

T.C.
GAZIOSMANPAŞA UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

34343

BAZI SEBZELERİN SERA İÇİNDE KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN
BELİRLENMESİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan : Engin ÖZGÖZ

Danışman : Yard.Doç.Dr.Gazanfer ERGÜNEŞ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

TOKAT - 1994

ÖNSÖZ

Ülkemizde çeşitli sebze ve meyveler geleneksel yöntemlerle kurutulmaktadır. Bu amaçla en çok fasulye, biber, patlıcan ve domates kurutulmaktadır. Fakat, geleneksel yöntemlerle açık sergilerde güneşe maruz bırakılarak kurutulan ürünler büyük ölçüde kayba uğramakta ve yağmur, toz gibi çeşitli dış etmenlerin etkisiyle de kaliteleri düşmektedir.

Ekonomik açıdan kuruma süresinin kısaltılması, kaliteli ve temiz ürün eldesi için yeni sistemlerin geliştirilmesi üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla alternatif enerji kaynaklarının, özellikle de güneş enerjisinin ürünlerin kurutulmasında aktif olarak kullanılması gittikçe önem kazanmaktadır. Güneşli tip kurutucular arasında yer alan seralar da ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır.

Bu araştırmada; sera içerisinde fasulye, biber ve soğan kurutularak bu ürünlerin kuruma karakteristikleri ve yeniden nem alma (rehidrasyon) özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve elde edilen sonuçlar, kontrol amacıyla dış ortamda kurutulan örneklerle karşılaştırılmıştır.

Haziran, 1994

Engin ÖZGÖZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa
No.

ŞEKİL LİSTESİ	
ÇİZELGE LİSTESİ	
EKLER LİSTESİ	
SEMBOLLER	
KODLAR	
1. GİRİŞ	1
2. KURUMA MEKANİZMASI	5
3. LİTERATÜR ÖZETİ	12
4. MATERYAL VE METOD	29
4.1. Materyal	29
4.1.1. Kurutulacak Ürünler	29
4.1.2. Kurutma Serası	29
4.2. Metod	31
4.2.1. Denemelerde Uygulanacak Metodlar	31
4.2.1.1. Ürünlerin Kurutmaya Hazırlanışı	31
4.2.1.2. Kurutma Ortamının Hava Sıcaklığının Ölçülmesi ..	31
4.2.1.3. Kurutma Ortamının Bağıl Neminin Ölçülmesi	31
4.2.1.4. Ürün Neminin Belirlenmesi	32
4.2.1.5. Kuruma Hızının Belirlenmesi	33
4.2.1.6. Kuruma Sabitlerinin Belirlenmesi	34
4.2.1.7. Kurutulan Ürünlerin Rehidrasyon (Yeniden Nem Alma) Özelliklerinin Saptanması	36
4.2.1.8. Değerlendirme Metodları	36

5. ARASTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	38
5.1. Deneme Dönemlerindeki Meteorolojik Değerler	38
5.2. Ürünlerin Kuruma Karakteristikleri	42
5.2.1. Fasülyelerin Kuruma Karakteristikleri	42
5.2.2. Biberlerin Kuruma Karakteristikleri	46
5.2.3. Soğanların Kuruma Karakteristikleri	50
5.3. Kurutulmuş Ürünlerin Rehidrasyon (Yeniden Nem Alma) Özellikleri	54
5.3.1. Fasülyenin Rehidrasyon Özelliği	54
5.3.2. Biberin Rehidrasyon Özelliği	56
5.3.3. Soğanın Rehidrasyon Özelliği	57
6. ÖZET	59
SUMMARY	61
LİTERATÜR LİSTESİ	63
EKLER	
Ek Çizelgeler	67
Ek Resimler	79
TEŞEKKÜR	

SEKİL LİSTESİ

<u>No.</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No.</u>
1	Bitkisel hücrede kuruma sırasında ısı nem hareketi	6
2	Kuruma eğrileri	7
3	Güneş enerjisi ile kurutma sistemleri	15
4	Sera etkisi	16
5	Seraların kurutucu olarak kullanılmasında değişik düzenlemeler	17
6	Güneşli sera tipi kurutucu sistem	18
7	Kurutma amacıyla kullanılan ikili sera sistemi ..	18
8	Lawand tarafından geliştirilen kurutucu sistem ..	19
9	Sera tipi bir güneşli kurutma sistemi	19
10	Sera tipi güneşli kurutucu	20
11	Pramit güneşli kurutma sistemi	22
12	Radyasyon etkili kurutucu	23
13	Panjurlu güneş kollektörlü kurutucunun görünüşü .	24
14	Güneşli kurutma evi	25
15	Tünel kurutucu ile toplayıcı kollektör	26
16	Fanlı plastik tipi güneşli kurutucu	28
17	Kurutma serasının şematik görünüşü	30
18	Birinci kurutma döneminde sera içi ve sera dışındaki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi.	39
19	İkinci kurutma döneminde sera içi ve sera dışındaki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi.	40

<u>No.</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No.</u>
20	Üçüncü kurutma döneminde sera içi ve sera dışındaki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi.	41
21	Birinci deneme döneminde kurutulan fasülyelerin % nem değişimi	42
22	İkinci deneme döneminde kurutulan fasülyelerin % nem değişimi	43
23	Üçüncü deneme döneminde kurutulan fasülyelerin % nem değişimi	43
24	Fasülyenin kurutulmasında (k) katsayılarının değişimi	46
25	Birinci kurutma döneminde kurutulan biberlerin % nem değişimi	47
26	İkinci kurutma döneminde kurutulan biberlerin % nem değişimi	47
27	Üçüncü kurutma döneminde kurutulan biberlerin % nem değişimi	48
28	Biberin kurutulmasında (k) katsayılarının değişimi	50
29	Birinci kurutma döneminde kurutulan soğanların % nem değişimi	51
30	İkinci kurutma döneminde kurutulan soğanların % nem değişimi	51
31	Üçüncü kurutma döneminde kurutulan soğanların % nem değişimi	52

<u>No.</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No.</u>
32	Soganın kurutulmasında (k) katsayılarının değişimi	54
33	Sera içerisinde kurutulan fasülyelerin yeniden nem alma durumları	55
34	Sera dışında kurutulan fasülyelerin yeniden nem alma durumları	55
35	Sera içerisinde kurutulan biberlerin yeniden nem alma durumları	56
36	Sera dışında kurutulan biberlerin yeniden nem alma durumları	57
37	Sera içerisinde kurutulan soğanların yeniden nem alma durumları	58
38	Sera dışında kurutulan soğanların yeniden nem alma durumları	58

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>No.</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No.</u>
1	Türkiye'de taze fasülye, biber ve soğan üretimi	3
2	Birinci döneme ait sera içi ve sera dışındaki meteorolojik veriler	38
3	İkinci döneme ait sera içi ve sera dışındaki meteorolojik veriler	39
4	Üçüncü döneme ait sera içi ve sera dışındaki meteorolojik veriler	40
5	Kurutma dönemlerinin birinci, ikinci ve üçüncü günlerine göre ürünün % nem değerlerine ait varyans analizi tabloları	44
6	Fasülyenin kurutulmasında, Alınabilir Nem Oranı (y) değerlerini veren regresyon eşitlikleri	45
7	Kurutma dönemlerinin birinci, ikinci ve üçüncü günlerine göre ürünün % nem değerlerine ait varyans analizi tabloları	49
8	Biberin kurutulmasında, Alınabilir Nem Oranı (y) değerlerini veren regresyon eşitlikleri	49
9	Kurutma dönemlerinin birinci, ikinci ve üçüncü günlerine göre ürünün % nem değerlerine ait varyans analizi tabloları	52
10	Soğanın kurutulmasında, Alınabilir Nem Oranı (y) değerlerini veren regresyon eşitlikleri	53

EKLER LİSTESİ

<u>No.</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No.</u>
EK ÇİZELGE		
1	Fasülye örneklerinin ağırlık kaybına göre belirlenen % nem (yb) değerleri	67
2	Biber örneklerinin ağırlık kaybına göre belirlenen % nem (yb) değerleri	68
3	Sogan örneklerinin ağırlık kaybına göre belirlenen % nem (yb) değerleri	69
4	Fasülye örneklerinin alınabilir nem oranı (ANO) değerleri	70
5	Biber örneklerinin alınabilir nem oranı (ANO) değerleri	71
6	Sogan örneklerinin alınabilir nem oranı (ANO) değerleri	72
7	Fasülye örneklerinin % ağırlık azalması değerleri	73
8	Biber örneklerinin % ağırlık azalması değerleri	74
9	Sogan örneklerinin % ağırlık azalması değerleri	75
10	Fasülye örneklerinde kuruma hızı (gNem/gKmGün) değerleri	76
11	Biber örneklerinde kuruma hızı (gNem/gKmGün) değerleri	77
12	Sogan örneklerinde kuruma hızı (gNem/gKmGün) değerleri	78

<u>No.</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No.</u>
EK RESİM		
1	Sera içerisinde kurumaya alınan fasülye, biber ve soğan örnekleri	79
2	Sera dışında kurumaya alınan fasülye, biber ve soğan örnekleri	79
3	Sera içerisinde kurutulan fasülye, biber ve soğan örnekleri	80
4	Sera dışında kurutulan fasülye, biber ve soğan örnekleri	81

SEMBOLLER

A	Isı ve kütle transfer alanı (m^2)
a	Sabit
c	Materyal ile etrafındaki hava filmi arasındaki su buharı iletkenlik katsayısı
(dw/dt)	Kuruma hızı ($kgH_2O/kgkmh$)
H_k	Kuru termometre sıcaklığında havanın mutlak nemi
H_v	Yaş termometre sıcaklığında havanın mutlak nemi
k, k_1, k_2	Kuruma hız sabitleri (h^{-1})
k_m	Kütle transfer katsayısı ($kgkH/m^2h$)
N_0	t=0 anındaki (kurumanın başlangıcında) nem miktarı
N_d	Denge nemi (% kb)
N_t	Materyalin t anındaki nem miktarı (% kb)
N_{kb}	Kuru ağırlık esasına göre nem miktarı (%)
N_{vb}	Yaş ağırlık esasına göre nem miktarı (%)
P_m	Kurutma havasının su buharı kısmi basıncı (kpa)
p_0	Materyal içerisindeki su buharı kısmi basıncı (kpa)
t	Süre
t_k	Kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
t_v	Yaş termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
u	Konvektif ısı transfer katsayısı ($kcal/m^2h^{\circ}C$)
W_m	Materyalin kuru ağırlığı
W_s	Materyaldeki su ağırlığı
K_m	Kuru madde miktarı

KODLAR

DK	Dış ortamda kıyılarak kurutulan ürün
DN	Dış ortamda bütün olarak kurutulan ürün
DS	Dış ortam sıcaklığı
DBN	Dış ortam bağıl nemi
DKAN	Dış ortamda kıyılarak kurutulan ürünün sonradan aldığı nem miktarı
DKİN	Dış ortamda kıyılarak kurutulan ürünün ilk nemi
DKSN	Dış ortamda kıyılarak kurutulan ürünün son nemi
DNAN	Dış ortamda bütün olarak kurutulan ürünün sonradan aldığı nem miktarı
DNİN	Dış ortamda bütün olarak kurutulan ürünün ilk nemi
DNSN	Dış ortamda bütün olarak kurutulan ürünün son nemi
SD	Dış ortam
Si	Sera içi
SK	Sera içinde kıyılmış olarak kurutulan ürün
SN	Sera içerisinde bütün olarak kurutulan ürün
SS	Sera içi sıcaklığı
SBN	Sera içi bağıl nemi
SKAN	Sera içerisinde kıyılarak kurutulan ürünün sonradan aldığı nem
SKİN	Sera içerisinde kıyılarak kurutulan ürünün ilk nemi
SKSN	Sera içerisinde kıyılarak kurutulan ürünün son nemi
SNAN	Sera içerisinde bütün olarak kurutulan ürünün sonradan aldığı nem
SNİN	Sera içerisinde bütün olarak kurutulan ürünün ilk nemi
SNSN	Sera içerisinde bütün olarak kurutulan ürünün son nemi

I. GİRİŞ

Canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri için beslenmeleri ne kadar gerekli ise, besin maddelerinin kullanılmasında dikkat edilecek hususlar da o kadar önemlidir. Besin maddelerinden tam olarak yararlanma bakımından, hayvansal ve bitkisel ürünlerin taze olarak tüketilmesi veya taze olarak muhafaza edilmesi büyük önem taşımaktadır. Öte yandan; tüketilen besin maddelerinin taze ve cazip hale getirilmesi, daha az yer işgal etmesi ve istenilen kalitede piyasaya sürülmesi de önemlidir. Bütün bu özelliklerinden dolayı tarımsal ürünlerin tazelik ve kalitesinin bozulmadan muhafazası gerekmektedir (39).

