasnak çapları hesapla ayarlanmıştır. Yüksek devirler, kayışların savrulmaması için, zaten arzu edilmemektedir.

Kurutucu içersinde, ileriki çalışmalarda da kullanılmak amacıyla 5 sıra halinde, 150 mm aralıklı, çapı 230 mm olan döner sütuna monte edilmiş T profilli demirler üzerinde duran ve her bir katta 4 adet olan kurutma tepsileri toplam 20 adet olarak ve rahatlıkla dışarı alınıp tekrar takılabilir şekilde yapılmışlardır. Resim 7.7'de kurutma odasının içten görünüşü verilmiştir. Bu tepsiler; 6 mm çaplı yuvarlak demirlerin iç çapı 230 mm ve dış çapı 1000 mm olacak biçimde şekillendirilmesi ve üzerinin boyanması ile yapılmıştır. Bu tele, hava geçişini engellemeyecek şekilde, balık ağı ve patates torbası geçirilmiştir. Kurutucuya giren hava, tepsilerin her tarafından rahatça geçerek ortadaki dönen ve tepsileri taşıyan sütun üzerinde açılmış olan deliklerden çıkıp eksoz olmaktadır.

Genellikle kurutmacılıkta kullanılacak rafların imali kolay, maliyeti ucuz, temizlenmesi kolay, hafif, geçirgen ve sağlam olması arzu edilir. Çok önemli bir husus da raf malzemesinin kurutulan ürünü lekelememesi ve kirlenmemesidir. En çok kullanılan raf malzemesi şüphesiz tahtadır. Ancak tahta raflarda hava dolanımı tel örgülü raflarda olduğu gibi iyi değildir. Bu da kuruma hızını olumsuz yönde etkiler. Son zamanlarda galvanizli



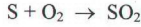
Resim 7.6 12 Voltluk Cam Silgi Motoru ile Dönme Mekanizması



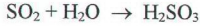
Resim 7.7 Kurutma Odasının İçten Görünüşü (Raf, Tepsiler ve Hava Çıkış Deliklerinin Görünüşü)

telden yapılmış elekli raflar ve yanılarak açılmış metal eleklerin kullanımı artmaktadır. Metal raf malzemelerinin bu iyi taraflarına karşın, kükürt dioksitle reaksiyona girip, kükürtlenmiş ürünlerin üzerinde siyah lekeler bırakmaları olumsuzluklarıdır.

Kükürt dioksitin (SO_2) metalik malzemelere etkisi şu şekilde olmaktadır. Kükürdün yanması ile,



Kükürt dioksit oluşmakta ve bu da meyve bünyesindeki su ile birleşerek,



Sülfüroz asit meydana getirmektedir.

Kurutulacak olan kayısıların renk ve kalitesinin korunması için kükürt dioksit kullanılır. Kükürt dioksitin gerek gaz ve gerekse sodyum veya potasyum metabisülfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) gibi çözülmüş sülfite tuzları halinde meyve ve sebzelerde kurutulmadan önce kullanılması ile renk muhafaza edildiği gibi böcekler, küf ve mayaların gelişmesi önlenir, enzimler tahrip edilir (Keskin, 1970).

Ülkemizde kurutulan bir çok ürün gibi kayısıların da dayanıklılığının artırılması için kükürtlenmeleri gerektiğinden leke oluşumunun önlenmesi için bu metal elek malzemelerin raf malzemesi olarak kullanılmasından vazgeçildi ve raf malzemesi olarak önce iplik yardımıyla elle örülmesi denendi, fakat sarkmaların olmasıyla bundan da vazgeçilerek balık ağı denendi. Bunun da raf tellerine yerleştirilip gerilmesinin zorluğu karşısında, piyasada bulunan ve çok ekonomik olan patates ve soğanların koyulduğu delikli torbalar, hava geçişlerini etkilemeyecek incelik ve porozitede olması ve aynı zamanda yıkanmaya da elverişli olması bu malzemenin kullanılmasında tercih sebebi oldu.

Raf malzemesi olarak çeşitli plastikler, suni ve tabii elyaflar, plastik sinek teli, kevgir malzemesi, kalbur yapısı, sap veya kâmiş örgü ve ince elektrik kablo su araştırıldı. Fakat piyasa durumu, ekonomiklik ve kullanımları düşünülerek balık ağı ve patates konan torba malzemeye karar verilerek uygulamaya konuldu.

Kurutulacak ürünlere göre kurutucular çok çeşitli olmakla beraber genel olarak kurutucuların en büyük sorunu, homojen bir kurutma sağlayamamalarıdır. Bu noktadan hareketle, kurutucu içersindeki kayısıların döndürülmesi yoluna gidilmiş ve bu yolla kurutulan kayısıların homojenliği sağlanmaya çalışılmıştır.

Eksoz havasının bir kısmının tekrar geri kazandırılarak kullanılmasına imkan vermek maksadıyla, eksoz borusuna 0.75 mm sacdan davlumbaz yaptırılarak takılmıştır.

Bu davlumbaz aynı zamanda içersine aspiratör takılmasına imkan verecek biçimde kapaklı yapılmıştır. Davlumbazın çıkışına da, alüminyum malzemeden yapılmış uzayıp kısalabilen şofben borusu takılmıştır. Bu boru, geri besleme borusu ve debi tespitinde kullanılmıştır.

7.3. Yapılan Ölçmeler ve Ölçme Cihazları

Bu çalışmada, kayısı dönemi boyunca dış hava sıcaklık ve nemi, havalı kolektör giriş-çıkış sıcaklıkları, kurutma odasındaki raflar arası sıcaklık ve oda içi nemi, kurutma odası giriş-çıkış sıcaklıkları ile giriş-çıkış nemleri, kuruma boyunca kayısı içi sıcaklık değişimi tespit edilmiş ve ayrıca kurutucuda kurutulan kayısıların sonuçları ile doğal olarak açıkta kurutulan kayılardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Ölçü aletleri Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği ve Malatya Kayısı Borsası Kimya Laboratuvarından temin edilmiştir.

Deneylerde kullanılan hava hızları, 4400 tip TESTOTERM marka 0.6~40 m/s arasında ölçüm yapabilen anemometre ile ölçülmüş, çıkışa bağlanan eğik manometreli orifismetre ile de hava debisi tespit edilmiştir.

Sıcaklık tespitinde BS 4937 standardında J-tipi Demir (+) Constantan (-) ısı çifti 12 kanallı ELİMKO-6000 otomatik ve manuel kumandalı 0.1°C hassasiyetli dijital termometre ile kullanılmıştır. Böylece havanın fan ve kolektör giriş-çıkış sıcaklıkları, kurutucu içi, raflar arası, kayısı içi ve kurutucu çıkış sıcaklıkları ile çevre sıcaklıkları tespit edilmiştir.

Nem ölçmede KM 8004 model dijital Hunidity termohigrometre yardımıyla kurutucu giriş ve çıkışı ile açık havanın nem değişimleri tespit edilmiştir. Ayrıca bir adette Alman malı 4118 Hygrometer FCKW-fret marka %20~%100 ıskalalı nem ölçer, sabit olarak kurutma odasında sürekli ölçüm için bulundurulmuştur.

Laboratuar tipi deney düzeneğinde, ağırlık tespiti OWALABOR marka 0.1 gr duyarlıklı Alman malı dijital terazi ve yine Alman malı SARTORIUS marka A.6801 model 0.0001 grama duyarlı dijital teraziler ile yapılmıştır.

Devir tespitinde DT-2234 A model, Photo type, Taiwan malı 5-999.9 arasında ölçüm yapan 0.1 d/d ya duyarlıklı dijital Tachometer kullanılmıştır. Devir ayarı ise, Alman malı THEPRA Stromversorgung Power Supply ile 0.5 Volt duyarlıklı 9~15 Volt ıskalalı max. 15 Amper akıma müsaade eden adaptör, kurutucu odasındaki döner sütunu çeviren cam silgi motorunun geriliminin kontrolü ile yapılmıştır.

Deneyler sırasında güneş ışınımını tespit için, Kipp & Zonen marka CM 11 tipi, 0~1000 W/m² ışınım şiddeti aralıklı 4~6 $\mu\text{m/Wm}^{-2}$ hassasiyetli piranometre ile Kipp & Zonen CC12 Solar Integrator tipi 6 × 8 nokta matris karakter vurabilen piranometre yazıcılı solarimetre cihazı kullanılmıştır. Solarimetre ile günün belirli saatlerinde ölçümler yapılarak anlık ortalama güneş ışınım değerleri tespit edilmiştir.

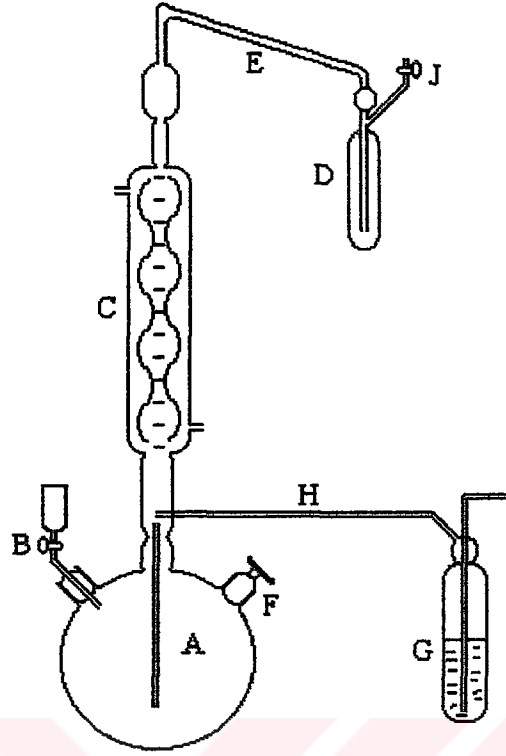
Kalınlıklar 0.05 mm' lik verniyeli kumpas ile tespit edilmiştir.

Numune neminin tespitinde sıcaklığı 42~300°C arasında ve 100 dakikaya kadar otomatik zaman ayarı yapılabilen 2000 W gücünde termostatlı fırın kullanılmıştır.

7.3.1. Kükürt dioksit miktarının tespiti

Deneyler yapıp numuneler alındıktan sonra kayısı piyasasının en iyi bilindiği yöre olan Malatya'ya gidilerek kurutulan kayısların hijyenikliği, nem durumu, kükürt oranı ve görkeminin belirlenmesi sağlandı. Kurutmuş olan kayısların test edildiği Malatya Borsası raporu EK-1 de verilmiştir.

Kükürt dioksit miktarı, iki Alman bilim adamının adı ile anılan Reith-Williems metodu ile tayin edildi. Bu metot; belirli miktardaki numune içindeki SO₂'i serbest hale getirdikten sonra, bundan meydana getirilecek sülfürik asidi, normalitesi bilinen bir alkali ile titre etmektir. Bunun için Şekil 7.6'da görülen SO₂ tayin cihazı kullanıldı. Bu cihazın A balonuna 150 ml damıtık su konuldu. Cihazdan en az 15 dakika CO₂ geçmesi sağlandı. Bunun için de gaz akımının yıkama şişesindeki su içersinden, dakikada 30 kabarcık geçecek şekilde ayarlandı. D tüpüne 10 ml %3'lük hidrojen peroksit kondu. Karbon dioksit akımına dokunmadan daha önce hazırlanmış numuneden 5 gr civarında Alman malı Sartorius marka A.6801 model 0.0001 grama duyarlı terazide tartıldı, süratle B kapağından A balonuna kondu ve 130 ml damıtık su ilave edilerek hemen kapandı. Bir pipetle 40 ml %15'lik hidro klorik asit B hunisinden musluğu açılarak A balonuna alındı, soğutucunun suyu açılarak ve A balonunun altındaki ocak yakılarak kaynaması sağlandı. Kaynamanın sonunda J musluğu açıldı ve ocağın, suyun ve karbon dioksidin muslukları kapatıldı. D tüpü 200 ml damıtık su ile geniş ağızlı bir erlenmayerde yıkandı. Ayrıca bir su banyosu üzerinde yarım saat ısıtılıp, üzerine 3 damla Bronphenol mavisi eriğini ilave edilerek sarı renk mavi menekşe rengine dönüşünceye kadar 0.1 normal sodyum hidroksit ile titre edildi.



Şekil 7.6 Kükürt Dioksit Tespit Cihazı

Bu şekilde Malatya Kayısı Borsası Kimya Laboratuvarında incelenen numune kuru kayısıların 1 kg'daki SO₂ miktarı,

$$\text{Kükürt Dioksit (mg)} = 3200 \cdot \frac{a}{p}$$

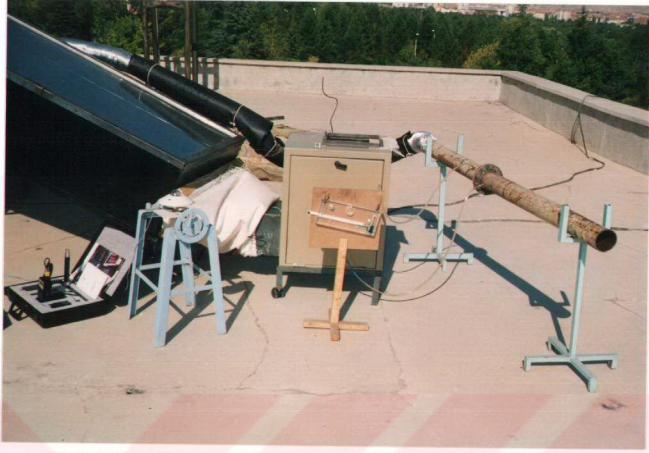
olarak, formülü ile tespit edildi. Deney neticesi kükürt dioksit oranları Ek1'de verildi.

7.3.2. Hava Debisinin Ölçülmesi

Hava debisinin ölçülmesi için bir orifis ve eğik manometreden yararlanıldı. Orifis; British BS1042, Part1, 1964 standardına göre dizayn edildi. Orifis'in ön ve arka tarafındaki basınç farkı ile hacimsel debi arasındaki ilişkileri ifade eden; enerji, süreklilik ve Bernoulli denklemlerinden yararlanılarak hava debisinin ölçümü için aşağıdaki ifade verilmiştir.

$$\dot{V} = 10.037 \times h^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (7.1)$$

7.1 no'lu eşitlikten de görüleceği gibi orifisin h (mm) mesafesinin eğik manometreden okunması ile hacimsel debi tespit edilebilmektedir. Bu durum Resim 7.8'de görülmektedir. Ayrıca 7.1 eşitliğinin açıklaması EK IV'de verilmiştir.

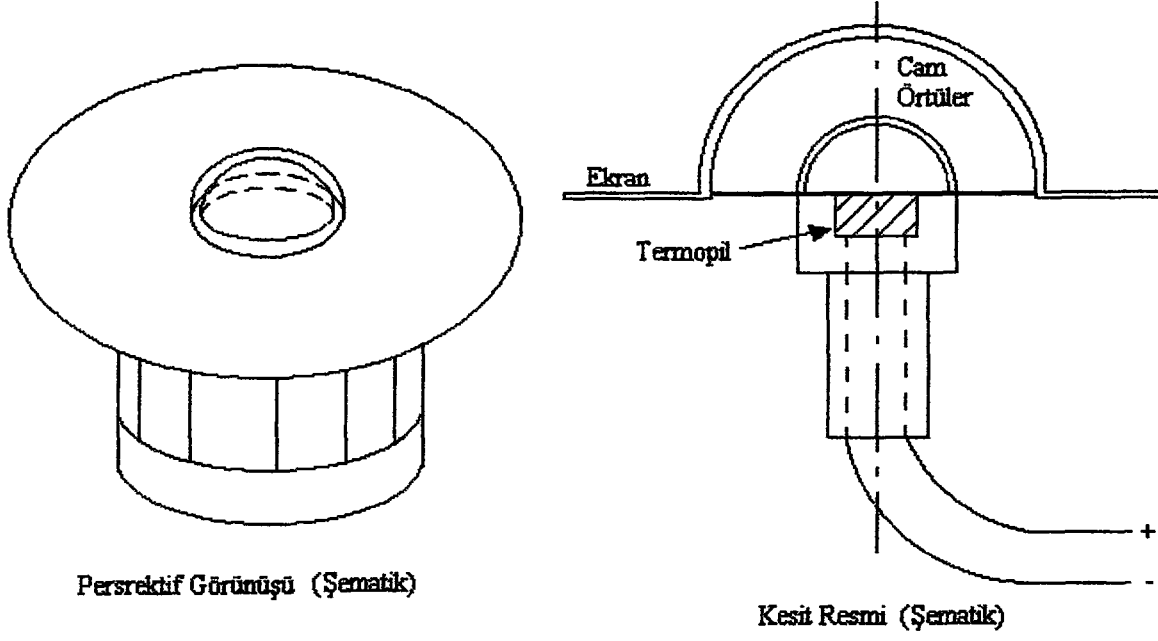


Resim 7.8 Eğik Manometreli Orifis metre İle Hava Debisinin Tespiti

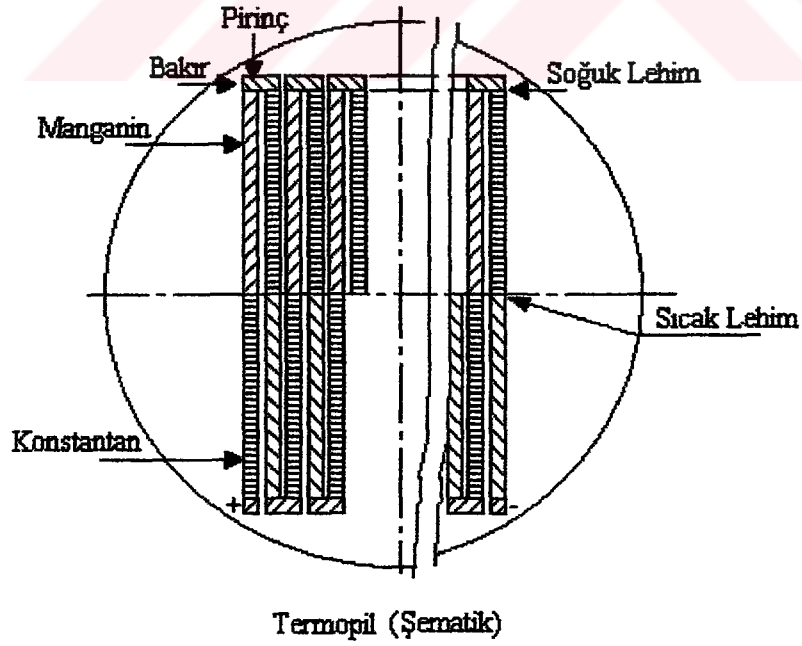
7.3.3. Güneş radyasyon ölçümleri ve kolektör verimi

Kolektör veriminin tespiti amacıyla Ağustos 1997 için Kipp & Zonen piranometre- siyle ve bu ağıta bağlı aynı marka CC 12 model dijital solar integrator ile ölçüm periyodu- nun önceden programlanabildiği 10, 30, 60 dakika ve 24 saatlik periyotların 60 dakika aralıklı olanı seçilerek ölçümler yapıldı.

Deney düzeneği ve yapısal özellikleri ile çalışmasını gösteren kesit resmi Şekil 7.7 ve 7.8'de gösterilmiştir. Bu ağıt esas olarak bir termopilden ibaret olup, ağır bir metalik taşıyıcı üzerine tespit edilmiştir. Termopilin üzerinde koruyucu olarak 2 mm kalınlıkta 3 ve 5 mm çaplarında, aralarında 10 mm boşluk bulunan iki kat camdan yarı küre bulunmaktadır. Bu cam örtünün de 10 mm üzerinde yine iki katlı yarım küre şeklinde, dış ortamın rüzgar, yağmur ve toz gibi olumsuz etkilerinden direk temasını kesmek için ikinci bir örtü konmuştur. Bunlarında üzerinde bulunan ortası koruyucu cama geçecek şekilde delik olan, beyaz lake boyalı metalik dairesel bir disk, etraftan saçılan ve yayılan radyasyonun termopile gelmesini engeller. Çapı yeterince büyük olan bu disk aynı zamanda termik ekran görevi de görür. Termopil; manganın konstantan ısıt çiftten oluşmakta olup 10 mm uzunlukta, 1 mm genişlikte, 5 μ m kalınlığında ve 14 adet ince yaprak şeklindedir. Bunlar bir düzlemde yan yana yerleştirilerek, uçları pirinç levhaya bağlı düşey bakır çubuklara



Şekil 7.7 Kipp & Zonen Piranometre'sinin Şematik Resmi



Şekil 7.8 Termopilin Şematik Resmi

lehimlenerek bağlanmışlardır. Hepsi de güneş radyasyonunu absorplayacak özel mat siyah vernik ile kaplanmıştır. Siyah yüzeyden yayılan ısı kondüksiyon, radyasyon ve konveksiyonla olur. Bu ısı, orta kısımdaki iyi bir iletkenle termopile geçer. Uçta ve ısı iletkenliği zayıf olan ince yapraklar arasında 20°C'lik bir sıcaklık farkı oluşturulur. Bu da 500 mV mertebesinde bir potansiyel farkın oluşmasına neden olur. Bu küçük EMK bir galvanometre veya bir potansiyometreyle algılanır. Bu EMK birim zamanda, birim yüzeye gelen enerji olarak, elektronik bir cihaz yardımıyla entegrasyon yapılarak kullanıcıya sunulur.

Kolektörün yararlı enerjisi, hava giriş ve çıkış sıcaklıkları ile birim zamanda geçen hava kütlesi ölçülerek,

$$q = \dot{m} c_p (T_G - T_C) \quad [W] \quad (7.1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Kolektörün ısı verimi (η), yararlı enerjinin kolektör yüzeyine gelen anlık toplam güneş radyasyonuna (I_o) oranıdır. Yani; havaya verilen enerjinin gelen enerjiye oranıdır.

$$\eta = \frac{q}{I_o \cdot A} \quad (7.2)$$

7.4. Kayıların Hazırlanması ve Deneylerin Yapılması

Güneş enerjisiyle kayısı kurutma için imal edilen döner sütunlu silindirik kurutma sisteminde, kurutma denemelerinde kullanılmak üzere Elazığ ve Baskil yörelerinden temin edilen, kurutmalık cins olan Hacıhaliloğlu ve Çataloğlu kayısıları kullanılmıştır. Kayıların seçiminde yaklaşık aynı özelliklerde (olgunluk, nem, irilik vd.) olmaları için mümkün oldukça bir ağaçtan alınmalarına ve kalitelerinde herhangi bir düşüklük olmaması için de elle toplanmalarına özen gösterilmiştir. Dalından koparılan kayıslar, özenle sepetlere konarak, en kısa zaman içerisinde kükürtlenebilmesi için, kayısı kurutma sisteminin kurulu olduğu Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü ek bina teras katına getirilerek, uygulanacak kurutma programına göre işlemlere tabi tutulmuştur. Bu işlemler, yarılarak çekirdekleri çıkarılmak suretiyle kükürtlenip, kurutulmaları (Kabuk tipi kuru kayısı hazırlama) veya çekirdeğiyle birlikte kükürtlenip, bilahare kısmen kuruyunca, çekirdeğinin parmaklar arsında sıkılarak çıkartılması suretiyle yeniden şekil verilip, kurumaya devam edilmesi (Şekerpare tipi kuru kayısı hazırlama) şeklinde yapılmaktadır. Kabuk

tipi kayısı kurutulmada; kayısılar tek tek yarılarak çekirdekleri çıkartılır, daha sonra seyyar olan 0.20 m^2 'lik raflara 1 m^2 'ye 15 kg gelecek şekilde dizilerek döner sütundaki yuvasına yerleştirilir. Böylelikle tüm kayısılar yarılp raflara yerleştirildikten sonra kilograma 2 gr kükürt elektrik ocağının tavaasına konur ve ocak yakılarak ağda halini alıncaya kadar ısıtılır. Ağda haline gelmiş sıvı kükürt, bir kibritle tutuşturulduktan sonra önceden hava girişi ve çıkışı kapatılmış olan kurutma odasına konarak kapısı da sıkıca kapatılır. Böylece 3 saat bekledikten sonra kurutma odasının kapısı, hava girişi ve çıkışı açılarak kükürt dioksit gazı dışarı atılır. Artık kayısılar kükürtlenmiş ve kurutulmaya hazır hale gelmiştir. Bu şekilde hazırlanan kayısıların, nem kayıplarının belirlenebilmesi için, bir kısım içerde ve bir kısım kayısı ise dışarıda kurutulmak üzere tartılarak kurutma işlemine geçilir.

Kayıslar genellikle saat 15.00 de toplanmaktadır. Kükürtleme ise 22.00 sularında başlayıp yaklaşık 3 saat kükürt dioksitli ortamda tutulmaktadır. Kapı fitillerinin güneşten etkilenip elastikiyetini kaybetmesi ve yine sıcaktan dolayı ağaç malzemenin kurumasıyla oluşan çatlaklardan kaçan kükürt dioksitin önlenmesi için ambalaj bandı kullanılmıştır. Kükürtleme işlemi bittikten sonra kurutucu kapısı açılıp, kurutucuda ve açıkta kuruyacak numuneler ayrılır. Kurutucuda kuruyacak numuneler raflara uygun şekilde, açıkta kuruyacak numuneler ise dışarıda serili olan çarşaf üzerine serilerek kurumaya bırakılır.

Kurutma odasındaki numune kayısılar ile dışarıda kurumaya bırakılan numune kayısılar her saat başı tartılarak elde edilen değerler kayıt edilir. Bu arada yine her saat başı çevre sıcaklığı, nemi ve hava hızı ile yönü, kolektör giriş ve çıkış sıcaklıkları, kurutma odası giriş sıcaklığı ve nemi, kurutma odası çıkış sıcaklığı ve nemi tespit edilmektedir. Ayrıca, debi tespiti için kurutucu çıkış borusunun on üç noktasında hız tespiti yapılmaktadır. Ancak bu şekilde gerçek hız dağılımı tespit edilemediğinden, eğik manometreli orifis-metre egzozu takılarak, fanın klapesinin her pozisyonu için debi tespit edilmiştir. Ayrıca kurutucu odası iç nemi ve raflar arasındaki sıcaklıklar ile, kayısı içi sıcaklığı her saat başı kayıt edilmiştir. Bunların dışında piranometre ile de bazı günler saat başı anlık toplam güneş radyasyonu tespit edilmiş ve bütün bunlar tablo ve grafikler olarak sunulmuştur.

Deneylerde homojen bir kurumanın sağlanması amacıyla, kurutucu içerisindeki kayısı yerleştirilmiş raflar dakikada 0.75, 1.50 ve 2.25 devir ile döndürülmüştür.

Kurutma işlemine son verdikten sonra, taze ve kuru kayısı neminin belirlenmesi için numuneler tartılıp, yaklaşık 70°C sıcaklıkta sabit tutulan elektrikli fırına kondu. Altı saat sonra her yarım saatte bir tartılarak kütlede bir değişimin olmadığı tespit edildiği zaman

kayısının kuru kütlesi bulunmuş oldu. Kuru kütleyi ilk kütleden çıkararak taze kayısındaki su miktarı tayin edilir. Elde edilen bu değer kuru kütleye bölünerek kuru bazda nem miktarı, ilk kütleye bölünerek de yaş bazda nem miktarı tespit edilir. Aynı işlemler kuru kayısılar için de tekrarlanarak, kuru kayısıların yaş ve kuru bazdaki nemlilikleri bulunur.

$$\% \text{ k. b nem} = \frac{m - m_{ku}}{m_{ku}} 100 = \frac{m_{nem}}{m_{ku}} 100$$

$$\% \text{ y. b nem} = \frac{m_{nem}}{m} 100$$

Kuruma hızına etki eden önemli bir faktör de, Bölüm 5.5’de verildiği gibi hava hızıdır. Hava hızı artıkça kuruma hızı da artmaktadır. Kurutulan materyalin yüzeyinde oluşan buhar filminin uzaklaştırılması nem transportunun hızlanmasını sağlar. Bu buhar filminin devamlı olarak sürüklenmesi, kuruma hızını artırıcı etkisi olacaktır. Ancak bu etki hava hızının 5 m/s den fazla olması halinde fazla bir etkisinin olmaması ve daha da önemlisi kurumanın bulunduğu aşamaya göre değişmesidir (Mulet vd. 1994; Saravacos ve Charm 1962; Cemeroğlu 1986; Şahbaz ve Kayhan 1992). Kurumanın ilk aşamalarında hava hızı çok etkiliyse de kurumanın ileri aşamalarında kuruma hızı artık, alt tabakalardaki suyun yüzeye difüzyon ile taşınma hızı ile sınırlandırıldığından, hava hızının yüksek olmasının bir etkisi bulunmamakta bilakis bu durumda sıcaklığın etkisi artmaktadır. Bütün bu sebeplerden dolayı hava hızının etkisiyle birlikte, rafların dönme hızı ve hava sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. Deneylerde genel olarak kurumanın ilk safhasını oluşturan ilk gün fan klapesi tam açılarak bol hava verilmiş ikinci gün ise klape kısılarak kolektörden geçen hava debisi azaltılmış, dolayısıyla sıcaklığı artırılmıştır. Böylece beklenen hızlı kuruma sağlanmıştır. Deney sonuçlarının grafiklere aktarılması neticesinde, grafiklerin incelenmesi sonucunda oluklu çatı sacı, delikli bakır plaka, alüminyum sinek teli, alüminyum bulaşık teli ile oluşturulan genişletilmiş yüzeyli kolektörün ve döner silindirik kurutma odası koalisyonunun; kayısıların kuruma hızına ve homojenliğine olan etkisi görülmektedir.

