

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE SEBZE VE MEYVE KURUTMA TEKNİKLERİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(TEKNOLOJİ EĞİTİMİ)**

T 8667

NURSEL OLGUN

EKİM 1989

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi**

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu
onaylarım.

Danışman

Doç.Dr.A.Yücel UYAREL

Sınav Jürisi

Başkan : Doç.Dr. Mustafa BALCI

Üye : Doç.Dr.A.Yücel UYAREL

Üye : Yrd.Doç.Dr.E.Sait ÖZ

Bu Tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tez Yazım Esaslarına uygundur.

**GÜNEŞ ENERJİSİ İLE SEBZE VE MEYVE KURUTMA
TEKNİKLERİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**Nursel OLGUN
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
EKİM 1989**

ÖZ

Bu çalışmada Türkiyenin Güneş Enerjisi potansiyeli incelendi. Büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olan yurdumuzda bu enerji kaynağından faydalanma alanları araştırıldı ve bunlardan sebze meyve kurutma teknikleri ayrıntılı olarak incelendi. Güneş enerjisi ile sebze meyve kurutmaya örnek olarak biber kurutulması ele alındı. Biber kurutmada güneş enerjisinden nasıl faydalanılacağı araştırıldı. Çeşitli uygulamaların incelenmesinden sonra geliştirilen Güneş + Kondenzasyonlu Kurutucu fırınlarda biber kurutuldu. Biber kurutma işlemi Güneş + Kondenzasyonlu fırında ve açık havada yapıldı. Sonuçlar kalite, ekonomiklik, verimlilik, zaman ve ürünün şekli yönünden karşılaştırıldı. Sonuç olarak güneşli kurutma fırınlarında kurutmanın açık havada kurutmadan birçok yönden daha faydalı olduğu anlaşıldı.

TECHNIQUES OF DESICCATING FRUITS AND VEGITABLES
THROUGH THE UTILISATION OF SOLAR ENERGY

(MASTER'S DEGREE THESIS)

Nursel OLGUN
UNIVERSTY OF GAZI
INSTITUTE OF SCIENCES
OCTOBER, 1989

ABSTRACT

In this study, Solar Energy potential of Turkey was reasearched. It is known that Turkey has a great potential to utilize Solar Energy, so it was found important to search for means to utilize this potantial. Among several different uses of Solar Energy, Techniques of Desiccating Fruits and Vegitables through Solar Energy was chosen to study in detail. In order to explain how this technique is implemented desiccation of pepper is used as an example. Methods of benefitting from the Solar Energy for desiccating peppers was researched in this study. After examining several applications of vagitable desiccation processes, Sunlight + Owens with Condensation type of owens were developed and peppers were put in these for desiccation. Peppers desiccation processes were conducted under the

sun and in these special ovens. Findings of these two processes were compared in terms of quality, productivity, time spent, and shape of the dried pepper. The results showed that it was better to desiccate peppers in these ovens than it was under the Sun.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında, tez konusunun tesbitinden itibaren yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, yapmış olduğu değerli tenkitleriyle bu çalışmamı yönlendiren Sayın Hocam Teknik Eğitim Fakültesi Dekan Yardımcısı Doç. Dr. A. Yücel Uyarel'e minnet ve şükranlarımı sunarım. Deneysel çalışmalarda büyük yardımlarını gördüğüm Teknik Eğitim Fakültesi Öğretim Görevlilerinden Sayın Doç. Dr. E. Sait Öz'e ve diğer Teknik Eğitim Fakültesi Öğretim elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

TABLULARIN LİSTESİ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 1.	Sıcaklığına Bağlı Olarak Hava ile Taşınabilecek En Fazla Su Buharı Miktarı	31
Tablo 2.	Numunelerin Saatbaşı Tartımı	55
Tablo 3.	Biber Nem Ölçüm Sonuçları	57
Tablo 4.	Güneş Radyasyon Değerleri	63
Tablo 5.	24-25.7.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm Değerleri.	64
Tablo 6.	26-27.7.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm Değerleri	65
Tablo 7.	27-30.8.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm Değerleri	66
Tablo 8.	Ağırlık Metoduna Göre Nem Ölçüm Değerleri	70
Tablo.9.	Toplam Güneş Radyasyonu	74
Tablo 10.	8-9 Ağustos 1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm Değerleri	75
Tablo 11.	10-11 Ağustos Tarihlerinde Yapılan Sıcaklık Ölçüm Değerleri	76
Tablo 12.	Ağırlık Metoduna Göre, Nem Ölçüm Değerleri	78

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Kuru Nemliliğin Islak Nemlilikle Değişimi	6
Şekil 2. Bazı Maddelerde Kuru Nemliliğin Denge Nemliliği ile Değişimi.	7
Şekil 3. Olgun Bitki Kesiti	10
Şekil 4. Hücreli Bir Cisim İçin Kuruma Modeli	12
Şekil 5. Sera Tipi Güneşli Kurutma Fırını	20
Şekil 6. Kollektörlü Güneşli Kurutma Fırını	22
Şekil 7. Güneş + Kondenzasyonlu Kurutma Sisteminin Şeması	23
Şekil 8. Değişik Kurutma Metodlarının, Kuruma Sürelerinin Karşılaştırılması	24
Şekil 9. Kurutmada İzlenecek Adımlar	24
Şekil 10. Kurutma Havaasının Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Diyağram	37
Şekil 11. Havalı Güneş Kollektörlerinin Genel Ölçümleri	43
Şekil 12. Güneş Kollektörlerinin Kesit ve Detayları	44
Şekil 13. Kollektörlerin Ayaklar Üzerine Yerleştirilmiş durumu	45
Şekil 14. Hava Kanalı Kesiti	46
Şekil 15. Kurutma Kamarası	47
Şekil 16. Güneş + Kondenzasyonlu Deney Sisteminin Komple Şeması	48
Şekil 17. Kurutma Sisteminin Elektrik Kontrol Şeması	50
Şekil 18. Biberlerin Fırında Kuruma Seyri	53

İÇİNDEKİLER

ÖZ	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
TABLoların Listesi	VI
Şekillerin Listesi	VII

GİRİŞ	1
BÖLÜM 1	
LİTERATÜR ÖZETİ	3

BÖLÜM 2

ZİRAİ ÜRÜNLERİN KURUTULMASI	5
-----------------------------	---

2.1. Giriş	5
2.2. Hücrelerin Yapısı	18
2.3. Kuruma Mekanizması	11
2.4. Kuruma Hızını Etkileyen Faktörler	18

BÖLÜM 3

GÜNEŞLİ KURUTUCULAR	19
3.1. Giriş	19
3.2. Sera Tipi Güneşli Kurutucular	20
3.3. Kollektörlü Güneşli Kurutucular	21

3.4. Güneşli Kurutmanın Doğal Kurutma ve Diğer Enerji Kaynakları ile Karşılaş- tırılması	25
--	----

BÖLÜM 4

KURUTMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	27
4.1. Giriş	27
4.2. Kurutmayı Etkileyen İç Şartlar	28
4.3. Kurutmayı Etkileyen Dış Şartlar	30
4.4. Havanın Nemi	32
4.5. Havanın Hareketi	35
4.6. Kurutma Programlarında Psikrometrik Diyagramın Kullanılması	35
4.7. Dış Hava Şartlarının Belirlenmesi	36
4.8. Isıtma İşleminde Sonraki Hava Şart- ları	36
4.9. Hava Şartları	38
4.10. Kurutma Sistemlerinde Isı İhtiyacı	39
4.10.a. Fırından Olan Isı Kayıpları	39
4.10.b. Malzemeyi Isıtmak İçin Harca- nan Isı Miktarı	40

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOD	42
5.1. Giriş	42
5.2. Havalı Güneş Kollektörleri	42
5.3. Hava Kanalları	45

5.4. Kurutma Kamarası	46
5.5. Sistemin Kontrolü	50

BÖLÜM 6

DENEYLERİN YAPILIŞI VE SONUÇLARI	52
6.1. Deneylerin Yapılışı ve Ölçmeler	52
6.2. Deney Sonuçları	77
KAYNAKLAR	79



Şekil 19. Güneşli Fırında Biber Kurutmanın Zamanla Seyri	58
Şekil 20. Fırında ve Açık Havada Kurutma	59
Şekil 21. Deneylerde Sıcaklık Ölçümü Yapılan Yerler	60
Şekil 22. Sıcaklık Ölçme Cihazı	61
Şekil 23. 9 Haziran 1988 Günü Yapılan Ölçümler	62
Şekil 24. 29 Temmuzda Yapılan Ölçümler	67
Şekil 25. Ağırlık Metoduna Göre Belirlenen Kuruma Eğrisi	71
Şekil 26. Teorik Kuruma Eğrisi	72

GİRİŞ

Gıdaların hemen hepsi ihtiva ettikleri fazla sudan dolayı, kısa zamanda sarfedilemez veya dayanıklı hale getirilemezlerse, bünyelerindeki çeşitli malzemelerin bozulmasıyla yenilemez hale gelir. Bilinen dayanırma usulleri ya gıdadaki fazla suyu uzaklaştırarak, ya gıdayı soğukta muhafaza ederek veya koruyucu bir atmosferde tutarak bozucu organizmaların çoğalmasına mani olmayı ve enzimleri tesirsiz hale getirmeyi hedef tutar (1).

Bir Akdeniz ülkesi olan memleketimizde her çeşit meyve ve sebze bol miktarda ve geniş bir periyod süresi içinde yetiştirilmektedir. Dayanma süreleri kısa olan taze meyve ve sebzelerin tüketim sürelerinin uzatılması için halkın yaygın olarak uyguladığı yöntem güneşli kurutmadır. Bu kurutma işlemi köy ve kasabalarımızda basit usullerle yapılmaktadır. Bundan dolayıdır ki güneşte kurutulmuş tarım ürünlerimizin kalitesi oldukça düşüktür. Her türlü hava şartlarına açık olarak kurutulan bu ürünler toz, böcek, kuş ve diğer hayvanlar tarafından kirletilmekte, yağmurla ıslanabilmektedir (1,2).

Çalışan nüfusun % 60,3 'ünün tarım sektöründe bulunduğu ülkemizde tarım ürünlerinin dış satımının toplam toplam dış satım içindeki payı oldukça yüksektir. 1985 yılında toplam dış satımımız USD. 5.745.973. tarım ürünleri dış satımı USD. 2.141.213.-dır.

Kuru ve kurutulmuş meyve ve sebze dış satımları ise 1985 rakamları ile 704,2 milyon dolar değerindedir. Diğer bir deyişle tüm meyve ve sebzelerin dış satım değeri, bu ürünlerin dış satımından elde edilen değerlerin % 80'ni kadardır. Kaliteli kurutulmuş ürünü elde etmek ve dış pazarda rekabet şansımızın doğması için; kurutma işlemi sırasında önemli miktarda ürünün değer kaybetmeden iç ve dış tüketime sunulur hale getirilmesi gerekmektedir (3).

Kurutma için gerekli enerji de güneş ışınından karşılanabilir. Ülkemiz yıllık 2500-3000 saat güneş görmektedir. Ortalama gelen enerji 300 W/m² dir. (3) Bu değerler ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli yönünden zenginliğini göstermektedir (2,4).

Tarım ürünlerimizin kurutulmasında güneş enerjisinden yararlanma imkanları, ürünün türüne, miktarına ve bölgedeki iklim şartlarına göre değişir. Çalışmamızın gayesi yukarıda da gösterdiğimiz gibi ticari önemi olan tarım ürünlerimizin kalitesinin yükseltilmesi, kurutma şartlarının belirlenmesi, ve güneş enerjisinden faydalanılan kurutma dolaplarının incelenerek ülkemiz şartlarına uygun kurutma dolaplarının seçiminin ve uygulamasının yapılmasıdır.

BÖLÜM 1

LİTERATÜR ÖZETİ

Güneşli kurutmada geçerli olan dış havada ince sergi kurutması hakkında yapılan çalışmalar Hukill tarafından ilmi bir düzeye oturtulmuştur. Bilhassa hububat kurutmasıyla ilgilenen Hukill bilahere şimdi klasikleşen hububat kurutma teorisini ortaya koydu. Hukill ve Schmidt Bu arada Hustrulid (4) de Hukill'e benzer sonuçlar veren bir araştırma yapmıştır (4).

Genel olarak taneli cisimlerin kurutulmasına dair Newman'ın bir çalışması mevcuttur. Ayrıca Perry (4) erik kurutulması hakkında elementer bir araştırma neşretmiştir. Van Ardsel'de kurutma işlemine tatbikat açısından ve gıdacı olarak bakmıştır (4).

Johnson ve Dale araştırması, temel bir konu olması itibariyle önemlidir. Onlar su kaybı için gerekli ısıyı ölçtüler, fakat araştırmanın önemli bir kısım kayıpları nazari itibara almaması kusur teşkil etmektedir. Ayrıca Gallahar'ın aynı konudaki araştırması da kayda değer niteliktedir. Daha sonra Rodriguez daha önceki iki çalışmaya katkıda bulunacak çalışmalar yaptı (4).

Güneş enerjisinden faydalanan kurutma hakkındaki yazılar pek çoktur. Ancak bunlardan pek azı el kol sallamaktan ileri gitmiştir. Mesela Buelow bu konuya iyi

bir giriş yapmış, Philips (4) de aynı metodu kullanarak güneşle hava kurutmayı başarmıştır (4).

Güneşli hava kurutucularıyla ilgili ilk önemli makale Hottel Woertz'e aittir. Daha sonra Whillier'in konuya çok önemli katkıları olmuş, Liu ve Jordan ve Close' de levha tipi kurutuculara açıklık kazandırmışlardır. Whillier'in araştırmaları çok önemli gelişmelere sebep olmuştur. Coppage ve London ile Tong London'un çamalarındanda faydalanan Chiau ve El-Wakil modern hava tertibinde bir çıkış açmışlardır. Bu gelişmeleri Leung ve Edwards Beuil ve Brandtl ve Hamid ve Beckman çalışmaları tamamlayıp mütakamil bir hale getirmiştir (4).

Güneşli kurutucular konusundaki gelişmeler ise Ismailova ile hızlanmış, Wilson Lawand, Nahlawi, ve Selçuk'la ilerle miş, ancak hiçbir zaman geniş çapta tatbikat bulan bir kurutucu tertibine erişmek mümkün olmamıştır (4).

BÖLÜM 2

ZİRAİ ÜRÜNLERİN KURUTULMASI

2.1. Giriş

Kurutma kısaca, bir maddenin neminin alınması olarak tarif edilebilir. Ziraî ürünlerin kurutulması gittikçe önem kazanmaktadır. Aşağıdaki sebeplerden dolayı çiftçi, kurutma vasıtasıyla ürününden daha fazla gelir sağlayabilmektedir.

- 1-Erken hasatlar (daha nem miktarı yüksekken) tarla zararlılarının verdiği kayıpları ve olgun ürünlerin dökülmesini azaltır ve erken tarla hazırlıklarını mümkün kılar.
- 2-Ürünün bozulmadan uzun müddet depolanabilmesini sağlar.
- 3-Tohumların filizlenme kabiliyeti daha uzun süre muhafaza edilebilir.
- 4-Pamuk, mısır ve çay gibi ürünlerin işlenmesi mümkün kılınır.
- 5-Tütün, meyve ve sebzelerin kurutulmasıyla ekonomik değerleri daha yüksek ürünler elde edilir.
- 6-Meyve posası ve badem kabuklarından hayvan yemi elde edilmesinde olduğu gibi çeşitli artıklar değerlendirilir.

Cisimlerin kuruluk derecesi ihtiva ettikleri nem miktarıyla ölçülür. Genel olarak bu "ıslak nemlilik" olarak ifade edilir (4).

$$N = \frac{A_n}{A_k} = \frac{n}{1-n}$$

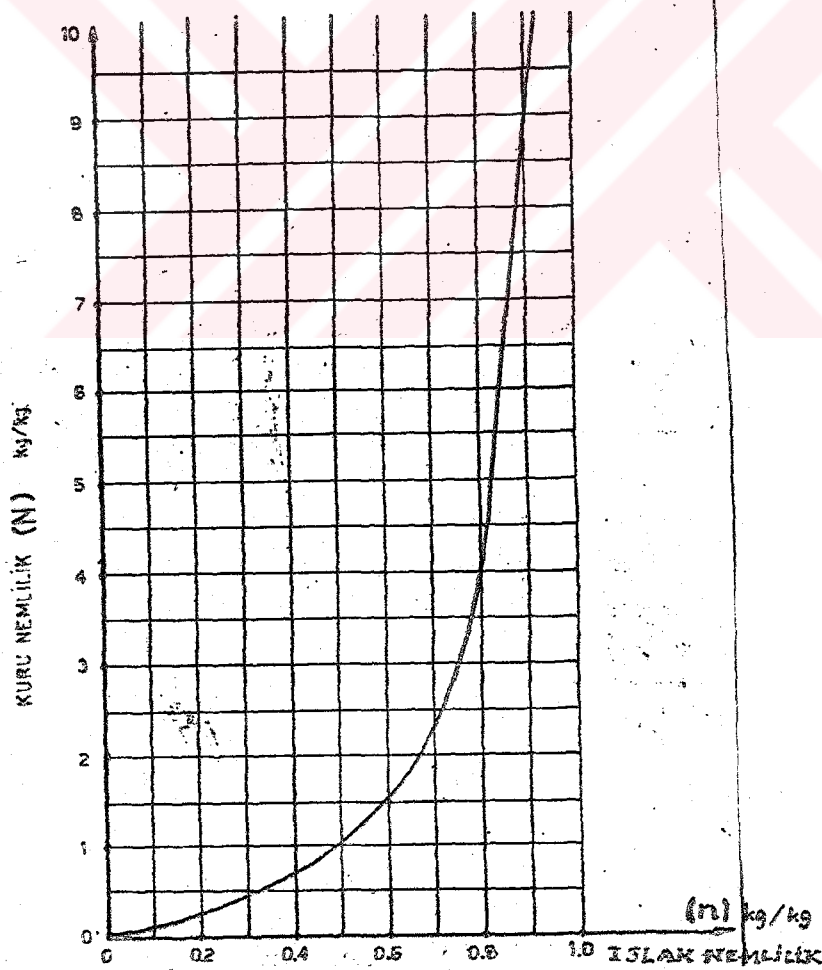
$n = A_n / (A_n + A_k)$ ki burada,

n = ıslak nemlilik

A_n = suyun ağırlığı

A_k = malzemenin kuru ağırlığı

Ancak kuruma esnasında yukardaki formülde hem pay hem de payda değişeceğinden bu ifade biraz yanıltıcıdır. Bu mahzuru önlemek maksadıyla kuru nemlilik'in tarifini yapalım:

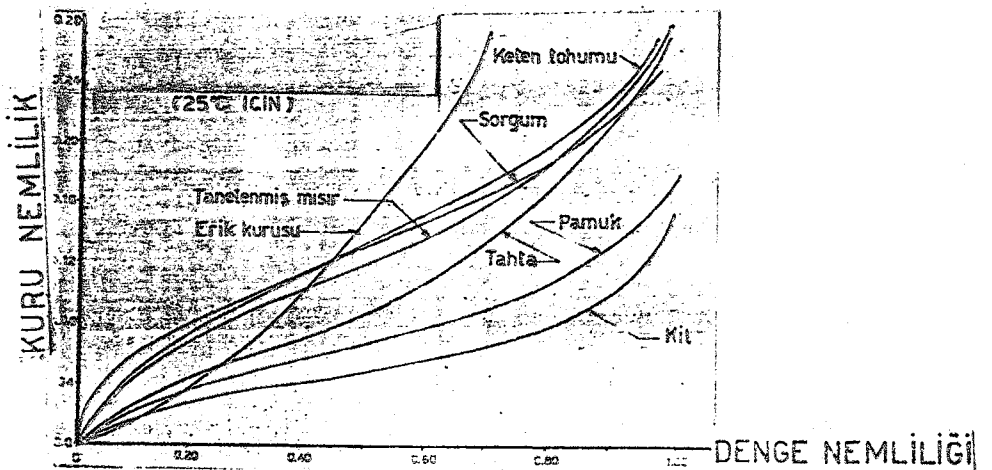


Şekil.1. Kuru Nemliliğin Islak Nemlilikle Değişimi

Böylece payda sabit kalacağından N değeri cis-
min kuruluk derecesini mukayeseler için daha elverişli
olarak belirtir. Şekil 1, N ve n'yi mukayaseli olarak
göstermektedir. Bunlardan başka şu formülleri yazmak ta
mümkündür.

$$E = \frac{n_1 - n_2}{(1 - n_1)(1 - n_2)}$$

Tabii veya işlenmiş bütün zirai ürünlerde emil-
miş nem bulunur. Bu nem ise, ürünün durumuna ve nem mik-
tarına göre belli bir buhar basıncı meydana getirir.
Ürünün içindeki nemden ileri gelen bu buhar basıncının
aynı sıcaklıktaki saf suyun doymuş buhar basıncına ora-
nına "denge rutubeti" diyelim. Denge rutubeti özelliği
gösteren böyle maddelere "higroskopik nem emen". denir.
Gıda maddelerinin hemen hepsi higroskopiktir. Şekil
2'de bazı malzemelerin nemliliğin (kuru) denge rutubeti
ile değişimi gösterilmiştir (4,5).



Şekil.2 Bazı Maddelerde Kuru Nemliliğin

Denge Nemliliği ile Değişimi.

Bu eğriler genel olarak sıcaklıklarla da ilgilidir. Fakat bu tesir hesaplamalarda ihmal edilebilecek kadar azdır (4).

Malzemelerin denge nemliliği özellikleri kurutma için önemlidir. Kurutma sırasında kurutma için kullanılan havanın nisbi rutubeti, kurutulan ürünün o andaki nemliliğine tekabül eden denge nisbi rutubetinden düşük ise, malzeme kurumaya devam edecektir. Hava nisbi rutubetinin bu değerden yüksek olması halinde ise kurutma yapılamaz; aksine malzeme, havanın nisbi rutubetine tekabül eden bir nem miktarına erişinceye kadar, havadan nem kapacaktır.