Dayanım süreleri çok kısa olan tarımsal ürünlerin tüketim anına kadar besin değerlerini koruması ve ekonomik ömürlerinin uzaltılması için bazı muhafaza yöntemleri vardır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- Isıl işlem,
- Soğutma,
- Kurutma,
- Kimyasal uygulamalar,
- Atmosfer kontrolü,
- Işınlarla muameledir.

Bu yöntemler içinde kurutma, insanların doğadan öğrendiği ve ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski ve en yaygın yöntemdir.

Ürün muhafaza yöntemleri arasında kurutmanın yeri ve önemi değişik açılardan ele alınabilir. Her şeyden önce

üründeki mevcut nem, bozulmaya imkân vermeyecek bir düzeye kadar indirildiği için kesin bir muhafaza mümkün olmaktadır.

Ürünlerin daha uzun süre saklanabilmelerinin yanısıra kurutma yolu ile sağlanan bazı birkaç yararlar da vardır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir (43).

- Ürünlerin erken hasat edilmelerine olanak verir. Erken hasat, özellikle ikinci üründe büyük öneme sahiptir.

- Kuru meyve ve sebze gibi ekonomik değeri olan ürünlerin üretilmesine imkan verir.

- Bazı ürün artıklarının yeniden değerlendirilmesini sağlar.

- Ürünün, ağırlık ve hacmi azalacağından nakli ve depolanması daha kolay olur.

- Kurutulmuş ürünler tüketime kolay ve çabuk hazırlanırlar.

- Diğer saklama ve değerlendirme yöntemlerine göre daha az teknoloji gerektirir ve alet ve makina isteği azdır. Bu nedenle daha ucuz bir işlemdir.

Ülkemizde sebze olarak en fazla fasülye, biber, ve patlıcan kurutulmaktadır. Özellikle biber Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bol miktarda kurutulmaktadır. Acı ve tatlı olarak iki çeşit biber kurutulmakta ise de dünya ticaretinde daha çok baharat olarak kullanılan acı biber söz konusudur.

Son yıllarda hazır çorba sanayiinin hızla gelişmesi, daha ileri teknoloji ile kuru sebze üretimi ihtiyacını artırmaktadır.

En çok kurutulan sebzeler arasında yer alan fasülye, biber ve soğanın üretim değerleri Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye'de taze fasülye, biber ve soğan Üretimi (3).

Ürünler	ÜRETİM DEĞERLERİ (1000 Ton)							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992*
Fasülye	400	400	400	410	383	430	436	452
Biber (Dolma)	490	500	500	470	525	320	350	380
Biber (Sivri)	235	238	250	260	328	580	570	574
Soğan	1 270	1 300	1 300	1 345	1 360	1 550	1 600	1 700

* : Tahmini değerler.

Tüketici temiz ve yüksek kaliteli, yabancı materyal içermeyen ve mikrobiyolojik açıdan temiz ürüne ihtiyaç duymaktadır. Geleneksel yöntemlerle açık havada güneşe maruz bırakılarak kurutulan ürünler kurutma sırasında dış faktörlerin etkisiyle büyük ölçüde kayba uğramakta, tozlanmakta ve yağmur ve çiy etkisiyle de ürün kalitesi düşmektedir. Aynı zamanda, geleneksel kurutmada kuruma hızı çok düşük olduğu için sınırlı kapasite aşılamamaktadır.

Ekonomik açıdan kurutma süresinin kısaltılması, kaliteli ve temiz ürün eldesi için yeni sistemlerin geliştirilmesi zorunludur. Bu sistemlerin, aynı zamanda enerji ekonomisi açısından da uygun olması gerekir. Bu amaçla, son yıllarda alternatif enerji kaynaklarının, özellikle de güneş enerjisinin ürünlerin kurutulmasında aktif olarak kullanılması önem

kazanmış olup, güneşli tip kurutucular üzerinde Türkiye'de ve dış ülkelerde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Güneşli tip kurutucular arasında yer alan seralar da ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır. Sera tipi güneşli kurutucuların bir kısmı sadece kurutma, bir kısmı da hem kurutma hem de bitki yetiştirme amacıyla kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır.

Bu çalışmada; fasulye, biber ve soğanın sera içindeki kuruma karakteristikleri belirlenmiş ve geleneksel olarak açık havada yapılan kurutma ile karşılaştırılmıştır.

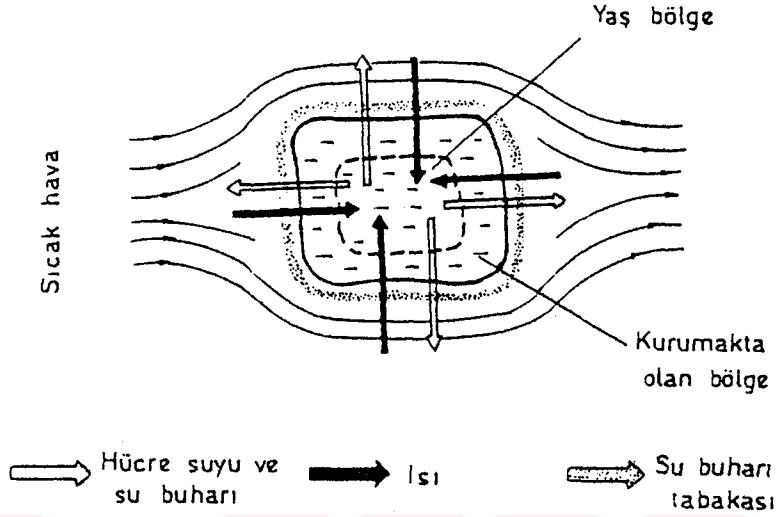
2. KURUMA MEKANİZMASI

Kuruma, herhangi bir madde içindeki su veya sıvının uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir. Kuruma işleminde temel kural, öncelikle madde içindeki suyu buharlaştırmak, sonra da bu su buharını ortamdaki uzaklaştırmaktır. Maddenin bünyesinde yer alan suyu buharlaştırmak için bir enerji vermek gerekir. Bu enerji miktarı, suyun buharlaştığı sıcaklıktaki buharlaşma gizli ısısı ile suyun maddeye bağlanma enerjisinin toplamına eşit olmaktadır (28).

Bir maddede bulunan nem, atılabilen nem veya atılamayan nem olmak üzere iki temel bölümde incelenir. Atılabilen nem kendi arasında higroskopik nem ve serbest nem (yüzey nemi) olarak ikiye ayrılır. Higroskopik nem, havanın bağıl nemi % 100 olduğu koşullarda maddenin içerdiği nemdir ve değeri maddenin yapısal özelliklerine bağlıdır (39). Serbest nem ise maddenin yüzeyinde bulunan nemdir. Kurutulmakta olan madde ile kurutucu ortam arasındaki nem alışverişi sona erdiğinde kalan neme kalıcı nem veya denge nemi adı verilir. Denge nemi değeri materyalin yapısına, havanın bağıl nemine ve sıcaklığına bağlı olmaktadır (39).

Tarımsal ürünlerin kuruması sırasında ürüne verilen ısı, dokunun dışından hücrelere doğru ilerlerken, su ya da su buharı ters yönde hücrenin dış yüzeyine doğru ilerler (2). Bu durum Şekil 1 den açıkça izlenebilir.

Konvektif kurutucularda nemli ürün sıcak hava akımına maruz bırakılır. Burada kuruma hızını aktarılan ısı, kurutma havasının hızı, bağıl nemi ve sıcaklık gibi dış etmenler ile



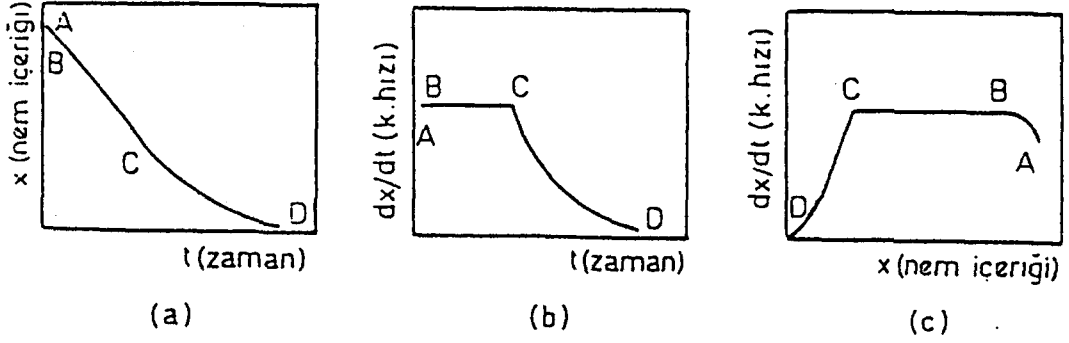
Şekil 1. Bitkisel hücrede kurumada ısı ve nem hareketi(2)

ürünün fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı bazı iç etmenler tayin eder. Dış etmenler nemin yüzeyden uzaklaşmasında, iç etmenler ise ürün içerisindeki nem ve ısı aktarımında etkilidir (13). Kuruma sırasında nemli maddeyi etki altına alan dış koşullar "Kurutma değişkenleri" olarak adlandırılabilir. Madde içindeki akış, değişik unsurların etkisinde kalarak meydana gelebilir. Genellikle kurumanın değişik zamanlarında bu unsurlardan biri diğerine baskın olabildiği gibi, bir kaç unsur birliktede etkili olabilmektedir (42).

Bir ürünün kuruma davranışı bazı grafiklerle ifade edilebilmektedir (Şekil 2). Bunlar;

- Ürün nemi - zaman
- Kuruma hızı - zaman
- Kuruma hızı - ürün nemi

değişimlerini göstermektedir (13).