7.5. Kayısların Sorpsiyon İzotermine Tespiti

Farklı konsantrasyonlarda sülfürik asit bulunan kapalı cam kavanozlarda, belirli su buharı basınçları veya belirli bağıl nem içeriği olan ortamlar oluşmaktadır. Hall, 1957: Evranuz, 1984 ve Doğantan’dan 1986 tarafından verilen değerlerden yararlanarak Tablo

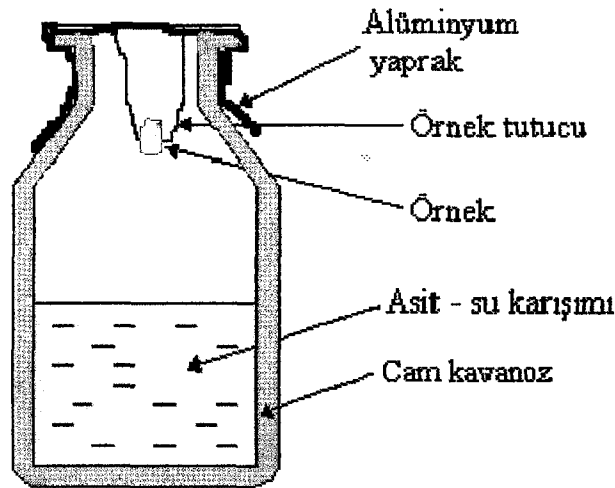
7.1’de sabit bağıl neme sahip farklı ortamlar oluşturup bunlar yardımıyla ürünlerin sorpsiyon izotermi tespit edilebilmektedir.

Deney düzeneği, farklı ortamlarda H_2SO_4 konsantrasyonuna sahip, beş adet cam kavanozdan oluşmaktadır. Şekil 7.9’deki kavanoz içindeki kayısı örnekleri, havada asılı durabilmeleri için, plastik kaplı telefon kablosuna takılmışlardır. Her kavanoz için 8~10 gr arası kayısı örneği kullanılmıştır. Her kavanozdaki örnek, sabit ağırlığa gelene kadar 10~15 gün bekletilmiştir. Sonra bu örnekler tartılarak, 70 °C’deki fırında 6 saat bekletilerek kuru kütleleri tespit edilmiş ve dolayısıyla nem miktarları saptanmıştır. Bu şekilde üç ayrı deney yapılarak kavanoz içindeki havanın bağıl nemine karşılık, kayısıların özgül nem miktarları işaretlenerek, desorpsiyon izoterm eğrisi elde edilmiştir.

Tablo 7.1. Ortamın Bağıl Nemi ile Sülfürik Asit Konsantrasyonu Arasındaki İlişki

Ortamın Bağıl Nemi (%)	H_2SO_4 % Ağırlık olarak	Karışımın Yoğunluğu (gr/cm^3)	500 ml Çözelti hazırlamak için	
			H_2SO_4 (gr)	Arı su (gr)
40	64.45	1.5428	515.6	252.4
50	52.45	1.4154	419.6	348.4
60	43.10	1.3265	307.1	370.3
70	33.09	1.2403	231.6	440.4
80	26.79	1.1892	187.5	484.5

Kaynak: Evranuz, 1984 ve Doğantan 1986

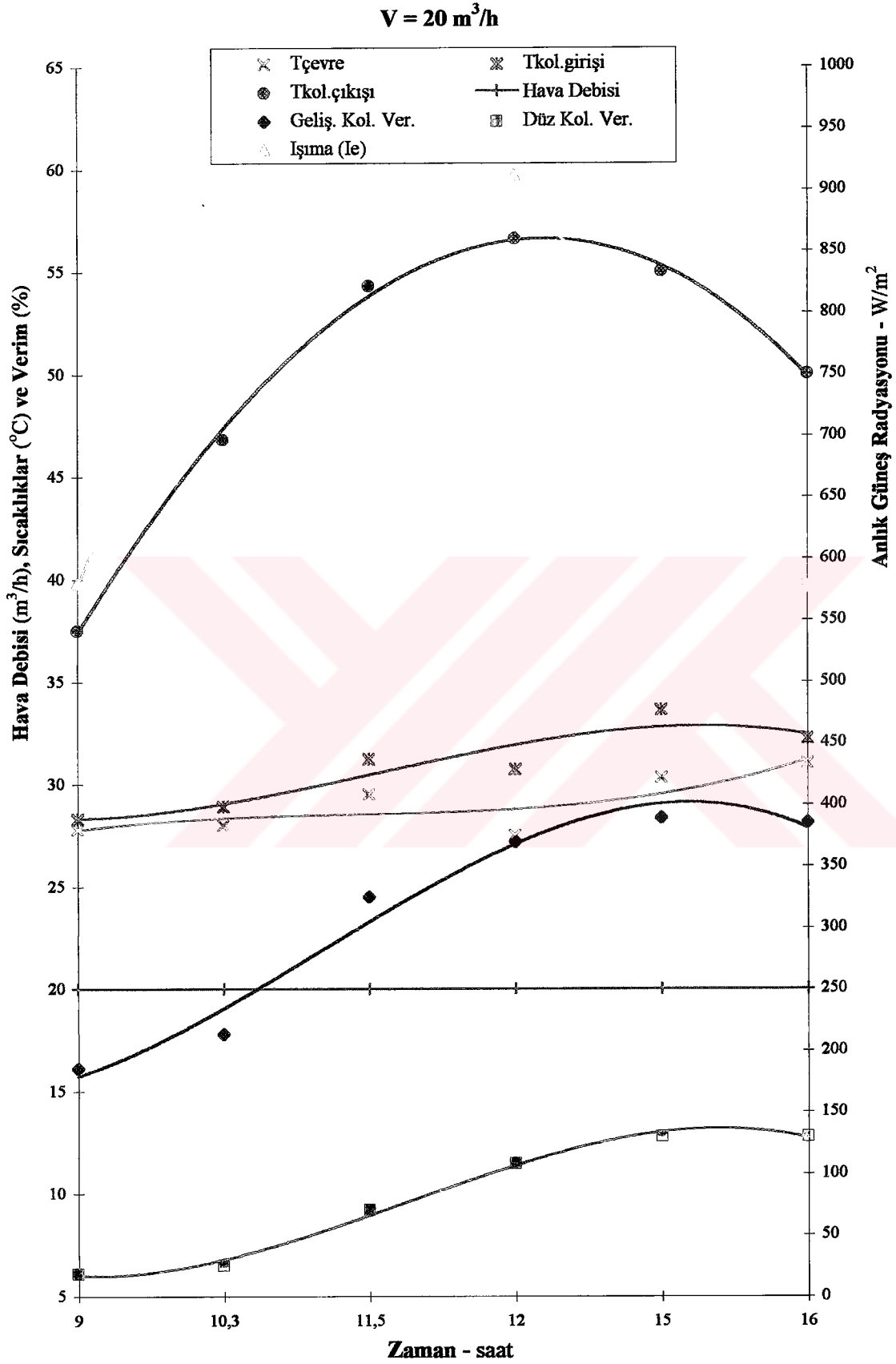


Şekil 7.9. Sorpsiyon İzotermi Tespitinde Kullanılan Deney Düzeneği

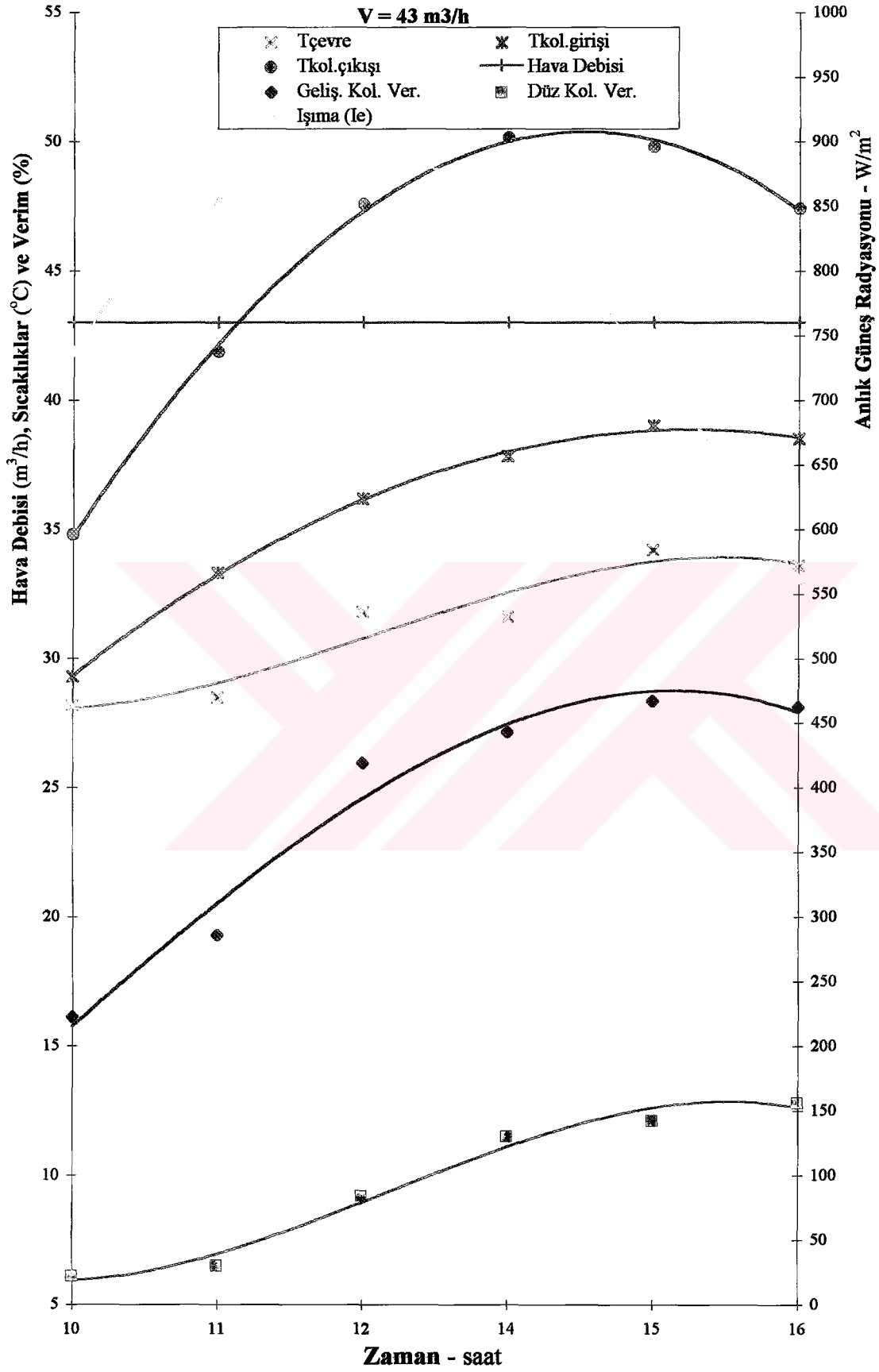
8. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmalar sonucunda; hava debisi, sıcaklık, düz ve geliştirilmiş kolektör verimleri ve anlık radyasyonun saatlik değişimleri grafiklere aktararak değerlendirilmiştir. Şekil 8.1, Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'deki grafiklerin incelenmesi ile, anlık birim alana düşen güneş radyasyonunun zamana göre değişiminin maksimum değerinin saat 12.00'de, 912 W/m^2 olduğu görülmüştür. Akşam saatlerine doğru radyasyonun minimum değer aldığı gözlenmektedir. Örneğin saat 16.00'da 562 W/m^2 ye kadar düşmüş olup saat 16.00'dan sonra düşmeye devam etmektedir. Grafiklerden sabit hacimsel debide kolektör giriş ve çıkış sıcaklıklarının zamana göre değişiminin, anlık güneş radyasyonunun değişimine paralel olarak değiştiği görülmektedir.

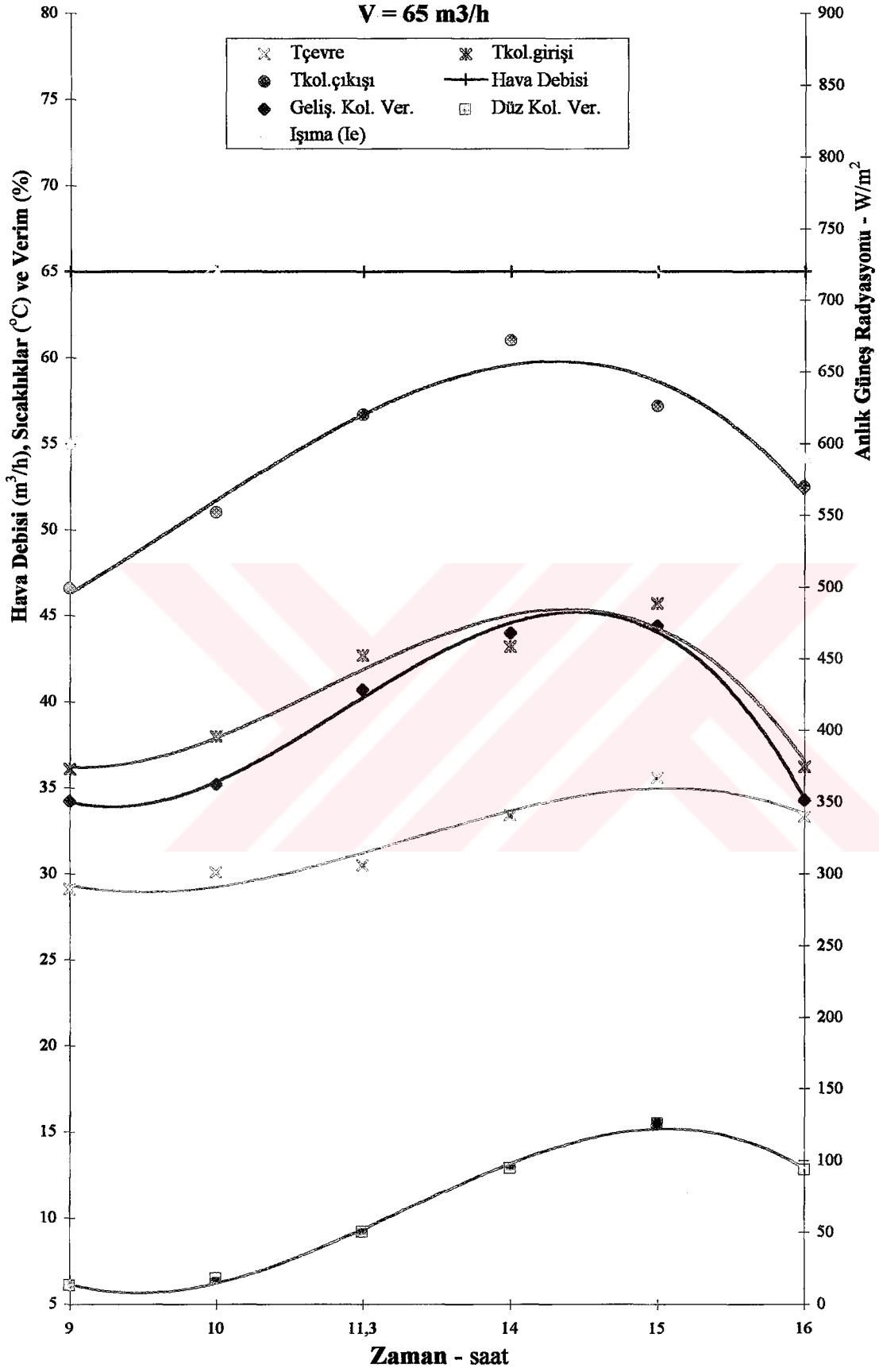
Kolektör verimi $\eta_{kol.}=f(I_e, T, \dot{V}, A, t)$ 'nin fonksiyonudur. Düz kolektör verimi %7-15 arasında değişmesine rağmen geliştirilmiş kolektör ile bu verim 2-3 kat artırılarak %40'lara kadar çıkarılabilmektedir. Maksimum kolektör verimi, $65 \text{ m}^3/\text{h}$ ' lik hacimsel debide elde edilmiştir. Geliştirilmiş kolektör veriminin düz kolektör veriminden yüksek olmasının nedenlerinden biri, genişletilmiş yüzeyden yararlanılmasıdır. Böylece kolektörün absorbe edeceği yüzey artırılarak birim zamanda daha fazla radyasyondan yararlanılma imkanı doğmuştur. Ayrıca genişletilmiş yüzey üzerine açılan dairesel deliklerin verime etkisi de önem taşımaktadır. Delikler yardımıyla şartlandırılmış olan havaya kolektör içersinde yerel türbülans etkisi verilirken diğer taraftan deliklerden geçen asıl absorplayıcı yüzey üzerine düşen radyasyondan da istifade edilmektedir. Bunlara ilave olarak delikli bakır absorplayıcı levha üzerine serilen alüminyum elek teli ve alüminyum bulaşık telinin hem genişletilmiş yüzey etkisinden, hem de türbülans etkisinden yararlanılmıştır. Diğer bir etki de kolektörden geçen havanın temas yüzeyinin artırılarak daha iyi bir ısı transferi sağlanabilmesi ve dolayısıyla sıcaklık farkının artırılmış olmasıdır. Böylece genişletilmiş yüzeyli kolektör veriminin düz kolektör verimine göre iyileştirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 8.1 Güneş Radyasyonu, Kolektör Giriş-Çıkış Sıcaklıkları, Çevre Sıcaklığı, Hava Debisi ile Düz ve Genişletilmiş Yüzeyle Kolektör Verimleri



Şekil 8.2 Güneş Radyasyonu, Kolektör Giriş-Çıkış Sıcaklıkları, Çevre Sıcaklığı, Hava Debisi ile Düz ve Genişletilmiş Yüzeyli Kolektör Verimleri



Şekil 8.3 Güneş Radyasyonu, Kolektör Giriş-Çıkış Sıcaklıkları, Çevre Sıcaklığı, Hava Debisi ile Düz ve Genişletilmiş Yüzeyli Kolektör Verimleri

Kabuk tip kayısı kurutma deneylerinde, açıkta kurutulan kayısıların 4 gün içersinde nem miktarının % 25'e düştüğü, buna karşılık Döner Sütunlu Silindirik Kurutucuda kurutulan kayısıların yaklaşık 2 günde aynı şartlara geldiği görülmüştür. Kuruma hızı-zaman ilişkisinde; hava hızının ve kurutucu odası döner sütununun dönme devrinin kuruma hızına olan etkileri Şekil 9.4, 9.5, 9.6, ... 9.15'de görülmektedir. Kurutma işlemleri sırasında hava debisinin önemli bir parametre olduğu, grafiklerden anlaşılmaktadır. Doğal konveksiyonla kurutmaya göre, zorlanmış konveksiyonla kurutma hızı daha fazla olmaktadır. Hacimsel debinin artırılmasıyla da kuruma süresi azaltılabilmektedir. Örneğin Döner Sütunlu Silindirik Kurutucunun dönmemesi halinde ve $\dot{V}=65 \text{ m}^3/\text{h}$ hacimsel debisindeki kuruma süresi, $\dot{V}=20 \text{ m}^3/\text{h}$ hacimsel debisindeki kuruma süresine göre yaklaşık %15 daha kısa olmaktadır. Aynı şartlar altında devir sayısının artırılmasıyla kuruma hızında %5~10 arasında bir artış görülmektedir. Ancak devir sayısının artırılması durumunda dönme sırasında kayısıların savrulması açısından sakıncalar doğurması beklenmektedir. Bu durum enerji sarfiyatını da artıracığı için, döner sütunun devir sayısının belirli bir aralıkta olmasını zorunlu kılmaktadır.

Yapılan deneysel çalışmalardan ve literatürdeki verilen bilgilerden; kuruma hızına belirli nem oranına kadar hava hızının etkisinin önemli olduğu, bu orandan sonra ise hava hızından ziyade hava sıcaklığının daha etkin olduğu Şeki 8.16 ve Şekil 8.17'den görülmektedir.

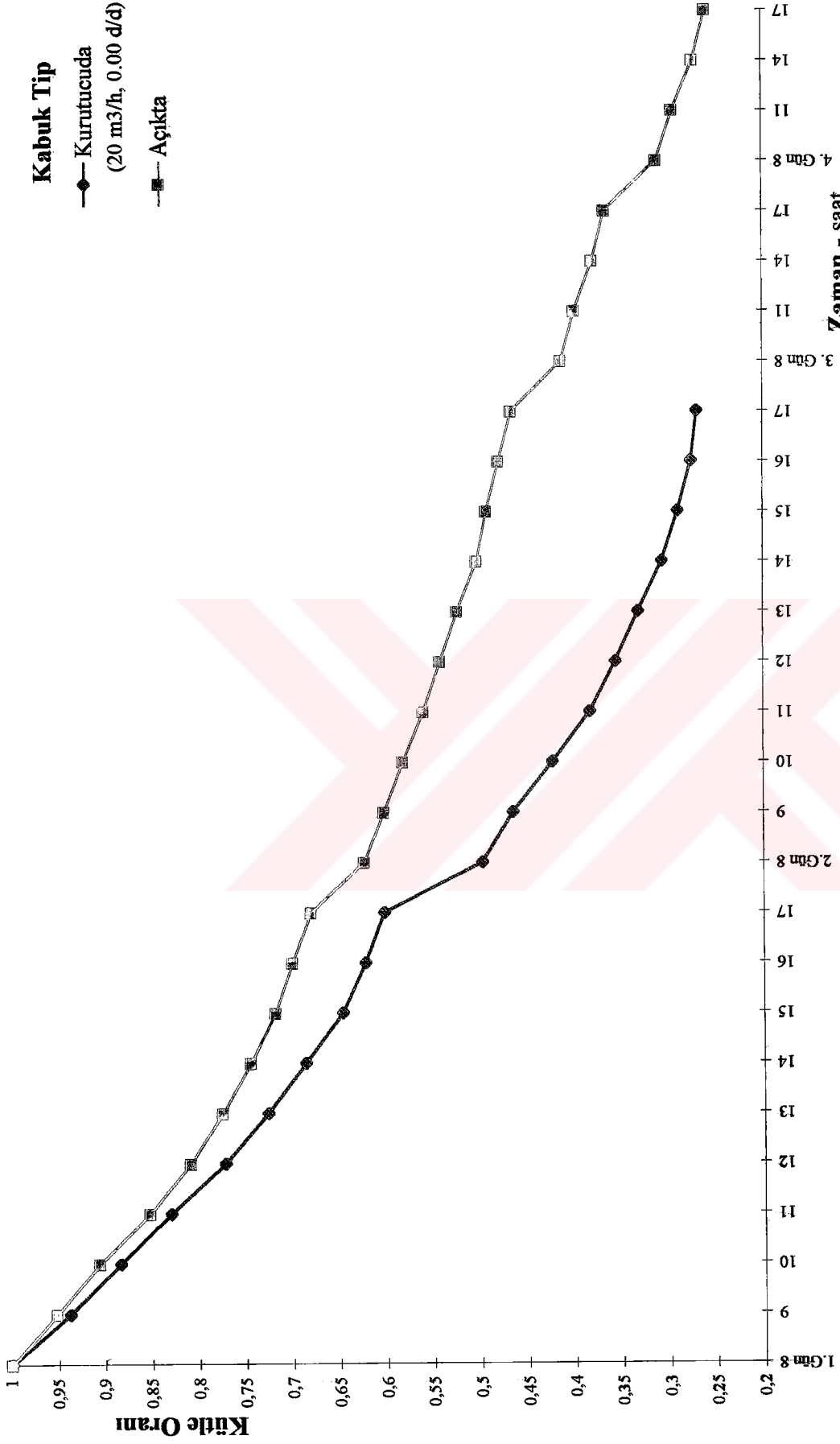
Devir sayısının kurutma hızına etkisinden ziyade, homojen kurumaya etkisi çok daha büyük olmaktadır. Döner sütunun döndürülmemesi durumunda, her bir raftaki tepsi-ler arasındaki kuruma hızlarında farklılıklar gözlenmiştir. Şekil 7.4'e göre, hava girişinin hemen karşısındaki 1 no'lu tepsideki, kuruma hızı diğer bölgelere göre daha fazla olmaktadır. En kötü kurumanın ise 4 no'lu tepside olduğu izlenmiştir. Bu durum Şekil 8.18'da verilen grafikte görülmektedir. Ayrıca kabuk tip kayısı kurutmada, kayısıların tavalara ters ve düz olarak dizilmeleri halinde kuruma seyrinin araştırılması için yapılan deneylerin neticeleri Şekil 8.19'da grafik olarak verilmiştir. Burada; tepsilere düz olarak yerleştirilen kayısıların, ters olarak yerleştirilen kayılardan daha hızlı kurudukları görülmüştür.