2.2. Hücrelerin Yapısı

Yaşayan herşey hücre denilen birimlerden teşekkül etmiştir. Yaşamak ise hareket etme ve şekil değiştirme kabiliyeti, büyüme olayı, çoğalma yeteneği ve metabolizma gücü olarak nitelendirilir. Depolanan ve kurutulan meyve ve sebzelerin genel olarak yaşamaya devam ettiği gerçeği hatırlanırsa, bu saydığımız fonksiyonlardan hiç olmazsa bir kısmının bu işlemler sırasında da yerine getirildiği anlaşılır.

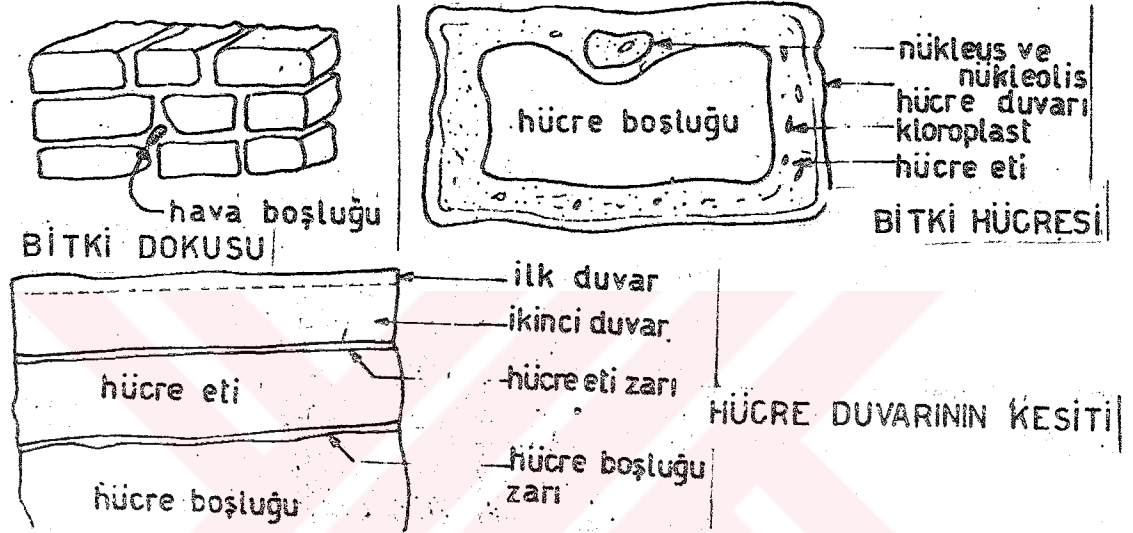
Şimdi bitki dokularını daha yakından inceleyelim. Genel olarak bunlar 0,025 ile 0,25 mm. uzunluğunda olan hücrelerden meydana gelirler (4) Her dokuda benzer tipte hücreler belli bir biçimde bir araya gelmiş, su veya gıda taşınması, ya da depolanması yahut da dokunun

parçası olduğu organizmanın gerektirdiği destek olma ve kuvvet taşıma gibi vazifeleri yerine getiren yüksek seviyede organize birer birlikler (1,2).

Özellikle sebze ve meyveler ile patates gibi köklerin yapısındaki hücreler yumuşak ve etli parankimlerdir. Bunlar genel olarak prizmatik şekilli, çoğu zaman dört ile otuz yüzeyli kutular gibidir. Pektinli maddelerle birbirlerine bağlanırlar. Komşu hücrelere plasmodesmata denen kılcal bağlar ve hücre duvarlarındaki delikler vasıtasıyla birbirleriyle devamlı madde alışverişi yapacak durumdadırlar. Komşu hücrelerin arasında çoğu zaman gaz alışverişine yarayan hava boşlukları vardır. Bu boşluklar bitkiyle birlikte büyür, olgunluk devresinde yaygın bir hava ağı meydana getirirler (4).

Tipik bir parenkim hücresi Şekil 3'de gösterilmiştir (4). Hücre duvarı hücrenin dış sınırını çizer. İlk duvar, pektit bir dolgu maddesinin içinde sıralanan selüloz iplikçiklerinden meydana gelir. Aynı yapının daha da pekleştirilmiş olan ikinci duvar ise ilk duvarın içinde bulunur ve hücrenin şeklini muhafaza eden bir kalle durumundadır. Hücre duvarının iç yüzeyini kaplayan hücre eti zarı ancak 100 angstrom kalınlığındadır ve çoğu zaman seçici geçirgenlik özelliği gösterir. Hücre eti ise pelte kıvamında olup, içinde kloroplastlar, nukleus, nukleolis ve çeşitli ultramikroskopik parçacıklar bulunur. Hücre etinin iç yüzeyini kaplayan ince zardan sonra da hücre boşluğu gelir. Hücre boşluğunu, % 95'den fazla su ihtiva eden kıvamlı bir pelte olan hücre suyu doldurur (6).

Böylece yaşayan cisimlerin bu en basit biriminin bile ne kadar karmaşık bir yapıya sahip olduğunu gördük. Şimdi bir an böyle bir hücrenin kurumasını tahayyül edelim. Kurumadam kasıt suyun uzaklaştırılması olduğuna göre önce suyu bulup, sonra onun hareketini takip edelim.



Şekil.3 Olgun Bitki Kesiti

Hücrede suyun en bol olduğu bölüm hücre boşluğudur. Hücre eti ve diğer kısımlarda da bir miktar su bulunmakla beraber, oralaradaki su emilmiş halde olduğundan, uzaklaştırılması ancak özel şartlar altında, mesela yüksek sıcaklıklarda mümkün olur. O halde hücrenin kuruması hücre boşluğunun kuruması gerekmektedir. Bu ise hücre suyunun, içindeki erimiş ve erimemiş maddelerin de bir kısmını muhafaza ederek, önce hücre boşluğu zarını, sonra etini, hücre eti zarını ve nihayet hücre duvarlarını geçmesiyle mümkündür. Bir diğer ve daha kestirme yol ise, varsa hücre duvarlarındaki pencere-lerden, sadece zarları geçmek suretiyle, dışarıya çık-

maktadır. Plasmodesmataların ultramikroskopik olması nedeniyle, bu yolla dışarı sızmak ancak çok küçük moleküllerde olur (5,6).

Tabii iş burada bitmiyor. Bu yollardan biriyle hücre dışına çıkan sıvının, dokunun dışına çıkarak buharlaşması veya başka bir yolla dokudan uzaklaşması gerekmektedir. Hücre dışına çıkan sıvı hücreleri birbirine bağlayan pektinli maddeyi de aşarak başka bir hücreye girmeye çalışabilir. İki hücre arasında, hücre duvarındaki gedikler vasıtasıyla bir geçit varsa, sıvı için en kestirme çıkış kanalı bu geçitten faydalanmak olacaktır. Bir başka usul de, hücre dışına ulaşan sıvının bir hava boşluğuna tesaduf etmesidir. Bu taktirde hava kanalları genel olarak birbirlerine bağlı olduklarından, sıvının doku dış yüzeyine çıkması mümkün olur (2,5,6).

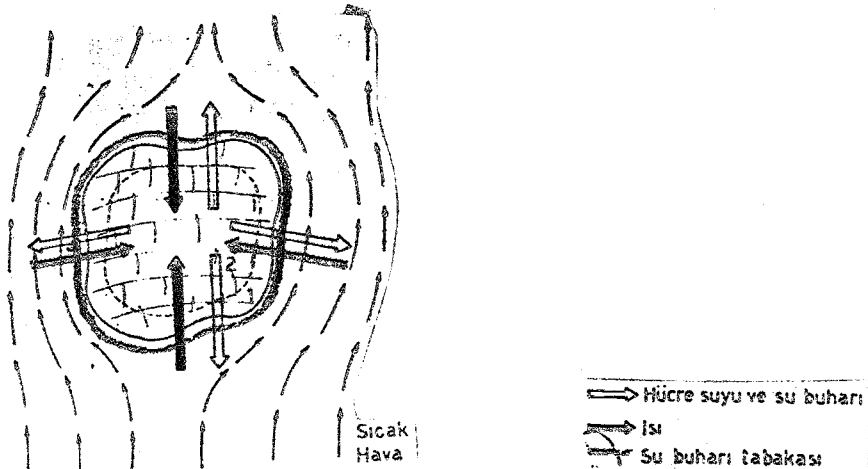
2.3 Pasif Kuruma Mekanizması

Şimdi kurutma olayına daha geniş bir açıdan bakılabilir. Bir malzemenin kuruması için içindeki suyun dışarı çıkması gerektiğini, ve bu sebeple de hücre suyunun çeşitli yollarla hücreyi ve sonra da dokuyu terk edişi yukarda incelendi. Fakat suyun hücreyi neden terkettiği sorusuna henüz cevap verilmedi.

Kurutmacılıkta esas, kurutulacak malzemenin içindeki suyu önce buharlaştırmak sonra da bu su buharını malzemedan uzaklaştırmaktır. Suyu, sıvı halden buhar haline getirmek için ise sıvıya buharlaşma ısısını sağla-

mak gereklidir. Bu ısı normal sıcaklıklarda buharlaştırılacak her gram su için 600 kalori civarındadır. Malzemeye dolayısıyla suya gerekli ısıyı vermekte klasik ısı transferi yolları ile diyalektrik ısıtma metodu kullanılır. Klasik yolla ısıtmada sıcaklık dokunun dışından hücrelere doğru işlerken, su veya buharının da ters istikamette, Hücreden dokunun dışına doğru sızdığı hususu dikkati çeker.

Suyun ürünü terkedişi difüzyon, kılcal akım veya bu iki mekanizmanın ortaklaşa işlemesiyle olur. Taze kesilmiş bir domatesi kurutmak istediğimizi farzedelim. Kuruma için gerekli ısı temin edilmiş olsun. İlk anda kesik yüzey ıslak olacağından, yüzeydeki bu serbest hücre suyu hemen buharlaşmaya başlar. Başlangıçta çok hızlı gelişen bu olay, bir müddet sonra yüzeyin çok yakınında kesif bir su buharı tabakasının teşekkül etmesiyle yavaşlar. Kurumanın devam etmesi için bu tabakanın uzaklaştırılması gerekir. Tabakayı bir hava akımı marifetiyle dağıtıp taşıdığımızı farzedelim (Şekil-4).



Şekil.4. Hücreli Bir Cisim İçin Kuruma Modeli

1.Kuru Bölge 2.Yaş Bölge

İlk andaki bu buharlaşmanın serbest bir su yüzeyinden olacak bir buharlaşmadan pek farkı yoktur. Bu yüzden kurumanın bu merhalesine "sabit hızlı kuruma" denir.

Yüzeydeki serbest su bu şekilde buharlaşırken devamlı olarak hücre aralarındaki hava boşluklarının meydana getirdiği kılcal sistem tarafından beslenir. Bu sebeple sabit hızlı kuruma ile ilgili su kaybı mekanizmasına "kılcal akım" diyeceğiz.

Zirai ürünlerde sabit hızlı kuruma devresi genel olarak çok kısa sürer; bazan da hiç göze çarpmaz. Kılcal akımla hücrelerden doku yüzeyine gönderilebilen sıvı akışı yavaşlayınca, doku yüzeyindeki buharlaşma sonucu yüzeydeki serbest su miktarı azalır ve nihayet tükenir. Sabit hızlı kurumanın sonunu işaretleyen bu andan itibaren buharlaşma kılcal yolların (hücre arası boşluklar) içinde olmaya başlar. Kuruma hızı yavaşlar. Meydana gelen su buharı kılcal yollardan geçerek doku yüzeyine ancak difüzyonla ulaşır (5,6).

Buharlaşmanın hava boşluklarının içine kaymasıyla birlikte bir başka enteresan olay daha göze çarpar. Doku yüzeyini kaplayan hücreler hem doğrudan doğruya bu yüzeye, hem de kılcal boşluklara sıvı verdikleri için, daha içerdeki hücrelere nazaran çok sıvı kaybederler. (Bak. Şekil 4) Meyve ve sebzeleri meydana getiren hücrelerin genellikle yumuşak duvarlı ve bol sulu parenkimler olduğuna işaret etmiştik. Yüzeye yakın olup da

hücre suyunun mühim bir kısmını buharlaştıran bu hücreler eski dolgunluklarını kaybederek "buruşurlar" Bu buruşma bütün kuruma yüzeyi alanında olacağı için kuruyan bu yüzeyin boyutları ufalır.

Yukarıda verdiğimiz domates misalini Şekil 4' e uydurabilmek için domatesin kabuğunu tamamen soyduğumuza farzedelim. Bu taktirde kuruma bütün dış yüzeylerde birden olacaktır. Sabit hızlı kuruma devresini müteakip yine yüzeydeki hücreler buruşmaya başlayacak; buna mukabil uç taraftakiler henüz eski dolgunluklarında olacaklardır. Domatesin çepeçevre buruşan yüzeyi buruştukça ve kurudukça sertleşecek (Şekil 4, bölge 1) ve iç taraftaki hücreleri sıkmaya başlayacaktır. Böylece bölge 1'deki çekme gerilmesine, bölge 2'dekiler de basınca maruz kalacaklardır (2,4).

Kuruyan hücrelerin meydana getirdiği kabuğun tesiriyle tazyik altında kalan içerideki hücrelerin suyu hava boşluklarına hücum eder. Zorlama altında yapılan bu göç sırasında hücre suyunun içerdiği eriyik şekerler ve diğer maddeleri de beraber taşır. Dolup taşan kılcal yollardan ürünün dış yüzeyine ulaşılınca burada hücre sıvısının suyu buharlaşır, içindeki eriyikler yüzeyde kalır. Bilhassa yoğun miktarda eriyik madde ihtiva eden dokuların çok hızlı kurutulmasında rastlanan kabuk bağlama böylece başlar. Yüzeye bırakılan bu yapışkan eriyikler bir müddet sonra yüzeydeki tüm kılcal sistem çıkışlarını ve hücre zarlarını tıkayacağından kuruma yavaşlar ve kuruma süresi çok uzar.

Bu şekilde gelişen bir kabuk bağlama olayı kurutmacılıkta arzu edilmez. Kabuk bağlayan meyve ve sebzelerin istenilen nemliliğe düşürülmesi ekonomik olmaz. Önleyici tedbir olarak daha yavaş bir hızla kurutma yapılması tavsiye edilir. Bu suretle hem kenar hücrelerin aşırı bir kurumaya maruz kalarak iç hücreleri aşırı sıkıştırmaları önlenir, hem de kilcal yollarla yüzeye ulaşan sıvının yüzeyde tamamen kuruması önlenir. Bu ise yüzeydeki kuruma hızının, kilcal yollarla yüzeye taşınan sıvı debisinden küçük veya ona eşit tutulmasıyla mümkündür.

Başlangıçtaki çok hızlı kurumadan dolayı kenar hücrelerinin büzülerek dahili hücreleri sıkıştırmaları her zaman menfi sonuç vermez. Çok miktarda şeker ve benzeri eriyik madde ihtiva etmeyen meyve ve sebzeler bu sıkıştırma sonucu daha çabuk su kaybetmeye başlarlar. Yüzeyde sakılı ve yapışkan bir zar teşekkül etmeceğinden kuruma bir müddet daha yüksek hızda devam eder. Bunun sonucu olarak yüzeyde kuru ve içeriye nisbetle sağlam bir kuru hücreler kabuğu teşekkül eder. Kurumanın ilerlemesiyle (Şekil 4, bölge 2)'deki hücrelerde büzülmeye başlayınca bu sefer daha önce kabuklaşmış olan kabuk kısmı (bölge 1) bu büzülmeye mani olur. Bu durumda iç hücrelerin çekmeye maruz kaldıkları büyük gerilimler meydana gelir. Sonunda kuvvetli olan kazanır ve iç dokuda yaygın yarılmalar ve çatlamalar meydana gelir. Sonuç olarak kuruma için yeni yüzeyler için kuruma yavaşlamadan devam eder.

Yukarıda sözü edilen iki halden daha sık görülen bir üçüncü durum daha vardır. Kuru dış hücrelerden meydana gelen kabuk kafi derecede mukavemetli değilse, kuruma iç hücrelerde de yayılıp onlar da büzülmeye başlayınca, dış kabukta yer yer çöküntüler meydana gelir. Bu ise dokunun dış boyutlarının ufalması sonucunu doğurur. Birçok hallerde kaydedilen hacim ufalması kaybedilen suyun hacmine eşit olur. Bu şartlar altında kuruma hızı gittikçe azalır. Gıda maddelerinin çoğunda ıslak nemlilik % 10-15'in altına düşünce ihtiva edilen su, büyük molekül ağırlıklı dokunun çok geniş dahili yüzeylerinde tamamen emilmiş halde olacağından kuruma ancak molekül difüzyonu tarzında cereyan eder (2,4).

Çeşitli mekanizmalarla doku yüzeyine çıkan su veya su buharının oradan uzaklaştırılmasında higroskopik (suya susamış) maddelerden faydalanılabilir. Bunların arasında mesela SiO_2 , erimiş KOH , ve P_2O_5 CaCl_2 , erimiş NaOH , susuz H_2SO_4 , anhidrit, CaSO_4 , silika cel olarak ve P_2O_5 sinai olarak bu maksat için kullanılmıştır (6).

2.4 Kuruma Hızını Etkileyen Faktörler

Kuruma hızını birim zamanda bir kilogram kuru madde başına buharlaştırılan su ağırlığı olarak tarif ettikten sonra sabit dış şartlar altında kuruma hızına tesir eden faktörleri inceleyelim.

a) Kurutulan Ürünün Özellikleri: Ürünün kimyevi ve fiziki yapısı, bütün mü kesik mi olduğu, başlangıç nemliliği gibi özelliklerinin kuruma hızına etkisi çok büyük.

b)Ürünün şekli, büyüklüğü ve yerleştiriliş tarzı, tecrübe, kalınlıktaki ufak farkların kuruma zamanına büyük ölçüde tesir ettiğini göstermiştir. Bunun içindir ki kurutmacılıkta hızlı kurutma isteği ile tüketiciye büyük parçalar sunabilme arzusu dengede tutulmaya çalışılır.

c)Ürünün Kurutma havasına göre yerleştirilişi:Rafların diziliş tarzı, hava geçitlerinin boyutları, hava zları ve türbülans derecesi gibi faktörler kuruma hızına tesir eder (7).

d)Birim Raf Alanına Düşen Yaş Ürün Ağırlığı:Metrekare alana yükleme ağırlığı 4 kilo ile 20 kilo arasında değişir. Raflara malzemenin çok düzgün ve eşit olarak yayılması da ayrıca önemlidir. Birim yükleme ağırlığının artması kuruma başlangıcında kuruma hızını yavaşlatır. Nihai kuruma zamanına birim yüklemenin tesiri fazla değildir (4,2).

e)Islak Sıcaklık Farkı:Kurumanın ilk safhalarında kuruma hızına en tesir eden etken, kurutma havasının kurumu sıcaklığı ile ıslak sıcaklığının farkıdır. Başlangıçta kuruma sıcaklığı ile doğru orantılı olan ıslak sıcaklık farkı,daha sonraki safhalarda önemini süratle kaybeder ve kurumanın sonuna doğru kuruma hızına etkisi kalmaz (4). Tabii burada hala 5-10 °C'lik ıslak sıcaklık farkı olduğu varsayılmaktadır.

f)Hava Hızı :Normal birim yüklemelerde hava hızı-

nın kuruma zamanına tesiri çok değildir. Ancak yüksek birim yüklemelerde kuruma başlangıcında kuruma hızının yüksek hava hızından faydalandığı görülür. Genel olarak suyun hareketini sınırlayan etkenlerin, yüzeyden buharlaşma mecburiyetinden ziyade dahili hareket zorluğu olduğu kabul edilir.

Kuruma hızına tesir ettiği bilinen başlıca faktörler bunlardır. Atmosfer basıncının kurumaya önemli bir etkisi görülmemiştir. Özel hallerde, kurutma havasından ayrı olarak ısı kaynakları mevcutsa, bunların ürüne verebildikleri ısı oranında kuruma hızına etkisi olur(7,8).

BÖLÜM 3

GÜNEŞLİ KURUTUCULAR

3.1. Giriş

Güneş enerjisiyle açık havada doğal kurutma tarihinin ilk çağlarından beri bilinmekte olup kereste ve diğer tarım ürünlerinin kurutulmasında uygulanmaktadır. Doğal kurutmada meteorolojik şartların kontrol edilemeyeşi yüzünden, sebze ve meyvelerin zarar görmesi, kalitesinde düşme olması, istenilen nem derecesine kadar düşürülemeyeşi, sermayenin uzun süre bağlı kalması v.b sebeplerden dolayı önemli sakıncalar görülmektedir. bu sakıncaların bazılarını giderebilmek için, sıcaklığın kontrol edilebildiği kapalı kurutma odaları yapılarak kullanılmasına rağmen bu defa da kurutma havasının nemi kontrol edilemediğinden istenilen kurutma kalitesine ulaşmak yine de mümkün olmamıştır.

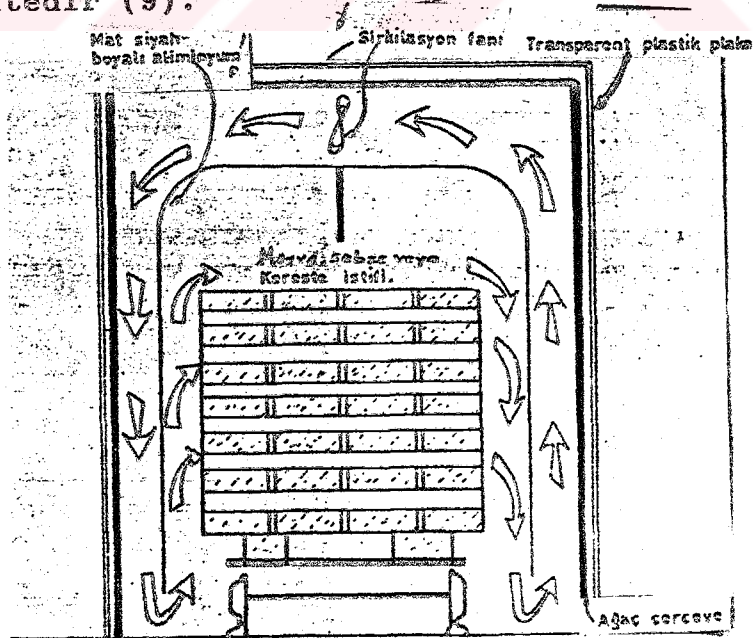
Güneşli kurutma sistemleri konusunda, 1950 lerden bu yana, birçok ülkelerde araştırmalar yapılmaktadır. Araştırmalarda bu enerjinin toplanması, depolanması ve kullanma verimliliğini artıracak çeşitli dizaynlar geliştirilmektedir (9).