Sekil 2. Kuruma eğrileri (13)

Sekil 2 deki grafiklerden de görüleceği üzere nemli bir ürünün kuruma süreci içerisinde genel olarak üç farklı evre görülmektedir.

- Isınma evresi (A-B)
- Sabit hızla kuruma evresi (B-C)
- Azalan hızla kuruma evresi (C-D)

Isınma evresi, kurutulacak ürünün sıcaklığı kurutma ortamının sıcaklığı ile dengeye gelinceye kadar devam eder. Bu evrede oluşan nem kaybı ihmal edilebilecek ölçüde azdır (42).

Sabit hızla kuruma evresinde, kurutulacak olan malzemenin yüzeyi başlangıçta ince bir su filmiyle kaplıdır. Öncelikle bu yüzeydeki su buharlaşmaya başlar. Ürünün özelliklerine bağlı olmayan bu buharlaşma tamamen dış koşullarla belirlenir ve serbest bir su yüzeyinden oluşan buharlaşmadan pek farkı yoktur. Yüzeydeki serbest su sabit bir kuruma hızıyla buharlaşırken devamlı olarak hücre aralarındaki hava

boşluklarının meydana getirdiği kılcal sistem (kapillarite) ile beslenir. Bu evrede ürünün yüzey sıcaklığı değişmez ve kurutma havasının ıslak termometre sıcaklığına eşit olur (2).

Sabit hızla kurumada, materyalin fiziksel özellikleri kuruma hızını etkilemediği ve kuruma dış koşullarca belirlendiği için bu evredeki kuruma hızını hesaplamak oldukça kolaydır. Bu amaçla şu eşitlik kullanılabilir (10).

$$(dw/dt) = u A (t_w - t_v) / \lambda = k_m A (H_v - H_w) \dots\dots\dots(1)$$

(1) No'lu eşitlikten de görüleceği gibi sabit hızla kuruma evresinde kuruma hızı üzerine havanın akış hızı, kuruma yüzey alanı, materyalin ıslak yüzeyi ile hava arasındaki sıcaklık ve nem farkı gibi faktörler etkili olmaktadır.

Kapillarite ile yüzeye taşınan sıvı zamanla azalır ve yüzeyden buharlaşan miktarı karşılayamadığı için yüzeyin ıslak kalması zorlaşır. Bu andan itibaren azalan hızla kuruma evresi başlamış olur. Bu evre de kendi içerisinde iki aşamada seyreder. Yüzeydeki su filmi kaybolmaya başlayınca kuruma hızı da ıslak alan miktarı ile orantılı olarak azalır. Bu evreye "1. Azalan Hızla Kuruma Evresi" adı verilir. Bu evrenin sonunda yüzeyde ıslak alan kalmaz. Bu andan itibaren kuruma hızı daha da yavaşlar ve "2. Azalan Hızla Kuruma Evresi" başlar. Bu da ürün denge nemine ulaşınca kadar devam eder.

Azalan hızla kuruma evresinde buharlaşma maddenin içerisinde olmaya başlar. Meydana gelen su buharı yüzeye difüz-

yonla ulaşır. Yüzeğe yakın olan bölümler hem doğrudan doğruya yüzeğe hem de kılcal borucuklara sıvı verdiklerinden iç katmanlara göre daha fazla su kaybederler. Bundan dolayı kuruyan maddenin dış yüzeyinde kabuk bağlama, büzülme ve hatta çatlamlar görülebilir (42).

Azalan hızla kuruma evresinde kuruma hızının hesaplanması, olayın sabit hızla kuruma evresine göre daha karmaşık oluşu ve dış koşulların yanında kuruma üzerine iç koşulların da önemli derecede etki etmesi nedeniyle daha zordur. Bu evrede kuruma hızının hesaplanması amacıyla kuramsal ve deneysel yöntemlerden yararlanılabilir. Kuramsal yöntemde, maddenin yapısal özelliklerinden gidilerek kuruma hızı hesaplanmaya çalışılır. Bu model, her tür madde ve koşula uygulanabilmekle beraber en önemli sakıncası çözümü gereken matematiksel eşitliğin son derece karmaşık yapıda olmasıdır (42). Deneysel yöntem karmaşık matematiksel eşitlikleri içermez. Ancak, bulgular deney koşullarına ve kurutulan maddeye bağlı olup, sonuçları genelleştirmek yanılgılara neden olabilir (42).

Kurutma işleminin kuramsal olarak açıklanmasında kullanılan kuruma mekanizmaları VAN ARDSEL ve COPLEY (1963) tarafından şu şekilde özetlenmiştir (13).

1. Kılcal kuvvetler etkisiyle sıvı hareketi
2. Konsantrasyon farkı nedeniyle oluşan sıvı fazda difüzyon
3. Katı yüzeyindeki gözeneklerde bulunan nem ile yüzeyde

tutulmuş nem arasında meydana gelen su buharı difüzyonu

4. Hava ile dolu gözeneklerde kısmi basınç farkları nedeniyle meydana gelen su buharı difüzyonu

5. Katının büzülmesi ya da katı içindeki sıcaklık farkları gibi nedenlerden oluşan toplam basınç farklarının sebep olduğu su buharı akımı

6. Özellikle büyük gözenekli maddelerde görülen yerçekimine bağlı sıvı akımı

Bu mekanizmalar yardımıyla, azalan hızla kuruma evresindeki kuruma olayını açıklayabilmek için çeşitli teoriler geliştirilmiş bulunmaktadır. Bu teorilerden biri de sabit dış ortam koşulları altında ince tabaka halindeki granüler higroskopik bir materyalden havaya nem transferi hızının hesaplanmasında kullanılan ve aşağıda verilmiş olan ifadedir (13).

$$(dw/dt) = - c (p_s - p_a) \dots\dots\dots(2)$$

Burada $p_s > p_a$ ise kuruma işlemi gerçekleşir. Aksi halde negatif bir nem transferi söz konusudur ve materyal nem kazanır. Su buharı kısmi basıncı ile denge bağıl nemi ve denge bağıl nemiyle de materyalin nem miktarı arasında lineer bir ilişki olduğu varsayılırsa;

$$(dw/dt) = - k (N_s - N_d) \dots\dots\dots(3)$$

şeklinde bir ifade yazılabilir. Söz konusu diferansiyel denklemin çözümüyle;

$$(N_s - N_d) / (N_{s0} - N_d) = \exp (- k t) \dots\dots\dots(4)$$

denklemini elde edilir.

4 numaralı eşitlik kurutma işlemlerinde çokça kullanılan bir eşitliktir ve "Logaritmik Kurutma Formülü" olarak bilinir. Bu eşitlikte yer alan kuruma sabiti (k) nın değeri, kurutma havası sıcaklığına, nemine ve kurutmada kullanılan hava hızına bağlı olup, farklı koşullar için deneysel olarak bulunabilir.



3. LİTERATUR ÖZETİ

Cemeroglu ve Acar (10)'ın bildirdiğine göre Taze fasülyelerin kurutulmasında, seçilecek fasülyelerin körpe ve kılçıksız olması, lifsiz yapıda bulunması, danelerin oluşmuş fakat belirsiz olması gerekmektedir. Bu nitelikleri taşıyan fasülyeler önce sınıflandırılır, kusurlu olanlar ayıklanır, daha sonra yıkanıp uçları kesilir ve isteğe göre bütün olarak veya 3 cm kalınlıkta doğranarak kurumaya hazırlanırlar.

Bu şekilde hazırlanan fasülyelerden bütün halde kurutulacak olanlar uzunlamasına yarılarak ipe dizilir ve asılarak kurutulurlar. Doğranarak kurutulacak olanlar ise bez veya kağıt sergiler üzerine serilerek güneş altında kurumaya bırakılırlar.

Kuruma sonunda fasülyelerin nem içeriğinin % 5 olması istenir.

Biberlerin kurutulmasında, tam anlamıyla olgunlaşan biberler hasat edildikten sonra yıkanır ve kurutma şekline göre hazırlanırlar. Bütün olarak kurutmaya alınan biberler, sap kısmından kesildikten sonra tohumları temizlenerek yıkanılırlar. Doğranacak olan biberlerinde 2 - 3 cm kalınlığında kıyılmaları gerekir.

Yaygın olarak kullanılan bir yöntem de iplere dizerek kurutmadır. Bu yöntemde biberler ağız kısımları aşağıya doğru gelecek şekilde 1-3 m uzunluğundaki iplere dizilirler ve ahşap çiteler arasına ya da duvarlara bir kaç sıra halinde

asıllarlar. Cürümeğe neden olmamak için, iplere dizilen biberlerin birbirlerine değmemesi gerekmektedir.

Biberlerin güvenli bir muhafaza için nem içerikleri % 7-8'e düşürülmesi gerekir.

Soğan kurutmada, çeşit son derece önemlidir. kurutulacak soğanların, kuru madde düzeyinin, irilik ve şeklinin uygun olması ve kuvvetli aromaya sahip olması aranan başlıca özelliklerdendir.

Soğanların kuru madde oranı % 5-20 arasında değişmekte olduğundan, kurutma amacıyla yüksek oranda kuru madde içerenlerin seçilmesi randıman açısından son derece önemlidir. Kurutulacak soğanlarda aranan en önemli özelliklerden biri de lezzet keskinliğidir. Kurutmada önemli miktarda koku kaybı belirdiğinden kurutulacak çeşitlerin keskin kokulu olması istenir. Soğanların et rengi genellikle beyaz, fakat bazan sarı veya pembe-kırmızı olabilmektedir. Kurutulmuş ürün renginin beyaz olması önemli bir kalite faktörü olduğundan, beyaz etli soğanların kurutulması ve kurutmada bu rengin korunması amaç edinilmelidir.

Kurutulacak soğanlar önce yıkanılırlar daha sonra kök ve filizleri kesilir. Kabukları soyulduktan sonra da eksenine dik olarak ve ortalama 3 mm kalınlığında dilinirler. Dilinen soğanlar ortalama 6 kg/m² yoğunlukta bez veya kağıt sergi üzerine serilerek güneşe maruz bırakılırlar.

Kurutmaya genellikle soganların son nem içerikleri % 4-6 olduğunda son verilir.