Şekerpare tip kayısıların açıkta kurutulmaları halinde kurumanın yaklaşık 8 günde nihai nemliliğe geldiği görülmüştür. Buna karşılık Döner Sütunlu Silindirik Kurutucuda aynı şartlara yaklaşık 4 günde gelmektedir. Döner Sütunlu Silindirik Kurutucudaki

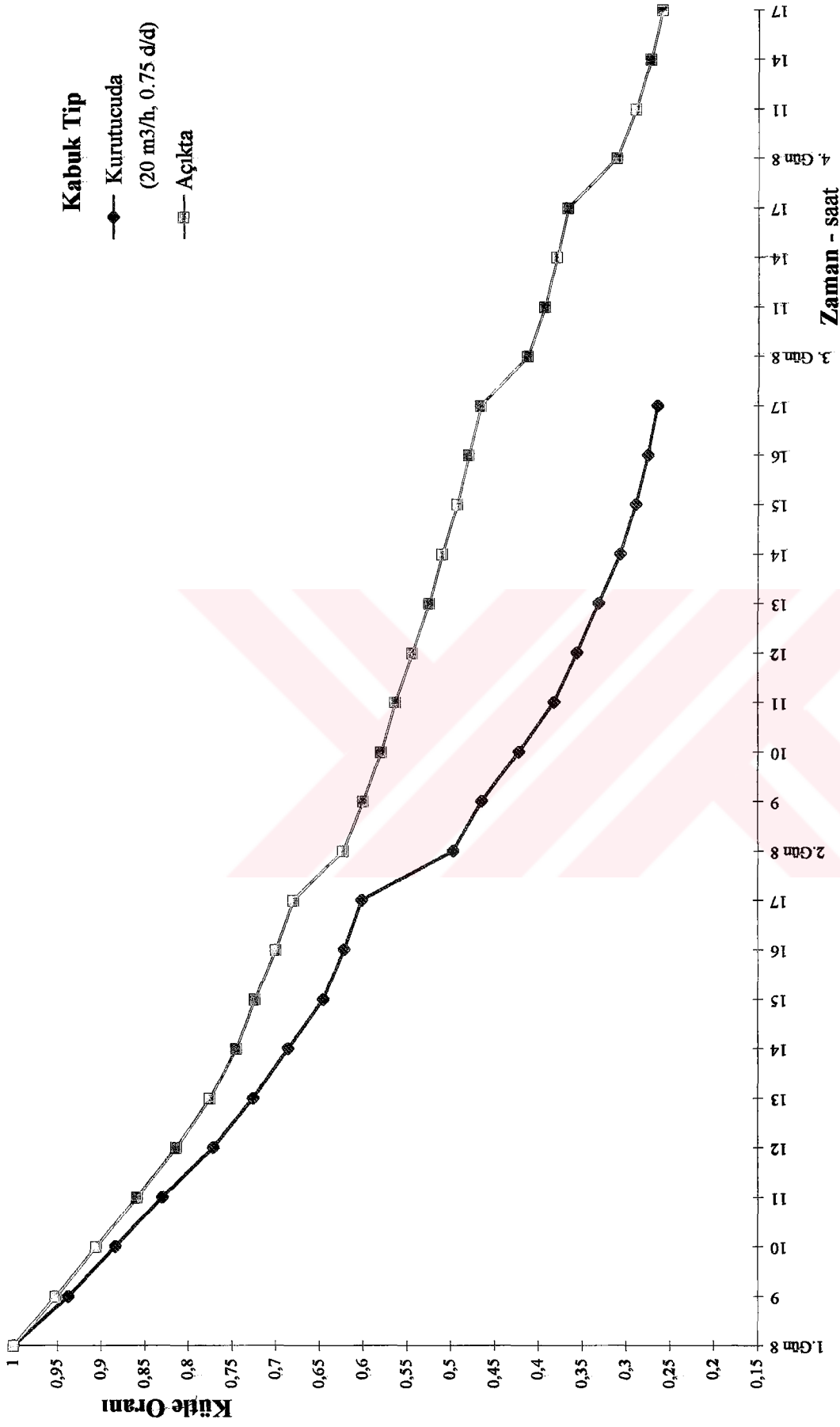
şekerpare tip kayısı kurutmaya, kabuk tip kurutmaya etki eden devir sayısı ve kurutma için gerekli havanın hacimsel debisinin etkisi benzer şekilde olmaktadır. Kabuk tip kurutma deneylerine benzer deneyler şekerpare tip kayısı kurutma deneyleri için de; $n = 2.25$, $\dot{V} = 43 \sim 20$ ve $65 \sim 20$ şartlarında yapılarak iki tip arasındaki kuruma süresi farkı araştırılmıştır. Bunlar grafik olarak Şekil 8.20 ve Şekil 8.21’de verilmiştir.

Ayrıca, şekerpare kurutma denemeleri süresince anlık güneş radyasyonu, çevre nemi ve sıcaklıkları, kolektör giriş-çıkış sıcaklıkları, kurutucu giriş-çıkış nem ve sıcaklıkları, kurutucu içi nem ve sıcaklıkları ile kayısı içi sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimleri grafikler haline Şekil 8.22, Şekil 8.23, Şekil 8.24 ve Şekil 8.25’de verilmiştir. Bu grafiklerin incelenmesiyle, tüm değişkenlerin anlık güneş radyasyonuna bağlı olarak değiştiği gözlenmektedir. Bilhassa nem değişimlerinin anlık güneş radyasyonu ile ters orantılı olduğu ve sıcaklıkların da doğru orantılı olarak değiştiği görülmektedir.

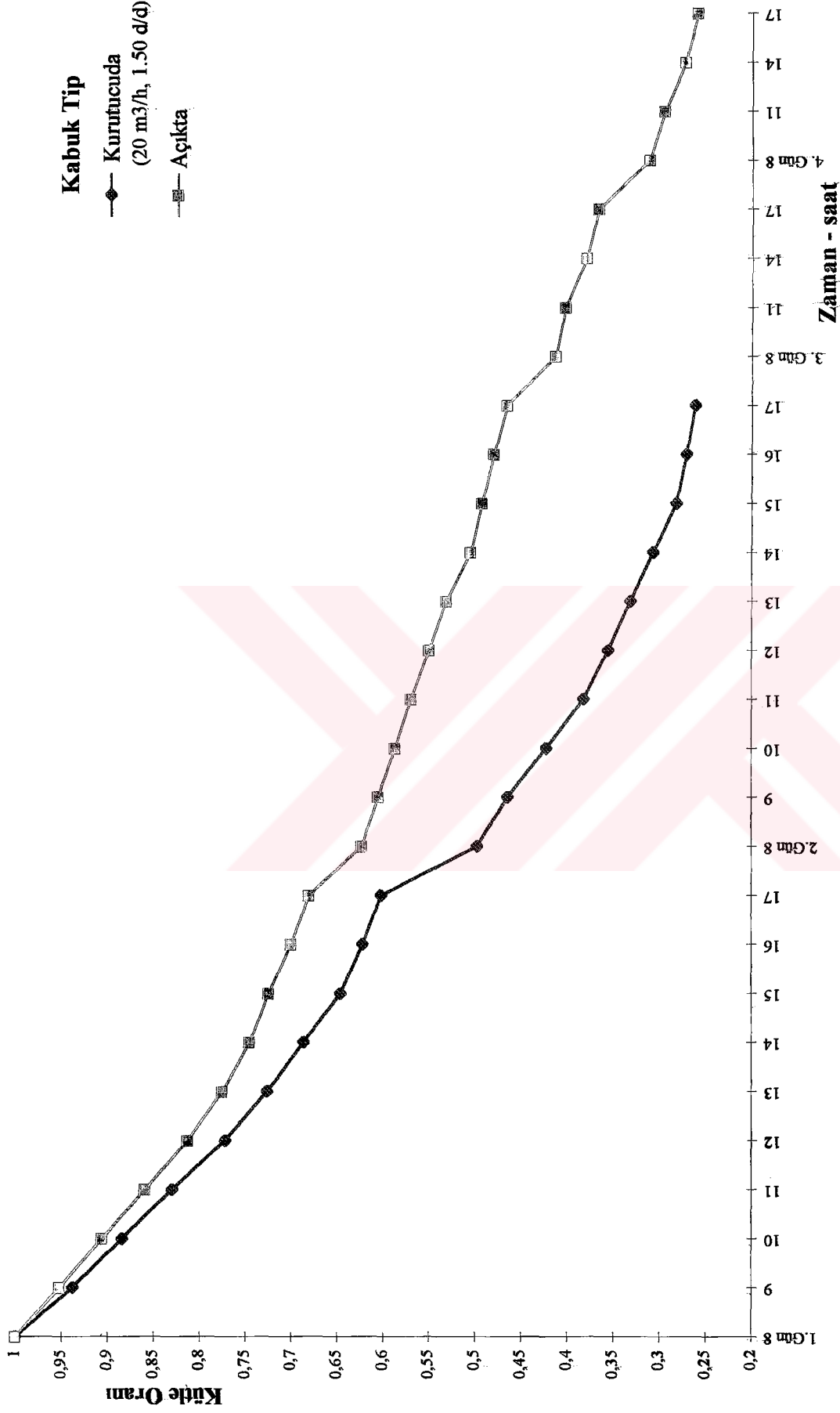
Hava hızı kuruma hızına etki eden önemli bir faktördür. Hava hızı arttıkça kuruma hızı da artmaktadır. Kurutulan ürünün yüzeyinde oluşan buhar filminin uzaklaştırılması, nem transportunun hızlanmasını sağlar. Bu buhar filminin devamlı olarak sürüklenmesi, kuruma hızını artırıcı etki yapacaktır. Ancak bu etki hava hızının 5 m/s den fazla olması halinde etkisinin olmaması ve daha da önemlisi kurumanın bulunduğu aşamaya göre değişmesidir. Kurumanın ilk aşamalarında hava hızı çok etkiliyse de ileri aşamalarında kuruma hızı artık, alt tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonla taşınma hızı ile sınırlandırıldığından, hava hızının yüksek olmasının etkisi bulunmamakta, bilakis bu durumda sıcaklığın etkisi artmaktadır. Bu sebeplerden dolayı; döner sütunun dönme hızı ile hava hızının, kayısların kuruma hızına olan etkisi araştırılmıştır. Deneylerde genel olarak kurumanın ilk safhasını oluşturan ilk gün fan klapesi tam açılarak bol hava verilmiş bilahare, klape kısılarak kolektörden geçen havanın hızı azaltılmış ve dolayısıyla sıcaklık artışı sağlanmıştır. Böylece beklenen kuruma hızı artırılmıştır. Bu şekilde oluklu çatı sacı, delikli bakır plaka, alüminyum sinek teli, alüminyum bulaşık teli ile oluşturulan genişletilmiş yüzeyli kolektörün ve döner sütunlu silindirik kurutma odası koalisyonunun, kayısların kuruma hızına ve homojenliğine olan etkisi, kanıtlanmıştır. Özellikle de mevcut doğal şartlarda kuruma süresinin yarıya indirilmesi ve aynı kurutma odasında hem kükürtleme ve hem de kurutmanın yapılması, kurutma açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu kurutucu hem kurutma odası ve hem de kükürtleme odası görevlerini birlikte gördüğünden, yatırım maliyeti ve işletme masrafları düşecek, yalnız bakım onarım masrafları olacaktır.



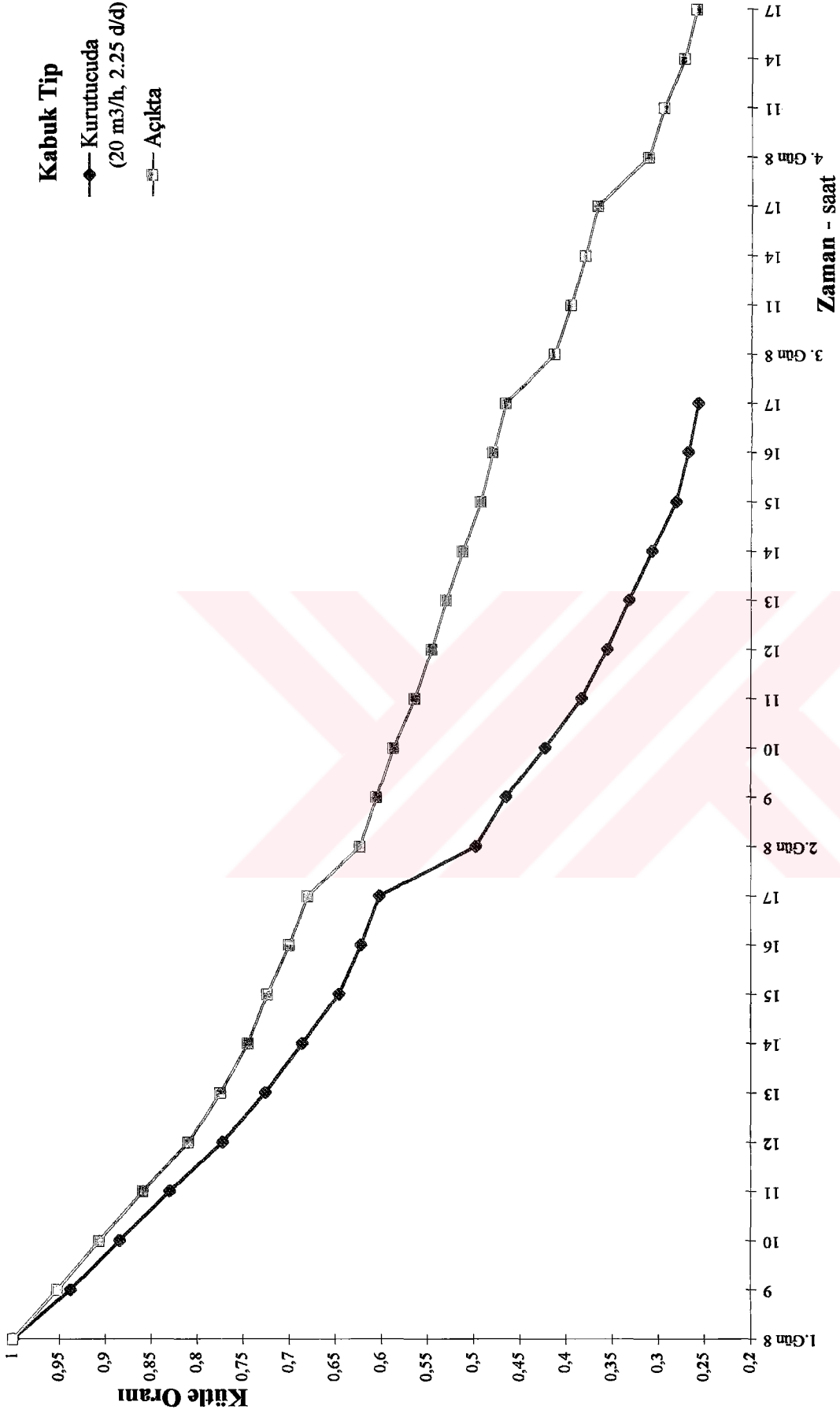
Şekil 8.4 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.00$ d/d, $V = 20$ m³/h)



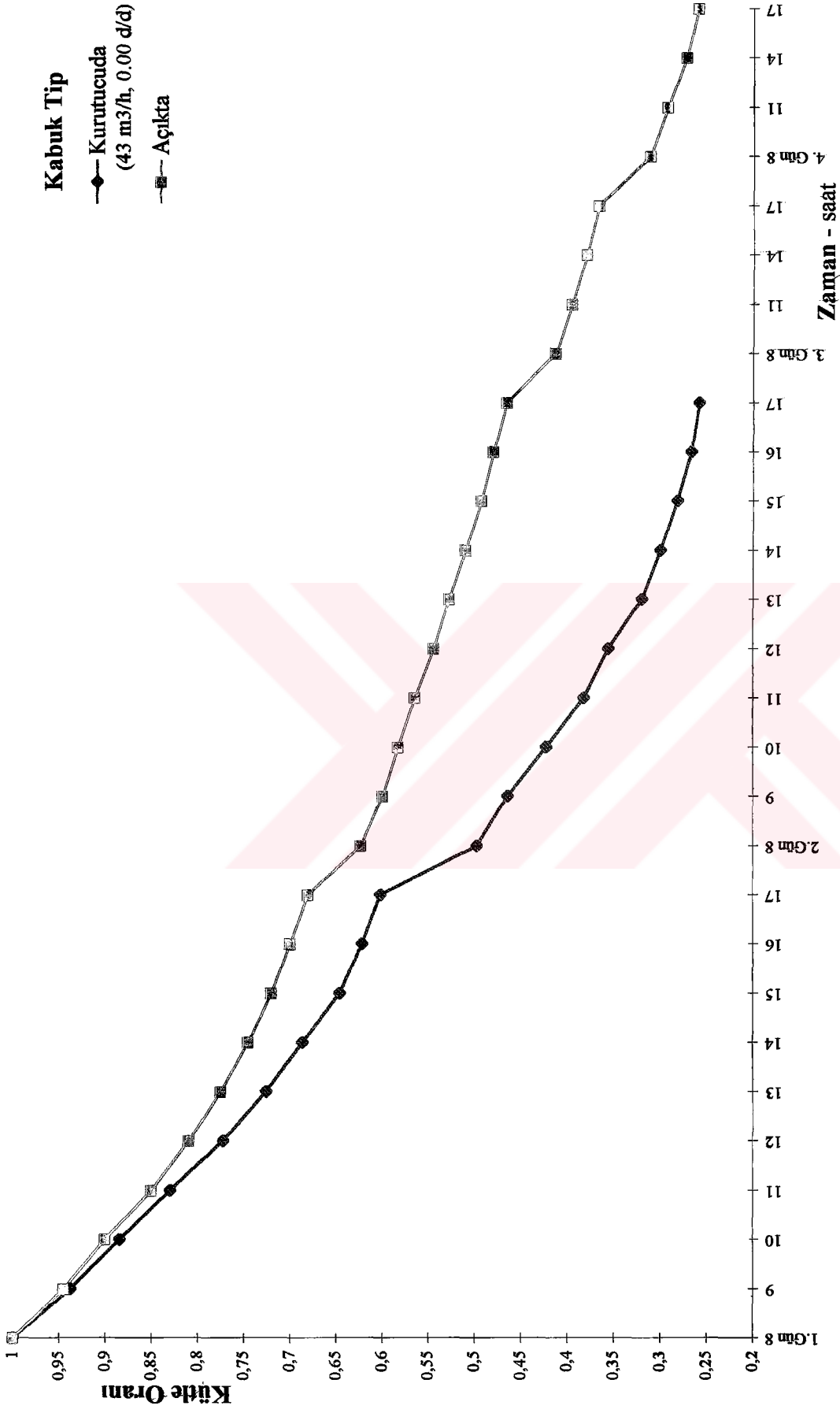
Şekil 8.5 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.75$ d/d, $V = 20$ m³/h)

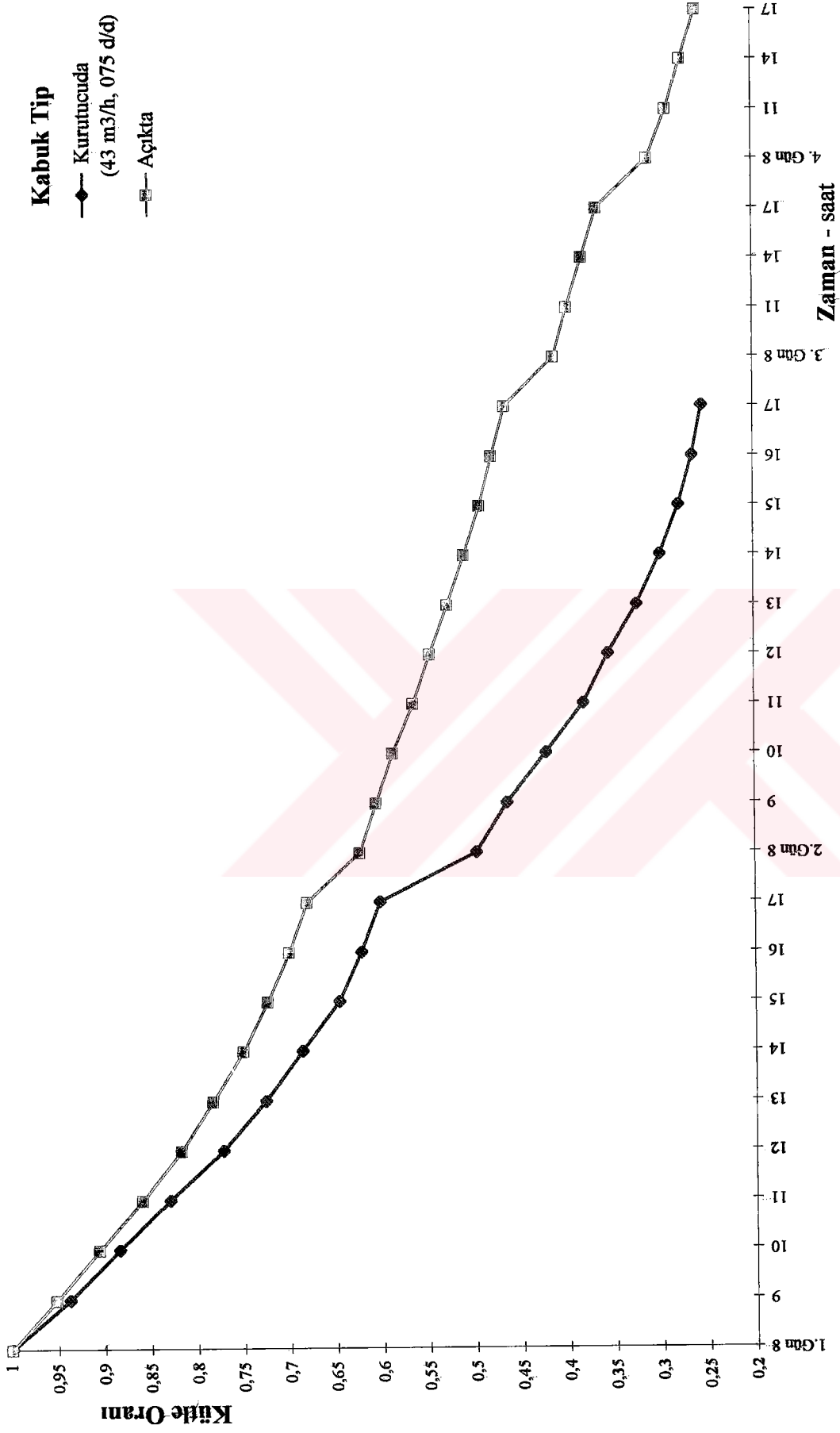


Şekil 8.6 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 1.50$ d/d, $V = 20$ m³/h)

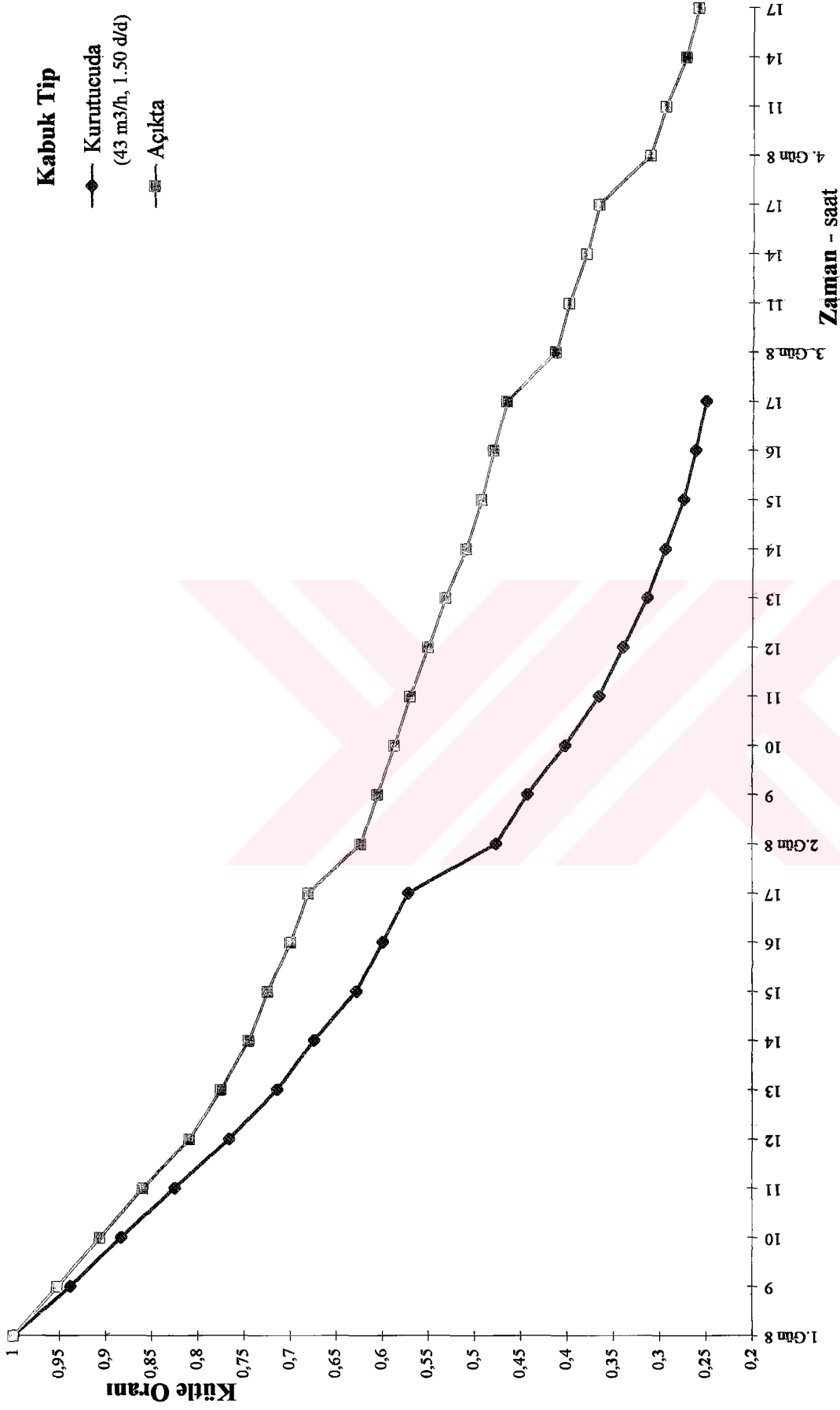


Şekil 8.7 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25$ d/d, $V = 20$ m³/h)

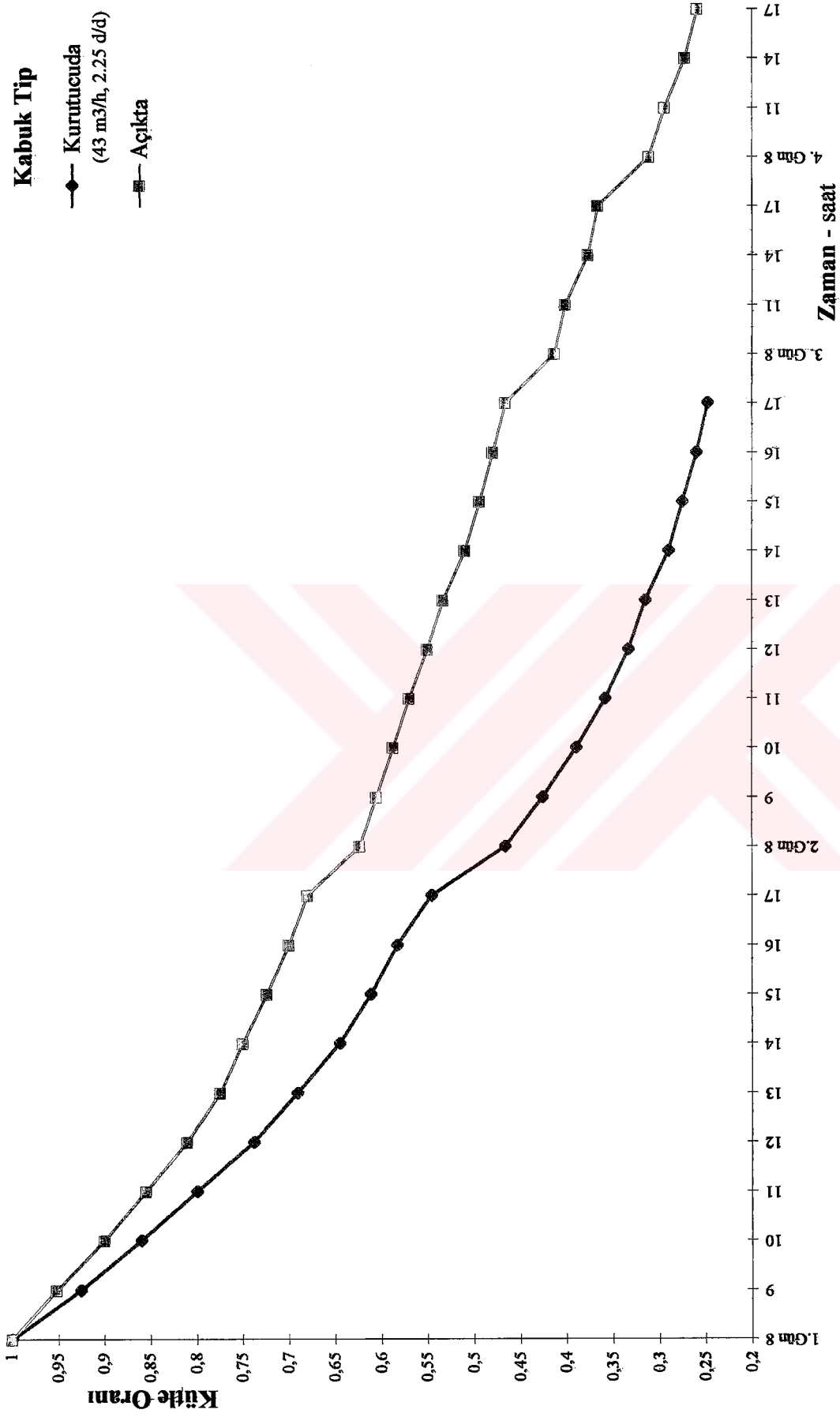




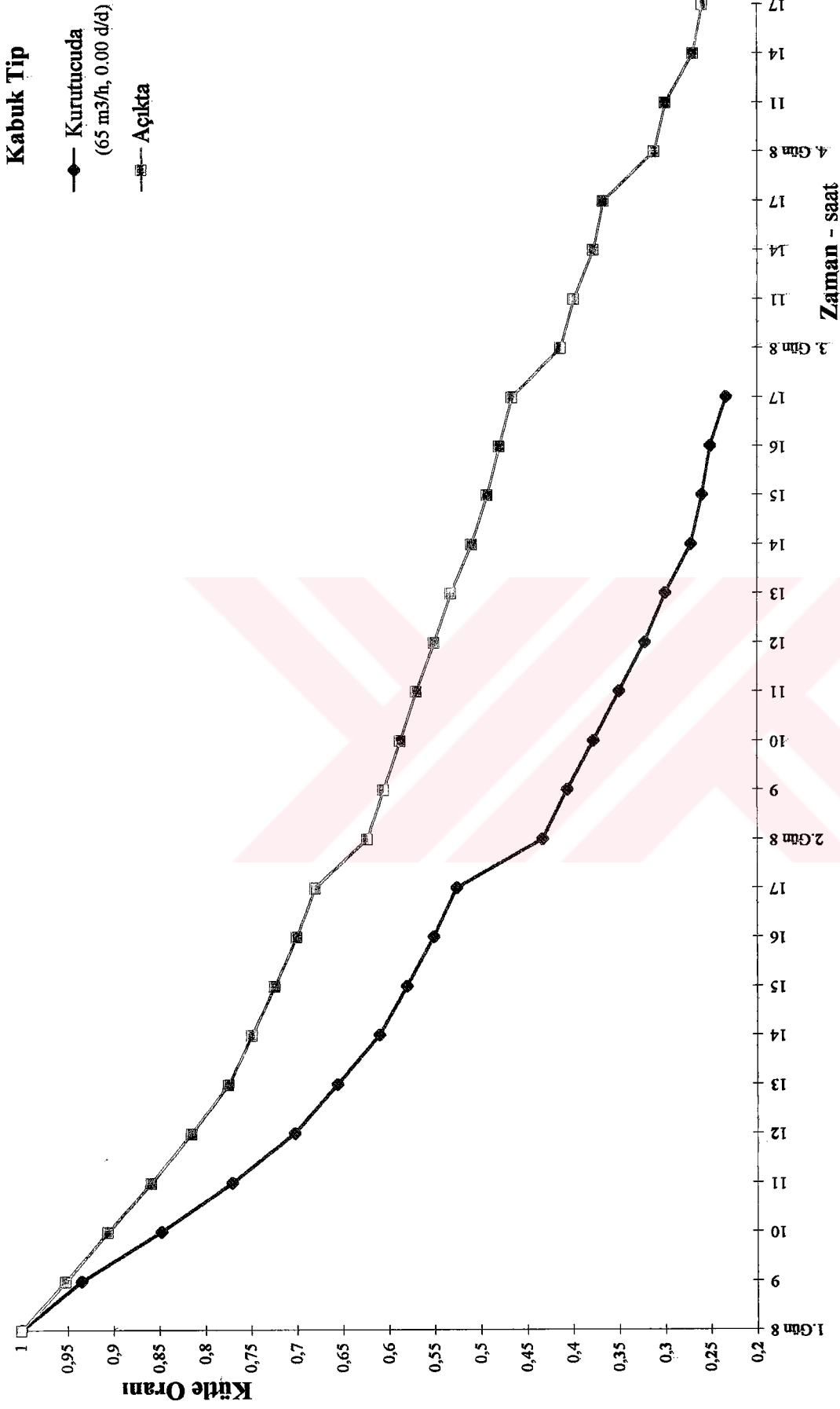
Şekil 8.9 Kabuk Tip Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.75$ d/d, $V = 43$ m³/h)