Güneşli sistemlerle güneşli kurutma yapılması düşünüldüğünde kurutmanın yapılacağı bölgenin iklim özellikleri dikkatle incelenmelidir. Çeşitli iklim özellik-

leri ve güneş radyasyonu, yoğunluğu, güneşli kurutucuların dizaynını ve performansını etkileyen önemli unsurlar olmaktadır (9;10).Güneşli kurutucular, sera tipi ve kollektörlü olmak üzere iki aşamada değerlendirilir.

3.2. Sera Tipi Güneşli Kurutucular

Sera tipi kurutucularda, kurutma hacminin (kamarasının) çatı ve/veya duvarları, güneş ışığının geçmesi için, saydam örtü malzemesi ile kaplanırlar. Saydam örtü malzemesinden geçen güneş ışınları, bu örtülerin altındaki yapı elemanlarınca absorbe edilip, bunlardan da hava ile taşınarak kurutulacak kereste ve/veya meyve sebzeye ulaştırılır. Güneş enerjisi ile ısıtılan hava yardımıyla alınan meyve veya sebzenin nemi, yine aynı hava ile kurutma mahallinden uzaklaştırılmaktadır. Şekil 5' de sera tipi bir güneşli kurutma sistemi görülmektedir (9).



Şekil 5. Sera Tipi Güneşli Kurutma Fırını

Şekilde görüldüğü gibi, saydam örtüden geçen güneş ışınları mat siyah boyalı alüminyum plakada absorbe edilir. Emici plaka ile saydam örtü (cam yada plastik) arasında ısınmış olan hava bir fan vasıtasıyla emilerek istifin üzerine gönderilir. Sebze ve meyvenin nemini alıp bağıl nemi yükselen havanın bir kısmı egzost 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.

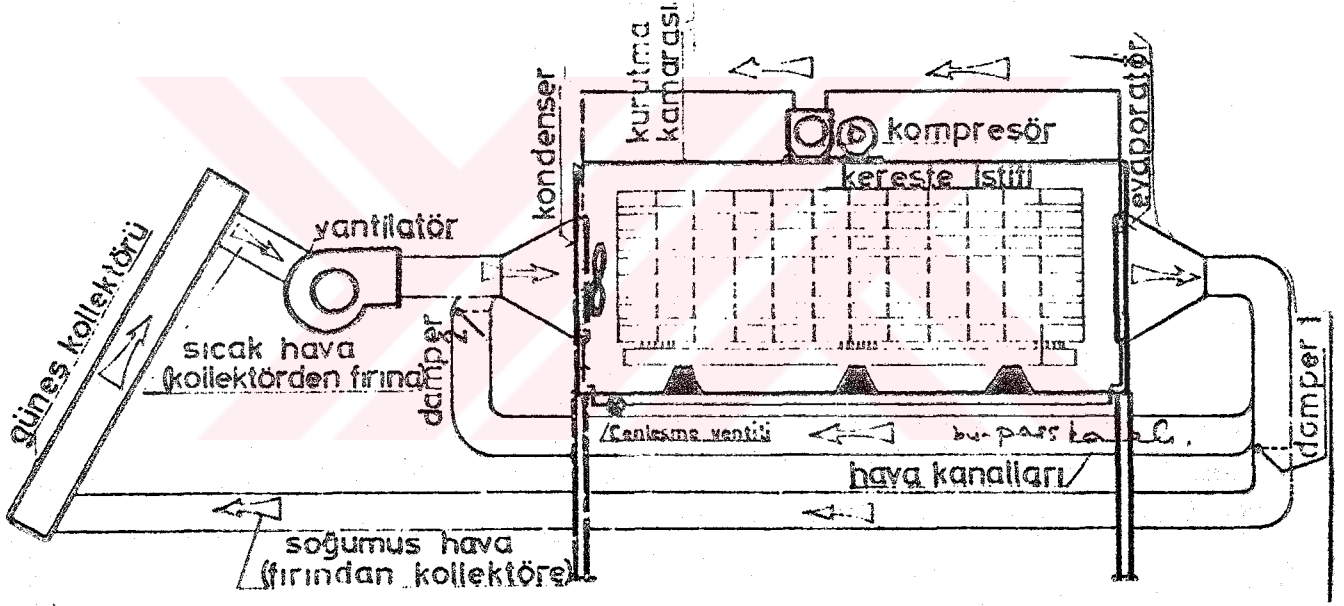
Sera tipi kurutucularda, güneş enerjisini toplayan yüzeyler, kurutma fırınının integral bir parçası olduğundan, dizaynlarında ve yüzeylerinin büyüklüğünün belirlenmesinde fırının geometresine ve dizaynına uyma zorunluluğu vardır. Konstrüksiyonları basit olduğundan verimleri, kollektörlü güneşli kurutuculara göre daha düşük, kurutma süreleri uzundur. Isı kayıpları fazla olduğundan saydam örtü çift kat yapılmalıdır. Sıcak hava saydam örtünün altında sirküle ettirildiğinde, hava içindeki toz ve diğer parçacıkların örtü malzemesinin altına yapışması mümkündür. Tozların temizlenmemesi halinde verimin düşeceği dikkate alınmalıdır (9).

3.3. Kollektörlü Güneşli Kurutucular

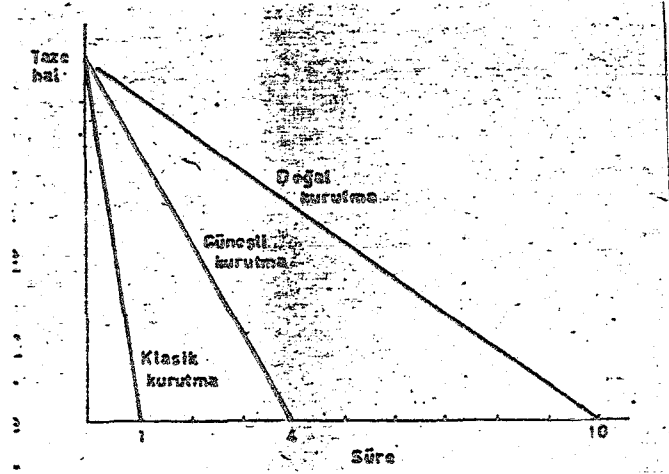
Kollektörlü güneşli kurutucularda, kollektörler kurutma fırınlarının ayrı birer parçasıdır. Kollektör-

Şekilde görüldüğü gibi kollektörlerde ısıtılan hava bir fanla kurutma kamerasına ulaştırılmakta ve orada diğer bir fanla numune istifi üzerinde sirküle ettirilmektedir. Kurutma havasının nemi, fırına monte edilen bir higrostatla kontrol edilebilmektedir. Kollektörlü güneşli kurutma sistemlerinin kondenzasyonlu

sistemle birleştirilmesi kurutma hızını ve kalitesini yükseltebilir. Şekil 7 'de bu tip bir kurutma sisteminin şeması görülmektedir. Sistemde nemli kurutma havası dışarıya atılmayıp bir ısı pompasının evaporatöründe, havanın nemi yoğunlaştırılmaktadır. Böylece, yağış sırasında, yağışma gizli ısısı, ısı pompasının

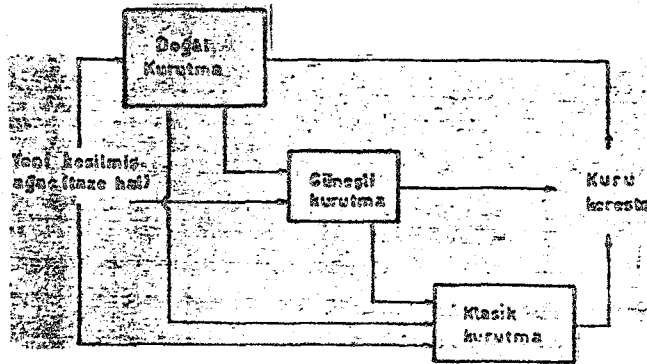


Şekil.7. Güneşli + Kondenzasyonlu Kurutma Sistemi-
nin Şeması.



Şekil.8. Değişik Kurutma Metotlarının Kuruma Sürelerinin Karşılaştırılması

Kurutmada izlenecek üç temel adımın bağımsız olabileceği gibi, birbirleriyle nasıl ilişkilendirileceği Şekil 9'da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, kurutma bu işlemlerden biri yada üçünün değişik kombinasyonları ile yapılabilmektedir. Kurutma maliyeti ve süreleri yapılan kurutma işlemine göre değişiklik göstermektedir.



Şekil.9. Kurutmada İzlenecek Adımlar

kondenslerinde, tekrar kurutma ısısı olarak kullanılabilmektedir. Güneş kollektörlerinde ısınan hava bir vantilatörle emilerek kurutma kamarası içindeki meyve ve sebze istifi üzerinden geçirilmektedir. Meyve ve sebzenin nemini alıp bağıl nemi yükselen hava kollektörlere giderken, fırın çıkışındaki evaporatör üzerinden geçeceğinden, nemi yoğunlaşır ve daha kuru olarak kollektörlere döner. Geceleri ve güneşin olmadığı gündüzleri vantilatör, kollektör sıcaklığından kumanda olan bir termostattla devreden çıkar. Vantilatörün devreden çıkmasıyla ısı pompasının kompresörü otomatik olarak devreye girer ve kondenzasyonlu kurutmaya devam edilir. Isı pompasının çalışması sırasında numune kondenslerden alınan ısı ile ısıtılırken havanın nemi de evaporatörde yoğunlaşacağından kurutma daha düşük sıcaklıkta ve nemi alınmış kuru hava ile devam eder. Isı pompasının çalışması sırasında, kurutma havasının sistemde sirkülasyonu, kamaranın altındaki bypass kanalından, ısı pompasının kondenseri önündeki fanla yapılır (9,10).

3.4. Güneşli Kurutmanın Doğal Kurutma ve Diğer Enerji Kaynakları ile Karşılaştırılması

Güneşli kurutmanın, Doğal kurutma ve diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması Şekil 8.'de görülmektedir. Görüldüğü gibi, güneşli kurutma doğal kurutmaya göre çok daha hızlı, klasik kurutmaya göre ise az yavaştır. Klasik kurutmaya göre düşünülecek bu dezavantaj, kullanılacak enerjinin maliyeti dikkate alındığında, olumsuz bir faktör olarak değerlendirilmeyebilir.

Güneşli fırınlar aşağıda belirtilen amaçlar için kullanılabilir.

1-Kurutma sadece güneşli kurutma fırınında yapılır ise, taze sebze meyve doğrudan fırına konulur ve istenilen nem derecesine ulaşmaya kadar kurutulur. Bu yöntemle doğal kurutmayla ulaşılamayacak nem derecelerine ulaşılır.

2-Doğal kurutma ile kolayca ve kısa sürede atılabilecek taze hal rutubetinin, LDR (Lif Doygunluk rutubeti) noktasının üzerinde (malzemeden uzaklaşmasından sonra) güneşli kurutma uygulanmakta. Bu yöntem doğal kurutma ile yıl boyunca yeterli bir nem derecesine ulaşamayan bölgelerde uygulanır.

3-Doğal kurutmanın uygun olmadığı yerlerde, güneşli sistem klasik sistemlere bir ön kurutma temin eder. Böylece kurutma maliyeti düşürüldüğü gibi klasik sistemin kurutma süresi kısaltılır (9,10).

BÖLÜM 4

KURUTMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

4.1. Giriş

Genel anlamda kurutma, gaz, sıvı ve katı cisimlerin bünyelerindeki suyun bunlardan uzaklaştırılması olarak tanımlandığı halde daha çok sadece katı cisimlerdeki suyun ısı enerjisi ile uzaklaştırılması-taşınması olarak anlaşılmaktadır.

Ekonomik bir kurutma işleminin yapılabilmesi için, kurutma işleminden önce, kurutulacak malzemedeki suyun mümkün olduğu kadar fazlasını, mekanik yada doğal yöntemlerle ayırmak gerekir. Açık havada kurutma, filtrasyon, eleme, dinlendirme, pres yada santrifüj sıkma vb. yöntemlerle, kurutma işleminden önce yapılan su alma işlemi, malzemenin uzaklaştırılacak birim litre su miktarı başına, daha az enerji ve yatırım miktarı gerektirir.

Bir katı maddenin kurutulması sırasında aynı anda iki fiziksel olay meydana gelmektedir.

1) Kurutulacak malzemenin yüzeyindeki ve/veya içindeki suyun buharlaştırılması için gerekli ısının malzemeye iletilmesi (ısı transferi)

2)Buhar haline gelen suyun hava akımı ile kurutma mahallinden uzaklaştırılması.(kütle transferi)

Endüstriyel kurutmanın temel amacı,kurutma işlemi için gerekli ısı enerjisinin en ekonomik biçimde temin edilmesidir. Isının transferi taşınım (konveksiyon), iletim (kondüksiyon), ışıınım (radyasyon) ya da bunların kombinasyonu şeklinde olabilir. Endüstriyel kurutucular, ısı enerjisinin katı maddeye iletilmesinde kullanılan yöntemler bakımından, birbirinden farklılık gösterirler. Genellikle ısı akışı katı maddenin dış yüzeyinden içine doğru olmaktadır. Önemli bir istisna, yüksek frekanslı elektrik akımı ile yapılan kurutma yöntemidir. Bu yöntemde, ısı enerjisi katı maddenin bünyesinde üretildiğinden iç kısımlar daha sıcaktır ve bu yüzden ısı akışı içerden dış yüzeylere doğru olmaktadır.Kurutma işlemini etkileyen başlıca faktörler iç ve dış olarak ikiye ayrılır. İç şartlar kurutulacak malzeme ile ilgili şartlar olup malzemenin nemi, özgül ağırlığı, yapısı ve boyutlarıdır.Dış şartlar ise, kurutma işleminde kullanılan havanın sıcaklığı, nemi ve hareketini etkiler.

4.2. Kurutmayı Etkileyen İç Şartlar

1- Kurutulan Ürünün Özellikleri :Ürünün kimyevi ve fiziki yapısının bütün yada kesik olması ve başlangıç nemliliği gibi özelliklerin kurutmaya etkisi büyüktür.

2-Ürünün Şekli Büyüklüğü ve Yerleştiriliş Tarzı :

Ürünün şekli, büyüklüğü ve yerleştiriliş tarzı ve kalınlıktaki ufak farkların kuruma zamanına büyük ölçüde etkili olduğu tecrübe edilmiştir. Çoğunlukla kuruma hızı kalınlığın karesiyle ters orantılıdır. Bunun içindir ki kurutmacılıkta hızlı kurutma isteği ile tüketiciye büyük parçalar sunabilme arzusu dengede tutulmaya çalışılır.

3-Ürünün Kurutma Havaasına Göre Yerleştiriliş :

Rafların diziliş tarzı, hava geçitlerinin boyutları, hava hızları ve türbülans derecesi gibi faktörler kurumaya tesir eder.

4-Kurutmadan Dolayı Meydana Gelen Değişiklikler :

Kurutulan meyve ve sebzelerde bazı yapısal ve kimyevi değişiklikler meydana gelir. Yapısal değişikliklerin başında büzülme gelir. Büzülme miktarı büzülme oranıyla tarif edilir.

Paketlemeye Hazır Kuru Ürün Ağırlığı

Büzülme Oranı:-----

Kurumaya Hazır Tane Ürün Ağırlığı

4.3. Kurutmayı Etkileyen Dış Şartlar

1-Sıcaklık

Kurutmanın esas unsuru, kurutulacak malzeme yüzeyinde elde edilen, sıcaklıktır. Kuruyacak malzeme yüzeyinde oluşturulacak sıcaklık hava ile temin edilebileceği gibi ışınlama ile de sağlanabilir. Güneş ışınlarının doğrudan etkisinde kalan sebze ve meyvede meydana gelen çatlamalar ışınlama ile olan ısınmaya iyi bir örnektir.

Kurutulacak sebze ve meyvenin nemin alınması sırasında malzemedeki çeşitli kurutma kusurlarının önüne geçilebilmesi için, ısıtma işlemi hızlandırılmaz ve sıcaklık çok fazla yükseltilemez. Aşırı ısıtma sırasında, malzemenin dış kısımları hızla kuruyacağından ıslak olan iç kısımlarda boyut değişimleri farklı olur. Bunun sonucu dış kısımlar büzülüp çeker ya da çatlar.

Kurutma sıcaklıkları, kurutma sırasında temin edilmesi gereken nemlilik değerleri her malzeme için deney sonuçlarına göre tesbit edilir ve bu deney sonuçlarının sistematik bir şekilde uygulanmasıyla doğrulukları tasdik edilir.

Endüstriyel kurutmanın en önemli aracı havadır. Havanın kurutma maksadıyla kullanılması iki amaca hizmet eder. Bunlardan birincisi ısıнын kurutulacak malze-

meye ulaştırılması, diğeri de malzemeden alınan su buharının kurutma mahallinden uzaklaştırılmasıdır. Havanın kurutma mahallinden bünyesine alabileceği su buharı miktarı sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık arttıkça hava ile taşınabilecek su buharı miktarı da artar. Tablo 1'de hava sıcaklığına göre taşınabilecek en fazla su miktarı (gr/kg kuru hava) olarak verilmektedir (4,10).

Tablo 1. Sıcaklığına Bağlı Olarak Hava ile Taşınabilecek En Fazla Su Buharı Miktarı

(gr/kg kuru hava)

t (°C)	φ (g/kg)	t (°C)	φ (g/kg)	t (°C)	φ (g/kg)
40°	48,8	60°	152,0	80°	545
41°	51,7	61°	161,0	81°	589
42°	54,8	62°	171,0	82°	639
43°	58,0	63°	181,0	83°	695
44°	61,3	64°	192	84°	766
45°	65,0	65°	204	85°	828
46°	68,9	66°	216	86°	908
47°	72,8	67°	230	87°	1000
48°	77,0	68°	244	88°	1110
49°	81,5	69°	259	89°	1240
50°	86,2	70°	276	90°	1400
51°	91,3	71°	294	91°	1580
52°	96,8	72°	314	92°	1800
53°	102,0	73°	335	93°	2136
54°	108,0	74°	357	94°	2545
55°	114,0	75°	382	95°	3120
56°	121,0	76°	408	96°	3980
57°	128,0	77°	437	97°	5420
58°	136,0	78°	470	98°	8350
59°	144,0	79°	506	99°	17000

Kurutma hızının artırılmasında hava sıcaklığının etkileri aşağıda ki gibi özetlenmektedir.

1-Daha önce de belirtildiği gibi, sıcak hava bünyesine daha fazla su buharı alabilmektedir. Bunun anlamı, kurutulacak malzemeden, birim hacımdaki hava ile taşınabilecek su buharı miktarı artabilecektir. Ancak su buharı bakımından doygun hale gelen havanın kurutma mahallinden hızla uzaklaştırılması gerekir. Hatta havanın doygun hale gelmesine kesinlikle müsaade edilmemelidir. Doygunluk noktasından uzaklaştıkça, sıcak havanın kurutma yeteneğinin artacağını hatırlamak gerekir. artacağından suyun malzemeden uzaklaşması daha kolay olacaktır.

4.4. Havanın Nemi

Nemli havayı tanımadan önce, nemli hava ile ilgili bazı bazı tanımlamaları bilmek daha doğru olur. Bu tanımlar şunlardır:

a)Kuru Termometre Sıcaklığı:Havanın, termometre ile doğrudan ölçülen sıcaklığıdır.

b)Yaş Termometre Sıcaklığı:Daha önce de belirtildiği gibi,havanın taşıyabileceği en fazla nem (su buharı) miktarı çeşitli sıcaklık dereceleri için değişik miktarlardadır. İşte, herhangi bir sıcaklıkta nem bakımından doygun hale gelmiş havanın sıcaklığı "Yaş Termometre Sıcaklığı" olarak isimlendirilir.Belirli bir nem yüzdesindeki havayı adyabatik olarak (ısı alış-verişi olmaksızın) soğutursak doyma noktasında (% 100 bağıl

nem değeri) elde edilen sıcaklık yaşı termometre sıcaklığıdır.

Yaşı termometre sıcaklığı, termometrenin alkol ya da civa haznesine kumaş parçası ya da fitil geçirilip, üzeri kaplanmış bu haznenin su ile ıslandıktan sonra, hazne çevresinde bir hava hareketi oluşturarak fitil ya da kumaş üzerindeki suyun buharlaşmasını sağlamak kaydıyla, sıcaklık denge haline geldiğinde elde edilen değerdir. Termometre haznesine geçirilen kumaş, fitil veya kılıfın temiz pamuklu dokumadan ve ıslatma suyunun saf (damıtık) olması daha doğru sonuç verir.

c) Çiğ Noktası (yoğuşma) Sıcaklığı: Havanın soğutulması halinde, içindeki su buharının yoğunlaşarak havadan ayrılmaya başladığı sıcaklığa "Çiğ Noktası" (yoğuşma) sıcaklığı denir. Başka bir ifadeyle, havanın içindeki mevcut su buharı ile doymuş hale geldiği sıcaklık "Çiğ Noktası Sıcaklığı" olarak isimlendirilir.

d) Mutlak Nem: Havanın taşıdığı su buharı ağırlığı (gr) nın havanın aynı andaki ağırlığına (kg) ya da hacmine (m^3) Bölümü ile (gr/kg ya da gr/ m^3) elde edilen değerdir. Belirli şartlardaki birim ağırlık ya da hacimdeki havanın içinde bulunduğu su buharı miktarıdır.

e) Bağıl Nem: (İzafi rutubet) Belirli sıcaklık ve basınçtaki havanın içinde bulunan su buharı miktarının, aynı sıcaklık ve basınçtaki havayı doymuş hale getirecek su buharı miktarına oranı "Bağıl Nem" olarak tanımlanır (9).