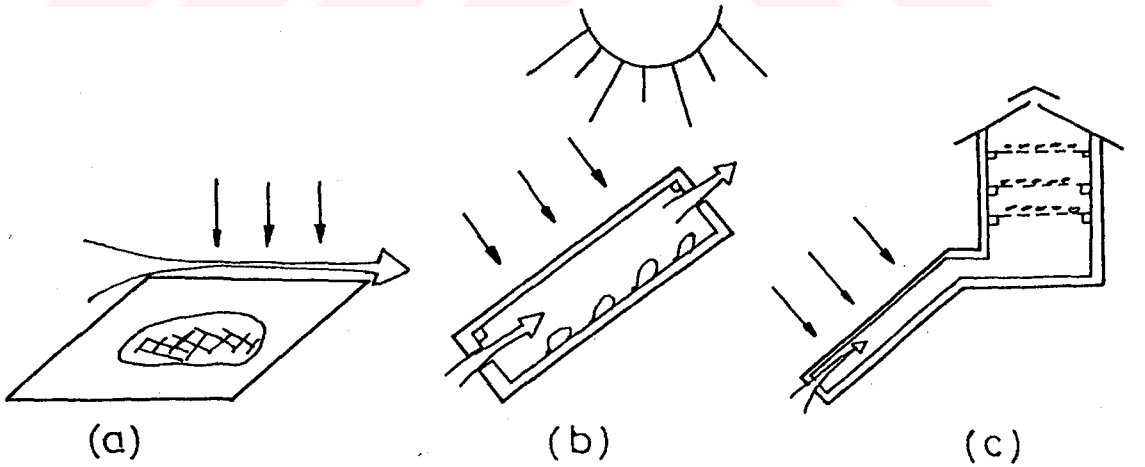
Güngör (20)'ün bildirdiğine göre güneşli kurutucular temelde direkt, indirekt ve kombine kurutucular olmak üzere üç sınıfta incelenmektedir. Direkt güneş enerjili kurutucular cam veya plastik gibi geçirgen örtülerden yapılmakta olup, güneş ışınlarını kurutma hacimlerine doğrudan geçirirler. Kabinet ve yatak tipi kurutucular bu sınıfta yer alırlar. Indirekt güneş enerjili kurutucularda, güneş ışınlarından kurutmada kullanılan havanın ısıtılmasında yararlanılır ve güneş kolektörlerinde ısıtılan hava kurutma hacmine gönderilir. Kombine tip kurutucular ise bu iki kurutucu tipinin birleştirilmiş halinden ibarettir. Bu tip kurutucularda güneş enerjisinden direkt ve indirekt olarak yararlanılabilir. Yani hem ürünün hem de kurutma havasının sıcaklığı artırılır.

Sekil 3 de güneş enerjisi ile kurutma sistemlerinin sematize olarak gösterimleri verilmiştir.

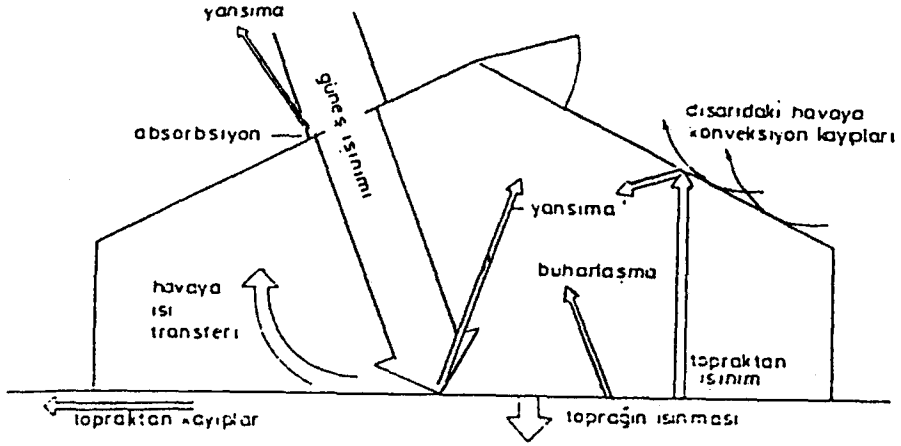
Demir (13), bazı direkt kurutma sistemlerinde ürün plastik ya da cam, geçirgen bir örtü altına serilerek buradan geçen güneş ışınımı ile kurutulabildiğini ifade etmektedir. Burada, geçirgen örtü sayesinde kısa dalga boylu güneş ışınımı geçirilip, uzun dalga boyuna sahip olan ışınımın yansıtılmasıyla sera etkisi yaratılmaktadır. (Sekil 4). Burada, gelen güneş ışınımı iç kısma geçmekte ve içeride oluşan ısı ise ışınım ile kaybedilmeyip tutulmaktadır.

Demir, yaptığı çalışmada sera tipi kurutucu içinde bantın yansıtıcılarla desteklenen ve desteklenmeyen kısımlarında ve dış ortamda çekirdeksiz üzüm ve incir kurutmuş ve örneklerin kuruma karakteristiklerini incelemiştir. Ön işlem uygulanan üzümler sera içinde 4 günde, sera dışında ise 7 günde ticari nemliliğe ulaşmışlardır. Bandırılmadan kurutulan üzümler aynı şartlarda sera içinde 7 günde sera dışında ise 15 günde kurumuşlardır. Incirlerin ise sera içinde kurumaları 2, dış ortamda kerevet üzerinde kurumaları da 4 gün sürmüştür.

Araştırmacı, üzüm ve incir örneklerinin nem içeriklerinin zamana göre değişimini ince tabaka kuruma teorisi ile açıklamaya çalışmış ve polinomiyal ifadenin kurumayı daha iyi tanımladığını saptamıştır.



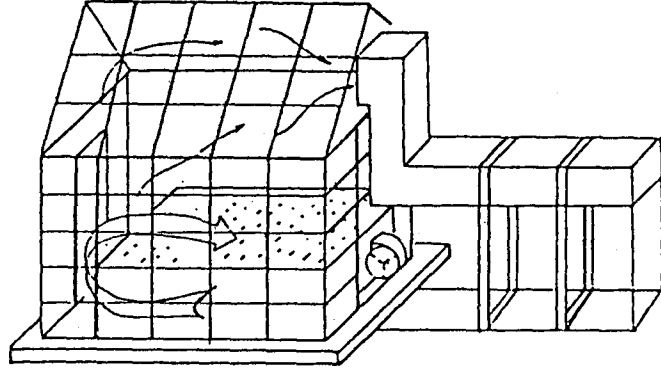
Sekil 3. Güneş enerjisi ile kurutma sistemleri (13).
(a. Natürel kurutma, b. Direkt kurutma,
c. İndirekt kurutma)



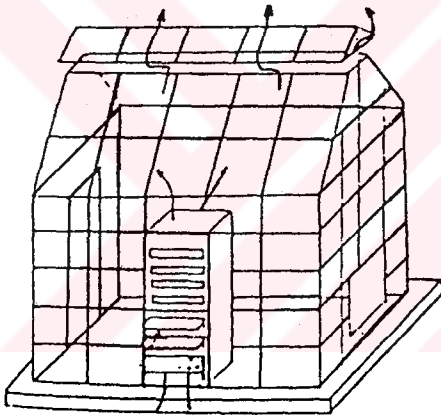
Şekil 4. Sera etkisi (13).

Price ve ark. (34) tarafından yapılan çalışmalarda, bitki seralarının hava sıcaklığının çok yüksek olduğu dönemlerde kurutucu olarak kullanılması için uygulanan değişik düzenlerde kurutma denemeleri yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu düzenlemeler Şekil 5 de görülmektedir.

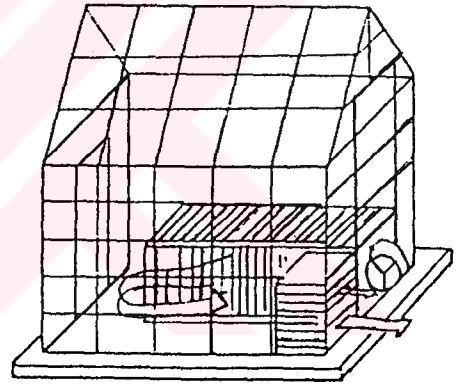
Kholliev ve ark (26), sera tipi bir kurutucu sistem üzerinde çalışmışlardır. Yazın meyva kurutma, kışın sebze ve fide yetiştirmek amacıyla geliştirilen sera (Şekil 6), 50 x 5.86 m boyutlarında olup, orta kısmından doğu-batı doğrultusunda bir bölmeyle ikiye ayrılmıştır. Güneye bakan bölümün tabanı siyaha boyanmış olup, burada kurutma işlemi radyasyon+konveksiyonla olmaktadır. Kuzey bölümünde ise diğer tarafta ısıtılan hava ile ürünlerin kurutulması sadece konveksiyonla sağlanmaktadır.



(a)



(b)

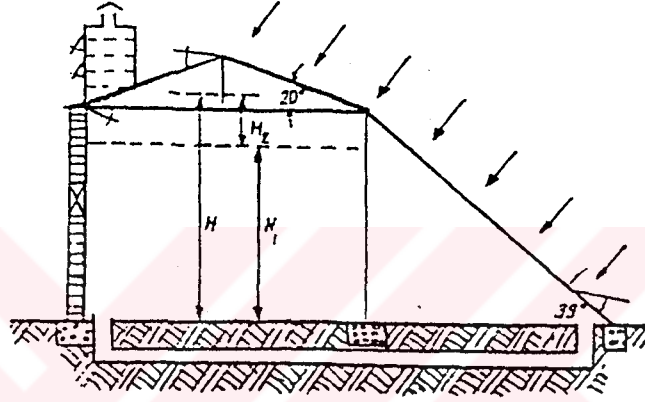


(c)

Sekil 5. Seraların kurutucu olarak kullanılmasında denenen değişik düzenlemeler (34).
(a: Zorlanmış hava kanalı, b: Konvektif, c: Zorlanmış hava tüneli)

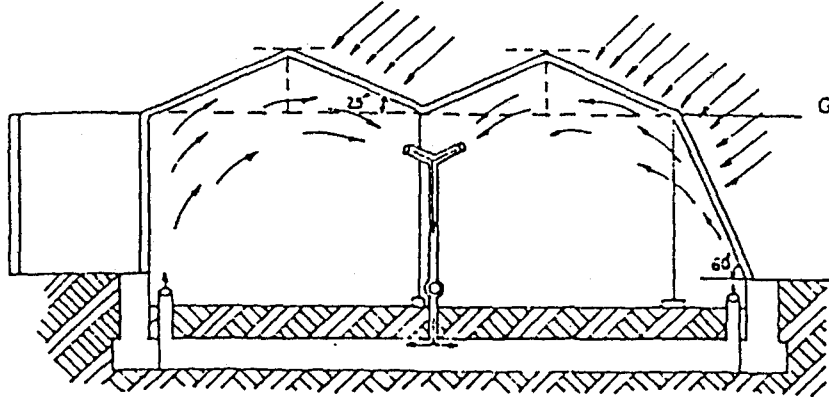
Lawand (24), üstü cam ve altta ve yan duvarlarında hava giriş çıkış delikleri olan bir kurutucu yaparak incir, seftali, kayısı, maydanoz, bakla, sarmısak ve soğan kurutmıştır. Sekil 8 de görülen kurutucuda güneş ışınları üstteki cam örtüden geçerek direkt ürün üzerine etki etmektedir. Üründen alınan nemin sistemden uzaklaştırılabilmesi için gerekli olan

hava sirkülasyonu altta ve yan duvarlarda bulunan delikler vasıtası ile doğal olarak yapılmaktadır. Hava, alttaki deliklerden kurutucuya girmekte, ürün içinden geçtikten sonra yan duvardaki delikten dışarı çıkmaktadır.

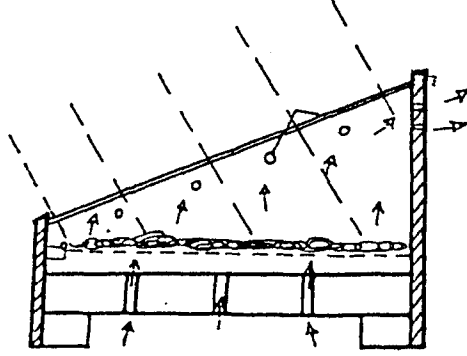


Şekil 6. Güneşli sera tipi kurutucu sistem(26).