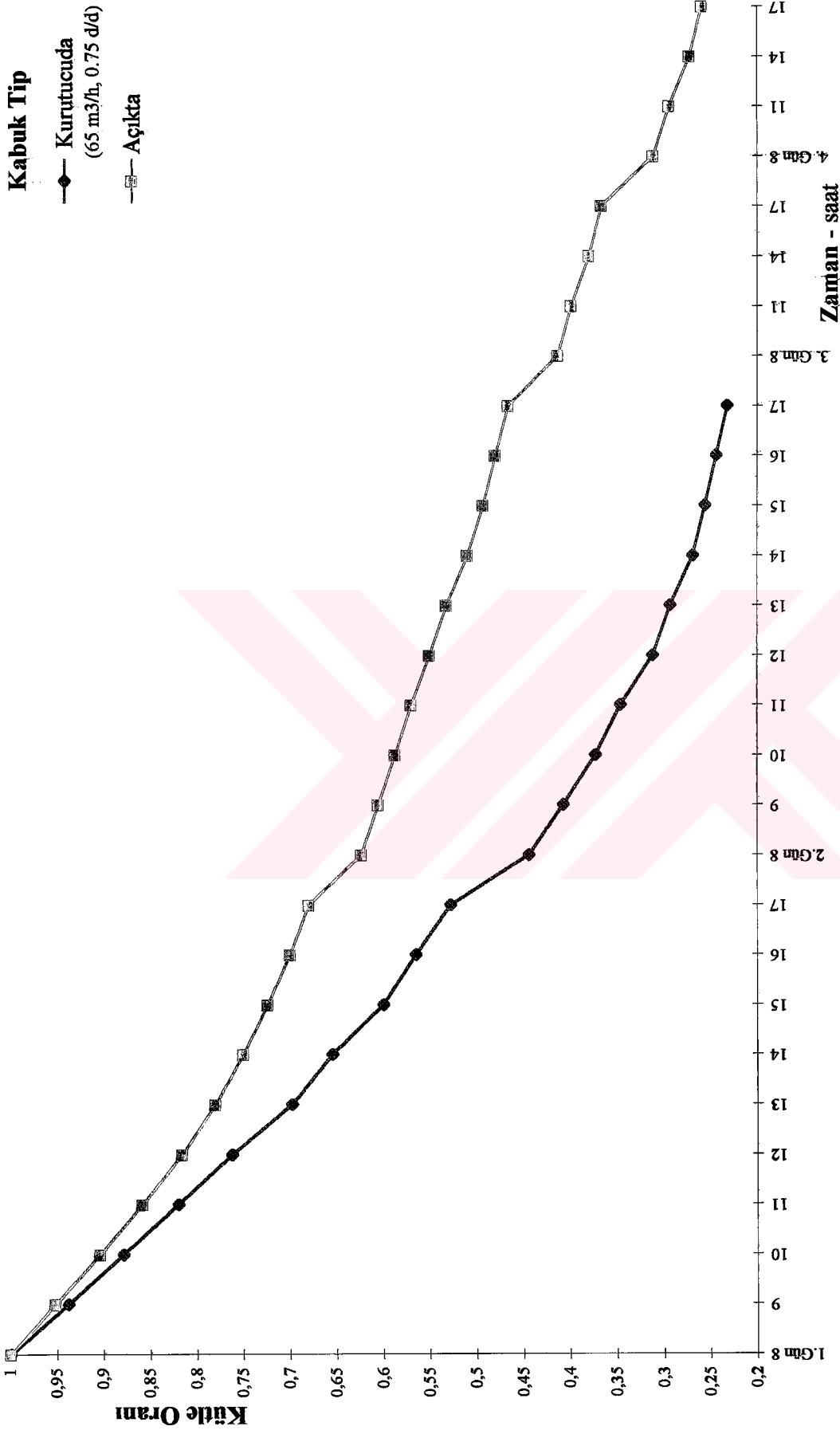
Şekil 8.10 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 1.50$ d/d, $V = 43$ m³/h)



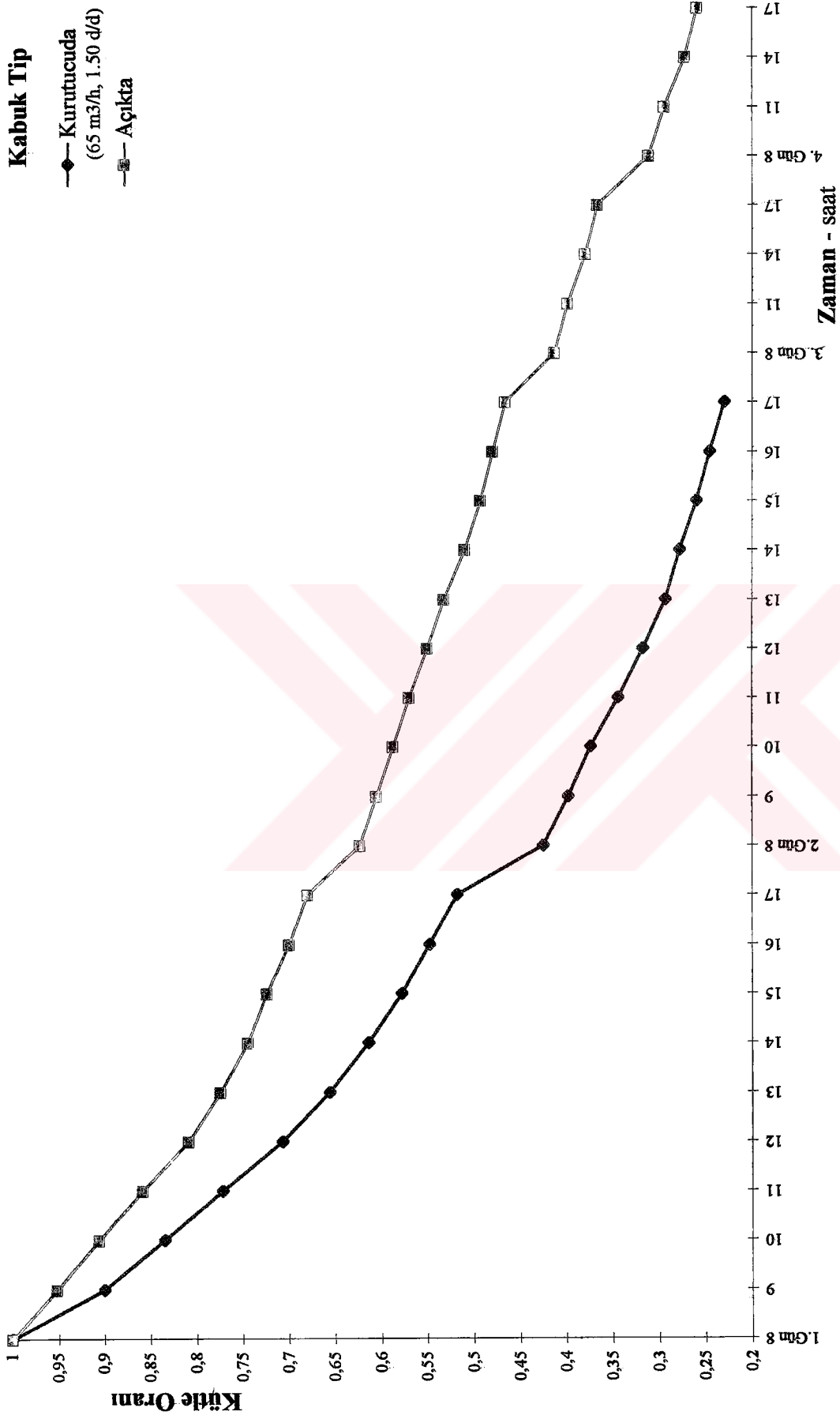
Şekil 8.11 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25$ d/d, $V = 43$ m³/h)



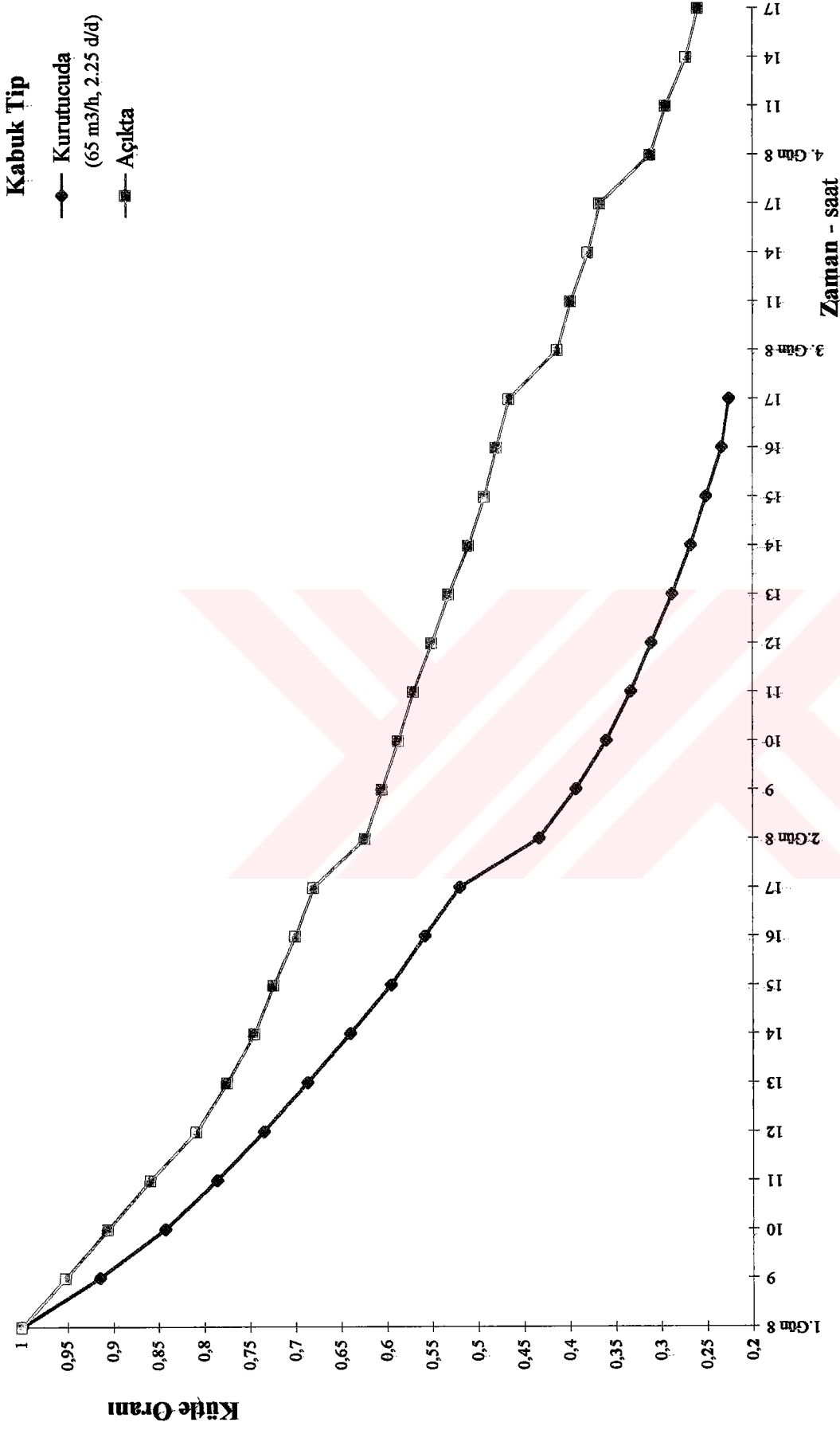
Şekil 8.12 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.00$ d/d, $V = 65$ m³/h)



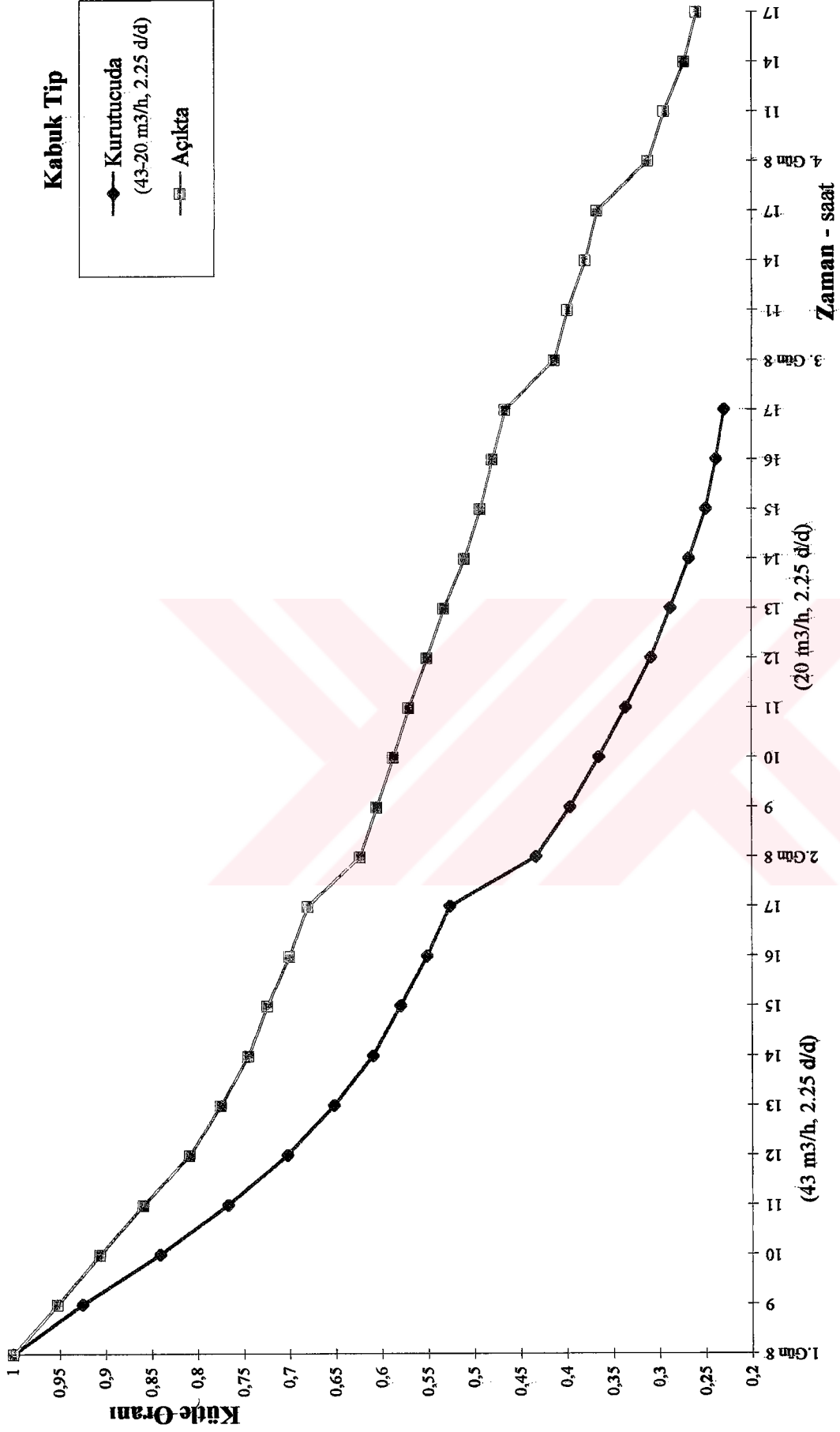
Şekil 8.13 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 0.75$ d/d, $V = 65$ m³/h)



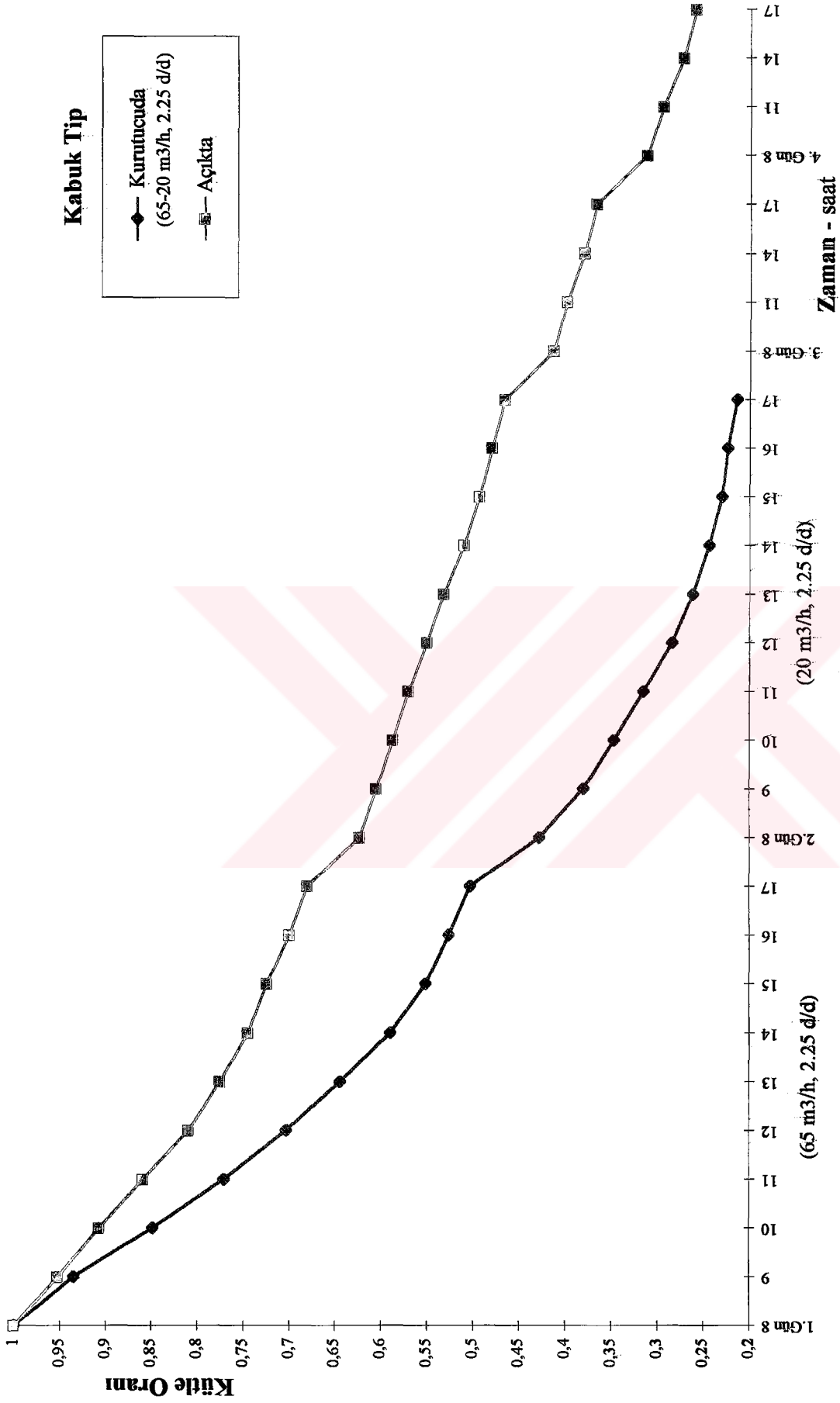
Şekil 8.14 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 1.50$ d/d, $V = 65$ m³/h)



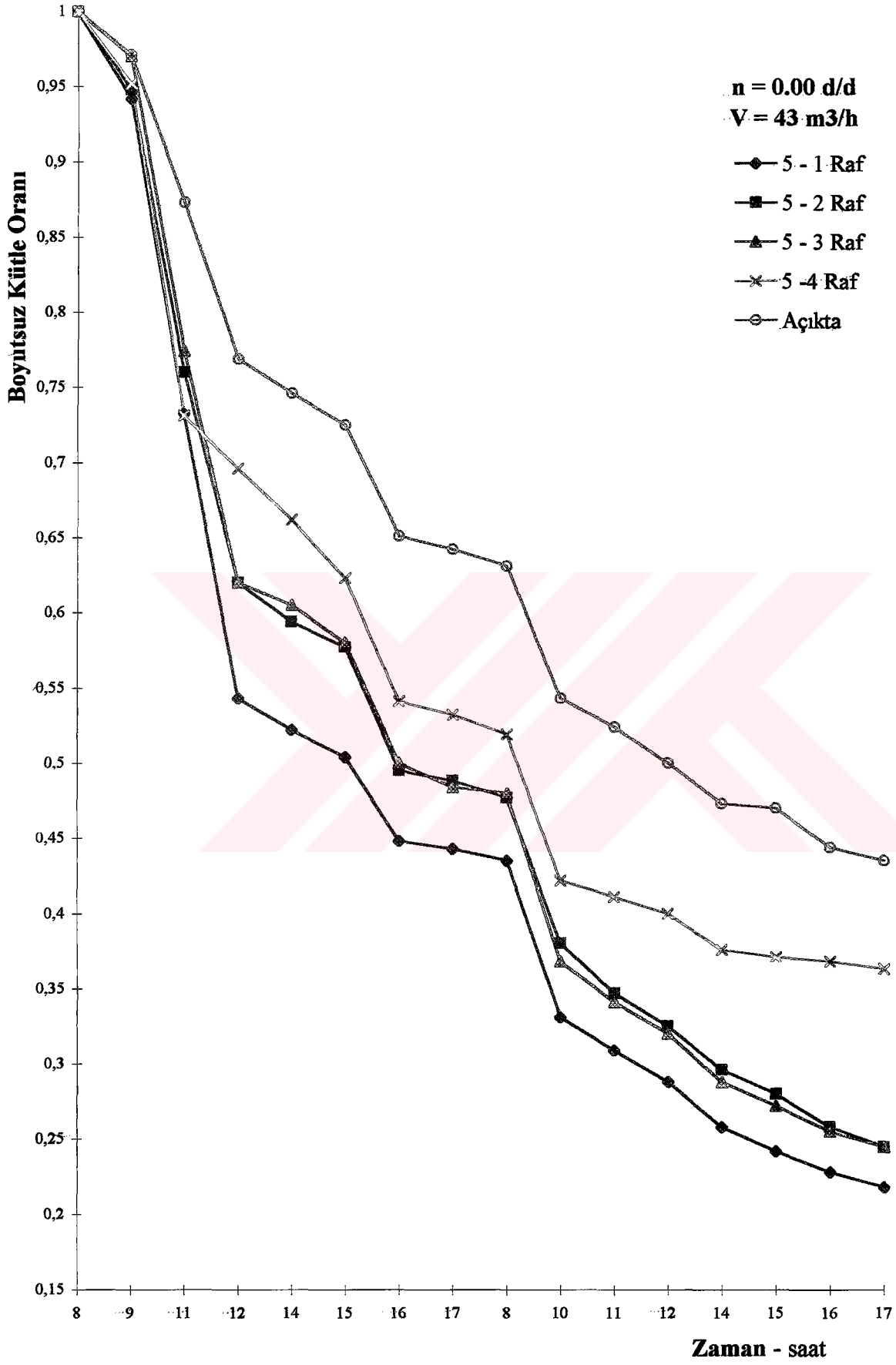
Şekil 8.15 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25$ d/d, $V = 65$ m³/h)