Bağıl nemin bir başka tanımı da havadaki su buharı kısmi basıncının (P_s), aynı sıcaklık ve basınçtaki su buharının doyma basıncına (P_d) oranıdır

Sebze, meyve ve diğer malzemelerin kurutulmasında, kurutma havasının nemi kabul etme yeteneği, yani bağıl nemi önemlidir. Havanın bağıl nemi yüksek değerlerde ise kurutma etkisi azalacak, düşük değerlerde ise kurutma hızı yükselecektir. Bu iki durum kurutma kalitesini etkiler. Kurutmanın çok yavaş olması yani bağıl nemin yüksek olması kurutma zamanını gereksiz yere uzatır. Ayrıca kurutma için fazla ısıya ihtiyaç doğacağından ısı enerjisinin artmasına neden olur. Kurutmanın hızlı oluşu yani havanın bağıl neminin çok düşük olması da ağaç malzeme kurutma kusurlarına yol açar.

Ekonomik ve kaliteli bir kurutma yapılabilmesi için, kurutmanın çeşitli aşamalarında, fırın içindeki kurutma havası bağıl neminin belirli değerlerde olması temin edilmelidir.

Sadece sıcak ve kuru hava ile yapılan bir kurutmadan başarılı bir sonuç almak mümkün değildir. Fırında sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin kontrol altında tutulması, doğal kurutmaya göre, endüstriyel kurutmanın en önemli üstünlüğüdür. Doğal kurutmada kurutmanın seyri tamamen dış hava şartlarına bağlı kalmaktadır. Kurutma için en önemli iki faktör olan sıcaklık ve bağıl nem kontrol altında tutulamamaktadır.

4.5. Havanın Hareketi

Bilindiği gibi hava sıcaklık ve nem taşıyıcıdır. Bu bakımdan, havanın sıcaklık ve nemi kadar hareketi de önemlidir. Hava hızının artırılması ile kurutma için gerekli ısı malzemeye ulaştırılması ve de malzeme yüzeyinde biriken su buharının alınma süresi kısaldığından, kurutma süresi de kısalmış olur. Ancak hızın belirli değerlerin üzerinde olması kurutulacak malzeme yüzeyinde oluşan buharlaşma hızını da artırır. Buharlaşma hızının artması iç ve dış kısımlarda meydana gelecek nem farkı malzemenin çatlamasına sebep olabilir. Hava hızının çok düşük değerlerde seyretmesinde kuruyacak olan malzemenin yüzeyinde meydana gelecek su buharını zamanında uzaklaştıramadığından, iç kısımda dışarıya olan su buharı akımını engelleyecektir. Fırında kurumakta olan malzeme yüzeyindeki ıslaklık hava hızının yavaş olmasındandır.

Endüstriyel kurutmada hızın artırılmasıyla kurutma süresindeki kısalmanın sağladığı ekonomik fayda ile hızın artırılmasında kullanılan enerji tüketimi karşılaştırıldığında en uygun hava hızı değerlerinin 2-4m/sn arasında olduğu, yapılan araştırmalarla belirlenmiştir.

4.6. Kurutma Programlarında Psikrometrik Diyagramının Kullanılması

Kurutma fırınına giren ve çıkan havanın ısı ve nem miktarları "kg kuru hava" başına oranlanarak hesap-

lanabilir. Bu maksatla psikrometrik diyağramdan faydalanılır. Diyagramın nasıl kullanılacağı Şekil.10' da açıklanmaya çalışılmıştır (9).

4.7. Dış Hava Şartlarının Belirlenmesi

Isıtma işleminden önce dış havanın (dışarıdan alınıp ısıtıldıktan sonra fırına gönderilecek hava) mutlak ve bağıl nemi ile bilinmektedir. Şekil 10'da A noktasındaki hava, dış hava şartlarını belirlemektedir. A noktasındaki hava şartları aşağıda olduğu gibidir.

-Kuru termometre sıcaklığı $t_A = 21 ^\circ\text{C}$

-Yaş termometre sıcaklığı $t_y = 16 ^\circ\text{C}$

-Mutlak nemlilik derecesi $X_A = 10 \text{ gr/kg}$ kuru hava

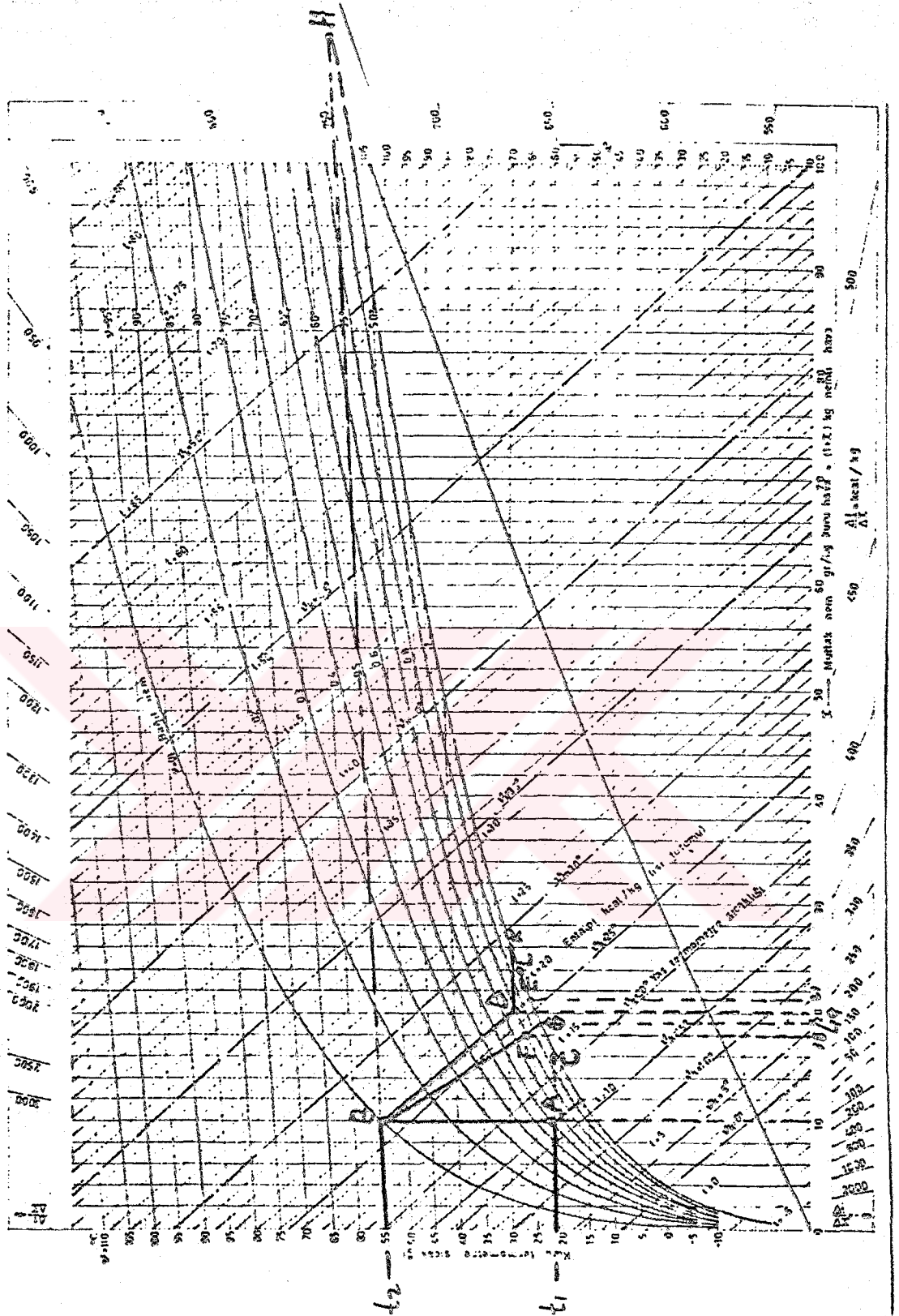
-Bağıl nemlilik derecesi $\phi_A = \% 60$

-Doyma yüzdesi $X_A/X_c = 10/16 = \% 62,5$

-Antalpi değeri(Isı Tutumu) $I_A = 11 \text{ kcal/kg}$

4.8 Isıtma İşleminde Sonraki Hava Şartları

Dışarıdan belirli şartlarda alınan hava (A nok) ısıtıldıktan sonra kurutma fırınına gönderilir. (A) noktasındaki hava ısıtıldığında, kuru termometre sıcaklığı ve ısı tutumu artarak (b) noktasına ulaşır. (B) nokta-



Şekil.10. Kurutma Havaasının Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Diyagram

sındaki havanın (ısıtılan havanın) şartları aşağıda belirtilmiştir.

-Kuru termometre sıcaklığı $t_z = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$

-Yaş termometre sıcaklığı $t_y = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$

-Mutlak nemlilik derecesi $X_B = X_A = 10 \text{ gr/kg k.hava}$

-Bağıl nemlilik derecesi $O_B = \% 10$

-Doyma yüzdesi $X_B/X_H = 10/110 = \% 9$

-Antalpi değeri(Isı Tutumu) $I_z = 19 \text{ kcal/kg}$

Havanın (A) noktasından (B) noktasına gelmesiyle bünyesine aldığı ısı miktarı;

4.9. Isıtılan Havanın Fırına Gönderilip Kurutma İşlemi mini Yaptıktan sonraki Şartları

Çeşitli ısıtma cihaz ve sistemleri ile ısıtılan hava, kurutma işlemini yapmak üzere fırına gönderilir. Sıcak hava fırında sebze ve meyve ile temas ettiğinden, malzemenin nemini alır. Nemi yükselen havanın, kuru termometre sıcaklığı düşer. Bu durumda, havanın mutlak ve bağıl nemlilik derecesi ile doyma yüzdesi yükselmiş buna karşılık havanın kuru termometre sıcaklığı düşmüştür.

4.10 Kurutma Sistemlerinde Isı İhtiyacı

Endüstriyel kurutma sistemlerinde ısı ihtiyacını belirleyen faktörler şunlardır:

1)Fırından olan ısı kayıpları

2)Kurutulacak olan malzemenin, kurutma üst sıcak-

lığına çıkıncaya kadar bünyesine alacağı ısı miktarı (malzemenin hissedilir ısısı)

3)Kurutulacak malzemedeki toplam suyun giriş sıcaklığından kurutma üst sıcaklığı yaşı termometre derecesine kadar ısıtılması için gerekli ısı miktarı (suyun hissedilir ısı derecesi)

4)Malzemedan alınacak suyun buharlaştırılması için harcanan ısı miktarı (buharlaşıma gizli ısısı)

5)Oluşan buharın yaşı termometre sıcaklığından çıkış havası (egzost havası) kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılması için harcanan ısı miktarı (buharın hissedilir ısısı)

6)İkmal havasını ısıtmak için harcanan ısı miktarı

4.10.a. Fırından Olan Isı Kayıpları

Fırının ısı kayıpları, duvar, döşeme, tavan ve

kapılarından oluşur. Sayılan yüzeylerin toplam ısı geçirme katsayıları (k) ve iç, dış sıcaklık farkı fırından oluşan ısı kayıplarını belirler. Fırından olan ısı kayıpları aşağıdaki formülle bulunur.

$$Q = EF.k (t_b - t_d).Z_i$$

Q_f-Fırından olan ısı kaybı (kcal)

k -Fırının tavan, döşeme, duvar ve kapılarının ısı geçirme katsayıları (kcal/m²h C°)

F- Tavan, döşeme, duvar ve kapıların alanı (m²)

t_b-Kurutma üst sıcaklığı (C°)

t_d-Dış hava sıcaklığı (C°)

Z_i-Fırının çalışma süresi (saat)

4.10.b. Malzemeyi Isıtmak için Harcanan Isı Miktarı (Malzemenin hissedilir ısısı)

Bu ısı ihtiyacı her dolumdaki malzemenin ağırlığına, malzemenin özgül ısısına, malzemenin fırına giriş sıcaklığı ile fırında yükselen maksimum sıcaklığa bağlıdır. Buna göre;

Q_a-Malzemenin ısıtılması için harcanan ısı miktarı (kcal)

Ma-Kurutulacak malzemenin ağırlığı (istif çıtalari dahil) (kg)

Ca-Rutubetpi malzemenin özgül ısısı.

ta-Malzemenin fırına girmeden önceki sıcaklığı

tb-Kurutma üst sıcaklığı

$Qa = Ma * Ca (tb - ta)$



BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOD

5.1. Giriş

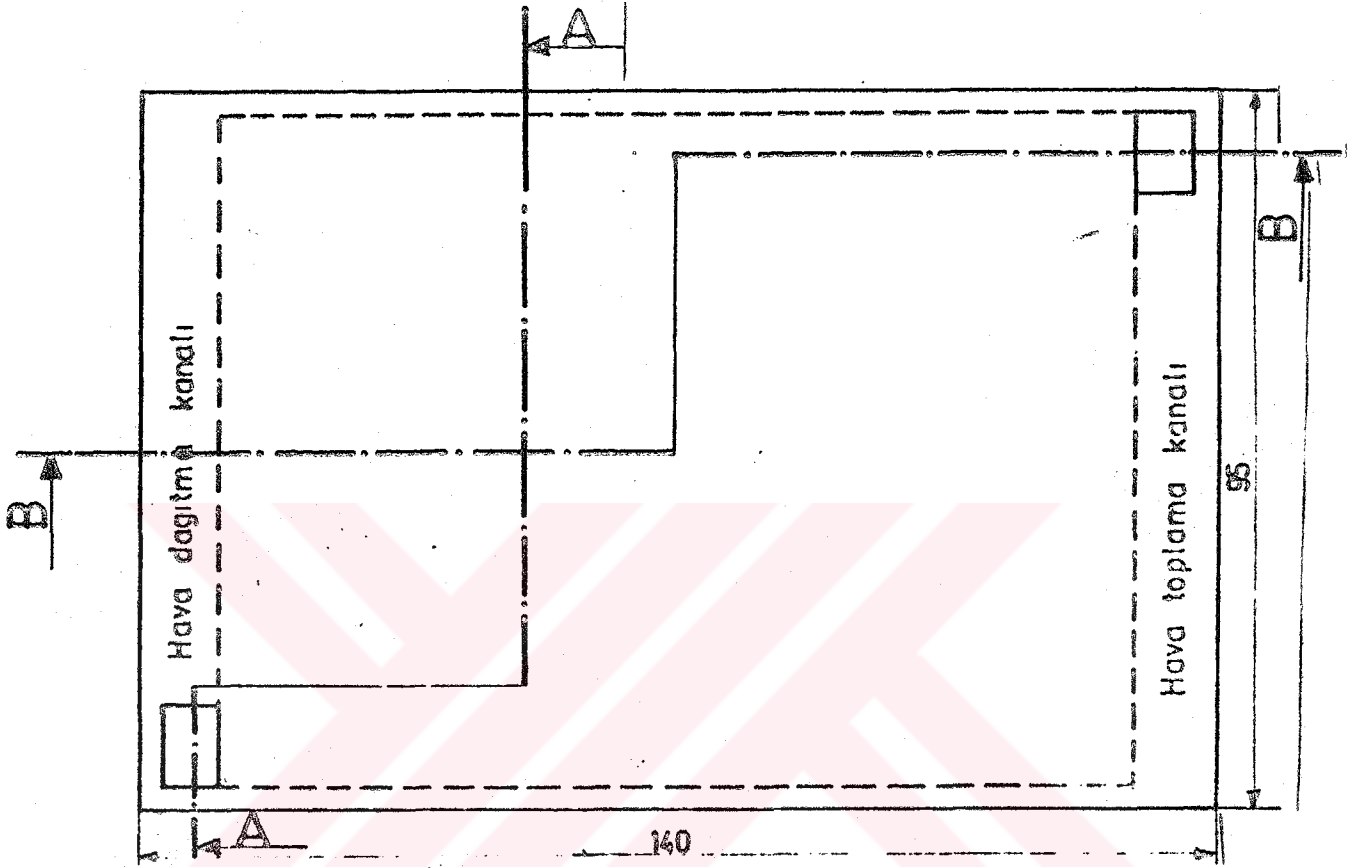
Bu araştırmada deneysel metot kullanılarak biber kurutma işlemi yapıldı. Araştırma tesisi Ankara'da bulunan Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı binasının bahçesinde kuruldu. Araştırmada kullanılan galvanizli ve siyah saçlar, evaporatör, kondenser, soğutucu gaz (F-12), çeşitli elektrik kontrol cihaz ve malzemeleri yerli piyasadan temin edildi. Hava bağıl nemi kontrol cihazı (Hiğrostat), bir firma aracılığı ile, yurt dışından ithal edildi. Sıcaklık ölçmeleri, 12 kanallı, digital göstergeli, Fe.Cons. Cifti kullanılan termokupl uçlarla yapıldı. Güneş radyasyonu değerleri Ankara meteoroloji müdürlüğünden alındı. İmal edilen cihazların başlıcaları:

- a) Havalı güneş kollektörleri,
- b) Hava kanalları,
- c) Kurutma kamerasidir.

5.2. Havalı Güneş Kollektörleri

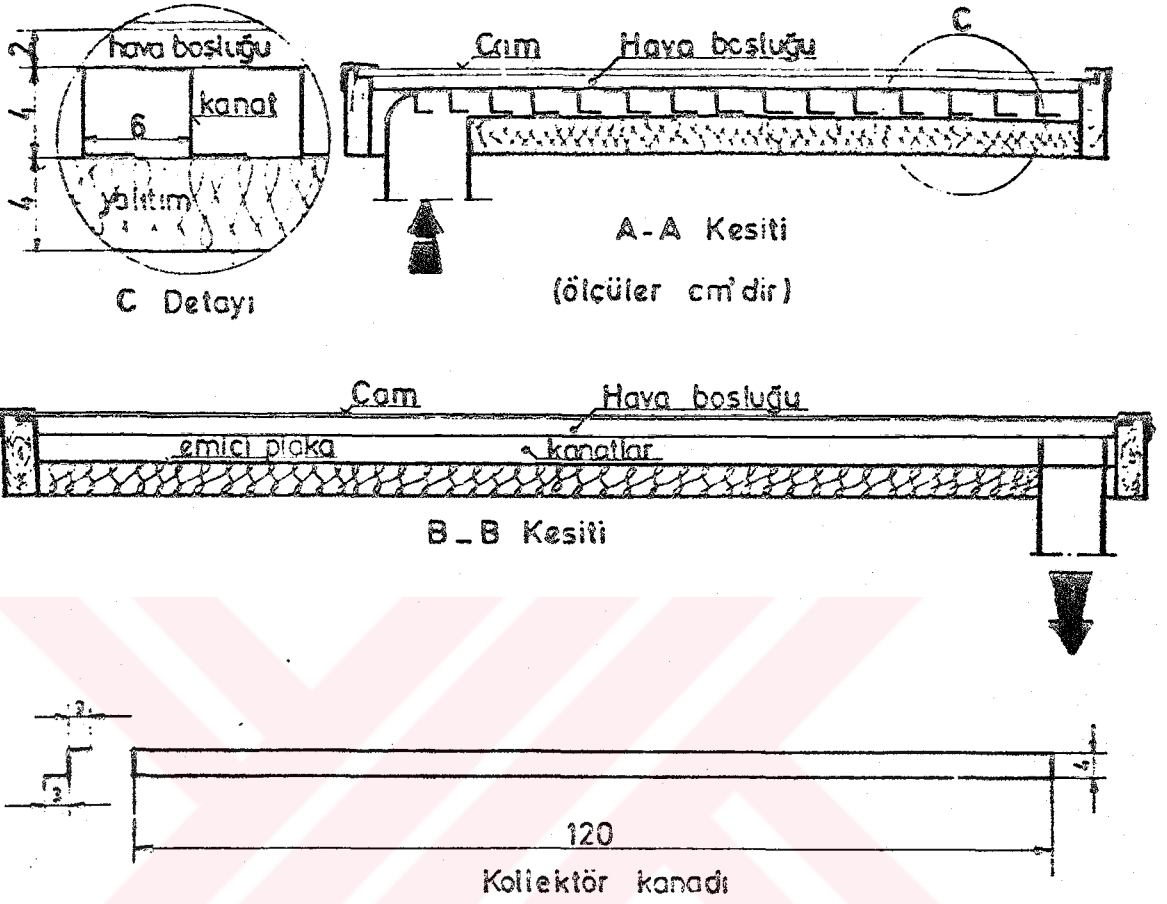
Kollektörler 140*95 cm boyutlarında olup üç adettir. Kollektörlerin toplam alanı 3.99m² dir. Kollektörlerin genel ölçüleri Şekil.11'de, kesit ve detayları'

da Şekil.12'de görülmektedir.