Sadıkov ve Khairıtdinov(13) tarafından yapılan bir araştırmada ise ikili sera sistemi kullanılmıştır. Bu ikili sera sisteminin kesiti Şekil 7 de görülmektedir.

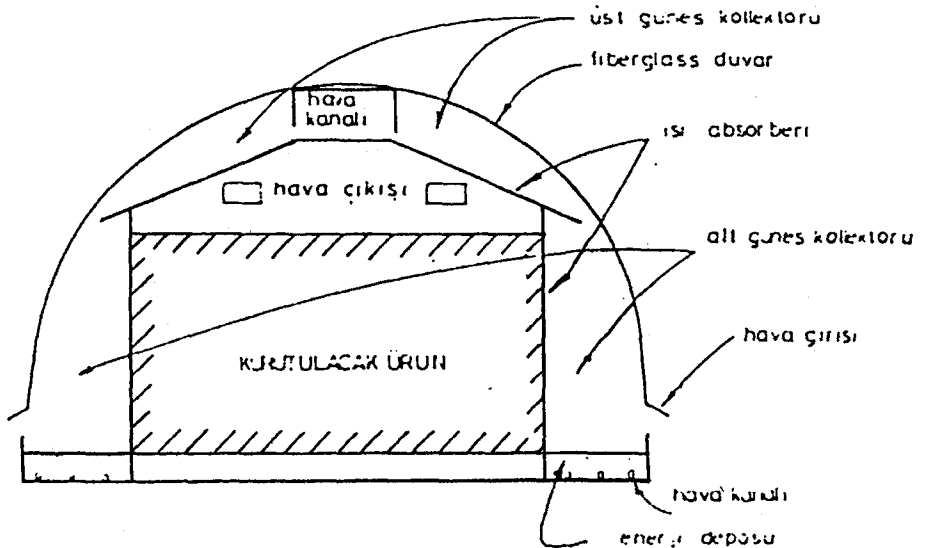


Şekil 7. Kurutma amacıyla kullanılan ikili sera sistem(13).



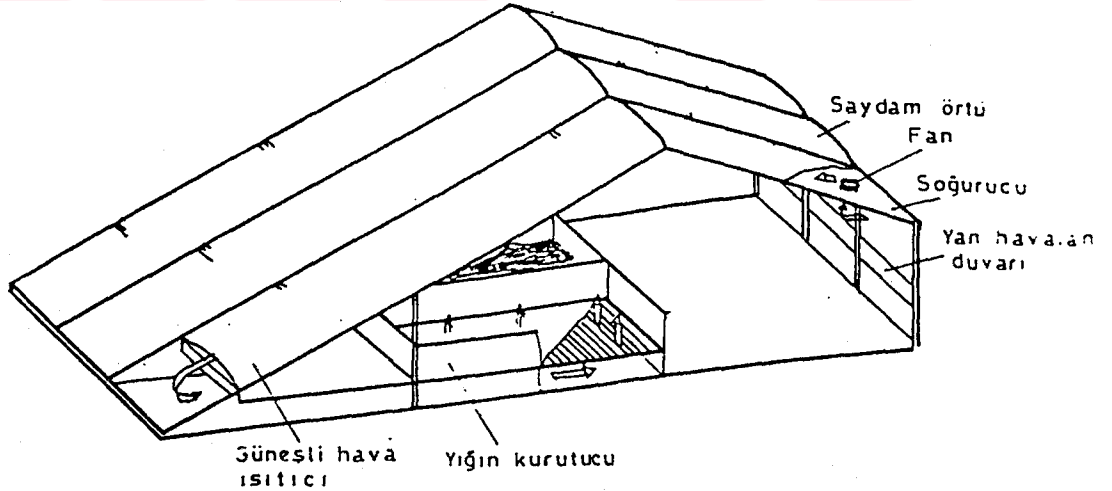
Şekil 8. Lawand tarafından geliştirilen kurutucu sistem (24).

Trım ve Ko (13) tarafından yapılan bir çalışmada, içi siyah dışı şeffaf plastikten oluşan iki katlı örtü arasından geçirilerek ısıtılan hava kırmızı biberin kurutulmasında kullanılmıştır. CHANG (1978), HSIEH ve CHANG (1979) tarafından da buna benzer bir sistemde kurutma denemeleri gerçekleştirilmiştir. (Şekil 9).



Şekil 9. Sera tipi bir güneşli kurutma sistemi (13).

Müller ve ark. (31), plastik bir seranın çatısına güneşli bir hava ısıtıcısı yerleştirerek tıbbi ve şifalı bitkilerin farklı özellikler ve hava şartlarında kuruma zamanını, enerji tüketimini ve nem içeriğindeki değişimi belirlemişlerdir. Hava, çatının kuzey kısmından emilip üstteki engelleyici ve absorbe edici kumaşın arasından üflenmektedir (Şekil 10). Isıtılan hava güney saçakta yön değiştirmekte ve hava kanalı ile direkt olarak sera içine yerleştirilen yığın kurutucunun üzerine gelmektedir. Kurutulan materyal kurutma havası ile dikey olarak havalandırılmaktadır. Nemlenen hava ise yan vantilasyon duvarından uzaklaştırılmaktadır. Kurutucuda; nane, ada çayı ve serbetci otu kurutulmuştur.

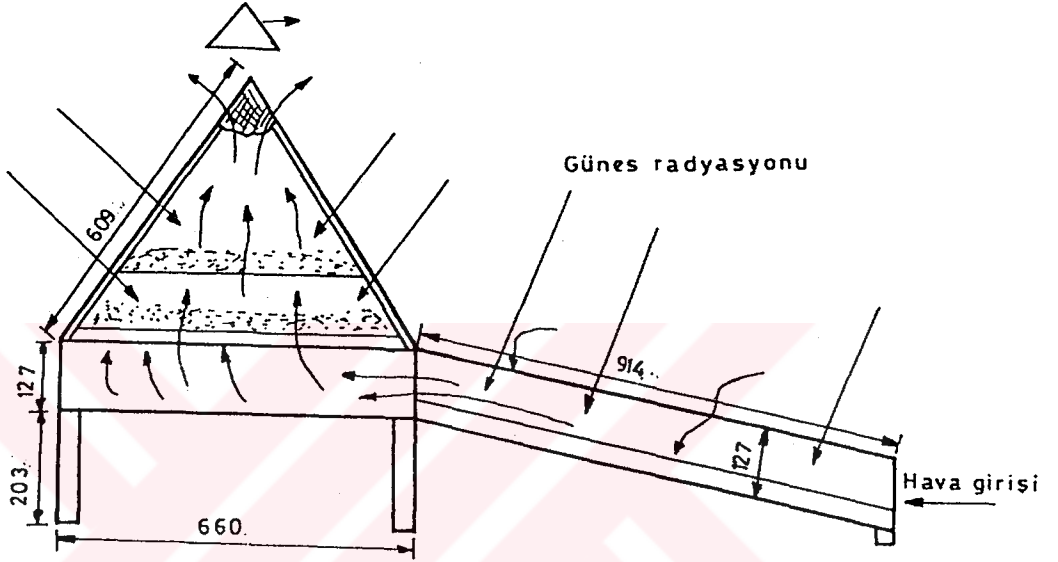


Şekil 10. Sera tip güneşli kurutucu (31).

Kaynaş ve Türkes (25), bazı soğan ve sarmısak çeşitlerinde, geleneksel tarlada kurutma ve olgunlaştırma ile kısmen ve tamamen kontrollü koşullar altında yapılan kurutma ve olgunlaştırmayı karşılaştırmışlardır. Çalışmada Kantar-topu-3, Yalova 5, Akgün-12 soğan çeşitleri ile Kastamonu sarmısak çeşidi kullanılmıştır. Kurutma ve olgunlaştırmada, (A) tarlada, toprak üzerinde, sap-saman üzerinde ve tahta kasalar içerisinde kurutma ve olgunlaştırma, (B) plastik serada kurutma ve olgunlaştırma, (C) kontrollü şartlarda sıcak hava ile kurutma ve olgunlaştırma uygulamaları yapılmıştır. Tüm çeşitlerin tarla uygulamaları diğer uygulamalara göre düşük değerler alırken plastik serada kurutma ve olgunlaştırmada bu olumsuzluklar tarladaki uygulamadan daha az olmuştur.

Gregorio ve ark (18), Filipinler'de yaptıkları bir çalışmada, değişik tarımsal ürünlerin (balık, et, muz, cassava, palay, mısır, kahve, kakoo, copras) kurutulması için pramit şeklinde bir güneşli kurutucu geliştirmişlerdir. Kurutucuda örtü malzemesi olarak polietilen kullanılmıştır. Kurutucunun cam ile de örtülebileceğini belirtmektedirler. Pramid şeklindeki kurutucuya hava alttan girmekte ve üst kısımdan çıkmaktadır. Bulutlu günlerde kurutucu içindeki ve dışındaki sıcaklık farkı 9°C ile 16°C arasında olmuştur. Güneşli günlerde ise içeride max sıcaklık 83°C ye ulaşmaktadır. Araştırmacılara göre, genellikle pramid güneşli kurutucu içindeki ürünlerin nem düşüşü direkt güneşte kurutmaya göre hızlıdır.

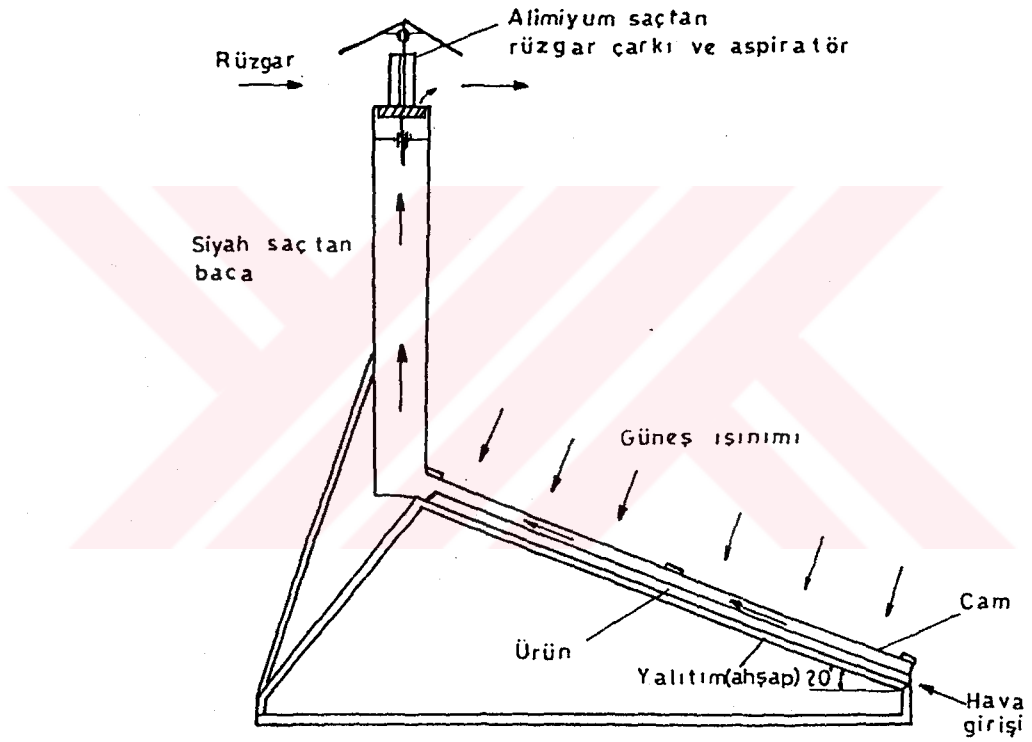
Araştırmacılar sisteme bir kollektör ilave edilerek kurutucunun daha verimli hale getirilebileceğini ifade etmektedirler (Şekil 11).