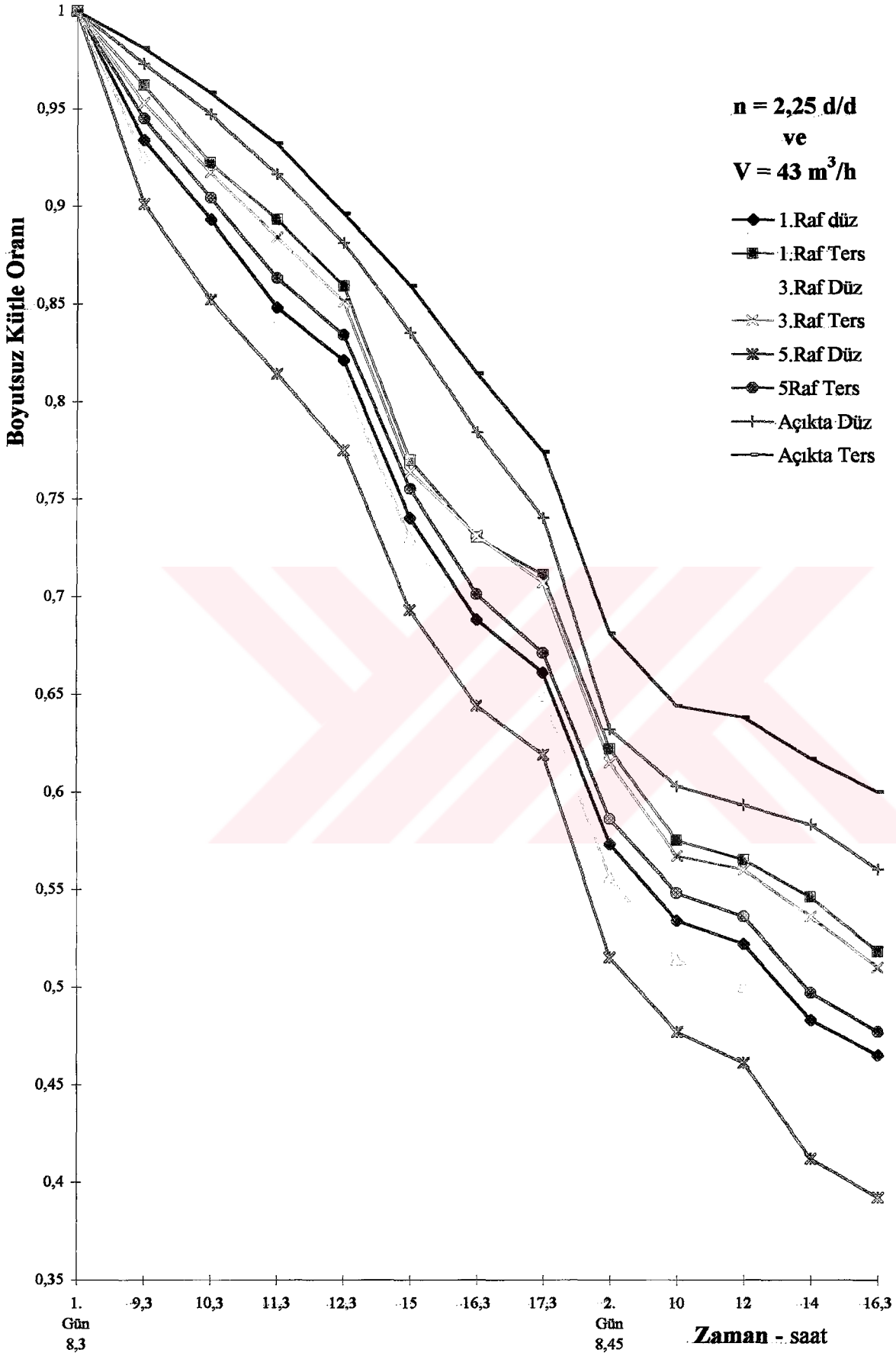
Şekil 8.16 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi (n=2.25 d/d, V=43 m³/h ve V = 20 m³/h)



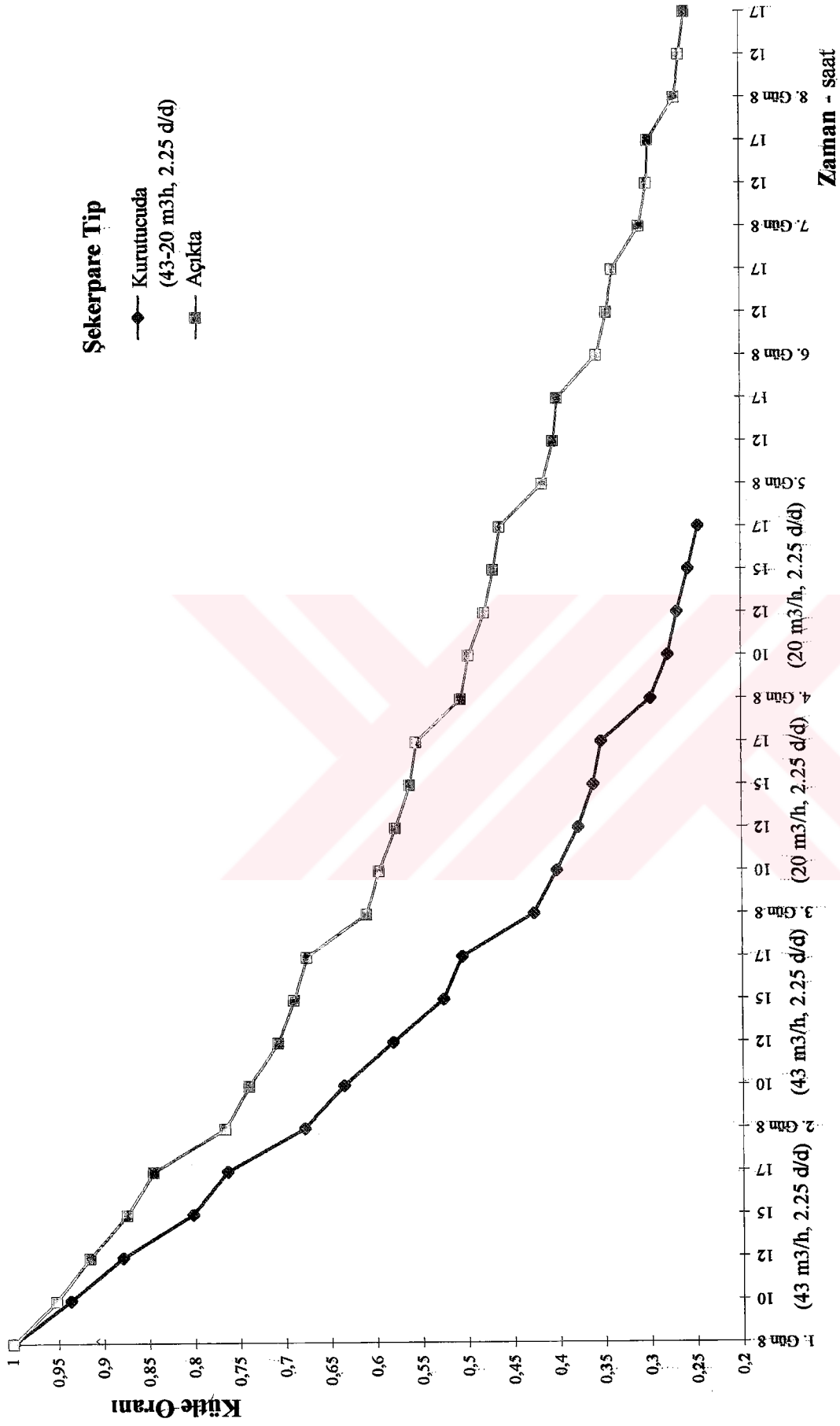
Şekil 8.17 Kabuk Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n=2.25$ d/d da $V=65$ m³/h ile $V=20$ m³/h)



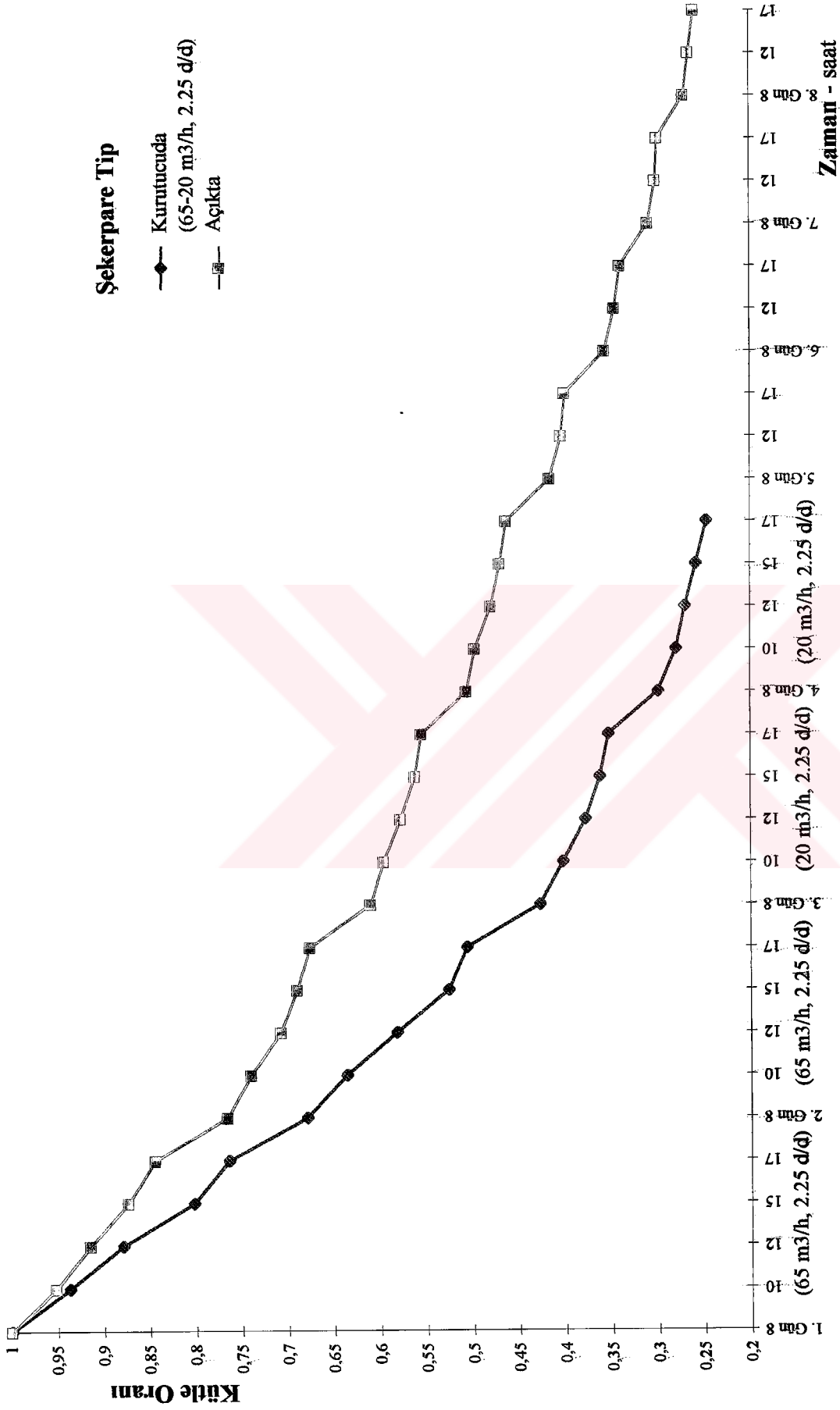
Şekil 8.18 Bir Raftaki Tepsiler Arasındaki Kuruma Farklılıkları (devir yok)



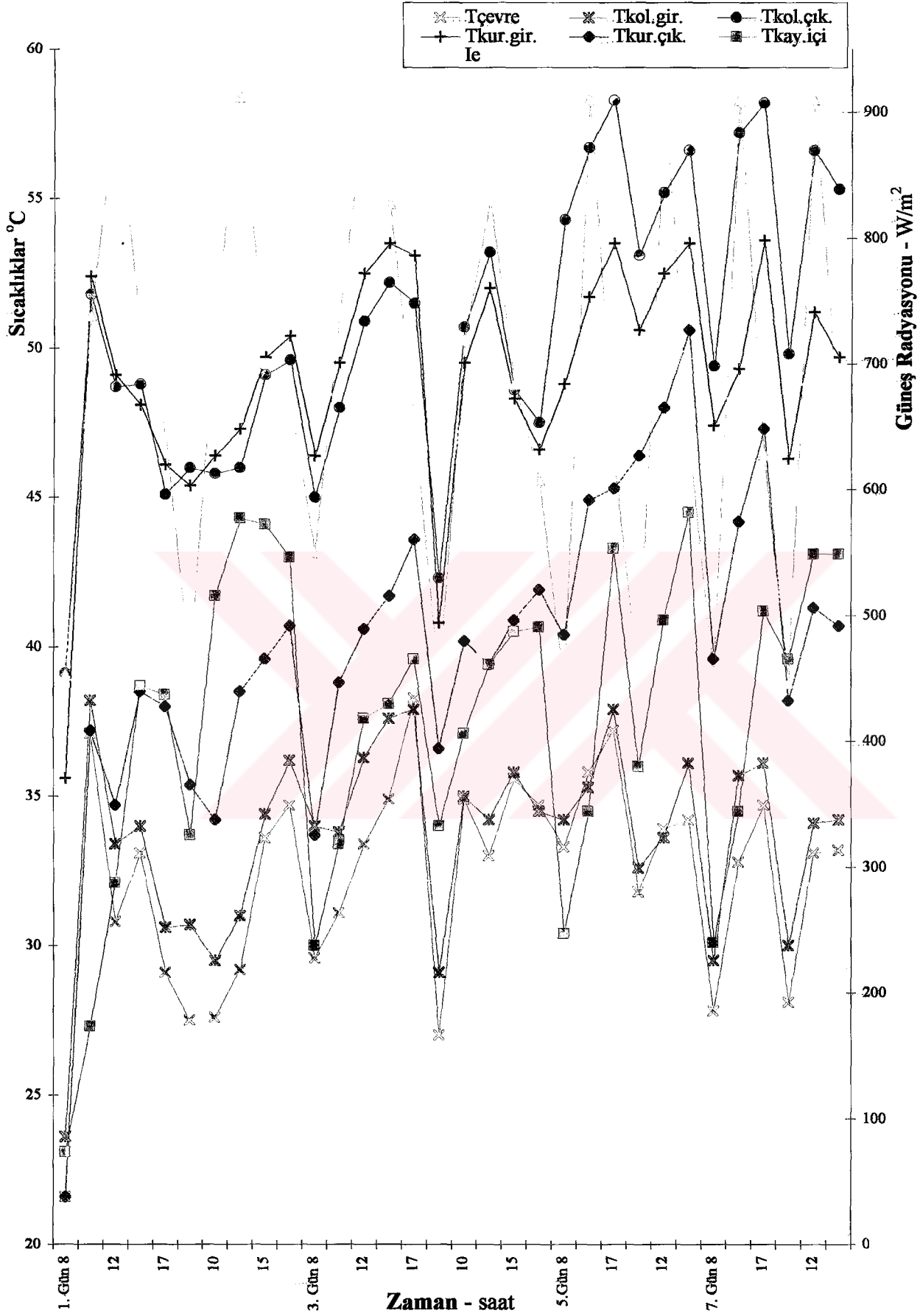
Şekil 8.19 Kayısların Raflardaki Ters ve Düz Durmaları Halindeki Kuruma Seyri



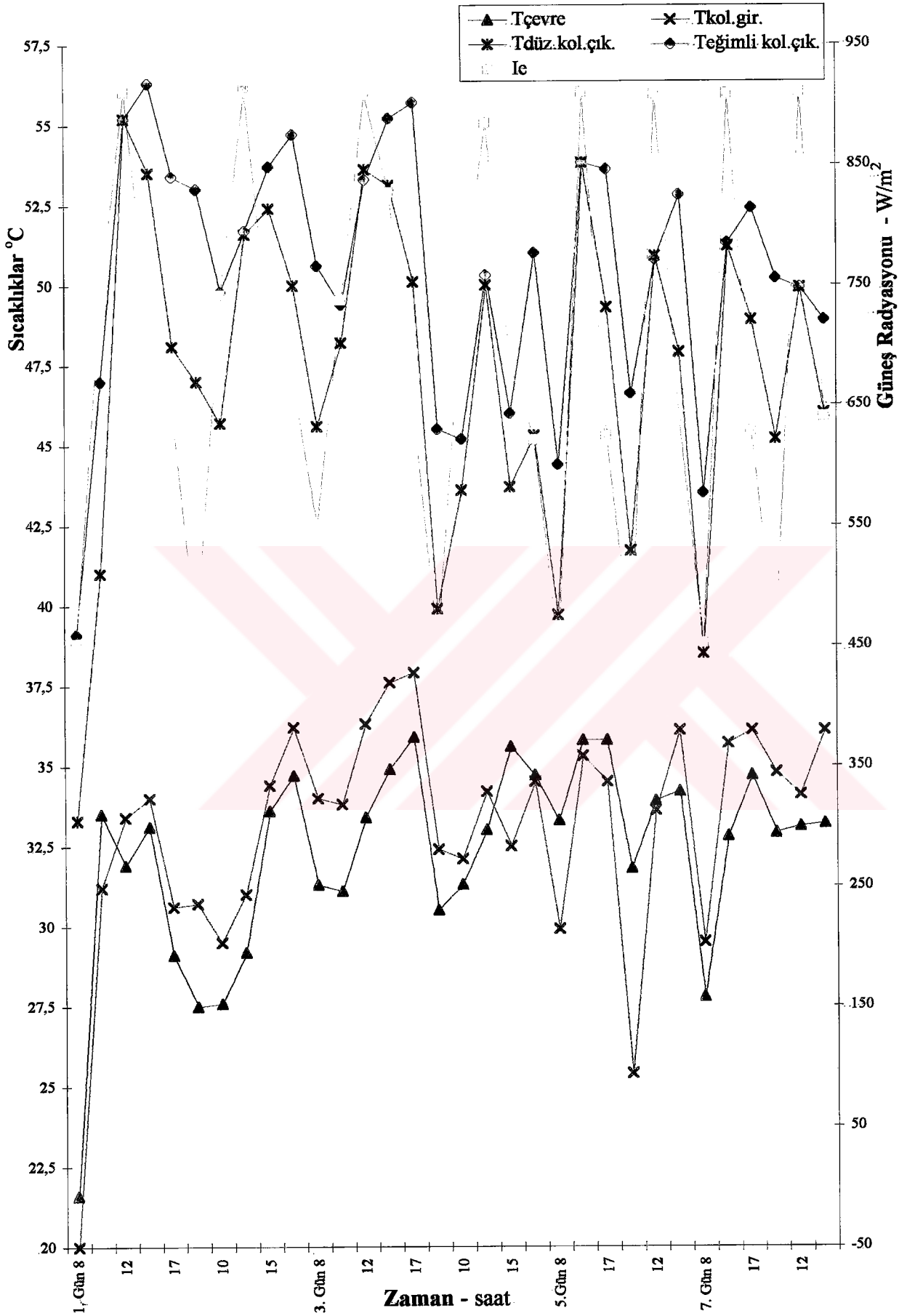
Şekil 8.20 Şekerpare Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($n = 2.25$ d/d, $V = 43$ m³/h ve $V = 20$ m³/h)



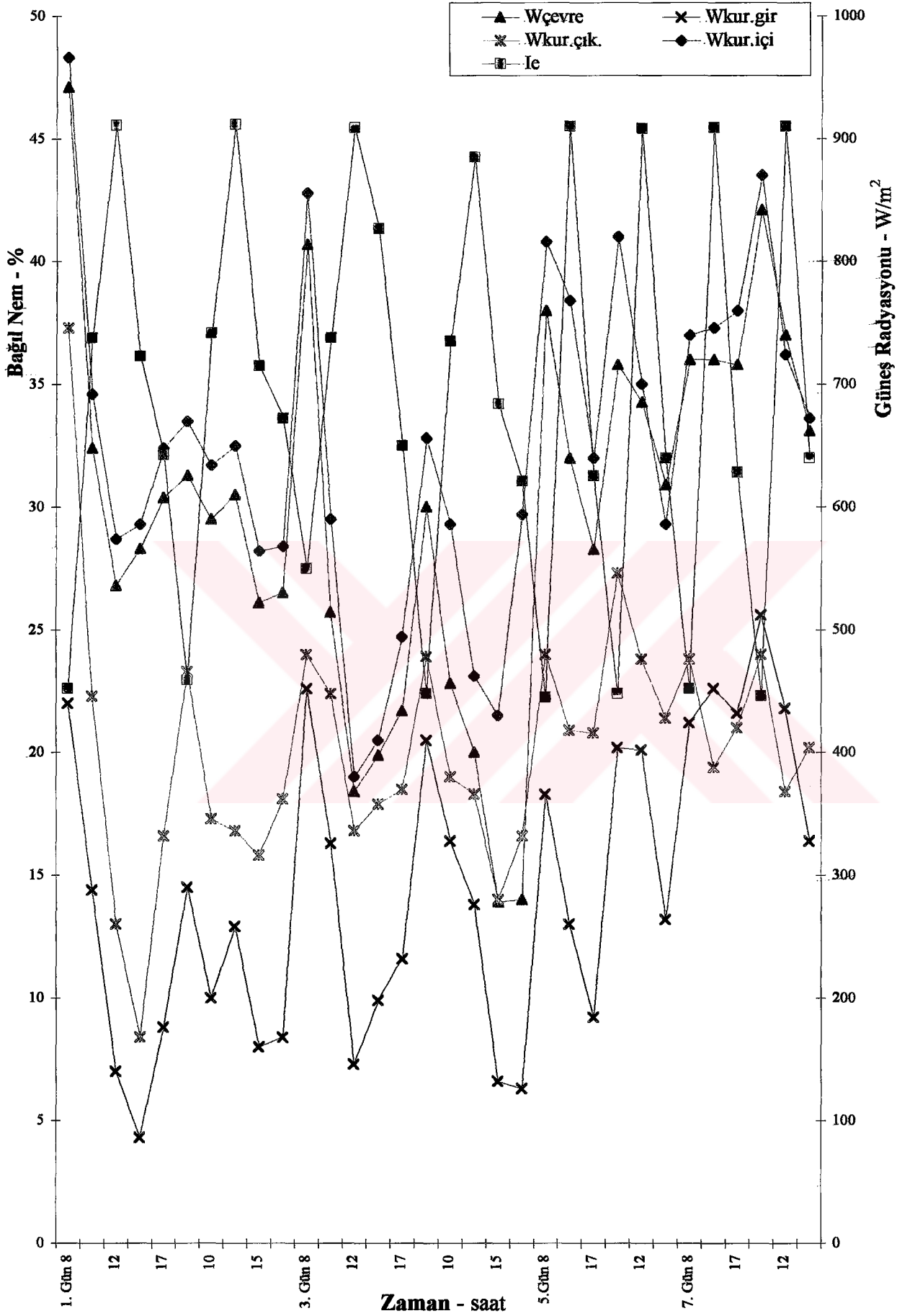
Şekil 8.21 Şekerpare Tip Kayısı Kurutmada Kütle Kaybının Zamanla İlişkisi ($\alpha = 2.25$ d/d, $V = 65$ m³/h ve $V = 20$ m³/h)



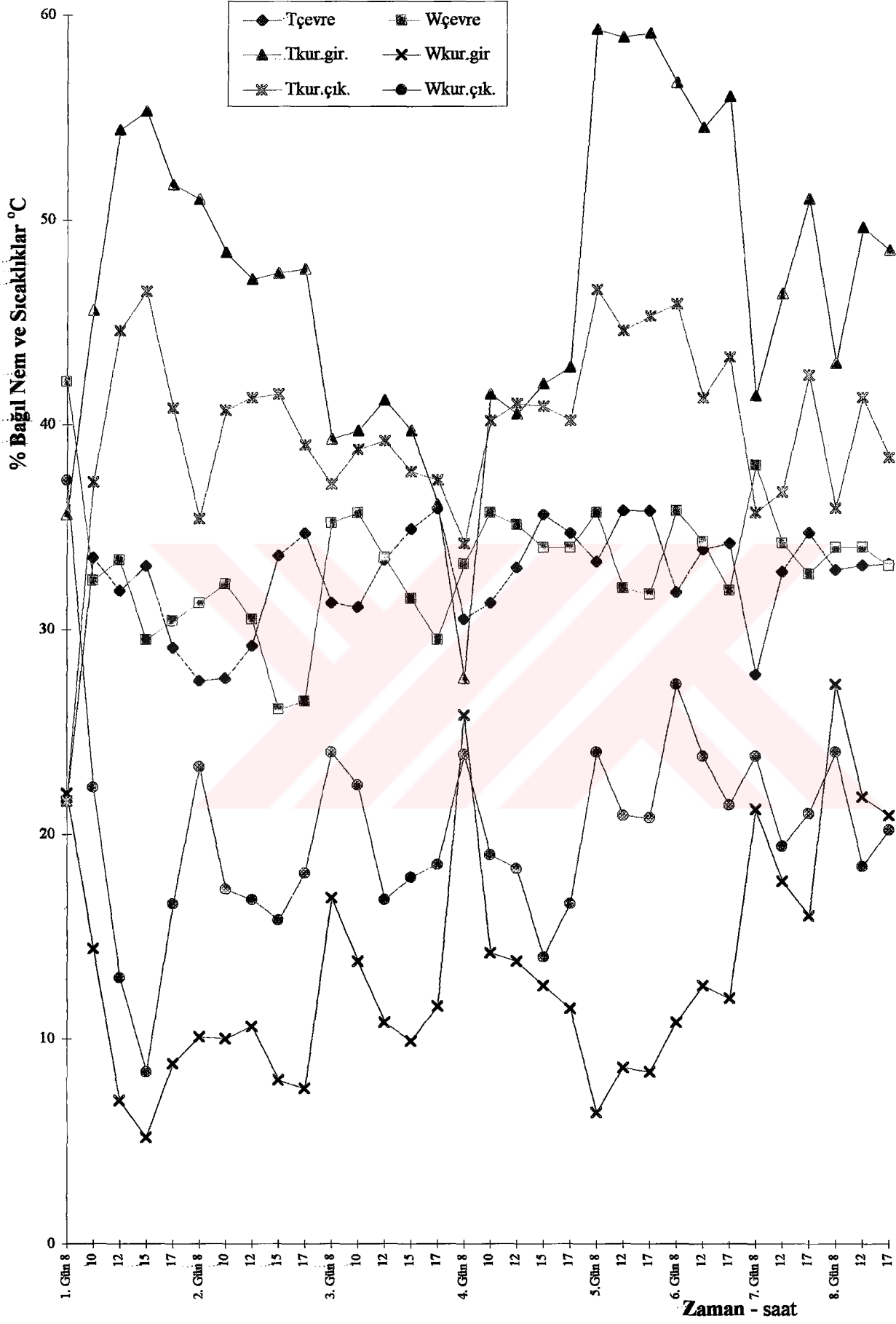
Şekil 8.22 Güneş Radyasyonu ile Çevre, Kolektör Giriş-Çıkış, Kurutucu Giriş-Çıkış ve Kayısı İçi Sıcaklıklarının Saatlik Değişimi



Şekil 8.23 Güneş Radyasyonu, Çevre, Kolektör Giriş Sıcaklığı ile, Düz ve Güneşe Göre Eğimli Kolektör Çıkış Sıcaklığı Arasındaki Saatlik Değişimi



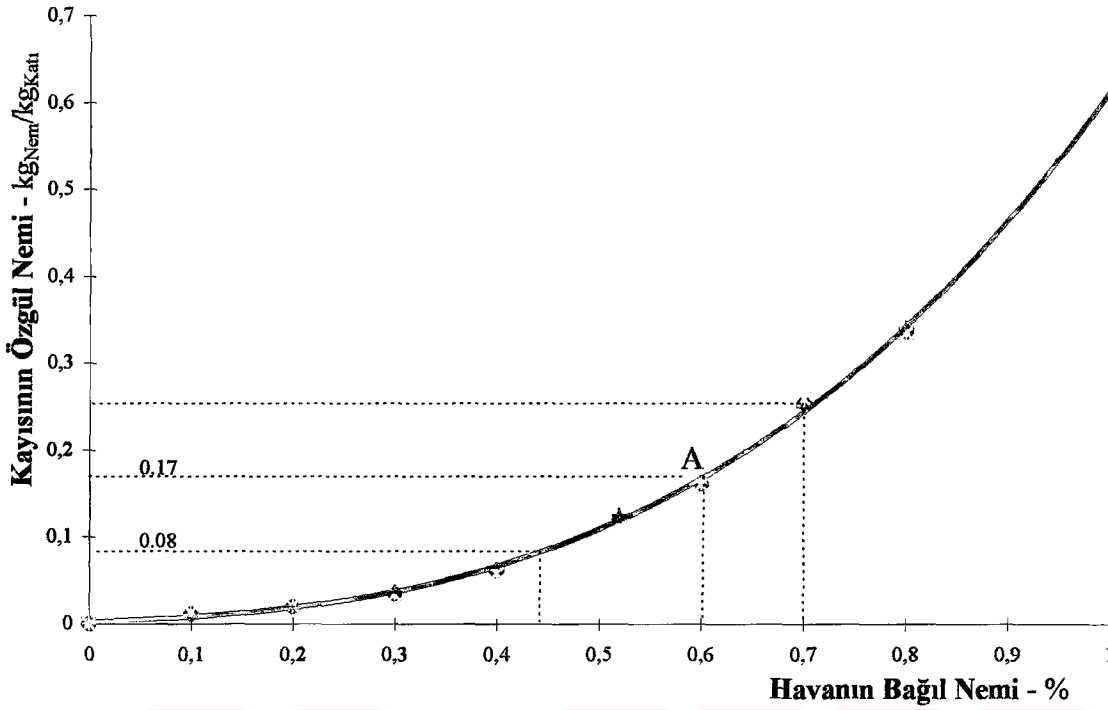
Şekil 8.24. Güneş Radyasyonu, Çevre, Kurutucu İçi ile Giriş-Çıkış Bağıl Nem Oranının Saatlik Değişimi



Şekil 8.25 Çevre, Kurutucu Giriş-Çıkış Sıcaklıkları ile Bağıl Nem Oranının Zamanla Değişimi

Kuru kayısı nem sorpsiyon izotermi, şeker miktarı fazla olan ürünlerde görülebilen I. tip nem sorpsiyon izotermi ile aynı yaklaşımı gösterir niteliktedir. Bu tip nem sorpsiyon izotermilerinin düşük nem değerlerinde su, sadece kristal şekerin yüzeyindeki OH gruplarına tutunmaktadır. Bu nedenle düşük nemli ortamlarda nem içeriği az olmakta, yüksek nemli ortamlarda ise şeker eriyerek, kristal şeker amorf şekere dönüşmektedir. Şekerin kristal yapısının bozulması absorpsiyonu artıracığından bu geçişten sonra ürün tarafından tutulan su miktarında önemli artış gözlenmektedir. Su aktivitesinin 0.60'ın üzerine çıkmasıyla, şekerin çözünme işlemi artmaktadır. Endotermik olan bu işlem yüksek sıcaklıklarda daha fazla olmakta, şekerin daha fazla erimesi ile de kayısların daha fazla su tutması ile izah edilebilmektedir (Evranuz, 1984).