Şekil.11. Havalı Güneş Kollektörlerinin Genel Ölçüleri

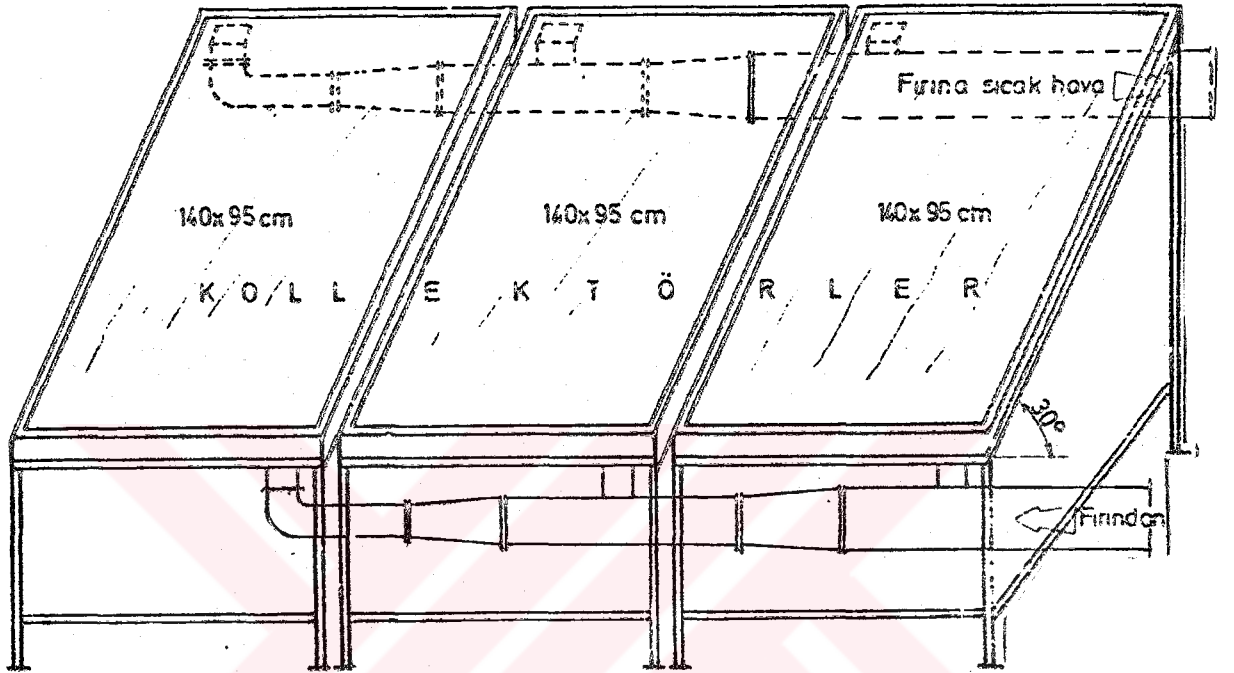
Güneş ışınlarını toplayan mat siyah boyalı emici plaka ile cam arasında 2 cm'lik bir boşluk bırakılmıştır. Bu boşluk konveksiyon ısı kayıplarını önleyebilecek ve ısı iletkenliği azaltabilecek değerdedir. Isı transfer yüzeyini arttırmak maksadıyla, emici plakanın altına, emici plakaya punta kaynağı ile tesbit edilen kanatlar yerleştirilmiştir.



Şekil.12. Güneş Kollektörlerinin Kesit ve Detayları

Havanın kollektörde sirkilasyonu, emici plakanın altından, kanatlar altından, sağlanmıştır. Hava emici plakanın altından, dolaşım yaptığından, konveksiyon ısı kayıpları azaltılmış ve havanın içindeki toz ve partiküllerin camın alt yüzeyine yapışması önlenmiştir. Kollektörlerin altı ve yanları, ısı kaybına karşı, 4 cm'lik cam yünü ile yalıtılmıştır. Emici plaka ve kanatlar 1mm'lik siyah saçtan yapılmış, kollektör kasetinin dışı 0.5 mm'lik galvanizli saçla kaplanmıştır.

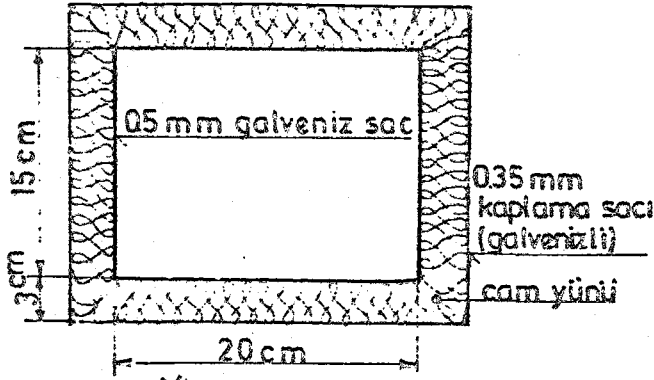
Kollektörler güneye yönlendirilerek yatayla 30 derece açı yapacak şekilde tesbit edilmiştir (Şekil 13). Bu açı değeri yaz uygulaması içindir.



Şekil.13. Kollektörlerin Ayaklar Üzerine Yerleştirilmiş Durumu

5.3. Hava Kanalları

Hava kanalları 0.5 mm galvanizli sac'tan yapılmıştır. Kollektörlerden elde edilen sıcak hava ventilatörle emilerek fırına basılmış ve fırında ısısını veren hava tekrar ısınmak üzere kolektörlere gönderilmiştir. Kanallar 15*20 cm kesit ölçüsünde yapılmış ve ısı kaybına karşı 3 cm'lik cam yünü ile kaplanmıştır. Cam yününün üzeri de, dış etkilerden korunması için, 0.35 mm galvanizli sac'la örtülmüştür. Hava kanalının kesit resmi Şekil.14'de görülmektedir.



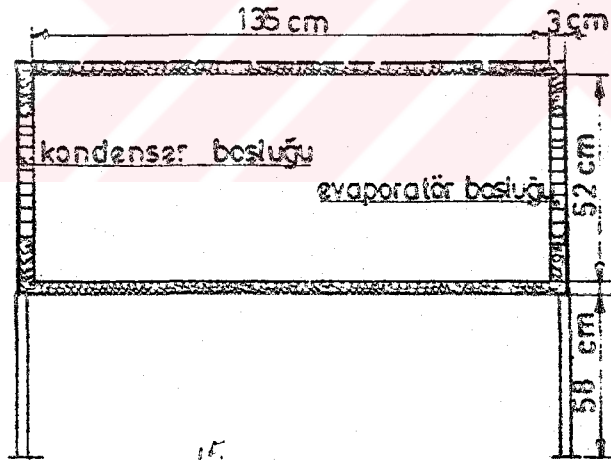
Şekil.14. Hava Kanalı Kesiti

Kollektörlerle kurutma kamarası arasında eşit yol sistemi uygulanarak bütün kollektörlerde eşit miktarda hava sirkülasyonu temin edilmiştir. Vantilatör debisi 1500 m³/h olduğundan, 15*20 cm kesit ölçüsünde bir by-pass kanalı yapılmıştır. Ana kanal ve bypass kanalı üzerine birer damper konarak, güneşli ve kondenzasyonlu sistem ayrı ayrı bu damperlerle kontrol edilmiştir. Geceleri ana kanal üzerindeki damper kapatılıp by-pass kanalı üzerindeki damper açılmış, gündüzleri ise bunun tersi yapılmıştır. Damperlerin kontrolü elle yapılmıştır.

5.4. Kurutma Kamarası

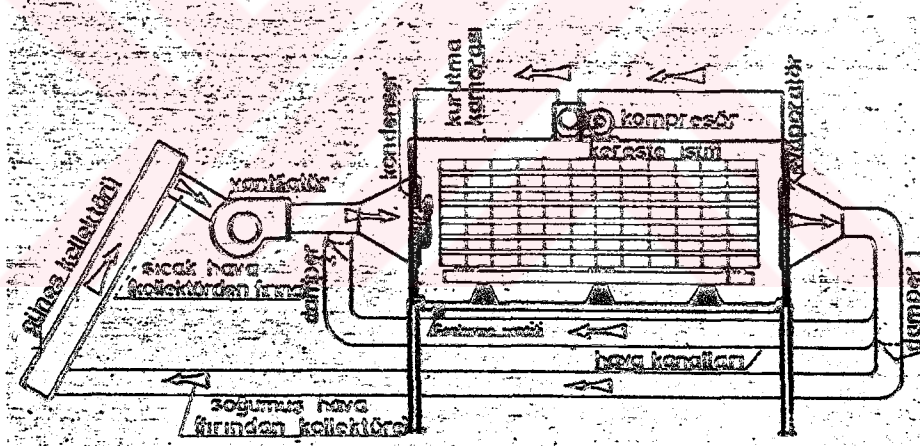
Kurutma kamarasının ölçüleri yükseklik, en ve derinlik olmak üzere, 52*135*115 cm'dir. Kamaranın hacmi 0.80 m³dür. Kamara 52 cm yüksekliğindeki ayaklar üzerine monte edilerek yerden teması kesilmiştir. Şekil. 15'de bu yükseklik yükleme ve boşaltma için de uygun

olmuştur. Kamaranın dış sacı 3 mm siyah (üzeri boyalı), bunun içinde 3 cm kalınlığında cam yünü ve cam yünü kalınlığında cam yünü ve cam yünü üzeri de 0.5 mm galvanizli camla kaplanmıştır. Doldurma ve boşaltma kapağı boyutları 52*135 cm olup, kapak da cam yünü ve galvanizli saca kaplanmıştır. Kamaraya girişte 60*30 cm boyutlarında kondenser, 40*32 cm boyutlarında evaporatör boşluğu bırakılmıştır. Kurutma kamarasının arka orta noktasına, kurutma havası bağıl neminin kontrolü için, higrostat yerleştirilmiştir. Kurutma kamarasının üstüne kondenzasyonlu sistemin ısı pompası tesbit edilmiştir. Kurutma kamarası kesitinin % 50 si biberle dolu olacağından, kamaradaki hava hızı 1.4 m/sn olacaktır.



Şekil.15. Kurutma Kamarası

Kollektör, hava kanalları, ısı pompası ve kurutma kamarasının monte edilmiş durumu Şekil 16 'da görülmektedir. Şekle dikkat edilirse, kollektör üst noktalarından emilen sıcak hava kondensör üzerinden geçerek kurutma kamarasına üflenmektedir. Kamaradaki (fırındaki) biber istifi üzerinden geçen sıcak hava, ısınıp bibere bırakarak, fırın çıkışındaki evaporator üzerinden tekrar kollektörlere gelmektedir. Bu durumda ana kanal üzerindeki 1 numaralı damper açık, by-pass kanalı üzerindeki 2 numaralı damper kapalı konumdadır.



Şekil.16. Güneş+Kondenzasyonlu Deney Sisteminin

Komple Şeması

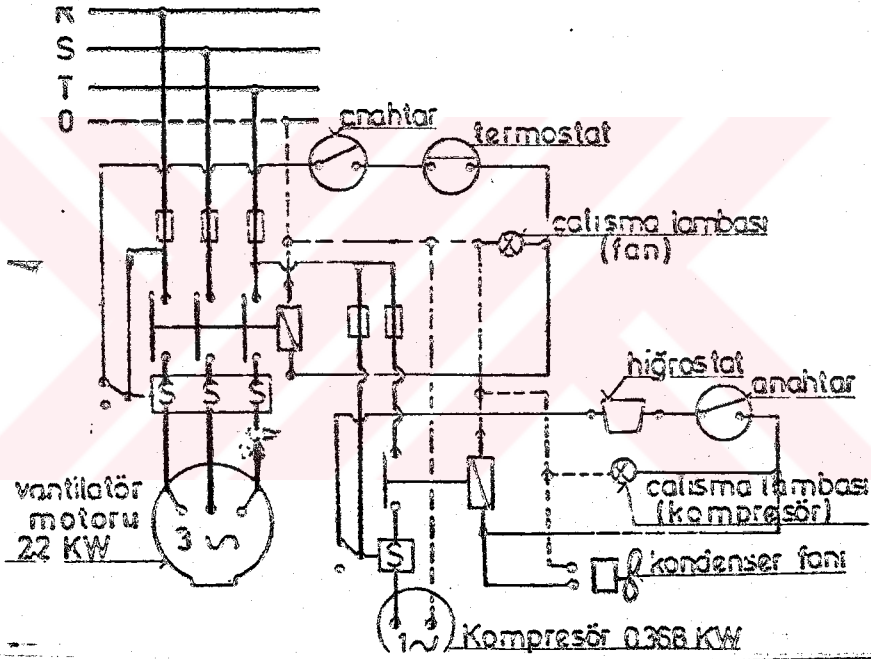
Biberlerin ısıtılmasıyla kurutma havasının bağıl nemi yükseleceğinden kurutma özelliği azalır. Bağıl ne-

mi yüksek hava evaporatör üzerinden geçerken neminin bir kısmı yoğunur. Nem, yoğunlaşma sırasında gizli ısını evaporatör yüzeyine bırakır. Yoğunlaşma işlemi, higrostat yardımıyla, otomatik olarak, yapılmaktadır. Kurutmanın çeşitli aşamalarında, kurutma havası bağıl nemi sürekli olarak düşürülecektir. Havanın bağıl nemi higrostatla ayar edilen alt noktaya düştüğünde, higrostat ısı pompasını devreden çıkararak, havanın istenilenden daha fazla kurumasi önleneyecektir. Havanın neminin yoğunlaştırulması sırasında, yoğunlaşma gizli ısı evaporatörden kondensere aktarılarak giriş havasının, güneşli sisteme ek olarak, ısıtılması sağlanmaktadır. Bu şekilde nemli havanın dışarıya atılmayıp, sistemin verimliliğinin yükseltilmesi sağlanacaktır. Isı pompası olarak isimlendirilen bu sistemin kompresörü, dışarıya, kurutma kamarasının üstüne yerleştirilmiştir. Evaporatördeki yoğunlaşma gizli ısının kondensere taşınmasında FREON-12 soğutucu gazı kullanılmıştır. Isı pompasının kompresörü 0.368 KW gücündedir.

Güneşli sistem akşamları devreden çıktığında, ısı pompalı sistem devreye sokulacaktır. Böylece, fırın içindeki biber soğutulmadan kurutma işlemine geceleri de devam edilecektir. Kondenzasyonlu sistem olarak adlandırılan, ısı pompası ile çalışma, gece boyunca devam edecektir. Gece çalışmasında, ana kanal üzerindeki 1 numaralı damper kapatılacak, by-pass kanalı üzerinde ki 2 numaralı damper açılacaktır. Bu şekilde kondenzasyonlu kurutma havasının tüm sistemi dolması önlenilecektir.

5.5. Sistemin Kontrolü

Sistemin kontroluna ilişkin elektrik bağlantı şeması Şekil 17' de görülmektedir. Sistemde kontrol edilen iki ana eleman mevcuttur. Bunlardan birisi 2.2 KW gücünde, 1420 dev/dak ile dönen vantilatör, diğeri ise 0.368 KW gücündeki kompresördür. Vantilatör kollektör çıkış kanalı üzerine yerleştirilen bir termostatla kumanda edilmiştir.



Şekil.17. Kurutma Sisteminin Elektrik Kontrol

Şeması

Kollektörler üzerine güneş düştüğünde, kollektör emici plakası altında ısınan hava, termostad kuyruğunu da ısıttığından, termostad ayar sıcaklığında kontaktör bobinine akım gönderir ve vantilatör çalışır. Kollektörün güneş görmemesi durumunda, termostad vantilatörü devreden çıkarır. Vantilatör motoru termik kontaktörle otomatik olarak korunmuştur.

Kompresörün kontrolu ise higrostatla olmaktadır. Kurutma kamarasında, hava bağıl nem değerlerinin alt ve üst sınırları diferansiyel olan higrostatla ayarlanır. Hava bağıl nemi üst noktaya ulaştığında higrostat kompresörü çalıştırarak nemin evaporatör üzerinde yoğunlaşması sağlanır. Nem değeri alt ayar noktasına düştüğünde kompresör devreden çıkar ve yoğunlaşma durur. Kompresör kontaktörü de termik olup kompresörü korur. Kondenser fanı da kompresörle birlikte devreye girerek kondenser ısını kurutma havasına aktarır.

BÖLÜM 6

DENEYLERİN YAPILIŞI VE SONUÇLARI

6.1. Deneylerin Yapılışı ve Ölçmeler

Deneylerin Yapılışı ve Ölçmeler Deneylerde, Ankara Maltepe pazarından alınan biberler kullanılmıştır. Biberler alınırken büyük ve sulu olmalarına dikkat edilmiştir.

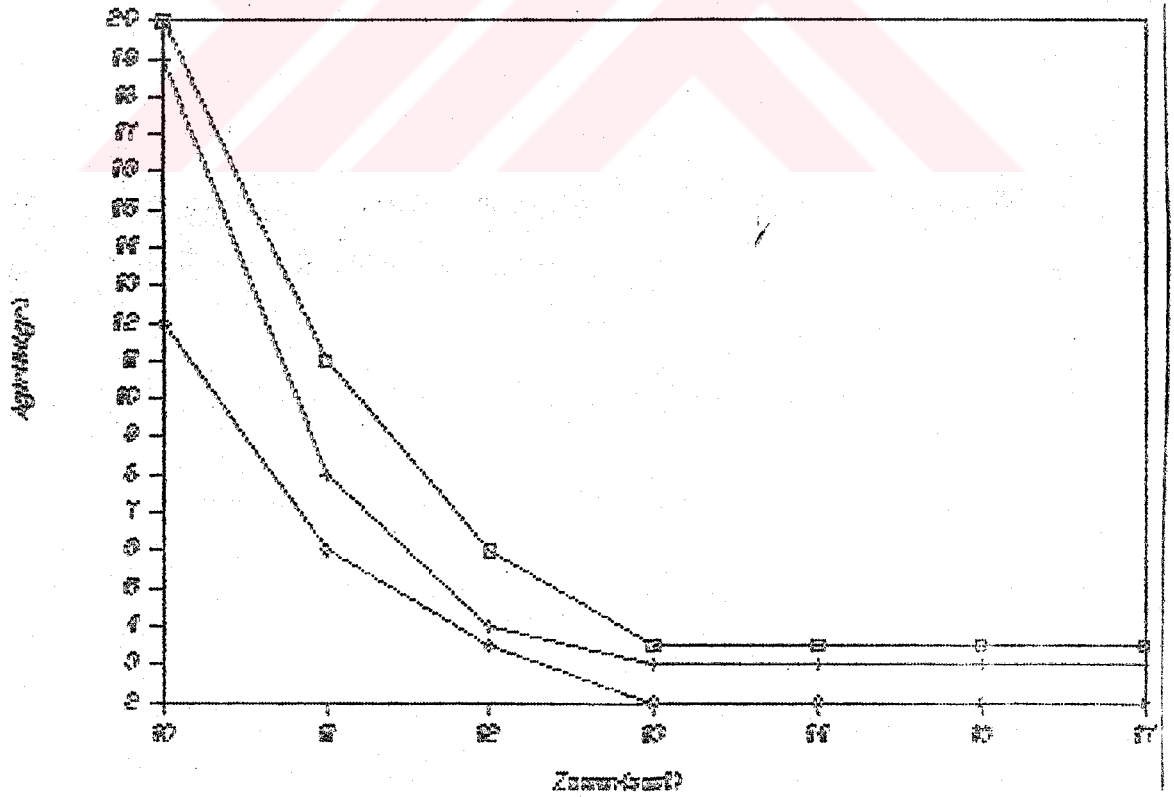
6 Kg biber alınarak kurutucunun içindeki 2 sıratel örgüden yapılmış raflara yerleştirildi. Deneylere 24.7.1988 günü saat 10:00'da başlandı.

Biberler kurutma sonunda ağırlığının 1/3,5'ine düşünce kurumuş sayılır. Deneyde 1 kg yaş biberi kurutmak için 0,715 kg suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılmasının gerektiği sonucu çıkar.

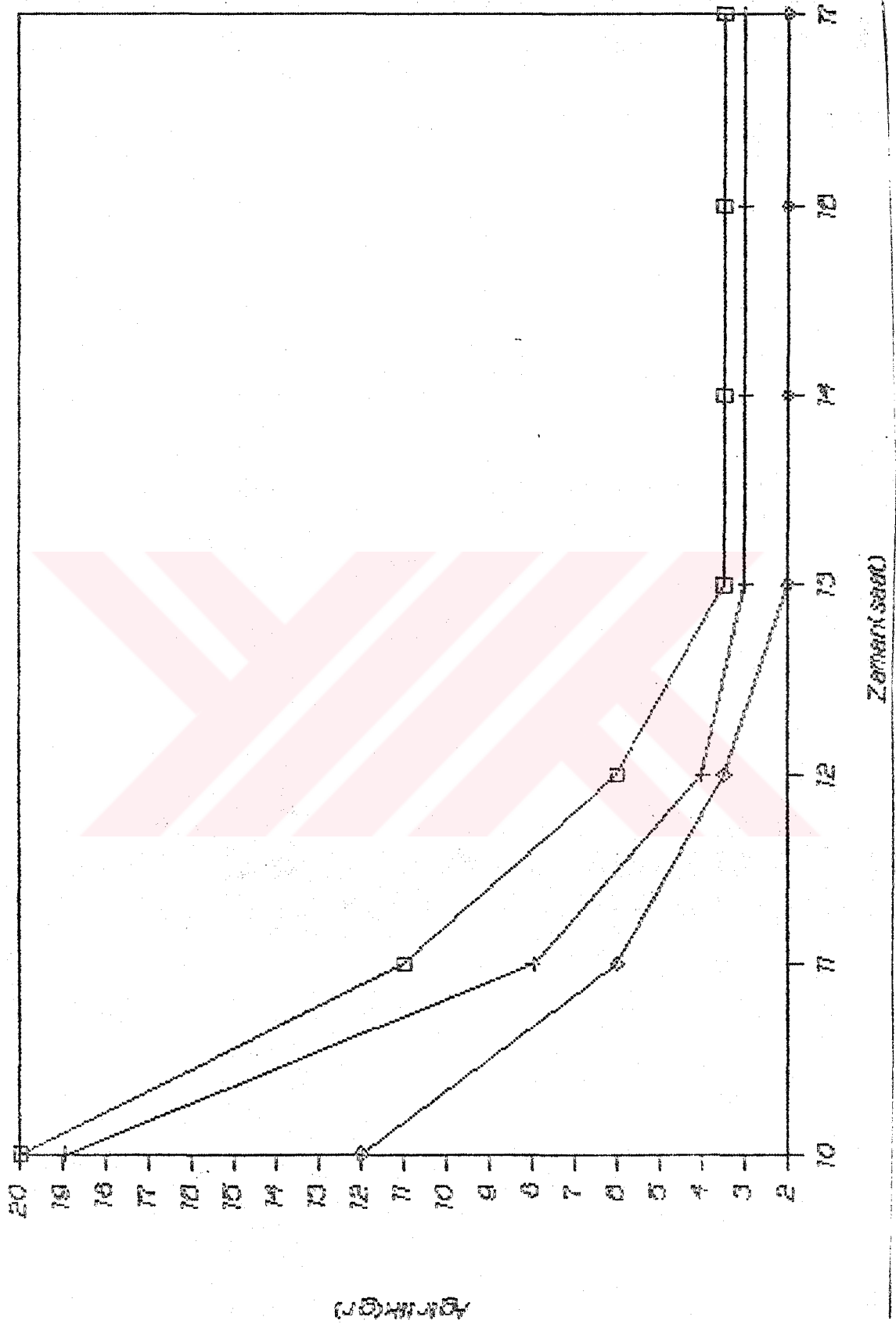
Biberin başlangıç nemi ağırlık metodu ile belirlenmiştir. Hazırlanan biberlerden alınan 5 adet numune, elektrikli, termostatl ve digital göstergeli bir fırında 80°C'de, 7 saat kurutuldu. Kurutma süresince yapılan 7 tartımın son dördünde biberlerin ağırlığı değişmedi Tablo.2. ve Şekil 18'de verilen sonuçlar ortaya çıktı.