Şekil 11. Primit güneşli kurutma sistemi (18).

Erdogan (16), yaptığı çalışmada sıcak hava akımlı, radyasyon etkili ve karışık modlu güneşli kurutucularda dolmalık biber, kayısı ve çekirdeksiz üzüm kurutmıştır. Sahit olarak da yerde kurutmayı esas almıştır. Kurutucu kapasitesi ve tipinin seçilmesinde, kırsal kesim koşulları göz önüne alınmıştır. Sıcak hava akımlı kurutucuda kapalı olan kurutma dolabının önündeki cidar karışık modlu kurutucuda saydam folye olarak yer değiştirmiştir. Radyasyon etkili kurutucuda, havalandırma hızını artırmak amacı ile rüzgarla tahrik edilen bir fan sisteme eklenmiştir. Denemeler sonunda küçük işlet-

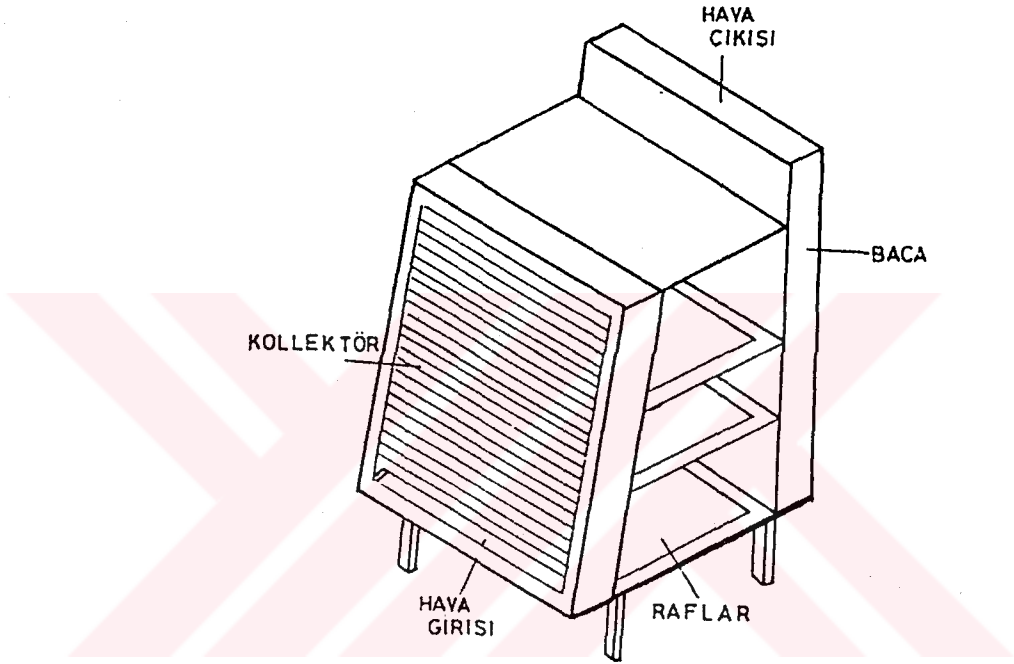
meler için tasarlanan ve imal edilen bu üç kurutucu prototipi içinden, radyasyon etkili kurutucunun açıkta kurutma süresini azaltmada en uygun kurutucu olduğu belirlenmiştir. Şekil 12'de radyasyon etkili kurutucu görülmektedir.



Şekil 12. Radyasyon etkili kurutucu (16).

Atagündüz ve Gürses (4), bu güne kadar tasarlanmış hava ısıtmalı kollektörlerden farklı olarak panjurlu bir kollektör tipi önermişler ve bu kollektörle kullanılabilecek kurutma dolabını geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri kurutucu ile üzüm kurutma denemesi yapmışlardır. Kurutma dolabı içindeki hava

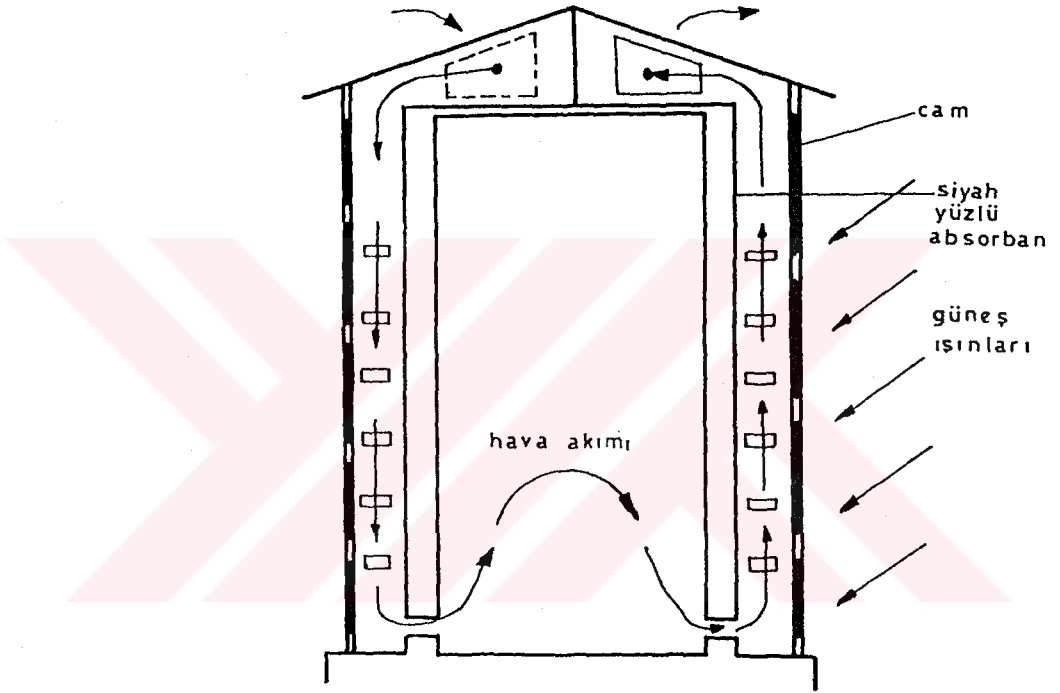
dolaşımı doğal olarak sağlanmıştır. Panjurlu kollektörde ısıtılarak dolap içine iletilen hava rafların arasından geçerek bacadan dışarı çıkmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Panjurlu güneş kollektörlü kurutucunun görünüşü (4).

Karagülle ve Atagündüz (24), yaptıkları çalışmada Türkiye için ticari değeri olan kırmızı biber kurutmak ve depolamak için güneşli kurutma evinin (Şekil 14) uygun olup olmayacağını araştırmışlardır. Pratikte uygulayabilmek için 60 m² genişliğinde doğu batı cephesi 12 m, kuzey-güney cephesi 4 m olan bir kurutma evi modeli düşünülmüş ve paralel deney yapabilmek için oda üçe bölünmüştür. Evin doğu ve batı cepheleri güneş kollektörü görevini görmektedir.

Kuruma, güneş enerjisi ile sağlanan doğal hava akımı ile olmaktadır. Kasım ayında güneşli kurutma evinde kurutulan kesilmiş kırmızı biberler 5, kesilmemiş kırmızı biberler ise 7 günde kurumuştur.



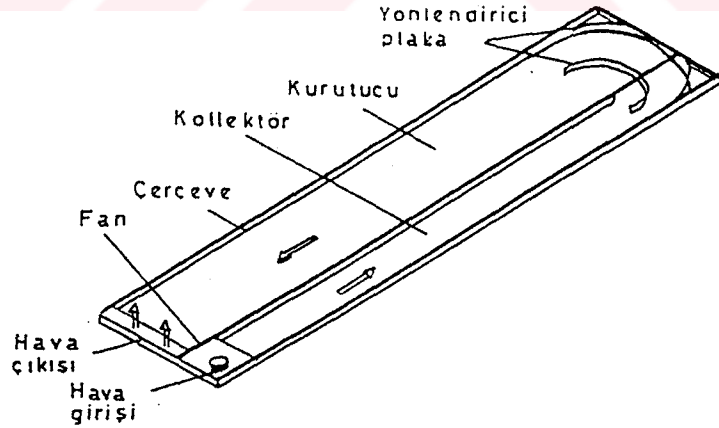
Şekil 14. Güneşli kurutma evi (24).

El-Shiatry ve ark. (15), yaptıkları çalışmada; Mısır'da üzüm, bamyı, domates, soğan, reyhan ve fesleğen kurutmak için bir güneşli kurutucuyu test etmişlerdir.

Bahsedilen güneşli kurutucu ile toplayıcı kollektör, küçük radyal akışlı fana hareket veren 150 Watt AC motordan ve tünel kurutucu içine paralel olarak yerleştirilen güneş kollektöründen ibarettir (Şekil 15). Sistemin tünel kurutucu

kısmı; 20 m uzunluğunda, 6 cm yüksekliğinde ve 2 m genişliğindedir. Kollektörün genişliği ise 1 m'dir. Örtü malzemesi olarak PE-EVA hava baloncuklu örtü kullanılmıştır. Tünel kurutucu içine yerleştirilen ürünler direk güneş ışınlarına maruz kaldığı gibi kollektörde ısıtılan hava da bir fan yardımıyla ürün üzerine iletilmektedir. Kurutucuya 150 şer kg dilinmiş domates, patates ve soğan ile 1000 kg üzüm yerleştirilmiştir. Kurutma sonunda ürünlerin nem içeriklerini % 6-9 y.b. arasında bulmuşlardır.

Kurutucunun ekonomik analizini de yapmışlar, kalite artışı ve kütle kayıplarının azalması yoluyla yatırımın 1-2 yıl içinde geri ödeneceğini bildirmişlerdir.



Sekil 15. Tünel kurutucu ile toplayıcı kollektör (15).

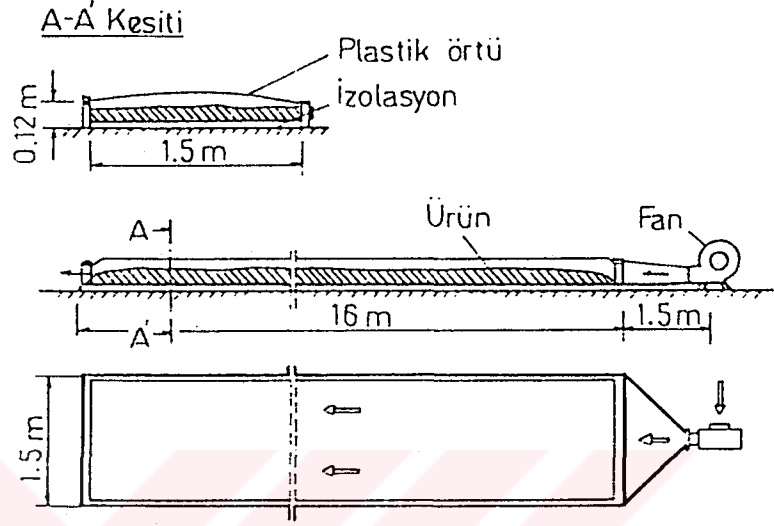
Malviva ve Gupta (29), sebzelerin güneş enerjisi ile kurutulmasında kullanılan tabi konveksiyonlu bir kurutucu dizayn etmişlerdir. Kurutucu 85 x 20 cm düz kollektör, 7 x 8.5 x 550 cm tüp(kanal), 42 x 90 cm'lik bir kurutma odası ve 40 cm derinliğinde 6 adet tepside meydana gelmektedir. Tabi konveksiyonlu güneşli kurutucu, güneşli dehidrasyon kabini ve açık güneşte biber kurutarak performanslarını karşılaştırmışlardır.