Kayısının özgül nemine havanın bağıl nemi büyük ölçüde etki etmektedir. Havanın bağıl neminin düşük tutulması kuru havanın nem absorbe etme özelliğini yükselmekte ve böylece özgül nemi artmaktadır. Bu durum ise kuru kayısının bulunduğu hava şartlarının önemli olduğunu ve buna dikkat edilmesi gerekli olduğunu göstermektedir. Şekil 8.26'dan görüldüğü gibi $0,25 \text{ kg}_{\text{Nem}}/\text{kg}_{\text{Katı}}$ özgül nemine sahip kuru kayısı, bağıl nemi 0,60 olan hava akımının etkisinde bulunsun. Bu durumda katı A noktasına karşı gelen $0,17 \text{ kg}_{\text{Nem}}/\text{kg}_{\text{Katı}}$ özgül nemine kadar su kaybedecektir (desorpsiyon). Bunun terside doğrudur. Yani $0,08 \text{ kg}_{\text{Nem}}/\text{kg}_{\text{Katı}}$ özgül nemine sahip kuru kayısı bağıl nemi 0,60 olan havanın etkisinde kalırsa, özgül nemi $0,17 \text{ kg}_{\text{Nem}}/\text{kg}_{\text{Katı}}$ oluncaya kadar, havadan nem alabilecektir (absorpsiyon). O halde A noktası ne katıdan havaya ve ne de havadan katıya nem transferinin olmadığı denge durumunu açıklamaktadır. Benzeri olaylar doğada ve kurutmada her zaman oluşmaktadır. Kısaca şu söylenebilir ki, kayısının özgül neminin $0,17 \text{ kg}_{\text{Nem}}/\text{kg}_{\text{Katı}}$ 'dan az olması isteniyorsa, kayısıyı saran havanın bağıl neminin 0,60'dan daha az olması gerekmektedir. Bu durum havanın ısıtılması ve içerisindeki nemin düşürülmesi ile sağlanabilmektedir.



Şekil 8.26 Kayısının Sorpsiyon İzotermi

Geliştirilen “Döner Sütunlu Silindirik Kurutma Sisteminde” güneş ışınları yardımıyla önce hava ısıtılır, sonra bu hava kurutulacak ürünün üzerine gönderilerek hem ürün ısıtılır, hemde meydana gelen su buharı taşınır. Bu sistemde havanın akış hızı kolayca değiştirilebildiği için aşırı ısınmadan dolayı ürün kalitesi bozulmaz. Ancak kuruma boyunca kayısılar güneş yüzü görmediklerinden renk olgunlaşması olmaz ve ham kayısılar kurutulursa, doğal kurutmaya göre daha az gösterişli sonuçlar alınır. Buna rağmen kurumanın her yerde homojen olması, sağlık açısından hijyenik olması, kısa sürede kuruması, kararırma olmaması, kurutma için gerekli alanın yaklaşık 5 kat daha az olması çok büyük avantajlarıdır. Kurutulan kayısılarn Malatya Kayısı Borsası tarafından verilen değerleri ekte sunulmuş olup, kükürt oranı ve nem oranı istenilen sınırlar arasında olduğu ayrıca bu yöntemle kurutulan kayısılarn, insan sağlığına uygun olduğu belirtilmiştir.

Güneş enerjisi destekli Döner Sütunlu Silindirik Kurutucuda yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kurutucudaki kayısılarn kuruma sürelerinin açık sergideki ürünlerin kuruma sürelerinin yaklaşık yarısı olduğu görülmektedir.

Kurutma deneyleri neticesinde, kullanılan kurutucunun rafları arasında, kuruma hızı bakımından ilk zamanlar önemli farklar olmaktadır bilahare, döner sütun üzerindeki hava

çıkış deliklerinin ayarlanmasıyla bu farklar ortadan kalkarak homojen kuruma sağlanmıştır.

Kuru bazda nemliliğin ortalama 0.4~0.6 değerine kadar kurutucu havasının sıcaklığı hissedilmez. Bundan sonra ise kurumada sıcaklığın rolü büyüktür. Kuruma hızına etki eden bir diğer faktör de kullanılan sıcak havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıkları arasındaki farkıdır, yaş ve kuru termometre sıcaklıkları arasındaki fark ne kadar artarsa kuruma hızı da o kadar artar. Yaş termometre sıcaklığı sabit tutulup kuru termometre sıcaklığı artırılırsa, bu durum kurumanın başlangıcında yani sabit kuruma devresinde bir etkisi görülmesine de azalan hız devresinde, kuruma hızını sınırlayıcı faktör olarak iç tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonu şeklinde ortaya çıkar. Artan sıcaklık bu difüzyon olayını hızlandırıcı etki yapmaktadır, bu da ileriki aşamalarda kuruma hızını artırmaktadır.

Kayısıların ikiye bölünerek kurutulmaları, kurutma sürelerini yaklaşık yarıya kadar düşürebilmektedir.

Bu Döner Sütunlu Silindirik Kurutucunun bir kolektörle, kayısıların 8 saatlik iki gün güneşlenmesiyle, son neme kaliteli bir şekilde düşürülebildiği kanıtlanmıştır.

Geliştirilen kurutucuda raflar arası kuruma seyri ve homojenliği kabul edilebilir bir paralellikte olduğu görülmüştür. Bu kurutucu yağmur, toz, toprak ve her türlü hayvan atıklarından kayısıları tamamen muhafaza edebilmiş ve bu yüzden de temizlikte doğal kurutmaya göre renk ve görünüşte daha üstün sonuçlar vermiştir. Havanın ısıtılması için elektrikli ısıtıcılar gibi diğer enerjilere gerek olmadan kayısıları hızlı ve kaliteli olarak kurutmak bu kurutucunun önemli bir özelliği olmuştur.

Havayı ısıtmak için geliştirilen kolektör kendisinden bekleneni açık havalarda havayı ortam havasının 55°C üzerine çıkararak fazlasıyla vermiş ve % 10'larda olan düz kolektör verimini % 40'lara çıkarmayı başarmıştır.

Bu kurutucu hem kurutma odası ve hem de kükürtleme odası görevlerini birlikte gördüğünden yatırım maliyeti ve işletme masrafları düşecek, yalnız bakım onarım masrafları olacaktır. Nispeten ucuz malzemeye imal edilen ve denenen bu yeni tip güneşli kurutma sisteminin değişik ürünlerin kurutulmasında, görünüm ve kuruma süresi yönünden olumlu sonuçlar vermektedir.

9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, ülkemiz ekonomisine önemli katkıları olan taze ve kuru kayısının besin öğeleri bileşimi ve enerji niceliği ortaya konmuştur. Taze ve kuru kayısının özellikle β karoten ve potasyum yönünden zengin bir besin olduğu belirtilmiştir. Taze kayısı önemli β karoten kaynağı olan besinler içerisinde sayılmaktadır. A vitamininin ön maddesi olan karoten, vücuttaki fonksiyonları ve özellikle bazı hastalıklara karşı koruyucu etkinliği ile sağlıklı beslenmede önemli bir yer tutmaktadır. Kayısının ayrıca potasyum (267 mg/100 g) ve sodyum düzeylerinin (1.6 mg/100 g) düşük olması, sağlık açısından önemli bulunmakta, bu özellik kan basıncının düzenlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Enerji değeri 1230 kJ/100 g olan kuru kayısının tazesine kıyasla besin öğeleri bileşimi yüksektir. Bu durum kuru kayısının nem düzeyinin düşürülmesinden kaynaklanmaktadır. Protein (% 3.61) ve yağ düzeyi (% 0.33) düşük olan kuru kayısının karbonhidrat oranı (% 77.44) yüksektir. Ayrıca kuru kayısı selüloz yönünden de zengin bir besindir. Düşük sodyum düzeyine karşın potasyum düzeyi de yüksektir (1269 mg/100 g). Ayrıca kuru kayısının β karoten içeriğinin de yüksek olması (2.50 mg/100 g) kayısı kurutma konularında çalışmalar yapılması açısından, önemlidir.

Yöremiz bir ziraat ülkesidir ve çok zengin tabiatı sebebiyle çok güzel ve değerli kayısıları kaliteli olarak yetiştirir. Ancak bu kayısılar yeterince değerlendirilip, dayanıklı hale getirilememekte, bu yüzden de israf ve çürüme ile taze olarak tüketilmesi zorunluluğuyla mevsimlik aşırı fiyat dalgalanmaları büyük ölçüde ekonomik kayıplar doğurmaktadır.

Tüketim süresini artırma usulleri arasında kurutma, şüphesiz en ekonomik olanıdır. Taze kayısılar ilk ağırlıklarının 1/3'üne düşürülmesiyle hacimlerinin azalması, besin değerlerinin büyük ölçüde korunması, kurutma sanayiın kısmen küçük yatırımlarla gerçekleştirilmesi, kuruyan kayısıların pahalı ambalajları gerektirmemesi ve soğuk depolamaya ihtiyaç göstermemesi bu usulün başlıca üstünlüğüdür.

Açık sergide kurutulan kayısılar dış atmosfer koşullarından direkt etkilenirken, kurutucudaki kayısılar için bu etkiler söz konusu olmamaktadır.

Önceki bölümlerde doğal kurutmanın mahzurlarından bahsedilmişti. Bu sakıncaların mevcudiyeti araştırmacıları tarih öncesinden beri alışlagelmiş usullerin yerine daha uygunlarını bulma araştırmasına sevk etmiştir. Kurutma usulleri arasında en ekonomikliği doğal kurutmadan sonra güneş enerjisiyle ısıtılmış sıcak hava ile yapılan kurutmadır. Buraya

kadar kurutma havasının güneş enerjisiyle ısıtılarak, hem doğal kurutmanın mahzurlarından korunmuş ve hem de yapay kurutmanın en ekonomisi olan güneş enerjisi destekli bir sistemin gelişmesi sunulmuştur.

Bu gibi çalışmalar ile doğal kurutmadaki sergi yerlerinin tavuk, sinek, keçi ve eşek gibi hayvanların kayısı kalitesine olumsuz etkilerinin azaltılması sağlanmakta ayrıca kuruyan kayısılar toz, toprak ve yağmurdan korunmaktadır. Böylece çok kaliteli ürün elde edilebilmektedir.

Direk güneş radyasyonuna maruz doğal kurutma ve Lawand tipi güneşli kurutmalarda buharlaşma için gerekli ısı, ürünün doğrudan doğruya güneş ışınlarına maruz kalmasıyla sağlanır. Basitlik ve kuruma sırasında dokudaki artık klorofilin parçalanmasıyla kayısların daha olgun renk alması avantaj ve fakat aşırı ısınmadan dolayı kararma ve şekerlerin karamela olması, buharlaştırılan suyun uzaklaştırılmasının zor oluşu, kurutma için çok geniş alanlara ihtiyaç göstermesi, temizlik açısından sağlığa zararlı olması ve ayrıca kurumanın homojensizliği bu sistemlerin dezavantajlarıdır.

Kayısların doğal olarak kurutulmalarında dış kurutma şartları değiştirilmeden ve kontrol edilmeden doğal olarak oluşmaktadır. Enerji tüketimi söz konusu değildir. Bu nedenle yalnız enerji tüketimi açısından bakıldığında uygun gibi görülmekle beraber kurutma süresi, kurutma kalitesi, sonuç nemi bakımından uygun bulunmamakta ve bunun yerine çoğunlukla yapay kurutma tercih edilmektedir.

Yapay kurutmada dış kurutma şartlarını değiştirerek kontrol altında tutmak ve böylece kurutucudaki kayısların özellikleri ve kurutmadaki kalite istekleri dikkate alınarak istenen ve planlanan kurutma ortamını sağlamak mümkün olmaktadır.

Ülkemizde halen uygulanmakta olan kurutma tekniği ile elde edilen kurutulmuş kayısılar, kurutma şartları açısından yetersiz olmakta ve dünya pazarlarında ikinci sınıf muamelesi görebilmektedir. Toprak sergi kurutucularda toz, toprak, beklenmedik yağmurlar ve sergi yerlerinde gezinen tavuk, kuş, küçük çocuk, karınca, sinek ve keçi gibi hayvanlar kuruyan kayıslara zarar vermekte ve kaliteyi büyük oranda düşürmektedir. Ayrıca kurutmanın halk sağlığı için de önemi büyüktür. Bu nedenle bu problemlere toprak sergi yerine imal edip denenen kurutucu gibi, değişik tip güneş enerjili kurutucularla çözüm aramak gerekir.

Güneş enerjisiyle destekli “Döner Sütunlu Silindirik Kurutucunun” (DSSK) ucuz ve kullanışlı olarak geliştirilmesi yanı sıra, bu sistemin bir ek ısıtıcı sistemle takviye edilmesi bir

üstünlük olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat bilinmektedir ki enerji maliyeti artan yatırımla artacak ve bu sistemlerin ekonomik ve pratik olmaktan uzak olacaktır. Ayrıca güneş enerjisinin depolanması yerine klasik yakıtlardan (Hava gazı, odun, linyit, kok, gaz, fueloil, LPG ve elektrik) faydalanmak suretiyle ısıtmanın sürekliliği araştırılabilir. Burada unutulmamalıdır ki, bu sistemlere ilave olarak, bir de yakma ünitesi gerekecektir.

Kuruma süresinin kısılması, büyük ölçüde kurutucu havası ile temas eden yüzeyin büyüklüğüne de bağlıdır. Bu yüzeyin büyütülmesi ancak kurutulacak ürünün parçalara ayrılmasıyla mümkün olmaktadır. Bu maksatla yapılan Kabuk Tip kayısı kurutma ile Şekerpare Tip kayısı kurutma deneyleri neticesinde kabuk tip kayısı kurutmanın şekerpare tip kurutmaya göre yarı zamanda kuruduğu görülmüştür. Bu tip kurutmada bir başka önemli hususta kuruyan kayısların iç ve dışının aynı paralellikte kurumasıdır. Oysa şekerpare tip kayısı kurutmada kurutulan kayısların içi kısmı, dışı gibi kurumayıp iç kısmın nem oranı daha yüksek olmaktadır. Burada müşteri talebi göz önüne alınarak, kabuk tip kayısı kurutma yöntemi önerilmektedir.

Geçmiş yıllarda kükürtleme işleminden sonra şekerpare tip olarak kurutulan kayıslar dışarıda, açıkta toprak sergiler üzerinde güneşte kurutulmaya alınmakta, işlemin 3. günü çekirdekler tek tek elle çıkarılmakta ve kuruma 5. gün tamamlanmaktaydı. Ancak özellikle Keban ve Karakaya barajlarının yapılmasıyla oluşan iklim değişiklikleri nedeniyle kurutma süreleri 8-10 günü bulmaktadır. Bölgede kurutma işlemi sonunda genellikle havadaki nem düzeyi ortalama %70'e çıkmaktadır. Bu da oldukça yüksek bir nem oranı olup, üretici koşullarında kuru kayısların uzun süre depolanması risk oluşturmaktadır.

İmal edilerek denenen; güneş enerjisi kolektörlü, döner sütunlu silindirik kurutucu ile, sonbaharda havaların yağışlı gittiği günlerde doğal olarak kurutulan üzüm, biber ve sucuklu pestil kurutulması çalışmaları yapılmalıdır.

Bu ve benzeri güneş enerjili sistemlerin mahzurları, güneş enerjisinin fasılalı olarak gelmesinden ileri gelmektedir. Bu yüzden geceleri ve kapalı günlerde kurutma yapmak çok zor olur. Enerjiyi çeşitli şekillerde depo ederek, böyle zamanlarda kullanılmaları şeklinde araştırmalar yapılabilir.

Kurutucunun üst ve yanları güneş ışınlarını geçirebilecek saydam bir malzemeden yapılması olgunlaşmamış kayısların renk olgunlaşmasını da sağlayacaktır.

Gerek model çalışmasında, gerekse kurutucunu denenmesinde toz, toprak, yağmur ve sergi yerlerinde gezinen canlılardan ürünün etkili bir şekilde korunduğu görülmüştür.

Kapalı mahalde ve kontrollü şartlar altında kurutma yapılabildiği için açıkta kurutmadan daha iyi kalitede kurutma yapılabildiği hatta renk açısından açıkta kurutulan kadar gösterişli olduğu görülmüştür. Araştırma deneylerinin sıhhati bakımından kurutucuya konan ürünlerin aynı cins, olgunluk ve tane büyüklüğünde olması gerekmektedir.

GAP ve DAP projelerinin gün geçtikçe uygulanırlılığının artması, bölge illerindeki sulama maksatlı barajların 2000 yılına doğru bitirilmesi çalışmalarının hız kazanması ile kayısı üretiminin artması kaçınılmazdır. Hijyenik koşullarda kuru kayısı üretim sistemlerinin entegre tesisler şeklinde geliştirilmesi ülke ekonomisine yeni istihdam alanları kazandıracak girişimler olacağından teşvik edilmelidir.

Döner Sütunlu Silindirik Kurutucunun imalinde fabrikasyon imalatın yanında yerel imalatla düşünülebilir. Sistemin kullanılacağı yerde kolay ve ucuz olarak bulunan malzeme ve işçilik ile yapım fiyatları düşürülebilir. Fabrikasyon imalatında ise zirai Donatım Kurumu ve benzeri kurum ve kuruluşlardan yararlanılabilir. Her iki tip yapımda da ucuz malzeme üzerinde durulmalıdır.

Köy ve çiftliklerde kurutmada güneş enerjisinin kullanımında büyük kapasiteli kurutucular imal edililerek ortak kullanım yoluna gidilip ekonomiklik sağlanabilir. Bu tip cihazların yayın programlarıyla tanıtım ve temini imkanlarının sağlanması yakın bir gelecekte güneş enerjisinin kırsal bölgelerde kullanılmasını sağlayacaktır.

Sistem kapasitesi büyüdükçe kurutma maliyetinin düşmesi de beklenen bir olaydır. Diğer taraftan büyük kapasiteli kurutucunun bir ek ısıtıcıyla takviye edilmesi suretiyle mevcut kapasite birkaç misline çıkarılabilir. Böylece hem sürekli kullanım sağlanır ve hem de maliyet düşürülerek köylerde uygulama alanları artırılabilir.

Yatırım yapmayı düşünen üreticilerin genellikle ilk yatırımı düşük olan projeleri çekici bulduğu bir gerçektir. İlk yatırımı yüksek olan bir proje, işletme masrafı çok küçük bile olsa ilk bakışta tercih edilmeyebilir. Ancak dikim ve ekilebilir arazilerden tasarruf imkanı sağlayan ve cüzi bir masraf ve düşük sarfiyatla, dış ticare yapılan ülkelerinin aradığı kalitede ve homojen kuruluştaki ürün eldesi için, böyle bir yatırımı tercih edebilir.

Kuru kayısıya olan talep, ürün fiyatına, kalitesine ve bulunabilirliğine bağlı olarak değişiklikler gösterir. Kuru kayısıda ürünün işlemeye hazırlanması, işlenmesi, taşıma, dağıtım ve satışı gibi tüm aşamalarda uygun sağlık şartlarının yerine getirilmesi gereklidir.

İlk, Orta ve Yüksek okullarda okuyan çocukların ders aralarında, ara öğün olarak bir şeyler atıştırmaları bir ihtiyaçtır. Bu nedenle okul kantin ve çevrelerinde yiyecek ve

içecek satışı yapan yerler sürekli denetlenerek katkı maddeli Şeyler yerine süt, kayısı kurusu ve suyu gibi besin değeri yüksek yiyecek ve içeceklerin satılmasıyla i tüketimi artırmak ve özellikle dışa bağımlı katkılı içeceklerin yerine meyve sularının iimini sağlamak üzere eğitime önem verilmelidir.

Taze kayısıların kkrtlenmeleri genellikle kasalara doldurmak suretiyle yapılmaktadır. Bu yöntemle kükürtlenen kayısıların homojen kükürt almadıkları görülmektedir. Oysa geliştirip denenen Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu aynı zamanda kükürtleme odası olarak da görev yapmaktadır. Burada tepsiler üzerindeki eleklerle yerleştirilen kayısılar ince sergi oluşturduklarından kükürt almaları da homojen olmaktadır. Bu durum çok seçici olan AB lkelerinin istediği oranda kükürt içeriğinin ayarlanmasına imkan vermesi bakımından oldukça önemlidir.

Üretim artışı kadar hasat edilen ve kükürtlenerek kurutulan kayısıların kalitesini artırıcı araştırma ve tedbirlere ihtiyaç vardır. Kayısıların altın sarısı rengini veren ve böcek ve kf yönünden depolama ömrünü artırmasını sağlayan kükürtleme, toprak damlarda yapılmakta ve yine toprak sergilerde kurutulmaktadır. Bu nedenle kayısılarımız SO₂ içeriği sorunu ile karşı karşıyadır. Dünya genelinde, uluslararası standartlarda belirlenmiş kuru kayısılardaki kükürt oranı % 0.2'lik sınırların dahi altına (% 0.15'ler düzeyine) ekilmek istenmektedir. Oysa kuru kayısılarımızda SO₂ oranı TSE'ye göre % 0.25 dir. Bu sorun bu güne kadar ihracatımızın azalmasına neden olmamışsa da ürünün gerçek fiyatını bulmasını engellemiştir. Bu durum bazen da alıcıların ürünü geri çevirmelerine gerekçe olmuştur.

Kayıların kkrtlenmesinde kükürt yakma yöntemine alternatif yöntem, kükürtleme yerine SO₂ gazının kullanılmasıdır. Kkrtlemede SO₂ gazının kullanımı kükürt yakma işlemine göre çok daha az SO₂ kullanımını gerektirmektedir. Bu da evre havasının kirlenmemesi açısından da önemlidir.

Son zamanlarda çok kullanılan kayısıların kkrtlemede Sodyum Metabislfit'e (Na₂S₂O₅) daldırma uygulaması, özellikle istenen altın sarısı rengi her zaman sağlayamamaktadır. Ancak retim yoğunluğu ve zaman kazanma açısından son ürün renginin aranmadığı durumlarda bu yöntemin kullanılması önerilebilir.

Kuru kayısı sektörünün dış pazarlardaki rakipleri; İran, İspanya, Avustralya, Yunanistan, Yenezellenda ve Brezilya gibi ülkelerdir. Bu nedenle ürün çeşitliliği, alt yapı, kalite kriterleri, ambalaj ve dış pazar standartlarına uygunluğun sağlanması ile ABD, Japonya, AT pazarları, yeni Türk Cumhuriyetleri ve tüm Müslüman lkeler arasında rekabet

şansı yakalanabilir. Bunun yanında bir ürün için pazar, kendisine talep olan her yerdir. Dolayısıyla kuru kayısı tüm dünya ülkeleri için potansiyel pazardır ve Türkiye bu açıdan şanslıdır. Yeni Türk Cumhuriyetleri, Arap ve Müslüman ülkelerin önemli birer pazar olduğu gözden uzak tutulmamalı, dünyada yeri ve kıymeti doldurulamayan kuru kayısı bizim için bir avantaj olup yeterince değerlendirilmelidir. Dünya pazar isteklerine uygun, araştırma ve geliştirme faaliyetleri ile birlikte uluslararası organize olmuş şirketlere ihtiyaç vardır. Bu nedenle Türkiye'nin kurutulmuş kayısı sanayi dışsattımında kısa vadeli çözümler yerine uzun vadeli dışsattım politikası oluşturulmalıdır. Ayrıca sağlıklı kuru kayısı üretimi için tartışmalardan uzak ülke gerçeklerini ve tüketicinin korunmasını esas alan bir kuru kayısı kanununa süratle gereksinim vardır.

Kuruma hızını kontrol eden önemli bir parametre de, nem oranının azalmasıyla kayısların büzülmesidir. Büzülmenin iki farklı etkisi görülmektedir. Birincisi; kayısının birim ağırlığının yüzeyini değiştirmesidir. Bu durum, kuruma esnasında hava ile temas eden yüzeyi önemli ölçüde küçülteceğinden istenmez. İkinci etki ise; kayısı yüzeyinde kapilariteye engel olacak şekilde bir kabuk oluşturmaktır. Bu, kayısının içinde sıcaklıkla meydana gelen buhar difüzyonuna engel olur. Bu olay nihai neme ulaşmayı zorlaştıracığından kuruma hızı oldukça düşer.

Sürekli olarak artan kalite talepleri doğrultusunda, ithalatçı ve tüketici geleneksel yöntemler ile kurutulan kayısları artık kaliteli bir gıda maddesi olarak görmemektedir. Kayısların toprakla temasının günler boyunca sadece bir örtü aracılığıyla kesilmesi ve akla gelebilecek her türlü istenmeyen doğa koşullarına (böcek, evcil hayvanlar, kuş pislikleri, toz, toprak vb.) maruz kalması ürün kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu tür kirlenmelerden dolayı bilahare işletmelerde temizlik ve yıkama işlemlerine tabi tutulmak zorunda kalmaktadır. Bu da zahmetli ve masraflı olmakla beraber kayısların şeker oranlarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Yöremizde halen uygulanmakta olan kurutma tekniği AB'nin gıda şartnamelerine uymayan ilkelikte ve de yetersizdir. En başta gelen ihraç ürünlerimizden olan kuru kayısı bu sebeple dünya pazarlarında alması gereken yeri bir türlü alamamıştır. Batılı ülkelerin tünel tipi kurutucularda eriştikleri temizlik, renk ve arzulanmış nemlilik seviyelerine bizim toprak sergilerle ulaşmamız mümkün değildir. Toz, toprak, beklenmedik yağmurlar ve sergi yerlerinde gezinen tavuk, kuş, küçük çocuk, karınca, sinek ve keçi gibi hayvanlar kuruyan kayıslara zarar vermekte ve kaliteyi büyük oranda düşürmektedir.

Yöremizde kayısı üretimi artıkça bir ihtiyaç haline gelebilecek olan entegre bir tesiste;

- Kalite kontrol ve ürün geliştirme laboratuvarı,
- Kayısı kurutma hattı,
- Konserve, jöle, Kayısılı gofret, bar, bisküvi, reçel ve marmelat hattı,
- Şekerleme,
- Soğuk hava deposu,
- Taşıma ve ulaşım imkanları,
- Ambalajlama,

sistemlerinin bulunması gerekmektedir. Entegre kayısı işleme tesisinin detayları fizibilite araştırmaları ile ortaya konabilir. Ayrıca işlemenin her aşamasında en uygun teknolojinin seçilmesi gerekir. Burada teknolojiyi belirleyen en önemli husus, ihracat ürünü olan kurutulmuş kayısıların ithal eden ülkelerin istekleri doğrultusunda homojen ve hijyenik şartlarda ürünlerin sunulması olacaktır.