Tablo.2. Numunelerin Saatbaşı Tartımı

Tartım Sayısı ve Tartım Zamanı	Numune Ağırlığı (Gr)		
	1.Numune	2.Numune	3.Numune
1.Tartım 10:00	20	19	12
2.Tartım 11:00	11	8	6
3.Tartım 12:00	6	4	3,5
4.Tartım 13:00	3,5	3	2
5.Tartım 14:00	3,5	3	2
6.Tartım 16:00	3,5	3	2
7.Tartım 17:00	3,5	3	2



Şekil.18. Biberlerin Fırında Kuruma Seyri



Sekil.18 Biberlerin Fırında Kuruma Seyri

Kurutma işlemi sırasında numuneden atılan su miktarı (Yaş Ağırlık- Kuru Ağırlık = 20 Gr- 3 Gr = 17 Gr) olarak hesaplandı. Bu değerlerden gidilerek, kuru ağırlık esasına göre, biberin başlangıç rutubeti aşağıda olduğu gibi hesaplanmıştır.

17 Gr

$$N = \text{-----} * 100 = \% 566.66 \text{ (N=Atılan su miktarı)}$$

3

(Yaş nemlilik - Kuru Nemlilik Nem oranı)

Nem Oranı (NO) = -----

Ny (Yaş Nemlilik)

Ny-Nk

20-3

17

$$N.O = \text{-----} = \text{-----} = 0,85$$

Ny

20

20

su var demektir.

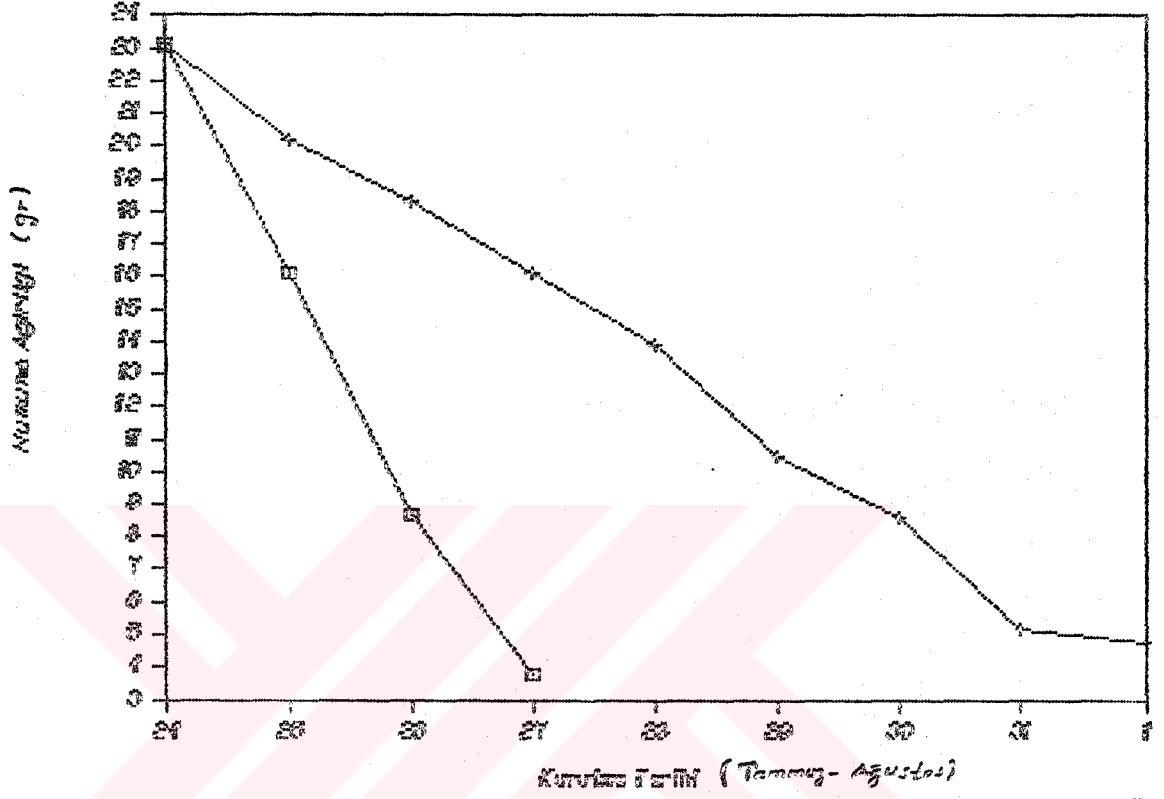
24.7.1988 günü 6 kg biberimiz düzgün bir şekilde kurutucunun içindeki tel örgüden yapılmış raflara dizildi. Diğer taraftan fırına yüklenen biberlerden 10 adedi de açık havaya, sundurma altına kondu. Böylece açık havada kuruma ile güneşli fırında kurumanın kuruma süresi ve kalitesi yönünden karşılaştırılması planlandı.

Kurutucu fırınına yerleştirilen biberlerin başlangıçtaki ağırlık ölçümleri 3 saatte bir yapıldı. Kuruma hızı yavaşlayınca okumalar seyrekleştirildi. Aşağıda Şekil. 19'da kurumanın zamanla seyri görülmektedir. Fırında kurutma süresince yapılan (24-28 Temmuz 1988) biber nem ölçme sonuçları da Tablo.3'de verilmiştir.

Tablo.3. Biber Nem Ölçüm Sonuçları

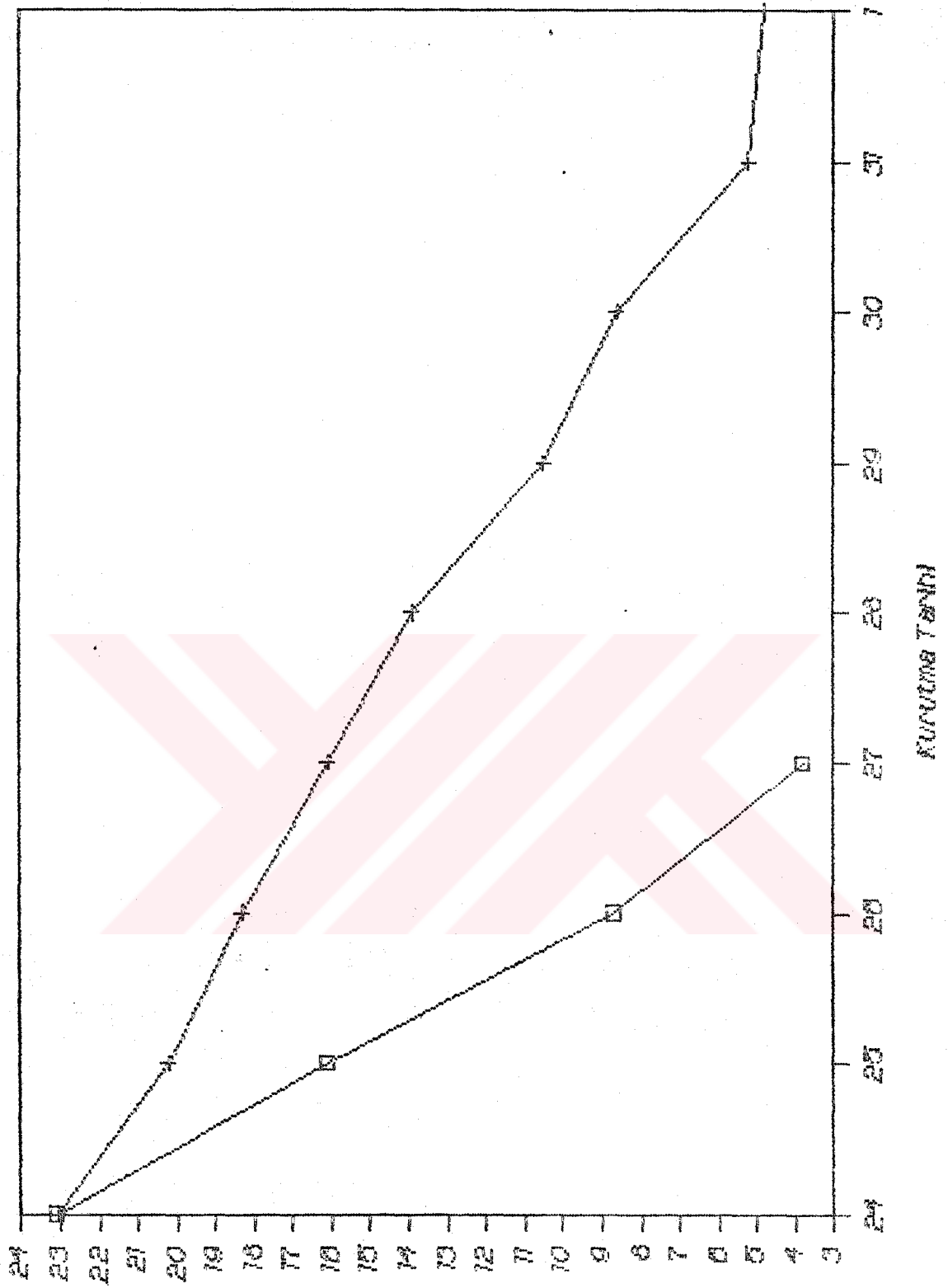
Tarih	Numunenin Ağırlığı		Nem Oranı (%)		Radyasyon
Sabah	Fırında	Açık	Fırında	Açık	(Kcal/m ²)
		Havada		Havada	
24.7.1988	23,1	23,1	86	86	5748
25.7.1988	16,1	20,2	80	84	5748
26.7.1988	8,7	18,3	63	82	5893
27.7.1988	3,8	16,1	15	80	5697
28.7.1988	-	13,9	-	76	5090
29.7.1988	-	10,5	-	69	4794
30.7.1988	-	8,6	-	62	4429
31.7.1988	-	5,2	-	38	5197
1.8.1988	-	4,8	-	33	5730

Not:Yukardaki Tabloda Alınan Değerler Ortalama Ağırlık Değerleridir.



Şekil.19. Güneşli Fırında Biber Kurutmanın Zamanla Seyri

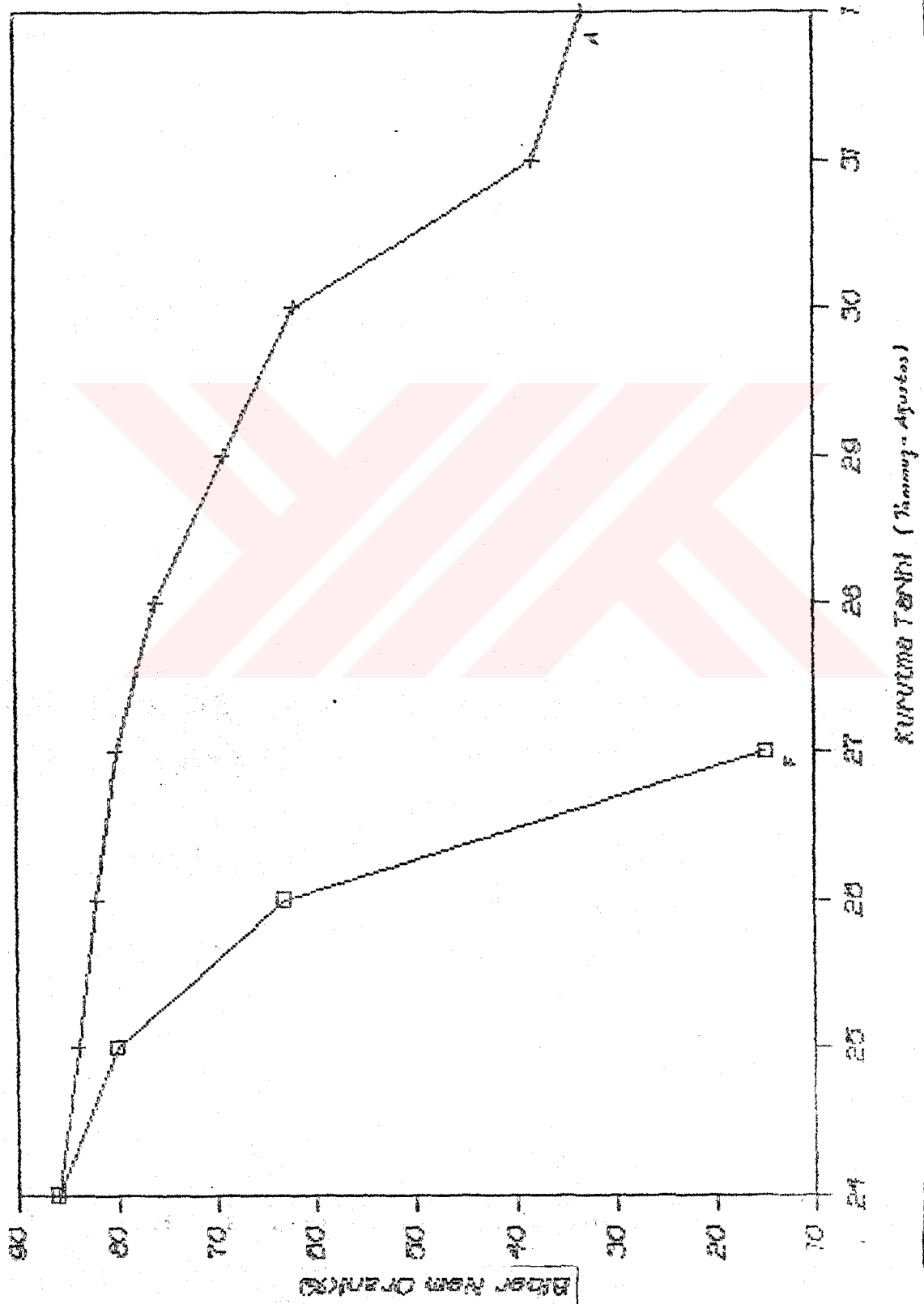
Dış havada kurutulan biberin nem ölçme işlemine 1.8.1988 gününe kadar devam edilmiştir. Nem düşüşünün çok yavaş olması nedeniyle, ölçme işlemine bu tarihte 1.8.1988'de son verilmiştir. Fırında 5 günde % 15 değerine düşen biber nem oranı, dış havada 10 günde % 33'e düşmüştür.



Şekil.19. Güneşli Fırında Biber Kurutmanın

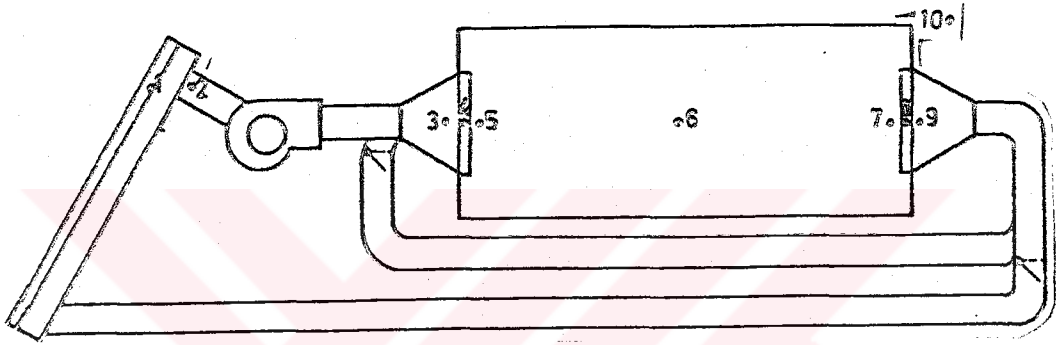
Zamanla Seyri

Güneş +Kondenzasyonlu sistem ve açık havada kuruma-
nın kuruma süresine bağlı olarak, nem değerinin değiş-
mi Şekil.20'deki diyağramda gösterilmiştir.



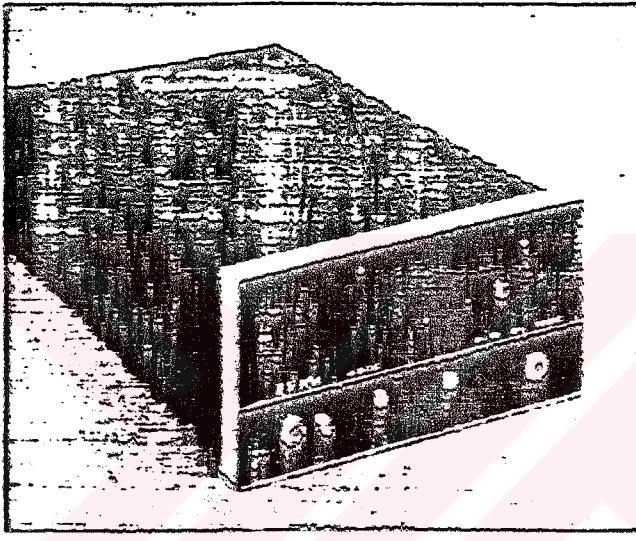
Şekil. 20 Fırında ve Açık Havada Kurutma

Deney sırasında sıcaklık ölçümü yapılan yerler Şekil.21'de gösterilmiştir.Sıcaklık ölçümleri 12 kanallı, digital göstergeli, Fe. Cons.termokupl çifti kullanan, çalışma sıcaklığı aralığı 0-400°C olan ELİMKO markalı cihazla yapılmıştır.Sıcaklık ölçümünde kullanılan cihaz Şekil.22'de görülmektedir.



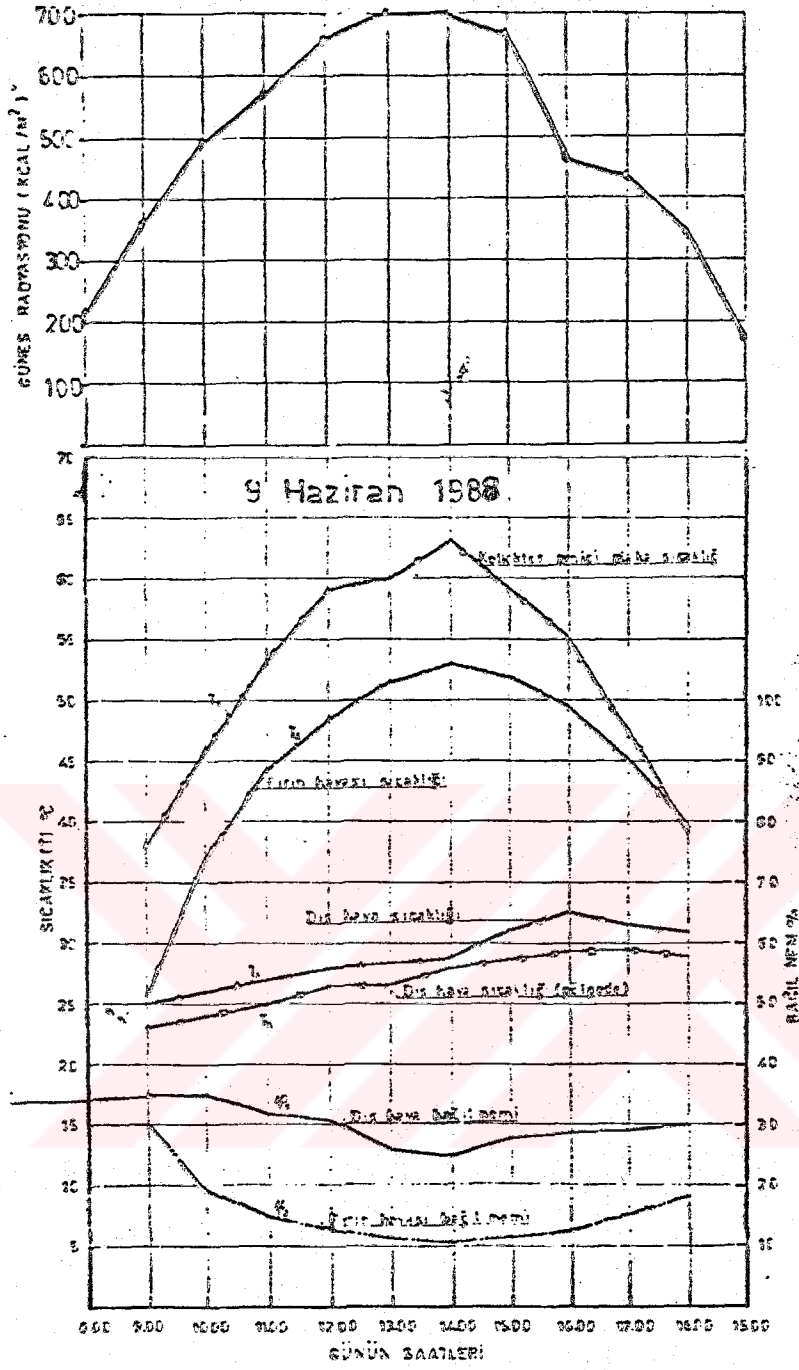
Şekil.21 Deneylerde Sıcaklık Ölçümü Yapılan Yerler

- 1-Kollektör emici plaka yüzeyi
- 2-Kollektör çıkış havası
- 3-Kondenserden önce kamaraya giriş havası
- 4-Kondenser yüzeyi
- 5-Kondenserden sonra kamara giriş havası
- 6-Kamara orta noktası
- 7-Evaporatörden önce kamara çıkış havası
- 8-Evaporatör yüzeyi
- 9-Evaporatörden sonra kamara çıkış havası
- 10-Dış hava



Şekil.22 Sıcaklık Ölçme Cihazı

Deneylerden önce,güneşli kurutma fırını boş çalıştırılarak emici plaka, fırın, güneşte ve gölgede dış hava sıcaklığı, dış ve fırın havası bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Bu ölçme değerleri 9 ve 10 Haziran 1988 günlerinde yapılmıştır. 9 Haziranda yapılan ölçme sonuçları Şekil.23'de görülmektedir. Şekilde belirtilen radyasyon değerleri her saatte kcal/m²cinsinden olup Meteorolojiden alınmıştır.