Eissen ve ark. (14), Girit adasında yürüttükleri denemelerde, geliştirdikleri değişik güneşli kurutma metodları ile üzüm kurutarak uygulama testleri yapmışlardır. Kurutma denemelerini taze hasat edilmiş sultana çeşidi üzümle yürütmüşler ve geleneksel sergide kurutma metodunu kontrol amacı ile kullanmışlardır.

Yürütülen denemelerde test edilen metodlar:

- Geçirgen plastik örtülü sergi kurutulması,
- Plastik örtü ile tel iskeletli kurutma
- Serbest konveksiyonla güneşli kurutma
- Fanlı plastik tünel ve
- Hava kollektörü ile fanlı yatak kurutucudur.

Bu kurutucular ile yapılan denemeler sonucunda daha kaliteli ürün elde edilmiş ve özellikle de fanlı plastik tünel ve fanlı yatak tipi kurutucuda kuruma zamanının geleneksel metoda göre daha az olduğu bulunmuştur. Şekil 16 da fanlı plastik tünel tipi kurutucu görülmektedir.



Şekil 16. Fanlı plastik tipi güneşli kurutucu (14).

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

4.1.1. Kurutulacak Ürünler

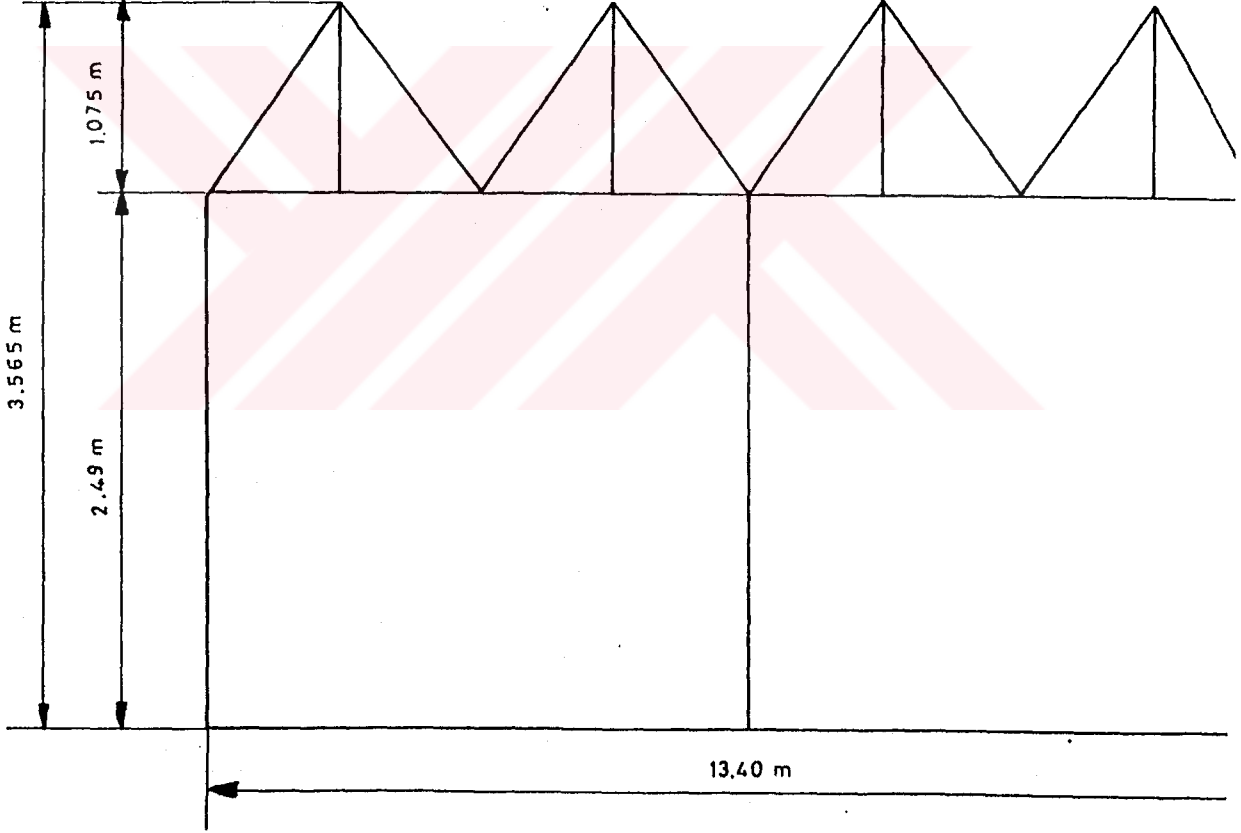
Bu çalışmada kurutma materyali olarak biber, fasülye ve soğan seçilmiştir. Denemelerde; GOP.Ü. Deneme ve Üretim alanında yetiştirilen biber, Tokat'ın Niksar ilçesinde bir üreticiye ait tarladan temin edilen soğan ve Tokat'ta bir üreticiye ait bahçeden toplanan fasülye kullanılmıştır. Hasat edilen ürünler GOP.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümüne getirilmiş ve hasattan üç gün sonra denemeye alınmıştır. Kurutma denemeleri 28.07.1993 ve 19.10.1993 tarihleri arasında 3 dönem halinde gerçekleştirilmiştir.

Kurutma denemelerinde kullanılan tüm örnekler (her ürün için) aynı üretim alanından temin edilmiştir.

4.1.2. Kurutma Serası

Kurutma denemeleri, GOP.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü serasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 17). Aynı zamanda; dış ortamda bir masa üzerine yerleştirilen Kontraplak kutular üzerinde de kontrol amacıyla kurutma yapılmıştır. Denemeler için hazırlanan örnekler, özel olarak hazırlanmış 30 x 30 cm boyutlarındaki kontraplak kutular içerisine serilmişlerdir. Kutular sera içinde ve dışında masalar üzerine yerleştirilerek kurutma sağlanmıştır. Dış ortam ve sera içindeki sergi yoğunluğu sırası ile fasülye için 4.18-4.90 kg/m², biber için 2.40-2.14 kg/m² ve soğan için de 4.79-5.40 kg/m² olmuştur. Boyutları 10.5 x 13.4 x 3.656 m

olan ve Doğu-Batı doğrultusunda yerleştirilen kurutma serası, 3 mm kalınlıkta cam ile kaplıdır. Seranın çatı kısmında 6 adet, doğu duvarında ise 2 adet havalandırma penceresi, batı duvarında ise sürgülü bir kapı bulunmaktadır. Denemeler süresince pencereler açık tutularak seranın içerisinde doğal bir hava akımı sağlanmıştır.



Sekil 17. Kurutma serasının sematik görünüşü

4.2. Metod

4.2.1. Denemelerde Uygulanan Metodlar

4.2.1.1. Ürünlerin Kurutmaya Hazırlanışı

Denemeye alınan ürünlere kurutma öncesi şu işlemler uygulanmıştır.

Fasülyelerin denemeye hazırlanmasında; körpe, kılçıksız olan ve lifsiz yapıda bulunan, daneleri oluşmuş fakat belirsiz durumda olanlar seçilmiştir. Bu örnekler, yıkandıktan sonra denemeye alınış şekline göre ya bütün olarak ya da 3 cm uzunlukta kıyılmışlardır.

Biberlerin denemeye hazırlanmasında; tam olgunlaşmamış olanlar seçilerek yıkanmışlar, denemeye alınış şekline göre ya sap kısımları alınarak bütün olarak ya da 2-3 cm kalınlıkta kıyılmışlardır.

Soganların denemeye hazırlanmasında ise, iri olan soğanlar seçildikten sonra yıkanmış, uç ve baş kısımları kesilmiştir. Daha sonra da kabukları soyulmuş ve eksenlerine dik olarak 3 cm kalınlığında doğranmışlardır.

4.2.1.2. Kurutma ortamının Hava Sıcaklığının Ölçülmesi

Sera içi sıcaklık değerleri, ortama yerleştirilen Sato marka termohigrograf cihazı ile sürekli olarak kaydedilmiştir. Aynı zamanda, sera içinde farklı noktalara yerleştirilen max-min termometrelerle de sıcaklık kontrol edilmiştir.

4.2.1.3. Kurutma Ortamının Bağıl Neminin Ölçülmesi

Kurutma denemesinin yapıldığı seranın bağıl nemi, sıcak-

lıkla birlikte, termohigrografla denemelerin başlangıcından itibaren sürekli olarak kaydedilmiştir.

4.2.1.4. Ürün Neminin Belirlenmesi

Denemeye alınan ürünlere ait örnekler etüvde 60 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa kadar kurutulmuşlardır. Buradan elde edilen ağırlık kaybı değerleri % nem miktarı olarak belirlenmiştir (41).

Denemeler yürütülürken nem değişimini belirlemek amacıyla, denemenin başlangıcından itibaren kurumakta olan örnekler belli aralıklarla alınıp kurutma ortamının hemen yanına yerleştirilen 0.01 gr duyarlıkta Sartorius marka hassas terazi ile tartılmıştır. Tartım işlemi kuruma hızına göre denemenin başlarında daha sık sonlara doğru ise daha geniş aralıklarla yapılmıştır. Denemenin başlarında günde iki kez yapılan tartım işlemi, denemenin ortalarında bir kez ve denemenin sonlarında ise iki günde bir kez yapılmıştır.

Kurutma işlemine örnek ağırlıklarında değişimin görüldüğü denge nemi değerine ulaşıldığında son verilmiştir. Elde edilen ağırlık değerlerine göre her ürün için değişik (t) anındaki % nem miktarları yaş ve kuru ağırlık esasına göre aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (43).

$$\% N_{\text{y}} = (W_s/W_s + W_m) \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$\% N_{\text{k}} = (W_s/W_m) \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

Burada;

$N_{\vee b}$: Yaş baza göre nem oranı (%)

$N_{k b}$: Kuru baza göre nem oranı (%)

W_s : Üründeki suyun ağırlığı

W_m : Materyalin kuru ağırlığı

Yaş ve kuru ağırlık esasına göre hesaplanan nem yüzdele-
ri arasındaki ilişki matematiksel olarak aşağıdaki şekilde
ifade edilebilir.

$$N_{\vee b} = (N_{k b} / 100 + N_{\vee b}) \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

$$N_{k b} = (N_{\vee b} / 100 - N_{\vee b}) \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

4.2.1.5. Kuruma Hızının Belirlenmesi

Kuruma hızı, materyalin birim kuru maddesinden birim
zamanda buharlaştırılan su miktarı olarak tanımlanır (38).