KAYNAKLAR

- AKKİPRİK, C.,(1970). Vals Tipi Kurutucular ve Termodinamik Hesapları. **Müh. ve Mak . C.13**, Sayı 156.
- AYKUT, M., SELÇUK, M.K., (1973a). Sürekli Kurutma Yapabilen Bir Güneşli Kurutucu. **Müh. ve Mak . C.17**, Sayfa 191.
- AYKUT, M., SELÇUK, M.K.,(1973b). Labratuvar Tipi Bir Güneşli Kurutucu. **Müh. ve Mak .C.17**, Sayı 192.
- AKYURT. M., AKYURT. S., (1972). Güneşli Kurutucuların Ekonomik Değerlendirilmesi. **Müh. ve Mak. C. 16**, S. 187
- AKYURT. M., SELÇUK. M.K., (1973). Labaratuvar Tipi Bir Güneşli Kurutucu. **Müh. ve Mak. C. 17**, S. 192.
- AKYURT. M., SEVİLİR. E., SÖYLEMEZ. E., SELÇUK. M. K., (1976). Güneş Enerjisi ve Bazı Yakıtlarla Meyve ve Sebze Kurutulması. **TÜBİTAK, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu**, Proje No: TOAG-97.
- ATAGÜNDÜZ, G., (1984). “1983-1997 Enerji Araştırma Plan ve Program Hedefleri”. **Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri**, E.İ.E.İ. Ankara.
- ATAGÜNDÜZ, G., (1987). Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları. **Ege Üniversitesi Basımevi**.
- ATAGÜNDÜZ. G., KARAGÜLLE., (1980). Güneş Enerjisi ile Kırmızı Biberin Kurutulması. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi. C. 2**. Sayfa 21-26.
- ATAGÜNDÜZ. G., (1981). Pnömatik Kurutucularda Poliacrilnitril Kurutulması. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi. C. 4. S. 3**. Sayfa 28-32.
- ATAGÜNDÜZ, G., Türkiye Ana Enerji Planı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları. **E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü 35100 Bornova İZMİR**
- AYKUT. M., SELÇUK. M. K., (1973). Laboratuvar Tipi Bir Güneşli Kurutucu. **Müh. ve Mak. C. 17**, S. 192.
- BANCHERO, J. T., BADGER, W. L., Çeviri ÇATALTAŞ, İ., (1973). Unit Operasyonlar. **İnkılap ve Aka kitabevi**. İstanbul.
- BROWN. J. G., KARAHAN. G., (1995). Gelişmekte Olan Ülkelerde Tarıma Dayalı Sanayileri Geliştirme. **Köyışleri dergisi**. Sayı 105. Ankara.

- BRUIN, S., LUYBEN, K., (1980). Drying Food Materials. **Advances in Drying**, v 1, McGraw-Hill Company.
- ÇAKMAKCI. L., KARAHAN. G., (1995). Gıda Sanayimiz ve Ticaretimiz. **Tarım ve Köyişleri dergisi**. Sayı 105. Ankara.
- CİHAN, A., (1991). Çeltik Kurutmasının Deneysel ve Teorik Araştırılması. **Yıldız Üniversitesi**. Doktora Tezi.
- CİHAN, A., ÖZGÜR, D., (1992). Bir Optimum Kurutma Tesisatı Tasarım Önerisi. **5. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi** ODTÜ, Ankara.
- DANIELS, F., (1964). **Direct Use of the Sun's Energy**. Yale University Press, New Haven
- DEMİRTAŞ. C., AYHAN. J., KAYGUSUZ. K., **Drying Behaviour of Hazelnuts..** Yayınlanmamış Makale. KTÜ.
- DOĞANTAN, Z. S., (1986). Kahramanmaraş Biberlerinin Kurutmaya Yönelik Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Saptanması ile Doğal Koşullarda ve Plastik Örtü Altı Güneş Toplayıcılarıyla Kurutma Üzerine Bir Araştırma. **Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi**. Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı.
- DOĞANTAN, Z. S., AYRANCI. E., AYRANCI. G., (1990). Kurutulmuş Malatya Kayısısının Nem Sorpsiyon İzotermi. **Kayısı Kalitesi ve Teknolojik Sorunları Semineri Bildirisi**. Malatya.
- DOĞANTAN, Z. S., AYRANCI. E., AYRANCI. G., (1990). Moistre Sorption. Isotermes of Dried Apricot, Fig and Raisin at 20⁰ and 36⁰. **Journal of Food Science**. Vol. 55, No. 6, pp. 1591-1594.
- DOĞANTAN, Z. S., TUNCER. İ. K., (1988). Bazı Meyve ve Sebzelere Ait Isıl İletkenlik ve Yayınım Katsayılarının Geçici Rejim Yöntemi ile Ölçülmesi. **Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi Bildirisi**. Sayfa 327-336. Erzurum.
- DOĞANTAN, Z. S., ÜNSAL .M., (1992). Meyve Sebze ve Et Çeşitlerine Ait Isıl İletkenlik Katsayısının Minyatür Isıl İletkenlik Sondası İle Saptanması. **Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi**. Samsun.
- DURANAY. M., (1982). Güneş Kollektörlerin Dizaynında Göz Önünde Tutulacak Esaslar. F. Ü. **Müh. Fak. Mak. Müh. Böl. MS. Seminer Notu**. Elazığ.

- ERDOĞAN. D., YÜKSEL. G. ve ÇİLİNGİR. İ., (1989). Çatı Tipi Havalı Güneş Enerjisi Toplayıcılar Üzerinde Bir Araştırma. **Doğa TV. Tar. ve Or. D.** Sayfa 288-234.
- EMİROĞLU. M., (1996). Gümrük Birliğinin Türk Tarımına Etkileri. **Tarım ve Köyışleri Dergisi.** Sayı 108. Ankara.
- ESİN, A., (1985), Besin Sanayinde Isıl İşlemler ve Konserveçilik. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi.** C. 7. Sayı 3. Sayfa 44 - 46. Ankara.
- EVRAUZ, Ö., EVRAUZ, Ç., TUĞAL., V. ve ÖZİL, E., (1984). Kuru ve Kurutulmuş Tarım Ürünlerinin Türk Ekonomisi İçindeki Yeri ve Güneşte Kurutma Uygulamalarının İrdelenmesi. **TÜBİTAK Mar. Arş. Enst.** Gebze-Kocaeli.
- EVRAUZ, Ö., (1984). Gıdalarda Su Etkinliği (Aktivitesi) ve Önemi. **TÜBİTAK Mar. Arş. Enst.** Gebze-Kocaeli.
- GÖKÇE, K., (1970). Kayısların Kükürtlenmeleri ve Kurutulmaları. **A.Ü.Z.F. Yayınları** Yayın No: 405. Ankara.
- KADAYIFÇILAR. S., YAVUZCAN. G., (1965). Güneş Enerjisinin Toplanması ve Depolanması. **A. Ü. Z. F. Yıllığı**, fasikül 2, Ankara.
- KADAYIFÇILAR. S., ÜLTANIN, M.Ö., (1970). Güneş Enerjisi ve Ziraatta Kullanılma Alanları. **A. Ü. Z. F. Yıllığı**, Ankara.
- KANTAY, R., BOZKURT, Y., (1980). Biçilmiş Ağaç Malzemenin Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Metotlarının Isı Ekonomisi Bakımından İncelenmesi. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi.** C. 2. Sahife 31 - 36.
- KARAGÜLLE, N., ATAGÜNDÜZ, G., (1975). Güneş Enerjisiyle Çalışan Bir Kurutma Evi. **Müh. ve Mak.** C. 19. Sayı 222, Sayfa 246-254.
- KARAKUŞ. N., (1995). Dünya Gıda Gününde Ortak Hedef Herkese Gıda. **Tarım ve Köyışleri dergisi.** Sayı 105 Ankara
- KARATAŞ, Ş., ESİN, A., (1990). Domates Salçasının Püskürtülerek Kurutulması İçin Yüzey Yapıştırıcılı Bir kurutma Odası Tasarımı. **Doğa Tr.J.Of Engeneering and Environmental Sciences** v 14, pp 557 - 567.
- KEEY, R.B., SUZIKI, M., (1974). On The Characteristic Drying Curve. **Int J. Heat and Mass Trasfer**, v 17, pp 1455-1465.

- KELEŞ, F., (1986). Gıdalarda Enzimatik Esmerleşme ve Kontrolü. **DOĞA TU. Tar. ve Or.D.** 11.1.1987
- KILKIŞ, B., (1980). Taşkın Yataklarda Kurutma. **Isı Bilimi ve Tekniği**. C. 2, Sayfa 48 - 51
- KIM, K.H., CHUN, J.K., (1975). The Effect of The Hot Air Drying of Red Pepper on the Quality. **Food Sci. Tech.** v 7, n 2, pp 69-79.
- KISAKÜREK, B., (1980). Kurutma Modelleri. **Isı Bilimi ve Tekniği**, C. 2, Sayfa 37-40
- KUMAR, S., COLNGEO, A., SPAGNA, G., (1995). Experimental Investigation of Different Solar Dryeis Suitable For Fruit and Vegatable Drying. **Renewable Energy**, v 6, n 4, pp 413-424.
- KÜÇÜKA, S., (1989). Depo Tipi Bir Mısır Kurutucusu Tasarımı. **Müh. ve Mak.** C. 30, Sayı. 352.
- LYKOV, A., MIKHALLOV, V. A., (1961). **Theory of Energy and Mass Transfer** Prentice. Hall, New Jersey.
- MEYVECİLİK ARAŞTIRMA ENS. MALATYA (1990). Kayısı Yetiştiriciliği. **Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı**. Ankara
- MCCABE, W. L., SMITH, J. C., (1967). **Unit Operations of Chemical Engineering**. McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- MCQISTON, C. F., PARKER, D. J., (1988). **Heating, Vantilating and Air Conditioning Analıysis and Design**. John Willey And Sons, New York.
- MONR, K.H., Çeviri CAN, A., (1992). Kurutma Koşullarında Biyolojik Ürünler İçinden Nem Transportunun Kinetiği. **Müh. ve Mak.** C.33, Sayfa 392.
- OECHSLE, P., (1996). Solar Tünel Kurutucularda Alternatif Kurutma İmkanları. **Kuru Meyve Ticareti Dergisi**. Bilgin Tercümanlık, Yayıncılık & Turizm San. ve Tic. Ltd. Şti. ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, No 3 sayfa 14,17 Gebze-Kocaeli.
- OSKAY, R., ÇAKMAKÇI, S., GÖĞÜŞ, Y.A., (1980), Nemli Havanın Isıl Özellikleri ve Atmosfer Basıncının Etkisi. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**. C.1. Sayı 2. S. 31-34.
- ÖRS.Y., ÜÇÜNCÜ.K., (1992). 41⁰ Kuzey Paralelinde Güneş Enerjisiyle Kereste Kurutma Olanakları Üzerine Araştırmalar. **Doğa T.V J. of Agriculture and Forestry** 16. 22-37. TÜBİTAK.

- ÖRTEM, R., (1980). Makarna Sanayinde Kurutma Teorisinin Uygulanması ve Kurutma Hataları. **Isı Bilimi ve Tekniği**. C.2, Sayı 27 - 30.
- ÖZEK, N., KUNDUZ, M. Güneş Havuzu İle Sera Isıtılması. A.Ü. Isparta Mühendislik Fakültesi Isparta
- ÖZİL, E., ÖZEL, S., (1987). Kurutmada Güneş Enerjisinin Kullanımı. **Müh.ve Mak. C.** 28, Sayı 327.
- ÖZKOL, N., (1981). İklimlendirme. **Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Yayın No.42**. Ankara.
- ÖZGÜL. E., (1984 a). "Gıdalarda Su Etkinliği (Aktivitesi) ve Önemi". **TÜBİTAK Mar. Arş. Enst. Gebze-Kocaeli**.
- ÖZİŞ, Ü., (1991). "Su Kuvveti Tesislerinin Planlama Esasları". **9 Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Yayınları**. No 197. İZMİR
- ÖZLÜ. R.R., (1995). Dünya Tarımında FAO'nun 50 Yılı. **Tarım ve Köyüşleri dergisi**. Sayı 105.
- ÖZMEN. M., (1990). Altın Sarısı Kayısılar Beldesi Malatya. **Tarım ve Köyüşleri dergisi**. Sayı 48.
- ÖZTÜRK. A., KILIÇ. A., (1981). Bina Isıtmasında Toplayıcıların Yaklaşık Boyutlandırılması. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**. C. 3. S. 2. 49-53.
- PALA. M., vd., (1994). Değişik Kayısı Çeşitlerinin Bileşimi. **Standart kayısı özel sayısı**
- PARTI, M., KOROSY, G., (1987). How to Increase The Dryer Efficiency-Loss Prevention on A Paper Machine. **Drying Tekhnology**, v 5, n 3, pp 409 - 419.
- PEARSON, D., (1973). **Laboratuary Techniques in Food Analysis**. Churchil Pub. Co. London.
- PIHTILI. K., (1980). Düz Levha Tipi Güneş Kollektörleri. **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**. C. 2. Sayfa 21-24.
- ROBERT, M.P., BARRET J.A., (1978). **Solar Grain Drying Plastik Collector**. Agricultural Engineering Departmant. Purdue Uni. USA.
- ROBINSON, N., (1966). **Solar Radiation**. Elsevier Publishing Company, New York.
- ROHSENOW, N. W., CHOI, H., **Heat, Mass and Momentum Transfer**. Prentice-Hall, Canada

- ŞAHBAZ. F., KAYHAN. I., (1994). Hava Akış Hızı ve Sıcaklığın Patatesin Kuruma Hızına Etkisi. **Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences** 18. 163-168
- ŞAHSUVAROĞLU. L., (1995). Global Statikonun İnsiyatif Alanı. **Tarım ve Köyşleri dergisi**. Sayı 105. Ankara.
- SARSILMAZ. C., (1996). Kurutma Teknikleri. **F.Ü. Fen Bilimleri Ens. Mak. Müh. Anabilim dalı Doktora Semineri**. Elazığ.
- SELÇUK. M. K., (1995). Güneş Enerjisinden Faydalanan Bir Meyve Kurutucusunun Geliştirilmesi. **TÜBİTAK, Mühendislik Araştırma Grubu**, Proje No: MAG-62
- ŞENGİZER, K. (1970). Çözgü Nemliliği ve Nisbi Hava Rutubetinin Dokuma Prosesine Etkisi. **Müh. ve Mak. C.13**, Sayı 156.
- SIMAL. S., ROSSELLO. C., BERNA. A., MULET. A., (1994). Heat and Mass Transfer Model for Patato Drying. **Chemical Engineering Science**. Vol.49, No.22,
- SOUCL. S.W., FACHMANN. W., (1981/82). **Food Composition and Nutrition Tables**. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbh. Stuttgart, Germany.
- SUBAŞI. G., (1996). Gümrük Birliğinde İşlenmiş Tarım Ürünleri. **Tarım ve Köyşleri dergisi**. Sayı 108 Ankara.
- SWIENTEK, J. R., (1986). Somic Technplogy Applied to Food Dring. **Food Proc.**, v 7, pp 62-63
- TANES.M.Y., ONUR. H.Ş., KONAK.G., (1982). Bir Yerdeki Sıcaklık ve Güneş Işınımının Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi. **Isı Bil. ve Tek. Der. C.5. S.2**. Sayfa 21-25
- TUMAS.,(1988). Malatya Kayısı İşleme Değerlendirme İmkanları Araştırması. T.C. BAŞBAKANLIK Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlık Araştırma Grubu Başkanlığı. Adına **Türk Mühendislik, Müşavirlik ve Müteahhitlik A.Ş.** Tümaş Binası Tunus Caddesi 43 06680 K. Dere-ANKARA
- TUNCER. İ.K., (1980). Çukurova Bölgesinde Yonca Kurutmada Plastik Güneş Kollektörü Uygulaması Üzerine Bir Araştırma. **Ç.Ü.Z.F Yayınları**. No: 142, Adana
- UYAREL , A.Y., ÖZ, E.S. (1987). Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. **Emel Matbaacılık Sanayi**. Ankara

- ÜLTANIR, M. Ö., (1975). Türkiye Köy ve Çiftliklerinde Güneş Enerjisinden Faydalanma İmkanları Üzerinde Bir Araştırma. **A.Ü.Z.F. Yayınları**. No: 561, Ankara.
- ÜNALDI. C., (1994). Kayısının Türkiye-Malatya Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. TSE Mamul Gıdalar Hazırlık Grubu Üyesi. **Standart**
- ÜNSAL . M., DOĞANTAN, Z.S., (1989). Tarım Ürünlerinde Özgöl Isının Adyabatik Kalorimetre ile Saptanması. **Tarım Makinaları Bilimi ve Tekniği Dergisi** Sayı 3 Sayfa 5-8
- WARD, G.T., (1964). Possibilities for the Utilization of Solar Energy in Underdeveloped Rural Are Food and Agriculture Organization of the United Nations, **Farm Power and Machine Informal Working Bulletin** No 16, Rome.
- WIMMER, B., (1996). Welcome Turkey. **Kuru Meyve Ticareti Dergisi**. Bilgin Tercümanlık, Yayıncılık & Turizm San. Ve Tic. Ltd. Şti. ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, No 3 sayfa 18,19 GEBZE
- YILDIZ, C., (1996). İleri İklimlendirme Doktora Ders Notları. F. Ü. Müh. Fak. Elazığ
- YILDIZLI. A., (1995). Avrupa Topluluğu Ortak Tarım Politikası ve Bütçesi. **Köyışleri dergisi** . Sayı 101. Sayfa 34-37. Ankara.

EK. I

EK. I

T.C.

MALATYA

TİCARET BORSASI

SAYI : 236

Malatya, 21.08.1997

Konu: Kayısı hk.

Sayın

Celal SARSILMAZ

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

ELAZIĞ

Borsamıza müracatınız üzere 16 adet değişik yöntemle kurutulmuş numune kuru kayısı laboratuvar sonuçları ile Güneş enerjili kolektörle yapılan çalışmanın Borsamızca değerlendirilip, görüşlerimi aşağıya çıkartılmıştır.

Renk, koku, aroma, kalitesi ve insan sağlığına yararları ile Dünya piyasasında aranılan bir ürün olan kuru kayısı ülkemiz ve ilimiz ekonomisine büyük katkılar sağlamakta Ayrıca ilimiz insanlarının çoğunluğunun da geçim kaynağı olmaktadır.

Malatya Ticaret Borsası bu nadide ürünüme gereken bütün desteği vermekte ve ülkemizde bilimsel araştırma yapmakta olan Türk - Alman teknik işbirliği bünyesindeki çalışmalara yıllarca desdek vermiştir ve desdek vermeye devam etmiştir.

Öncelikle kuru kayısı üzerinde yapmış olduğunuz bu çalışmay övgüye değer bulmaktayız.

Bu çalışma üzerindeki Borsamız görüşleri;

Sistem ve düşünce olarak kurutmanın hijyenik bir ortamda yapılması kayısının tamamen temiz olarak kükürtlenip kurutulduğunu göstermektedir. Malatya'da yapılan kükürtleme ve özellikle kurutma açıkta yere laylon üzerine serilerek yapıldığından toz ve çöp girmektedir. ihraç edilmeden önce her ne kadar işletmelerde yıkaniyorsa da kirli kalabiliyor bu nedenle ithalatçı firmalarla sorunlar yaşanıyor. TSE görede kirlilik sınırı %1'dir. Ancak bu sistemin geniş kapasiteye dönüştürülmesi araştırılmalıdır.

Labaratuar analiz sonuçlarımıza göre kükürtlemede fazla kükürt verildiği görülmektedir. kükürtleme yapılırken her kükürtlemeden sonra analiz imkanı olsa idi kükürt oranı düşürülerek istenilen orana indirilirdi. TSE ve Dünya standartlarına göre kükürt oranı %0.2 ppm'dir.

Yine Labaratuar sonuçlarımıza göre nem oranı istenilen seviyenin de altında çıkmıştır. TSE göre Kuru kayısıda nem Oranı sınırı ise %25'dir.

Bu Sistemin kurulması için maddi yönü, kapasitenin genişliği, kullanılabilirliği, yaygınlaştırılması, hayata geçirilmesi için çalışmalarını genişletmenizi temenni ediyor attığınız bu ilk adım olumlu olduğu, bu sistemle tamamen hijyenik bir şekilde kayısı kurutulduğunu görmekteyiz.

Labaratuar Sonuçları;

Kükürt Analizi; 1- %0 2.756 ppm	- 2- %0.2.975 ppm	- 3- %0.3.309 ppm
4- %0 3.980 ppm	- 5- %0.4.040 ppm	- 6- %0.3.720 ppm
7- %0 3.371 ppm	- 8- %0.3.662 ppm	- 9- %0.2.473 ppm
10- %0 4.285 ppm	11- %0.3.433 ppm	12- %0.4.610 ppm

13- %o 4.603 ppm
16- Kükürt yok

14- %o2.936 ppm

15- %o2.833 ppm

Nem Analizi; 1- %18 2- %17
5- %15 6- %14
9- %18 10- %15
13- %17 14- %14

3- %17 4- %11
7- %14 8- %16
11- %21 12- %15
15- %17 16- %13

Bilgilerinize rica ederim.

BÜNYAMİN BEYRET
Genel Sekreter

MALATYA TİCARET BORSASI

EK II

II.1. Hava Debisinin Ölçülmesi

Hava debisinin ölçülmesi için bir orifis ve eğik manometreden yararlanıldı. Orifis; British BS1042, Part1, 1964 standardına göre dizayn edildi. Orifis'in ön ve arka tarafındaki basınç farkı (ΔP) ile hacimsel debi arasındaki ilişkileri ifade eden; enerji, süreklilik ve Bernoulli denklemlerinden yararlanılarak hava debisinin ölçümü için aşağıdaki ifade verilmiştir (Cussons tech.,1994).

$$\dot{V} = 0.2087.C.Z_D.Z_R.\epsilon.E.d^2.(h/\rho)^{0.5} \quad (II.1)$$

$$E = 1/(1-m^2)^{0.5} \quad (II.2)$$

$$m = (d/D)^2 \quad (II.3)$$

$$\rho_o = P_o / RT \quad (II.4)$$

(8.1) Eşitliğinde verilen katsayı ve düzeltme faktörlerinin değerleri, deney düzeneği için orifis geometrisine dayandırılarak çizilmiş grafiklerden alındı. Deney düzeneği için;

$$m = \left(\frac{d}{D}\right)^2 = \left(\frac{37}{100}\right)^2 = 0.1$$

Bulunur.

$$E = \frac{1}{(1-m^2)^{0.5}} = 1.01$$

Bulunur. Daralma faktörü " ϵ "; Cussons tech., 1994 Appendix 4 Fig. A.3'den; $m = 0.1$ ve $0.002714h/P$ 'den. $H_{max} = 75$ mmSS, $P = 1$ kp/cm² 'dir. O zaman $0.002714 \times 75 = 0.2$ olur. Hava için $\gamma = 1.4$ 'dür. Bütün bunlara göre $\epsilon = 0.995$ bulunur. Ayrıca Fig. A.4'den $Re = 20000$ için Reynolds sayısı düzeltme faktörü $Z_R = 1.01$ seçilir. Fig A.1'den Orifis katsayısı " C ", $m = 0.1$ için 0.60 bulunur. Fig A.2'den boru boyut düzeltme katsayısı " Z_D " ise $m = 0.1$ ve $D = 100$ mm için $Z_D = 1.005$ bulunur.

Deneyin yapıldığı yerdeki havanın yoğunluğu ise, STP deki havanın yoğunluğuna göre (Özko1, 1981); $\rho = \phi \times \rho_o$ şeklinde verilmektedir. Buradaki ϕ Deney yapılan yerin rakımına ve sıcaklığına bağlı olan bir düzeltme katsayısıdır. Bu katsayı Tablo 8.1'de şu şekilde verilmektedir.

Elazığ'da deney setinin bulunduğu ortam sıcaklığı 35 °C kabul edilirse, $\phi = 0.845$ alınabilir. Ayrıca denklem (4) den STP' deki $P = 101325$ Pa, $T = 273$ K ve $R_{Hava} = 287$

J/kg.K olarak $\rho_o = 1.293 \text{ kg/m}^3$ olarak tayin edilir. O zaman çalışma ortamı havası yoğunluğu;

$$\rho = 0.845 \times 1.293 = 1.093 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{II.5})$$

olarak bulunur. Bütün bu tespit edilen değerleri (8.1) de yerlerine koyup ve gerekli hesaplamalar ve birim dönüşümleri yapılırsa;

$$\dot{V} = 167.28 (h)^{0.5} \text{ (lt/dk)}$$

$$\dot{V} = 10.037 \times h^{0.5} \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (\text{II.6})$$

olarak bulunur.

Tablo 8.1 Yükseklik ve Sıcaklığa Göre Hava Yoğunluluğundaki Değişme

t (°C)	Rakım 1000 m İçin Düzeltilme Katsayısı - ϕ
30	0.86
40	0.83
50	0.80
60	0.78

Kaynak: Özkol, N., 1981

EK III

Tablo III.1. Türkiye'nin Bölgelerine göre Güneş Radyasyonu
(1967 yılı sonuna kadar ki değerlerdir.)
(Ly/Gün)

Bölgeler	İstasyonlar	Yıllık	Temmuz	Aralık (saat)
Güneydoğu Anadolu	Adıyaman Hakkari Urfa	341.23	549.47	202.21
Akdeniz	Antalya İspaparta Muğla Adana	332.15	518.39	131.89
Ege	Aydın Kuşadası Dikili Uşak	321.30	516.87	119.55
İç Anadolu	Ankara Çankırı Eskişehir Sivas	327.42	514.46	114.20
Doğu Anadolu	Elazığ Erzurum Kars Malatya	319.61	477.83	116.46
Marmara	Balıkesir Edirne Florya	2525.7	351.3	86.6
Karadeniz	Rize Trabzon Zonguldak Bozkurt	246.55	364.70	113.36

Kaynak: Dev.Meto.İşl.Gen.Müd.