Şekil.23 9 Haziran 1988 Günü Yapılan Ölçümler

24.7.1988 Günü fırına yüklenen biberin kurutulması sırasında,güneşli sistem sabah saat 9.00'dan akşam 18.00'e kadar olmak üzere günde toplam 9 saat çalışmıştır. Güneşli sistemin çalışması sırasında, sıcaklık ölçümleri her saat başı yapılmıştır. Sıcaklık ölçümlerinin sonuçları Tablo 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

Güneşli sistemin çalışması sırasında, çalışma saatlerinde, yatay düzleme gelen güneş radyasyonu değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo.4 Güneş Radyasyon Değerleri

Tarih	Yatay Düzleme Gelen Toplam Güneş Radyasyonu (Kcal/m ²)
24.7.1987	3348
25.7.1987	5022
26.7.1987	5160
27.7.1987	4956
28.7.1987	4470
29.7.1987	4182
30.7.1987	3852

Güneşli sistem, saat 18.00'de, devreden çıktıktan sonra, kondenzasyonlu sistem devreye sokulmuştur. Kondenzasyonlu sistem akşam saat 18:00'den sabah 8:00'e kadar günde 14 saat geceleri çalışmıştır. Kondenzasyonlu sistem gündüzleri de nem yoğunlaştırma işlemi sırasında, tüm çalışma süresi içinde, 14 saat devrede kalmıştır. Böylece kondenzasyonlu sistemin kurutma işlemi sırasında, tüm çalışma süresi içerisinde, 14 saat devrede kalmıştır. Böylece kondenzasyonlu sistemin kurutma işlemi sırasında toplam çalışma süresi 100 saat olmuştur.

Deneyler sırasında erişilen maksimum sıcaklıklar kollektör yüzeyinde 72.9°C, kollektör çıkış havasında

Tablo.5. 24-25.7.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm
Değerleri

Saat	T ¹	T ²	T ³	T ⁴	T ⁵	T ⁶	T ⁷	T ⁸	T ⁹	T ¹⁰	R
9:00	37.1	29.7	36.0	36.1	34.7	30.8	32.4	15.9	28.1	26.3	246
10:00	50.6	41.7	45.7	46.1	45.2	33.5	37.3	25.7	29.9	32.9	396
11:00	57.3	48.6	51.3	52.1	51.1	37.6	42.5	19.0	28.7	32.6	528
12:00	62.0	54.2	58.1	56.8	56.0	40.6	45.8	18.8	29.0	34.3	624
13:00	65.9	57.4	58.9	59.4	58.3	42.6	49.0	20.2	29.6	35.1	672
14:00	71.6	62.0	58.5	59.2	59.1	45.3	48.6	36.3	31.9	36.8	690
15:00	66.6	58.1	54.8	55.7	55.8	48.6	46.3	48.4	47.6	37.3	684
16:00	61.6	55.7	58.7	59.2	58.0	45.7	50.4	20.0	45.0	37.0	624
17:00	55.6	51.7	50.5	51.2	51.2	48.0	46.1	39.2	46.1	36.7	534
18:00	38.7	39.2	41.3	42.0	42.0	41.5	39.2	40.8	40.1	36.0	408
9:00	38.0	31.3	38.4	37.6	36.1	37.4	37.7	16.7	31.4	29.5	316
10:00	49.7	41.6	40.5	41.2	41.3	37.4	36.3	27.3	35.9	31.2	462
11:00	57.3	49.2	47.0	47.7	47.8	41.5	39.7	41.4	41.1	33.7	564
12:00	64.0	56.0	53.0	53.8	53.9	46.3	44.3	46.5	46.5	37.1	636
13:00	68.4	60.0	56.6	57.4	57.5	49.7	46.0	50.2	50.0	37.3	672
14:00	69.5	60.9	57.8	58.6	58.7	52.3	50.3	52.4	52.0	38.3	672
15:00	68.1	60.8	57.9	56.8	58.9	53.1	50.8	53.0	52.4	37.8	636
16:00	64.9	58.4	56.0	56.9	57.0	52.7	50.2	52.0	51.6	37.9	558
17:00	57.8	53.3	52.4	53.2	53.3	51.0	48.4	49.9	49.9	36.8	444
18:00	50.0	46.2	48.0	46.8	46.9	47.3	44.3	46.2	46.2	36.8	312

Tablo.5. 24-25.7.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm
Değerleri

Saat	T ¹	T ²	T ³	T ⁴	T ⁵	T ⁶	T ⁷	T ⁸	T ⁹	T ¹⁰	R
9:00	37.1	29.7	36.0	36.1	34.7	30.8	32.4	15.9	28.1	26.3	246
10:00	50.6	41.7	45.7	46.1	45.2	33.5	37.3	25.7	29.9	32.9	396
11:00	57.3	48.6	51.3	52.1	51.1	37.6	42.5	19.0	28.7	32.6	528
12:00	62.0	54.2	56.1	56.8	56.0	40.6	45.8	18.8	29.0	34.3	624
13:00	65.9	57.4	58.9	59.4	58.3	42.6	49.0	20.2	29.6	35.1	672
14:00	71.6	62.0	58.5	59.2	59.1	45.3	48.6	36.3	31.9	36.8	690
15:00	66.6	58.1	54.8	55.7	55.8	48.6	46.3	48.4	47.6	37.3	664
16:00	61.6	55.7	58.7	59.2	58.0	45.7	50.4	20.0	45.0	37.0	624
17:00	55.8	51.7	50.5	51.2	51.2	46.0	46.1	39.2	46.1	36.7	534
18:00	38.7	39.2	41.3	42.0	42.0	41.5	39.2	40.8	40.1	36.0	408
9:00	38.0	31.3	38.4	37.8	36.1	37.4	37.7	16.7	31.4	29.5	318
10:00	49.7	41.6	40.5	41.2	41.3	37.4	36.3	27.3	35.9	31.2	462
11:00	57.3	49.2	47.0	47.7	47.8	41.5	39.7	41.4	41.1	33.7	564
12:00	64.0	56.0	53.0	53.8	53.9	46.3	44.3	46.5	46.5	37.1	636
13:00	68.4	60.0	56.6	57.4	57.5	49.7	48.0	50.2	50.0	37.3	672
14:00	63.5	60.9	57.8	58.6	58.7	52.3	50.3	52.4	52.0	38.3	672
15:00	68.1	60.8	57.9	58.8	58.9	53.1	50.8	53.0	52.4	37.8	636
16:00	64.9	58.4	56.0	56.9	57.0	52.7	50.2	52.0	51.6	37.9	558
17:00	57.8	53.3	52.4	53.2	53.3	51.0	48.4	49.9	49.9	38.8	444
18:00	50.0	46.2	48.0	48.8	48.9	47.3	44.3	46.2	46.2	36.8	312

Tablo.6. 26-27.7.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm
Değerleri

Saat	T ¹	T ²	T ³	T ⁴	T ⁵	T ⁶	T ⁷	T ⁸	T ⁹	T ¹⁰	R
9:00	36.1	29.7	38.0	36.1	34.7	30.8	32.4	15.9	28.1	26.3	246
10:00	49.9	41.7	45.7	46.1	45.2	33.5	37.3	25.7	29.9	32.9	396
11:00	57.2	48.6	51.3	52.1	51.1	37.6	42.5	19.0	28.7	32.6	528
12:00	62.0	54.2	56.1	56.8	56.0	40.6	43.8	18.8	29.0	34.3	624
13:00	64.6	57.4	58.9	59.4	58.3	42.6	49.0	20.2	29.6	35.1	672
14:00	71.0	62.0	58.5	59.2	59.1	45.3	48.6	36.3	31.9	36.8	690
15:00	65.0	58.1	54.8	55.7	55.8	48.6	46.3	48.4	47.6	37.3	684
16:00	60.7	55.7	58.7	59.2	58.0	45.7	50.4	20.0	45.0	37.0	624
17:00	55.1	51.7	50.5	51.2	51.2	48.0	46.1	39.2	46.1	36.7	534
18:00	37.9	39.2	41.3	42.0	42.0	41.5	39.2	40.8	40.1	36.0	408
9:00	39.1	31.3	38.4	37.8	36.1	37.4	37.7	16.7	31.4	29.5	318
10:00	49.0	41.6	40.5	41.2	41.3	37.4	36.3	27.3	35.9	31.2	462
11:00	57.0	49.2	47.0	47.7	47.8	41.5	39.7	41.4	41.1	33.7	564
12:00	63.7	58.0	53.0	53.8	53.9	46.3	44.3	45.5	46.5	37.1	636
13:00	68.3	60.0	56.6	57.4	57.5	49.7	48.0	50.2	50.0	37.3	672
14:00	69.2	60.9	57.8	58.6	58.7	52.3	50.3	52.4	52.0	38.3	672
15:00	66.0	60.8	57.9	58.8	58.9	53.1	50.8	53.0	52.4	37.8	636
16:00	64.1	56.4	55.0	56.9	57.0	52.7	50.2	52.0	51.6	37.9	558
17:00	57.2	53.3	52.4	53.2	53.3	51.0	48.4	49.9	49.9	38.8	444
18:00	49.0	46.2	48.0	48.8	48.9	47.3	44.3	46.2	46.2	36.8	312

Tablo.6. 26-27.7.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm
Değerleri

Saat	T ¹	T ²	T ³	T ⁴	T ⁵	T ⁶	T ⁷	T ⁸	T ⁹	T ¹⁰	R
9:00	36.1	29.7	36.0	36.1	34.7	30.8	32.4	15.9	28.1	26.3	246
10:00	49.9	41.7	45.7	46.1	43.2	33.5	37.3	25.7	29.9	32.9	396
11:00	57.2	48.6	51.3	52.1	51.1	37.6	42.5	19.0	28.7	32.6	528
12:00	52.0	54.2	56.1	56.6	56.0	40.6	45.8	18.8	29.0	34.3	624
13:00	64.6	57.4	58.9	59.4	58.3	42.6	49.0	20.2	29.6	35.1	672
14:00	71.0	62.0	58.5	59.2	59.1	45.3	48.6	36.3	31.9	36.8	690
15:00	65.0	58.1	54.8	55.7	55.8	48.6	46.3	48.4	47.6	37.3	684
16:00	60.7	55.7	58.7	59.2	56.0	45.7	50.4	20.0	45.0	37.0	624
17:00	55.1	51.7	50.5	51.2	51.2	48.0	46.1	39.2	46.1	36.7	534
18:00	37.9	39.2	41.3	42.0	42.0	41.5	39.2	40.6	40.1	36.0	408
9:00	39.1	31.3	38.4	37.6	36.1	37.4	37.7	16.7	31.4	29.5	318
10:00	49.0	41.6	40.5	41.2	41.3	37.4	36.3	27.3	35.9	31.2	462
11:00	57.0	49.2	47.0	47.7	47.8	41.5	39.7	41.4	41.1	33.7	564
12:00	63.7	56.0	53.0	53.6	53.9	46.3	44.3	46.5	46.5	37.1	636
13:00	68.3	60.0	56.6	57.4	57.5	49.7	46.0	50.2	50.0	37.3	672
14:00	69.2	60.9	57.8	58.6	58.7	52.3	50.3	52.4	52.0	38.3	672
15:00	68.0	60.6	57.9	56.6	58.9	53.1	50.6	53.0	52.4	37.8	636
16:00	64.1	58.4	56.0	56.9	57.0	52.7	50.2	52.0	51.6	37.9	558
17:00	57.2	53.3	52.4	53.2	53.3	51.0	48.4	49.9	49.9	38.8	444
18:00	49.0	46.2	48.0	48.6	48.9	47.3	44.3	46.2	46.2	36.8	312

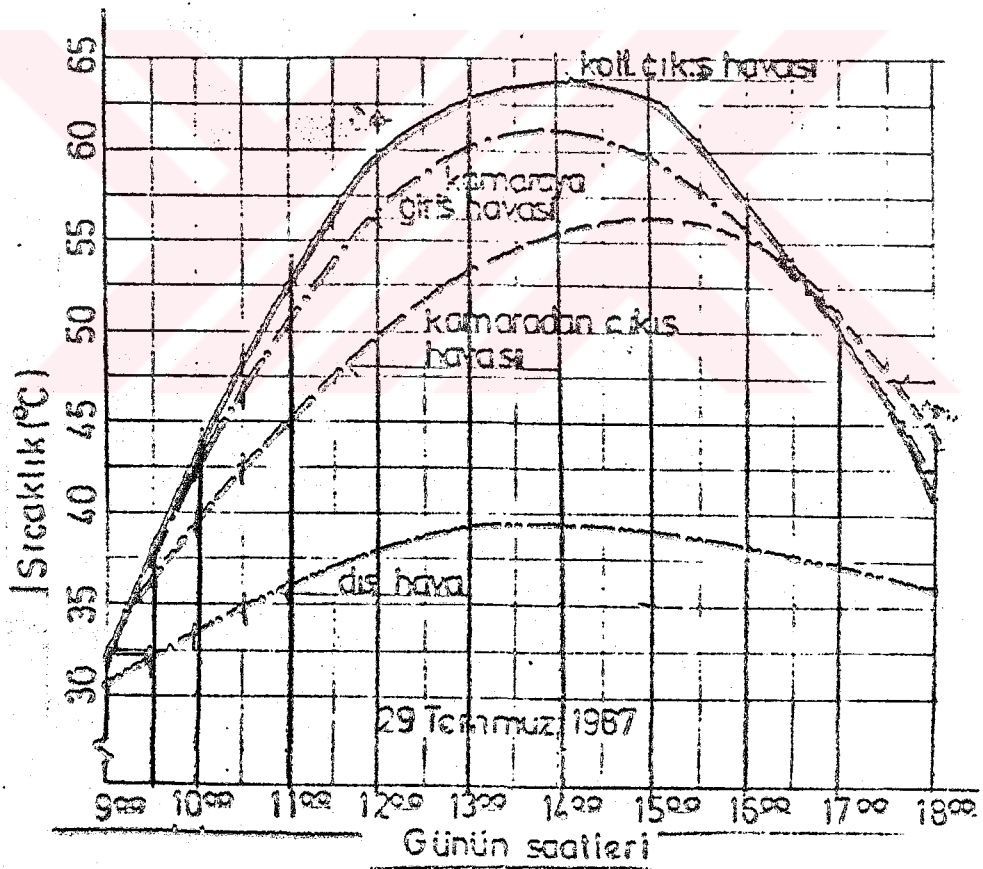
Tablo.7. 29-30.7.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm
Değerleri

Saat	T ¹	T ²	T ³	T ⁴	T ⁵	T ⁶	T ⁷	T ⁸	T ⁹	T ¹⁰	R
9:00	40.0	34.6	39.8	39.6	38.0	38.0	40.0	16.7	36.1	30.4	246
10:00	48.2	42.5	41.5	42.3	42.4	42.1	38.9	39.1	38.5	34.3	396
11:00	61.3	52.4	49.7	50.5	50.7	45.4	44.4	45.1	44.3	36.6	456
12:00	63.0	57.6	55.3	56.0	56.1	51.6	49.5	51.0	50.3	37.7	556
13:00	66.5	60.0	57.6	58.0	58.0	55.1	53.7	55.1	53.7	39.0	510
14:00	72.9	64.1	60.2	61.0	61.1	57.5	55.7	57.3	55.4	39.5	552
15:00	70.3	63.0	59.8	60.3	60.6	56.1	56.4	57.8	56.9	39.0	562
16:00	55.7	55.0	54.2	54.7	54.7	54.7	53.6	54.5	52.6	37.5	498
17:00	56.2	52.9	51.7	52.3	52.3	52.3	51.3	52.1	50.7	37.2	318
18:00	42.0	41.7	42.9	43.7	43.8	45.1	44.0	44.4	43.4	36.0	312
9:00	41.7	35.1	39.0	39.5	38.3	37.9	40.1	35.0	36.4	29.6	256
10:00	50.7	43.4	44.9	42.7	42.7	39.3	37.4	38.6	38.6	30.2	364
11:00	57.1	49.0	46.3	47.3	47.5	43.5	41.5	42.7	42.0	32.0	540
12:00	51.7	51.0	50.0	50.8	50.8	48.4	46.6	48.0	46.6	31.6	636
13:00	68.6	61.1	57.3	58.2	58.2	54.0	52.3	53.7	51.6	32.7	568
14:00	60.5	52.4	50.5	51.1	51.2	50.7	50.0	51.0	49.0	35.3	466
15:00	63.0	57.7	61.1	61.9	60.3	54.2	58.3	45.7	31.8	35.3	372
16:00	56.6	50.6	49.4	50.3	50.4	50.1	49.4	50.1	48.4	34.9	354
17:00	56.3	50.6	49.4	50.3	50.4	50.1	49.4	50.1	48.4	34.9	354

Table.7. 29-30.7.1988 Günləri Sıcaklık Ölçüm
Değerleri

Saat	T ¹	T ²	T ³	T ⁴	T ⁵	T ⁶	T ⁷	T ⁸	T ⁹	T ¹⁰	E
9:00	40.0	34.6	39.8	39.6	38.0	38.0	40.0	16.7	36.1	30.4	246
10:00	46.2	42.5	41.5	42.3	42.4	42.1	38.9	39.1	38.5	34.3	396
11:00	61.3	52.4	49.7	50.5	50.7	45.4	44.4	45.1	44.3	38.6	456
12:00	63.0	57.8	55.3	56.0	56.1	51.6	49.5	51.0	50.3	37.7	558
13:00	66.5	60.0	57.6	58.0	58.0	55.1	53.7	55.1	53.7	39.0	510
14:00	72.9	64.1	60.2	61.0	61.1	57.5	55.7	57.3	55.4	39.5	552
15:00	70.3	63.0	59.8	60.5	60.6	56.1	56.4	57.6	56.9	39.0	582
16:00	55.7	55.0	54.2	54.7	54.7	54.7	53.6	54.5	52.8	37.5	498
17:00	56.2	52.9	51.7	52.3	52.3	52.3	51.3	52.1	50.7	37.2	318
18:00	42.0	41.7	42.3	43.7	43.6	45.1	44.0	44.4	43.4	36.0	312
9:00	41.7	35.1	38.0	39.5	38.3	37.9	40.1	35.0	36.4	29.8	258
10:00	50.7	43.4	44.3	42.7	42.7	39.3	37.4	38.6	38.6	30.2	384
11:00	57.1	49.0	46.3	47.3	47.5	43.5	41.5	42.7	42.0	32.0	540
12:00	51.7	51.0	50.0	50.8	50.8	46.4	46.6	46.0	46.6	31.6	636
13:00	68.6	61.1	57.3	58.2	58.2	54.0	52.3	53.7	51.6	32.7	588
14:00	60.5	52.4	50.5	51.1	51.2	50.7	50.0	51.0	49.0	35.3	468
15:00	63.0	57.7	61.1	61.9	60.3	54.2	56.3	45.7	31.8	35.3	372
16:00	56.6	50.6	49.4	50.3	50.4	50.1	49.4	50.1	48.4	34.9	354
17:00	56.3	50.6	49.4	50.3	50.4	50.1	49.4	50.1	48.4	34.9	354

64.1°C, kamaraya girişte 60.2°C olmuştur. Maksimum sıcaklıklara 29 Temmuz'da erişilmiş olup, bu güne ait kolektör çıkış havası ile dış hava sıcaklıklarını gösterir diyagram Şekil.24'de görülmektedir.



Şekil.24 29 Temmuz'da Yapılan Ölçümler

8.8.1988 günü ikinci bir kurutma deneyine başlandı. Bu deneyde biberin nemi ağırlık metoduna göre belirlenmiştir. Deneye başlarken, fırına yüklenecek biberlerden bir numune alındı. Bu numuneden her biri 21 gr gelen 3 adet biber seçildi. Bu biberlerden birisi elektirikli fırında, 80°C'de, kurutuldu. Yaklaşık birer saat ara ile yapılan tartmalarda son iki tartıda değişme olmadı ve biber 2,9 gr geldi. Buna göre fırına yüklenen biberin nem değerinin başlangıcı % 86 olarak tesbit edildi.

İkinci deney için, 8.8.1988 günü saat 9.00'da, fırına konan biber miktarı 3 kg'dır. Biber fırına yüklenirken 21 gr ağırlığındaki parçalardan birisi fırının orta noktasına, birisi de dış havaya, sundurma altına bırakıldı. Böylece, ağırlık metoduna göre tekrardan fırın ve dış havadaki kuruma hızlarının karşılaştırılmalarının yapılması planlandı.

Kurutmanın yapıldığı 8-12 Ağustos 1988 günlerinde fırındaki ve dış havadaki biber her gün akşam saat 18.00'de tartıldı. Bu tartmalar sonunda, parçaların ağırlıklarına göre, nem değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır. (Gy) biberin tartılan ağırlığını, (Gk) parçanın kuru ağırlığını ifade etmek tedir.

G	=Ağırlık
Y	=Yaş
K	=Kuru
N	=Nem

$$N_y - N_k$$

$$N = \frac{\text{-----}}{N_y} * 100 \quad (\%)$$

$$N_y$$

$$438,69$$

$$N = \frac{\text{-----}}{164,48} - 1 = \% 166$$

$$164,48$$

Parçanın kuru ağırlığı 2,9 gr olduğundan eşitlik şu şekilde yazılabilir:

$$21 - 2,9$$

$$N = \frac{\text{-----}}{21} * 100$$

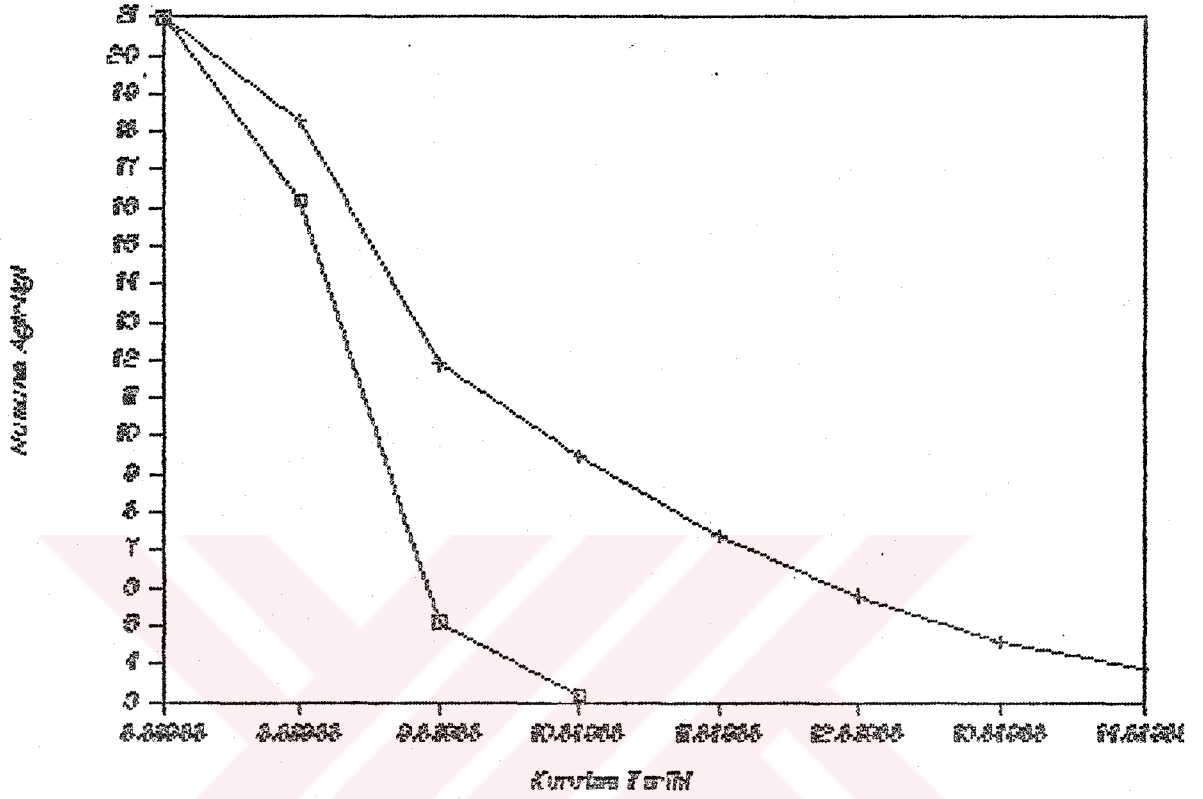
$$21$$

Ağırlık metoduna göre yapılan ölçme sonuçları Tablo 8'de toplu olarak verilmiştir. Başlangıç nemi, % 86 olan biberin fırındaki son rutubeti, 10 Ağustos'da % 10,3'e dışarıdaki biberin rutubeti ise % 69'a düşmüştür. Kurutmaya 10.8.1988 günü son verilmiş ve açık havadaki biberin neminin ağırlık metoduna göre ölçümüne 15.8.1988 gününe kadar devam edilmiştir. Biberin bu tarihler arasındaki tartım değerleri aşağıdaki tablodadır.

Tablo.8. Ağırlık Metoduna Göre Nem Ölçüm Değerleri

Tarih	Numunenin Ağırlığı (Gr)		Numunenin Ağırlığı (%)	
Sabah	Fırında	Açık Havada	Fırında	Açık Havada
8.8.1988	21	21	86	86
8.8.1988	16,2	18,3	82	84
9.8.1988	5,1	11,9	43	75
10.8.1988	3,2	9,5	10,3	69
11.8.1988		7,4		60
12.8.1988		5,8		50
13.8.1988		4,6		36
14.8.1988		3,9		25
15.8.1988		3,7		21

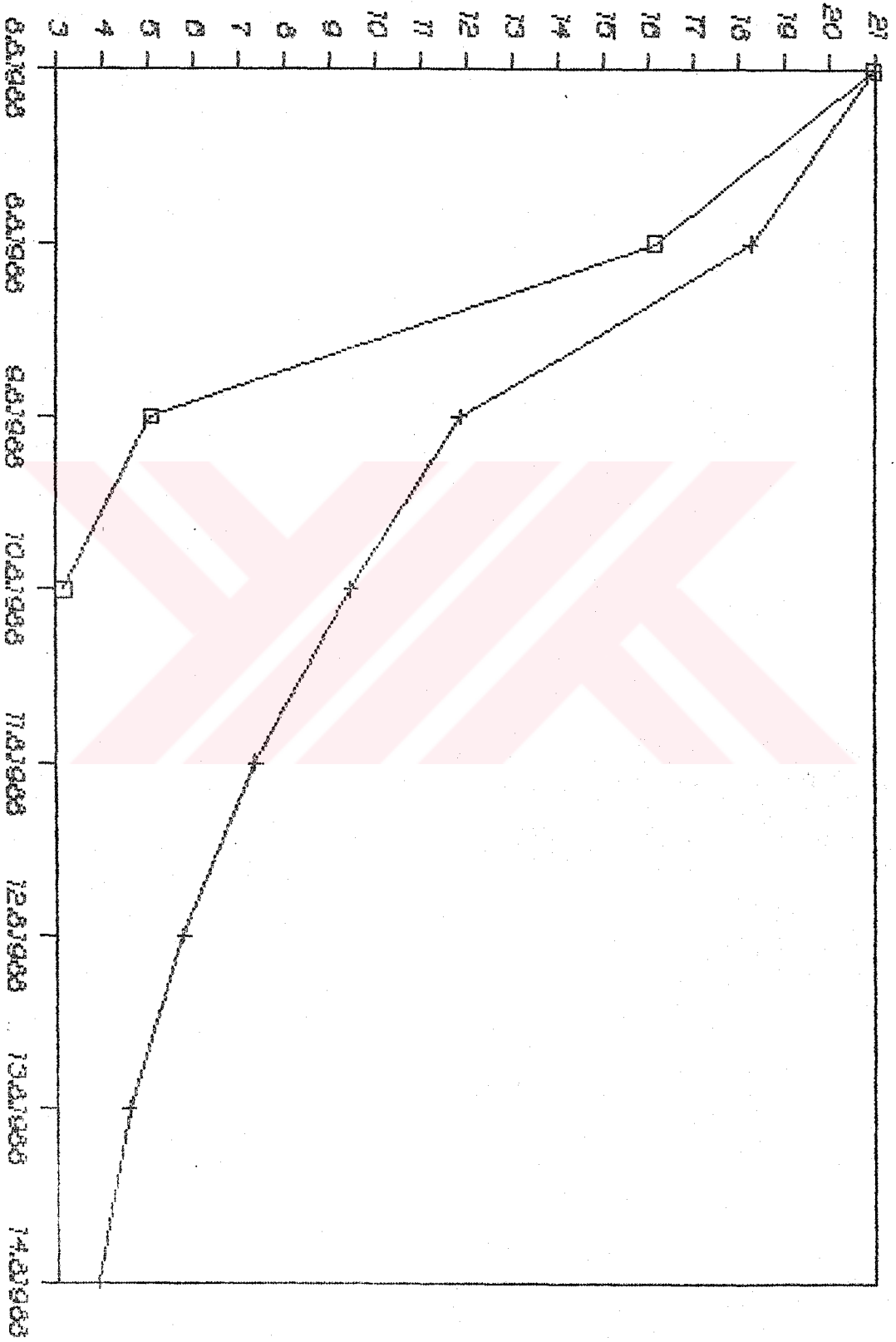
Ağırlık metoduna göre belirlenen nem değerleri, 8-13 Ağustos tarihleri arasında, Şekil.25'de verilen diyagramla da belirlenmiştir. Elde edilen bu kuruma eğrisi de teorik kuruma eğrisine tam uyum göstermektedir.



Şekil.25 Ağırlık Metoduna Göre Belirlenen Kuruma Eğrisi

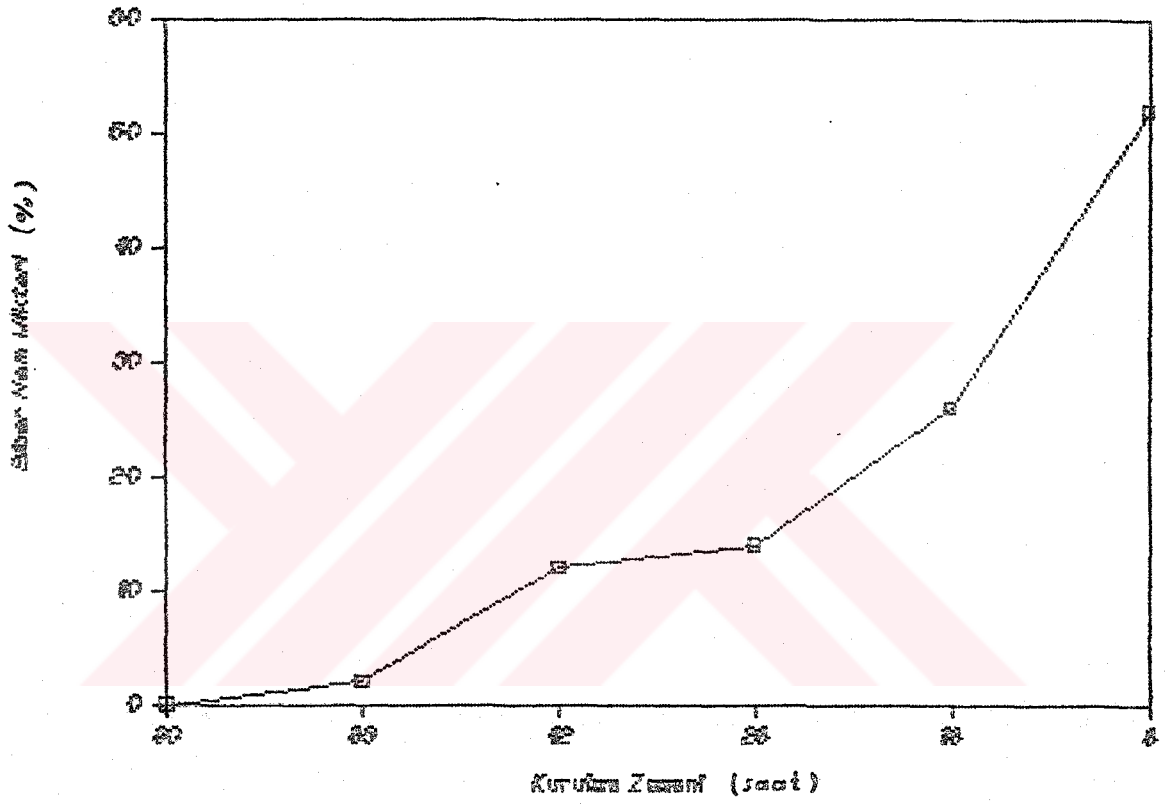
Şekil.26 'da teorik kuruma eğrisi verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, dış şartların daha etkin olduğu nem doygunluğu sınırının üstünde, kuruma eğrisi düz bir çizgi halindedir. Nem doygunluğu sınırının altında kuruma iyice yavaşlamaktadır. Nem Doygunluğu sınırının üstündeki düz çizgi ile altındaki altındaki exponensiyal eğriyi birleştiren çizgi geçiş eğrisi olarak isimlendirilir.

Numune Ağırlığı



KURUMA TARİHİ

Sekil.25 Ağırlık Metoduna Göre Belirlenen Kuruma Eğrisi



Şekil.26 Teorik Kuruma Eğrisi

İkinci deneyin yapıldığı tarihlerde, sistemin çalışma saatlerinde ,yatay düzleme gelen toplam radyasyon değerleri Tablo .9'da verilmiştir.

Tablo.9 Toplam Güneş Radyasyonu

Yatay Düzleme Gelen Toplam

Tarih	Güneş Radyasyonu	Bağıl Nem Yüzdesi
	(Kcal /m ²)	
8.8.1988	3426	33.0
9.8.1988	4170	36.0
10.8.1988	4410	43.0
11.8.1988	4476	42.0
12.8.1988	3588	43.3

8-9-10-11 Ağustos tarihlerinde yapılan sıcaklık ölçüm değerleri Tablo 10 ve 11'de verilmiştir.

Tablo. 10 8-9 .8.1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm

Değerleri

Saat	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	R
11:0	56,8	47,4	51,1	49,8	50,3	40,4	39,2	20,1	38,4	34,5	528
12:0	65,4	56,6	59,7	58,2	58,5	47,2	45,7	20,5	44,3	37,4	600
13:0	69,6	61,0	57,2	58,4	58,2	47,2	49,7	37,7	52,4	39,1	636
14:0	70,5	61,7	58,0	59,2	58,9	48,1	51,0	49,3	54,0	40,2	624
15:0	69,1	61,8	58,2	59,3	59,0	48,9	51,7	50,2	54,7	40,8	570
16:0	65,3	59,2	56,4	57,4	57,4	57,3	50,8	49,4	53,7	39,8	474
17:0	49,3	49,5	49,5	50,1	49,9	46,7	45,9	45,0	47,9	40,2	330
18:0	40,7	40,4	41,6	42,3	42,3	39,9	39,0	38,4	40,8	39,4	192

9:0	42,1	35,6	41,2	38,3	39,5	39,9	40,4	18,1	29,4	29,8	270
10:0	51,3	43,8	42,4	42,9	42,8	38,8	39,4	27,9	37,5	32,0	360
11:0	58,6	51,3	48,7	49,7	49,6	40,4	43,2	43,4	45,9	33,9	474
12:0	63,9	57,2	53,8	55,0	54,9	43,6	47,3	47,8	50,5	35,9	540
13:0	67,9	60,6	56,9	58,0	57,8	57,8	46,4	50,9	54,1	36,1	636
14:0	68,0	59,8	56,2	57,4	57,3	46,9	50,7	51,7	53,6	35,7	636
15:0	65,9	59,5	56,1	57,2	57,1	47,7	50,9	51,7	53,6	37,2	600
16:0	60,8	56,0	53,7	54,7	54,7	47,7	49,8	50,7	52,2	36,4	516
17:0	52,7	49,8	48,5	49,5	49,6	45,0	45,9	46,8	47,8	35,4	408

Tablo.11 10-11 1988 Günleri Sıcaklık Ölçüm Değerleri

Saat	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	R
9:0	37,1	31,1	30,4	30,3	30,5	36,1	35,3	27,7	27,5	24,4	318
10:0	47,3	41,7	40,1	40,8	40,7	36,0	37,0	37,2	37,6	26,6	456
11:0	56,7	50,5	47,6	48,6	48,5	41,1	43,0	43,9	45,0	29,8	552
12:0	62,6	56,1	52,4	53,7	53,6	53,2	47,2	48,2	49,6	32,8	618
13:0	64,6	59,0	55,2	56,4	56,4	49,1	50,4	51,6	52,7	31,6	636
14:0	65,9	59,8	56,0	57,2	57,2	50,2	51,3	52,8	53,7	32,0	636
15:0	64,6	59,6	56,1	57,1	57,0	51,2	52,0	53,3	53,9	32,5	600
16:0	61,2	56,8	53,9	54,6	54,6	50,6	50,7	51,9	52,3	32,4	516
17:0	53,0	50,6	48,8	49,3	49,3	47,4	46,8	47,7	47,6	32,4	396

9:0	41,8	32,4	39,5	34,9	36,1	40,8	41,7	26,3	28,7	23,7	318
10:0	48,0	42,3	40,7	41,4	41,3	38,9	38,9	39,3	39,2	25,6	456
11:0	67,2	50,8	47,8	48,9	48,8	44,6	44,3	45,0	45,3	27,8	552
12:0	59,4	54,7	51,2	52,4	52,4	48,0	47,4	48,4	49,1	30,7	612
13:0	66,4	60,1	56,0	57,1	57,0	52,0	51,7	52,8	53,4	30,4	648
14:0	67,7	61,2	57,2	58,2	58,2	53,9	53,4	54,7	57,9	32,0	648
15:0	64,3	59,2	55,9	57,0	57,0	53,8	52,5	54,0	54,0	32,0	600
16:0	59,2	56,3	53,8	54,6	54,7	52,7	51,3	52,5	52,4	34,8	522
17:0	53,0	51,3	49,6	50,4	50,4	49,8	48,6	49,3	40,9	33,0	408

6.2 Deney Sonuçları

İlk deneyde, 6 kg biberin % 85 olan başlangıç nemi 5 günlük kurutma süresi sonunda % 15'e düşürülmüştür. Aynı süre içinde açık havada, sundurma altında, kuruyan ve başlangıç nemi aynı (% 85) olan malzemenin nemi % 80'e düşmüştür.

Gündüz güneş enerjisiyle kuruyan biber, geceleyin soğumadan kondenzasyonlu sistemle kuruma işlemine devam etmiştir.

Buna göre güneşli fırındaki kuruma hızı doğal kurumaya göre (kondenzasyonunda etkisiyle) yaklaşık 5,5 kat daha hızlı olmuştur (Tablo.2)

Güneş + Kondenzasyonlu sistemin, diğer kurutuculara göre daha avantajlı yanları vardır. Bunlar güneşsiz günlerde ve geceleri kurutma işlemine devam edilmesidir. Sera tipi kurutucularda güneş enerjisi toplayan yüzeylerin fırının geometrisini belirlemede etkisi vardır. Kontrüksiyonları daha basit verimleri güneşli kollektörlere göre düşüktür. Hava sirkülasyonu saydam örtü altından yapıldığından hava içindeki toz ve diğer parçaların malzemeye yapışması verimi düşürmektedir.

Güneşli kurutucularda fırının dizaynı kollektör yüzeylerinin belirlenmesini etkilemez. Özellikle termal depolama sistemi uygulanması ve ısı yalıtımı daha iyidir. Kurutma kontrollu, maliyet ise sera tipine göre fazladır.

Güneş + Kondenzasyonlu sistemlerde kurutma havasının nemi higrostat yardımı ile kontrol edilebilmekte, nemli kurutma havası dışarıya atılmayıp bir ısı pompasının evaporatöründe hava yoğunlaştırılmaktadır. Böylece yoğunlaşma gizli ısı, ısı pompasının kondenserinde tekrar kurutma ısı olarak kullanılabilir. Bunun için kurutma daha düşük sıcaklıkta ve nemi alınmış kuru hava ile devam etmektedir. Güneş + Kondenzasyonlu sistemle kurutma hızı ve kalitesi artmakta maliyet düşmektedir.

Güneşli kurutma klasik kurutmaya göre yavaş doğal kurutmaya göre ise çok daha hızlıdır. Klasik kurutmada enerji maliyeti Güneş+Kondenzasyonlu sisteme göre fazladır.

Tablo.12. Ağırlık Metoduna Göre, Nem Ölçüm Değerleri

Tarih	Numunenin Ağırlığı (Gr)		Numunenin Ağırlığı (%)	
Sabah	Fırında	Açık Havada	Fırında	Açık Havada
8.8.1988	21	21	86	86
8.8.1988	16,2	18,3	82	84
9.8.1988	5,1	11,9	43	75
10.8.1988	3,2	9,5	10,3	69
11.8.1988		7,40		60
12.8.1988		5,8		50
13.8.1988		4,6		36
14.8.1988		3,9		25

KAYNAKLAR

1. Uz, E. ,Tarımsal Ürünleri Kurutma ve Soğutma Tekniği. Ege Üniversitesi Yayınları, 1975
2. Akyurt, M. ,Güneşli Kurutma, Doçentlik Tezi, O.D.T.Ü, (1971)
3. Erdem, T. ,Tarımda İç ve Dış Pazarlama, İ.T.O. Ekonomik Rapor, Mayıs 1986
4. T.B.T.A.K. ,10 AG-97 nolu, Güneş Enerjisi ve Yakıtlarla Meyve ve Sebzelerin Kurutulması Projesi, Ankara, 1976
5. Akagündüz, G. ,Karagülle, N. ,Güneş Enerjisi ile Kırmızı Biberin Kurutulması, Isı Bilimi ve Tekniği C.2 S.21-26, 1977
6. Uz, E. ,Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği, Ege Üniversitesi Yayını, 1973
7. Girgin, H. ,Güneş Enerjisiyle Meyve Kurutma, - Mastır Tezi, İ.T.Ü. 1980
8. Gündoğan, E. ,Güneş Enerjisiyle Sebze Kurutma, Diploma Tezi ,İ.T.Ü., 1982
9. Uyarel, A.Y.,Öz, E.S., Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Emel Matbaacılık, Ankara, 1987
10. Öz, E.S., Güneş Enerjisi ile Kereste Kurutma, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara 1988

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ÖZGEÇMİŞ

1960 Yılında Niğde'de doğdu. 1975 yılında Niğde Öğretmen Lisesinde başladığı lise tahsilini 1977-1979 yılları arasında Nevşehir Öğretmen Lisesinde bitirdi. 1983 yılında Gazi Üniversitesi Mesleki Eğitim Fakültesi Teknoloji Eğitimi Bölümü'nü bitirdi. 1983 -1988 yıllarında Devlet Planlama Teşkilatı Teşvik Uygulama Başkanlığı'nın çeşitli birimlerinde çalıştı. 1988 yılında İskenderun Demir Çelik İşletmeleri Müessese Müdürlüğüne uzman olarak atandı. Halen bu görevini sürdürmektedir.