Tablo III.2. Elazığ İli Aylık En Yüksek Sıcaklık Ortalamaları (°C)
(Enlem: 38°41'N, Boylam: 39°14'E, Yükseklik 990 m)

<u>Yıl</u>	<u>Ocak</u>	<u>Şubat</u>	<u>Mart</u>	<u>Nis</u>	<u>May</u>	<u>Haz</u>	<u>Tem</u>	<u>Ağus</u>	<u>Eylül</u>	<u>Ekim</u>	<u>Kas</u>	<u>Ara</u>
1965	7.7	8.6	17.7	25.2	30.4	35.6	37.6	38.4	35.2	27.9	17.7	13.4
1966	10.7	15.4	18.0	26.9	31.0	35.8	39.6	39.0	35.0	28.5	24.3	12.2
1967	10.5	5.5	14.7	21.6	30.5	33.8	36.0	37.5	32.8	25.5	16.8	10.4
1968	8.8	10.6	16.6	24.7	28.7	33.3	38.3	35.8	32.2	28.5	16.1	9.8
1969	6.7	8.8	17.8	24.8	31.5	34.8	36.0	38.4	36.0	30.0	16.8	10.2
1970	7.8	12.6	21.5	28.6	30.9	34.6	38.4	37.5	32.0	26.2	21.3	12.2
1971	10.0	12.7	18.2	25.0	30.5	33.4	38.8	38.7	34.6	27.0	17.3	12.7
1972	2.1	4.1	17.5	24.0	27.4	33.3	39.6	38.2	32.9	30.0	16.6	11.4
1973	7.6	15.5	17.3	23.9	31.6	37.2	40.0	40.4	34.0	31.0	15.5	10.8
1974	3.4	8.4	17.0	22.3	30.7	37.2	38.0	38.6	31.2	30.3	21.8	10.8
1975	5.9	8.6	22.6	27.7	29.6	36.3	40.2	38.3	37.8	25.7	19.5	8.2
1976	6.5	5.7	16.7	24.3	26.6	33.5	37.2	38.4	33.8	27.3	19.6	12.4
1977	4.0	17.3	17.7	24.9	29.4	32.4	37.1	38.4	33.5	28.1	19.0	12.5
1978	7.6	11.6	16.2	22.2	29.3	33.2	40.6	37.4	33.7	30.4	15.9	9.2
1979	10.4	12.6	19.9	26.7	28.8	33.2	36.9	38.5	36.4	30.2	20.5	11.4
1980	6.8	9.4	16.4	22.1	32.2	36.5	39.5	36.8	36.3	27.1	20.0	14.2
1981	8.0	11.0	16.6	24.0	29.3	34.2	37.8	38.2	35.7	31.0	18.0	12.8
1982	10.7	8.6	17.3	23.2	28.5	34.1	36.2	35.3	34.3	25.4	21.3	9.6
1983	4.4	5.7	20.7	26.2	27.4	32.7	39.4	39.0	33.0	27.7	21.0	12.0
1984	8.7	13.0	19.5	22.5	27.6	36.5	39.0	34.0	33.6	30.6	17.1	7.5
1985	10.4	10.0	19.8	27.6	29.5	34.6	35.5	39.3	34.1	28.4	19.4	14.8
1986	8.9	14.9	24.5	25.9	27.2	31.2	38.2	38.0	35.4	24.5	17.6	12.5
1987	10.5	12.4	15.6	26.0	31.2	35.0	38.6	40.1	33.2	31.2	17.0	11.2
1988	4.8	9.0	15.2	23.4	32.5	32.7	36.1	36.6	32.4	28.0	15.0	12.0
1989	9.2	14.5	20.8	30.0	31.8	36.5	38.8	37.4	35.4	25.0	17.2	8.4
1990	8.2	8.8	19.6	25.8	34.4	36.4	40.4	35.1	32.4	28.8	21.8	15.1
1991	12.0	13.4	23.2	28.0	29.6	36.4	38.2	39.8	33.9	28.6	14.2	8.2
1992	-2.1	-1.7	6.1	18.3	22.0	27.4	31.9	33.4	26.7	23.7	10.6	0.7
1993	-0.3	0.7	10.8	16.8	19.6	28.8	34.3	34.1	30.3	23.5	8.0	7.5
1994	12.2	12.2	22.2	28.6	34.4	34.3	38.8	37.6	35.2	30.4	21.0	6.2
1995	11.4	14.6	17.6	22.6	34.4	35.2	36.8	37.6	36.5	28.4	17.4	10.6
1996	9.4	14.0	16.4	23.8	29.4	36.2	38.8	37.8	34.6	29.9	16.2	9.2

Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Md. Elektronik Bilgi İşlem Md. MET-DADS

Tablo III.3. Elazığ İli Aylık En Düşük Sıcaklık Ortalamaları (°C)
(Enlem: 38°41'N, Boylam: 39°14'E, Yükseklik 990 m)

<u>Yıl</u>	<u>Ocak</u>	<u>Şubat</u>	<u>Mart</u>	<u>Nisan</u>	<u>Mayıs</u>	<u>Haz</u>	<u>Tem</u>	<u>Ağus</u>	<u>Eylül</u>	<u>Ekim</u>	<u>Kasım</u>	<u>Ara</u>
1965	-102	-83	-66	-70	33	99	151	162	89	-22	-34	-72
1966	-34	-38	-15	40	43	97	128	144	95	76	10	-65
1967	-100	-180	-109	-09	8.1	4.0	142	154	10.1	5.6	-9.6	-98
1968	-152	-165	-74	3.5	8.6	8.5	13.6	12.8	8.5	4.6	2.7	-5.0
1969	-98	-13.9	-1.8	-1.3	5.8	12.2	12.7	15.6	8.1	-1.2	-1.8	-4.0
1970	-64	-63	-04	2.6	4.7	12.0	15.0	12.9	7.3	3.4	3.5	-9.3
1971	-68	-12.2	-5.4	3.0	7.9	9.9	17.0	14.5	12.2	0.0	-0.8	-10.8
1972	-22.6	-21.4	-4.3	-2.5	4.8	10.7	14.6	16.5	12.4	1.6	-3.1	-7.8
1973	-18.5	-7.2	-6.4	2.7	7.8	9.8	14.6	15.1	11.5	-0.7	-9.3	-13.1
1974	-16.9	-19.3	-1.3	0.7	7.9	11.7	12.9	15.3	9.2	7.6	-3.3	-5.6
1975	-8.3	-12.6	-4.6	4.4	3.4	12.8	17.8	13.2	9.8	4.4	-3.1	-8.6
1976	-12.5	-15.9	-11.2	2.8	6.9	10.0	13.2	14.6	6.9	3.4	0.9	-4.7
1977	-9.4	-3.7	-5.0	2.0	7.1	11.1	14.3	15.0	19.9	-1.5	-2.4	-9.1
1978	-9.0	-4.4	-2.0	1.6	6.2	6.7	13.1	13.0	6.9	7.3	-2.6	-3.1
1979	-8.9	-8.3	-6.6	1.7	5.7	11.1	12.7	15.8	11.7	2.9	-2.4	11.7
1980	-14.4	-14.1	-6.4	-2.4	4.7	11.0	18.2	18.5	7.5	3.8	-3.0	-6.5
1981	-6.0	-3.4	-3.0	-4.2	3.0	9.5	16.4	16.1	10.0	5.5	-3.7	-2.3
1982	-10.5	-10.0	-8.0	2.8	6.9	10.7	12.5	11.5	12.6	3.6	-4.0	-6.2
1983	-12.6	-12.8	-10.2	2.6	4.2	11.1	14.6	13.6	6.7	3.6	0.0	-5.2
1984	-4.4	-5.2	-0.6	2.5	2.0	10.6	17.0	14.0	12.9	1.0	2.5	-7.6
1985	-8.0	-17.0	-17.0	3.0	5.2	12.6	13.9	16.3	8.3	0.0	2.0	-6.2
1986	-8.0	-7.0	-6.4	3.4	5.0	10.5	17.0	18.5	11.2	5.0	-4.6	-6.0
1987	-10.8	-5.6	-8.0	-2.2	6.4	11.2	12.7	11.0	9.0	2.5	-1.2	-10.2
1988	-7.8	-5.6	-8.6	0.8	4.6	11.5	14.4	12.6	10.9	3.0	-6.4	-8.4
1989	-11.2	-10.2	-2.1	6.6	6.1	10.6	17.0	18.0	8.2	4.8	-6.2	-7.3
1990	-15.8	-10.8	-9.2	-1.0	0.0	7.4	15.2	15.0	7.6	1.8	-3.5	-7.2
1991	-13.8	-14.6	-5.0	1.6	4.3	7.7	14.2	14.4	7.8	3.6	-1.2	-7.4
1992	-8.4	-9.2	-3.7	3.8	8.3	12.6	15.7	16.3	10.3	7.4	0.1	-4.0
1993	-7.9	-7.4	-1.3	4.8	8.7	12.9	17.3	17.4	12.4	5.9	-0.3	0.3
1994	-7.2	-8.4	-5.4	1.8	4.4	6.8	13.0	14.7	11.0	5.2	-4.0	-15.3
1995	-10.4	-9.8	-2.0	0.8	2.4	9.2	14.2	14.7	6.6	3.0	-6.4	-10.2
1996	-7.2	-10.4	-1.2	-0.2	7.3	8.8	15.0	13.8	8.8	1.6	-1.6	3.8

Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Md. Elektronik Bilgi İşlem Md. MET-DADS

Tablo III.4. Elazığ İli Aylık Ortalama Sıcaklıklar (°C)
(Enlem: 38°41'N, Boylam: 39°14'E, Yükseklik 990 m)

<u>Yıl</u>	<u>Ocak</u>	<u>Şubat</u>	<u>Mart</u>	<u>Nisan</u>	<u>Mayıs</u>	<u>Haz</u>	<u>Tem</u>	<u>Ağus</u>	<u>Eylül</u>	<u>Ekim</u>	<u>Kasım</u>	<u>Ara</u>
1965	-1.6	0.2	5.7	9.9	17.2	23.1	27.2	28.2	22.5	10.5	6.5	2.4
1966	4.1	5.4	7.2	12.7	17.2	23.3	28.2	28.2	21.7	16.0	9.7	3.7
1967	-1.2	-5.9	2.2	9.5	16.2	20.5	25.3	26.4	20.6	13.7	5.9	2.3
1968	-3.9	-2.5	5.0	14.7	18.2	21.5	27.6	24.7	21.3	15.5	8.5	2.7
1969	-0.2	-1.7	6.8	9.3	17.5	23.5	25.4	26.8	21.2	14.3	6.7	2.8
1970	1.1	3.5	7.6	15.3	17.6	23.9	27.6	26.0	21.4	13.4	9.9	0.1
1971	1.6	0.9	6.8	10.6	18.2	22.0	28.2	25.8	23.9	12.7	7.0	-1.6
1972	-8.8	-4.7	5.2	12.7	15.2	21.0	27.9	26.9	22.5	17.1	5.9	0.9
1973	-4.7	2.3	5.4	10.8	19.1	21.8	27.2	27.4	22.9	16.0	2.5	-1.7
1974	-5.6	-4.4	6.7	9.7	19.3	24.8	27.3	25.7	19.5	18.5	7.8	2.2
1975	-1.2	-1.1	6.0	14.2	16.6	24.1	28.5	27.2	21.3	14.1	7.1	-0.4
1976	-2.4	-4.4	2.7	10.1	15.6	22.3	25.2	26.5	20.6	14.6	9.1	2.7
1977	-3.0	4.6	6.4	12.2	17.0	22.8	26.6	27.1	22.3	12.0	8.5	-0.1
1978	0.3	3.6	7.1	11.1	18.2	21.5	28.5	25.0	21.9	15.9	5.6	3.5
1979	2.2	4.3	7.6	12.5	17.2	22.6	25.5	28.3	23.9	14.8	8.9	1.1
1980	-2.6	-0.6	4.6	10.8	17.2	24.0	29.5	26.8	20.6	14.5	7.6	2.7
1981	1.4	3.3	7.3	10.9	14.5	22.8	27.7	26.6	22.6	16.4	6.1	5.4
1982	0.4	-1.5	4.0	12.4	16.6	22.0	25.1	25.5	22.0	14.3	5.2	0.6
1983	-4.4	-1.7	4.7	11.9	16.8	21.7	26.5	25.4	21.4	13.6	8.8	2.5
1984	1.7	2.9	6.6	10.9	16.8	22.9	27.6	24.0	23.5	14.9	7.4	-1.2
1985	1.9	-2.8	0.6	13.2	19.4	24.0	25.7	28.5	22.0	13.0	9.8	1.6
1986	1.0	2.9	7.2	14.1	13.7	21.9	28.8	28.5	23.7	13.9	5.4	1.7
1987	0.1	2.8	2.1	10.2	18.8	23.3	28.1	26.2	21.5	13.4	6.2	1.9
1988	-1.4	1.5	3.9	11.2	17.6	21.8	26.7	26.5	21.3	13.5	3.2	2.8
1989	-2.2	0.6	8.6	17.1	19.5	23.8	28.4	27.8	20.8	12.7	6.4	0.4
1990	-5.1	-0.7	6.7	10.9	16.5	22.5	28.2	25.8	20.5	13.8	7.5	3.4
1991	-0.9	-1.5	6.1	12.7	16.1	23.2	27.5	27.2	20.6	14.5	6.5	0.5
1992	-5.2	-5.6	1.2	11.3	15.5	20.6	24.6	25.4	18.3	14.9	4.7	-1.8
1993	-4.2	-3.4	4.6	10.6	11.1	21.4	26.2	26.0	21.0	13.8	3.5	3.8
1994	2.5	2.0	7.2	15.0	18.1	22.5	27.4	26.1	23.1	16.1	6.4	-1.0
1995	1.4	2.4	7.2	10.9	17.2	22.0	26.0	26.5	20.9	13.5	5.7	1.0
1996	1.2	2.6	5.8	9.8	18.4	21.9	28.6	26.5	20.7	13.0	3.5	6.4

Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Md. Elektronik Bilgi İşlem Md. MET-DADS

Tablo III.5. Elazığ İli Aylık Ortalama Nem Değerleri (%)

<u>Yıl</u>	<u>Ocak</u>	<u>Şubat</u>	<u>Mart</u>	<u>Nisan</u>	<u>Mayıs</u>	<u>Haz.</u>	<u>Tem.</u>	<u>Ağus.</u>	<u>Eylül</u>	<u>Ekim</u>	<u>Kasım</u>	<u>Ara.</u>
1965	80	74	63	57	34	29	27	29	30	57	58	78
1966	78	65	53	53	40	23	16	15	32	45	73	75
1967	74	72	72	53	55	34	32	28	33	63	74	78
1968	78	76	59	45	53	34	22	28	37	52	75	81
1969	76	76	71	60	49	33	27	25	32	56	69	81
1970	77	76	63	41	40	26	24	33	36	51	70	77
1971	62	67	59	61	44	33	25	32	27	49	64	77
1972	78	71	53	60	56	48	26	27	34	48	64	49
1973	73	71	56	55	33	32	25	23	28	44	70	78
1974	82	82	68	58	37	25	24	29	31	36	68	75
1975	69	75	55	51	52	33	27	23	33	32	58	68
1976	81	76	63	64	54	32	25	25	33	55	60	74
1977	76	64	56	52	49	33	26	25	33	42	60	81
1978	78	70	66	54	38	31	24	28	32	47	45	76
1979	69	71	62	52	55	44	30	24	29	59	74	77
1980	72	76	70	58	45	31	27	30	30	51	70	80
1981	77	68	66	49	58	40	27	30	30	51	70	80
1982	68	65	53	60	56	35	32	29	32	42	54	62
1983	67	76	60	49	54	39	28	27	27	54	77	76
1984	73	58	69	62	53	36	32	37	30	48	74	76
1985	77	72	74	62	50	41	37	31	44	62	77	79
1986	80	80	55	53	64	43	33	30	40	70	75	73
1987	81	73	69	57	40	38	34	35	30	54	73	80
1988	81	77	73	60	52	45	38	35	39	67	73	78
1992	74.1	75.8	67.7	45.8	53.6	50.2	40.2	40.2	40.7	52.7	68.7	83.7
1993	82.1	80.0	66.7	65.4	73.5	48.2	40.1	42.8	45.7	49.8	75.5	82.3
1994	81.8	78.0	69.3	59.0	53.6	35.8	36.2	35.6	39.2	61.8	73.7	72.1
1995	72.2	67.2	75.5	57.8	54.2	41.3	34.1	33.7	40.1	55.5	73.7	75.0
1996	75.6	71.4	74.0	65.1	54.9	39.8	32.9	34.3	44.6	64.9	73.8	80.3

Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Md. Elektronik Bilgi İşlem Md. MET-DADS

Tablo III.6. Elazığ İli Aylık Yağışlı Gün Sayısı

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Ara.
1986	14	10	6	9	21	5	-	-	4	10	9	12
1987	17	12	17	12	2	4	1	2	1	10	8	23
1988	15	12	20	12	10	8	2	-	3	12	13	15
1989	3	5	9	5	6	8	-	1	4	2	14	18
1990	8	5	3	11	4	4	-	-	-	8	7	6
1991	9	11	14	14	11	4	-	-	1	12	13	15
1992	8	16	6	10	11	8	-	-	3	3	10	15
1993	8	14	10	14	18	3	1	-	-	2	11	9
1994	11	14	7	6	11	2	4	-	4	6	14	15
1995	14	8	14	14	9	5	1	3	4	6	11	2
1996	12	12	22	12	8	4	3	1	5	13	5	15

Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Md. Elektronik Bilgi İşlem Md. MET-DADS

Tablo III.7. Elazığ İli Aylık Ortalama Güneşlenme

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Ara.
1992	2.8	3.0	5.2	8.5	8.1	10.3	12.8	11.8	9.8	8.3	4.4	0.8
1993	2.2	3.6	6.6	6.1	6.6	11.9	12.8	11.4	10.7	8.8	3.7	2.5
1994	3.2	4.7	5.6	3.5	10.0	12.5	12.5	12.4	9.5	6.9	3.7	1.0
1995	2.3	4.5	3.0	6.6	7.2	9.6	11.5	12.7	12.0	10.2	8.3	4.2
1996	2.5	3.9	3.1	6.0	10.7	12.5	12.1	12.1	9.6	6.5	5.8	0.5

Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Md. Elektronik Bilgi İşlem Md. MET-DADS

Tablo III.8. Elazığ İli Aylık Ortalama Hakim Rüzgar Yönü ve Hızı (m/s)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Ara.
1986	SE	ENE	ESE	SSW	WSE	WSW	WSW	NNW	WSW	NNW	NNW	NNW
	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.8	1.7	1.3	1.4	0.9	1.0	1.5
1987	NE	ENE	NE	NW	NW	SW	SW	SW	WSW	NW	NNE	ENE
	1.2	1.2	1.8	1.8	1.4	1.8	1.6	1.6	1.5	1.2	0.9	1.2
1988	ESE	ESE	ENE	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	W	N	ENE	ENE
	0.9	1.2	1.7	1.4	1.6	1.8	2.0	1.7	1.4	1.0	1.3	1.1
1989	WNW	W	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW
	1.4	1.2	1.8	1.5	1.8	1.7	2.2	1.5	1.6	2.5	3.7	2.5
1990	WNW	WNW	NW	WNW	WNW	WNW	NW	WNW	WNW	NNW	NW	NW
	2.1	2.9	3.5	3.2	2.6	4.0	3.3	3.3	3.0	2.7	2.3	2.6
1991	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	NW	NW	NNW	NW
	2.2	2.6	2.9	3.2	3.9	3.1	3.4	3.1	2.9	2.4	2.3	3.0
1992	WNW	WNW	NW	WNW	W	W	WSW	W	WSW	W	W	W
	2.6	2.6	2.7	3.5	3.1	2.8	3.6	3.2	3.0	2.9	3.1	2.1
1993	W	W	W	W	W	W	W	W	W	WNW	W	WNW
	2.6	2.2	3.0	3.6	2.9	3.3	3.4	3.0	2.8	2.5	2.5	2.1
1994	NE	WSW	WSW	W	WNW	WNW	WNW	WNW	NW	NW	WNW	ENE
	2.9	2.9	3.2	3.1	2.9	3.7	3.1	3.4	2.7	2.2	2.6	2.5
1995	ENE	NW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	NW	WNW	NW	NW	NW
	2.2	1.0	3.2	3.4	2.5	3.0	3.2	2.7	2.7	2.8	3.0	1.7
1996	ENE	NW	ENE	WNW	NW	WNW	NW	NNW	WNW	NW	NW	NW
	2.4	2.7	3.4	2.9	2.8	3.3	2.7	2.6	2.8	2.5	1.9	2.5

EK IV

IV.1. Ekonomik Analiz

Genel olarak yeni geliştirilen bir sistemin yaygın olarak üreticiler tarafından uygulanabilir olması ekonomik ve sosyal faktörlere bağlıdır. Sosyalliği değerlendirmek her zaman mümkün olamadığından burada sadece yeni geliştirdiğimiz “Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu” (DSSK) ekonomik yönden incelenecektir.

Akyurt vd. 1972 den Grant ve Ireson’ a 1970 göre, hasılat ve masraflarla ilgili başvurulabilecek en iyi yol yıllık maliyet metodudur. Bu metoda göre, yıllara dağılmış olarak yapılması gerekli veya beklenen harcama ve hasılat yıllık maliyetlere çevrilerek senelik olarak karşılaştırılabilir. Buna göre yıllık maliyet şu şekilde verilmektedir.

$$\text{Yıllık Maliyet} = [(M_0 - L) \times K] + (L \times i) + M \quad [\text{TL}]$$

$$K = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \text{ olarak tarif edilmiştir.}$$

Burada; M_0 - İlk Maliyet (TL), M - Yıllık bakım ve onarım giderleri (TL), L - Hurda değeri (TL), i - Yıllık asgari kar haddi (%) ve n - Ömür (yıl)

Kayısı hasadı yaklaşık olarak Haziranın son haftası başlayıp Ağustosun ilk haftası bitmektedir. Bu süre genellikle 5 hafta olmaktadır. İmal edilen kurutucu ile yalnız kayısı kurutulmayıp diğer meyve ve sebzelerde rahatlıkla kurutulabilmektedir. Bu kurutma sürelerini güneş enerjisine bağlı olarak yaklaşık 5 aya yaymak mümkündür. Yörede senenin her ayında kurutmaya elverişli meyve ve sebze bulmak mümkündür. Havaaların kurutmaya elverişli olduğu Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında bölgemizde, güneş enerjisi ile kurutma yapılabilir. Diğer aylarda da bu kurutucu, ek ısıtıcılar ile yıl boyu kurutma yapabilir.

Mevcut olan “Güneş Enerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sisteminin” maliyet hesabı aşağıdaki gibi yapılır.

Kolektör Maliyeti:

Cam 2 m ² x 4 mm	3 000 000
Bakır Levha 2 m ² x 0.60 mm	9 000 000
Sac Levha 2 Tb.	4 500 000
Oluklu Sac 1 Tb.	500 000
Tecrit Malzemesi	500 000
Boya ve Fırça	1 500 000
Köşebent 40 x 40 mm ²	750 000
Toplam Malzeme (Vida, fitil vs)	600 000
Fan Motorlu	<u>25 000 000</u>
TOPLAM	45 350 000

Kurutucu Maliyeti:

Kontrplak	3 000 000
MDF 16' lık	3 500 000
Kilit ve Menteşeler	5 500 000
Boya ve Fırça	1 000 000
Tel	200 000
Patates, Soğan Torbası	200 000
Rulman	2 000 000
Toplam Malzeme	1 250 000
İşçilik	<u>15 500 000</u>
Cam silgi motoru	5 000 000
Köşebent 40x40	500 000
Çadır bezi	<u>5 000 000</u>
TOPLAM	42 650 000

Kolektörün Hurda Değeri:

Cam	1 500 000
Bakır Levha	3 000 000
Sac	1 500 000
Köşebent	450 000
Fan Motorlu	<u>15 000 000</u>
TOPLAM	21 450 000

Kurutucunun Hurda Değeri:

Kontrplak	300 000
MDF	350 000
Kilit ve Menteşeler	2 500 000
Tel	50 000
Rulman	500 000
Cam silgi motoru	3 000 000
Köşebent vs.	<u>750 000</u>
TOPLAM	7 450 000

Kolektörün Yıllık Harcamaları:

Boya ve Fırça	1 000 000
Fitul	150 000
İşçilik	<u>500 000</u>
TOPLAM	1 650 000

Kurutucunun Yıllık Harcamaları:

Boya ve Fırça	500 000
Ağaç Malzeme	500 000
Torba	200 000
Yağ	50 000
Çadır	250 000
İşçilik	<u>1 000 000</u>
TOPLAM	2 500 000

Toplam Yıllık Maliyet : 45 350 000 + 42 650 000 = 88 000 000 TL
 Toplam Hurda Değer : 21 450 000 + 7 450 000 = 28 900 000 TL
 Toplam Bakım Giderleri : 1 650 000 + 2 500 000 = 4 150 000 TL dir.

Kurutuma sisteminin ömrünü 20 yıl ve asgari yıllık kar oranını da %10 alarak;

$$K = \frac{0,10 (1 + 0,10)^{20}}{(1 + 0,10)^{20} - 1} = 0,1175 \text{ olarak bulunur. O zaman;}$$

$$\text{Toplam Yıllık Maliyet} = (88 000 000 - 28 900 000) \times 0,1175 + 2 890 000 + 4 150 000 \\ = 13 984 250 \text{ TL olarak bulunur.}$$

Kayısı için kurutma mevsimi olarak 36 gün kabul edelim. Toplam kurutma ayı olan diğer 5 ayda ise üzüm, elma, biber, domates gibi birçok meyve ve sebze kurutulabilir. Buna

göre yıllık maliyetin kayısıya düşen miktarı $13\,984\,250 \times 1/5 = 2\,796\,850$ TL dir. Bu 36 iş gününün her iki gününde 12 kg çekirdeksiz taze kayısı kurutulmaktadır. O zaman bir kayısı kurutma mevsiminde $36 / 2 \times 12 = 216$ kg çekirdeksiz taze kayısı kurutulabilmektedir.

Deneylerde kullanılan kayısı cinslerinden Hacıhaliloğlu ve Çataloğlu kayısılarının olgunlarında nem oranı %70 dir. Bu cins Kurutulacak kayısıların %25 nem içeriği için verim hesabı şu şekilde yapılmaktadır.

$$\left\{ \begin{array}{l} \%25 \text{ Nem İçeriğindeki 1 kg Kuru Kayısı} \\ \text{Elde Etmek İçin Gerekli Taze Kayısı} \\ \text{Miktarı (kg)} \end{array} \right\} = \frac{100 - \text{Kuru Kayısındaki \% Nem}}{100 - \text{Taze Kayısındaki \% Nem}}$$

$$\frac{100 - 25}{100 - 70} = 2,5 \text{ kg çekirdeksiz taze kayısıya ihtiyaç vardır.}$$

Çataloğlu' nun çekirdek oranı % 6,67 dir. (1/15 kg)

Hacıhaliloğlu' nun çekirdek oranı % 7,37 dir. (1/13,6 kg)

Bu çeşitlerden 1 kg kuru kayısı elde edebilmek için çekirdekli olarak,

$2,5 \times 0,0667 = 0,167$ kg çekirdek ilavesiyle $0,167 + 2,5 = 2,667$ kg taze Çataloğlu kayısı gereklidir.

$2,5 \times 0,0737 = 0,184$ kg çekirdek ilavesiyle $0,167 + 2,5 = 2,684$ kg taze Hacıhaliloğlu kayısı gereklidir.

Bunlara göre;

Çataloğlu çeşidinde verim $\eta = \frac{1}{2,667} = 0,3750$ (%37,50)

Hacıhaliloğlu çeşidinde ise verim $\eta = \frac{1}{2,684} = 0,3726$ (%37,26) olarak bulunur.

Her 2,5 kg çekirdeksiz Çataloğlu kayısından 1 kg kuru kayısı elde edildiğinden $216 / 2,5 = 86,4$ kg kuru kayısı elde edilir. 1 kg için,

$$\frac{2\,796\,850}{86,4} = 32\,370 \text{ TL olacaktır.}$$

Ayrıca 1 kg kuru kayısındaki enerji giderleri ise;

Fan motoru için 0,370 kW, 12 Voltluk cam silgi motoru için 0,050 kW ve AC' yi DC' ye çeviren adaptör için de 0,050 kW gerektiğinden;

$$(0,370 + 0,050 + 0,050) \text{ kW} \times 11\,200 \text{ TL / kW.h} \times 18 \text{ h} = 94\,752 \text{ TL dir.}$$

Bu masrafla iki günde (18 saat) 12 kg çekirdeksiz taze kayısı kurutulup $12 / 2,5 = 4,8$ kg kuru kayısı elde edilmektedir.

1 kg kuru kayısı için enerji gideri, $94\,752 / 4,8 = 19\,740$ TL olur.

Yukarıda verilen sabit yatırım giderleri ile enerji giderlerinin toplamı ise,

$$19\,740 + 32\,370 = 52\,110 \text{ TL olacaktır.}$$

Bu ilave rakamı yorumlarken açıkta kurutulan kayısılar için gerekli olan sergi alanının kurutucu alanına göre 5 kat daha fazla olması gerektiği, kuruduktan sonraki toz ve pisliklerden arındırılmak için yapılacak yıkama ve tekrar kurutma işlemlerini ve kayısılarda küçültülmesi için gerekli olan küçültme odası masrafı ve küçültme ile kurutmanın ayrı ayrı yerlerde yapılmasıyla doğacak işçilik giderleri hesaba katılmamıştır. Bütün bunların yanında açıkta kuruyan kayısılarda kuruduktan sonra yıkanmaları şeker oranlarını düşürdüğü gibi kütle kaybına da sebep olmaktadır. Ayrıca bunların satış fiyatları arasında, kg da ortalama 200 000 TL gibi fiyat farkının olması göz ardı edilmemelidir.

Ekonomik analiz neticesinde de görülmektedir ki; yapmış olduğumuz kurutma odasında kuruyan kayısılarda açıkta kuruyanlara göre ekonomik olmaktadır. Ayrıca, bu yöntemle kurutma daha hijyenik, şeker ve küçültme oranının istenilen sınırlarda sağlanması nedeniyle açıkta kurutulan kayısılara göre pazarlama ücreti daha yüksek olacaktır. Dolayısıyla istenilen standartlarda kurutma şartlarını yerine getiren bu DSSK sistemin ekonomik olma zorunluluğu da ortadan kalkmaktadır.