Kurutma hızının hesaplanmasında, aşağıdaki eşitlikten
yararlanılmıştır.

$$\text{Kuruma hızı} = \frac{\text{Ürün nemindeki} \\ \text{değişim miktarı (gH}_2\text{O)}}{\text{Ürün kuru madde} \quad \text{Birim} \\ \text{miktarı (gKm)} \quad \times \text{ zaman}} \dots\dots\dots (9)$$

Ayrıca, kuruma hızının belirlenmesinde, Alınabilir Nem
Oranı (ANO) kavramı da kullanılır. Bu kavram, belirli bir (t)
anında materyalde bulunan alınabilecek nem oranını belirtir.
Dolayısı ile o ana kadar buharlaşan nem miktarı hakkında da
bir fikir verir.

4.2.1.6. Kuruma Sabitlerinin Belirlenmesi

Kurutulan materyalde, kuruma şartlarına bağı olarak meydana gelen % nem azalması ya da alınabilir nem oranının (ANO) kuruma süresine bağı olarak gösterdiği eğilimin belirlenmesi, deneme koşullarına benzer ortamlarda aynı materyalin belirli sürelerde ulaştığı nemi ya da istenilen nem değerine ulaşması için gerekli olan süreyi saptamada yararlı olacaktır. Ancak bunun belirlenmesi için nem değişim doğru veya eğrilerine ait eğimlerin bilinmesi gereklidir. Bu eğim değerleri, birim zaman içinde nem ya da alınabilir nem oranı değerlerindeki değişme eğilimlerini belirler ve bu nedenle de kuruma sabiti olarak tanımlanır (42).

Her ürün için kuruma sabitlerinin hesaplanması amacıyla denemelerde yapılan ölçümlerden elde edilen N_0 , N_t ve N_d değerlerinden değişik (t) anları için MINITAB istatistik Paket Programı kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Kurutma dönemlerine göre, kurutma işlemini en iyi tanımlayan denklemi bulabilmek için ilk olarak aşağıda verilen doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Eşitliğin sol tarafı ANO değerini vermektedir.

$$\frac{N_t - N_d}{N_0 - N_d} = a + kt \dots \dots \dots (10)$$

Burada;

N_t : t anındaki nem

N_d : Denge nemi

N_0 : ilk nem

a : Kuruma başlangıcındaki ANO

k : Kuruma sabiti

t : Kuruma zamanını ifade etmektedir.

Kullanılan diğer modeller ise 11 ve 12 nolu eşitliklerde verilen exponential ve polinomial modellerdir.

$$\frac{N_t - N_d}{N_0 - N_d} = e^{-kt} \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{N_t - N_d}{N_0 - N_d} = a + bt + ct^2 \dots\dots\dots (12)$$

(k) değerlerini hesaplayabilmek için 11 nolu eşitlikte verilen exponential kurutma denkleminin her iki tarafında logaritması alınmış ve ilk ifade yerine (y) yazılarak eşitlik şu şekle dönüştürülmüştür.

$$\ln(y) = -kt \dots\dots\dots (13)$$

Denemelerde elde edilen değerler kullanılarak gerçekleştirilen regresyon analizleri sonucunda değişik kurutma ortamı, kurutma dönemleri, ürünlerin kurutmaya alınış şekilleri ve her ürün için ayrı ayrı (k) sabitleri hesaplanmıştır.

Sonuçta, kurutmayı en iyi ifade eden (yüksek belirtme katsayısına sahip) model uygulanarak tüm kurutma dönemleri için, kuruma sabiti (k) değerleri hesaplanmıştır.

4.2.1.7. Kurutulan Ürünlerin Rehidrasyon (Yeniden Nem Alma) Özelliklerinin Saptanması

Kurutulan ürünlerin niteliklerinin belirlenmesi için bir ölçü olarak yeniden nem alma özellikleri belirlenmiştir.

EL-SHIATRY ve ark.'nın belirttiği yöntemle göre denemelerde kurutulan ürünler 25°C sıcaklıktaki saf suda 40 dakika bekletilerek damıtılmıştır.

Damıtılan ürünlerin ağırlığı ile kuru ürünün ağırlığından yararlanılarak ürünün ulaştığı nem miktarı belirlenmiştir.

4.2.1.8. Değerlendirme Metodları

Fasülye, biber ve soğanın kuruma karakteristiklerini belirlemek amacıyla düzenlenen denemeler tesadüf parselleri deneme desenine uygun şekilde ve üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Denemeler;

Kurutma ortamı : Sera içi (S) - Sera dışı (D)

Ön işlem : Normal (N) - Kıyılmış (K)

Kurutma dönemi : 1. Dönem (28.07.1993 - 07.08.1993)

2. Dönem (17.08.1993 - 25.08.1993)

3. Dönem (10.09.1993 - 19.09.1993)

halinde yürütülmüştür.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde bazı istatistik yöntemlerden yararlanılmıştır (35). Kuruma sabitle-
rinin hesaplanması için yapılan regresyon analizlerinde
MINITAB; varyans analizlerin yapımında ise MSTAT istatistik
Paket Programından yararlanılarak faktöryel düzende varyans
analizi yapılmıştır.



5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Deneme Dönemlerindeki Meteorolojik Değerler

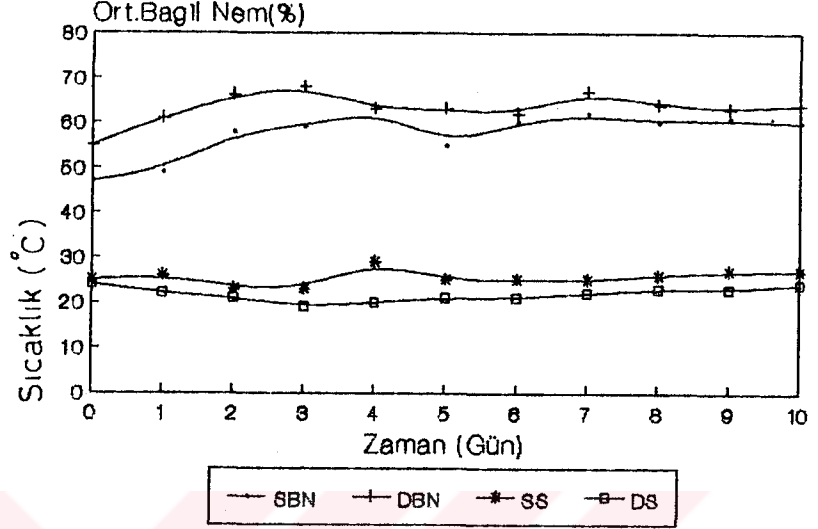
Kurutma denemeleri süresince ölçülen, kurutma serasının sıcaklık ve bağıl nem değerleri ile Tokat Devlet Meteoroloji İstasyonundan alınan dış ortama ait sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, güneş radyasyon intensitesi ve güneşlenme süresi değerleri deneme dönemlerine göre tablolar halinde verilmiştir (Çizelge 2, 3, 4). Ayrıca, sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi, Şekil 18, 19 ve 20'de verilmiştir.

Çizelge 2, 3 ve 4 den görülebileceği gibi, kurutma denemeleri devamlı değişen meteorolojik koşullar altında gerçekleşmesine rağmen dönemler arasında büyük bir farklılık yoktur.

Çizelge 2. Birinci döneme ait sera içi ve sera dışındaki meteorolojik veriler.

Tarih	Sıcaklık (°C)		Bağıl Nem (%)		Rüzgar Hızı (m/s)*	Güneş Radyasyon Intensitesi cal/cm ² gün*	Güneşlenme Süresi (h) *
	Si	SD*	Si	SD*			
28.07.1993	25	24	47	55	2.9	593.70	11.6
29.07.1993	26	22	49	61	3.1	589.20	11.6
30.07.1993	23	21	58	66	1.9	541.20	11.4
31.07.1993	23	19	59	68	2.5	474.60	8.5
01.08.1993	29	20	63	63	1.9	631.20	12.0
02.08.1993	25	21	55	63	2.0	413.10	5.4
03.08.1993	25	21	60	62	2.2	442.80	5.8
04.08.1993	25	22	62	67	3.2	409.20	8.6
05.08.1993	26	23	60	64	3.0	502.20	9.9
06.08.1993	27	23	61	63	2.3	552.90	11.4
07.08.1993	27	24	60	64	1.9	557.70	11.4
Dönem Ort.	26	22	58	63	2.4	518.89	9.8

* : Tokat Devlet Meteoroloji İstasyonu kayıtlarından alınmıştır.



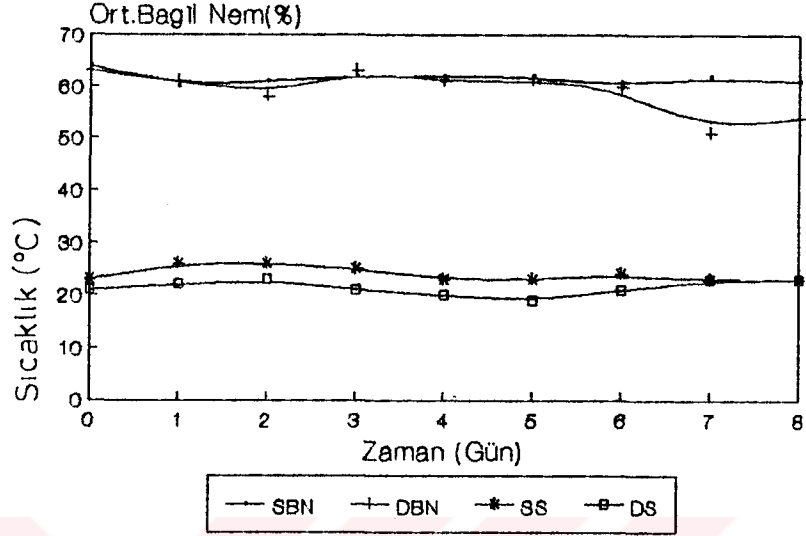
Bas.28.07.1993 Bit.07.08.1993

Şekil 18. Birinci kurutma döneminde sera içi ve sera dışındaki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi.

Çizelge 3. İkinci döneme ait sera içi ve sera dışındaki meteorolojik veriler.

Tarih	Sıcaklık (°C)		Bağıl Nem (%)		Rüzgar Hızı (m/s) *	Güneş Radyasyon Intensitesi cal/cm ² gün*	Güneşlenme Süresi (h) *
	SI	SD*	SI	SD*			
17.08.1993	23	21	64	63	1.7	410.40	5.4
18.08.1993	26	22	60	61	2.2	565.65	11.8
19.08.1993	26	23	61	58	2.8	530.10	11.3
20.08.1993	25	21	62	63	2.7	437.10	8.2
21.08.1993	23	20	62	61	2.7	432.90	19.6
22.08.1993	23	19	62	61	2.2	554.80	10.6
23.08.1993	24	21	60	60	2.0	570.75	11.6
24.08.1993	23	23	62	51	2.5	565.05	12.0
25.08.1993	23	23	61	54	2.0	537.60	11.8
Dönem Ort.	24	21	62	59	2.3	511.59	11.3

* : Tokat Devlet Meteoroloji İstasyonu kayıtlarından alınmıştır.



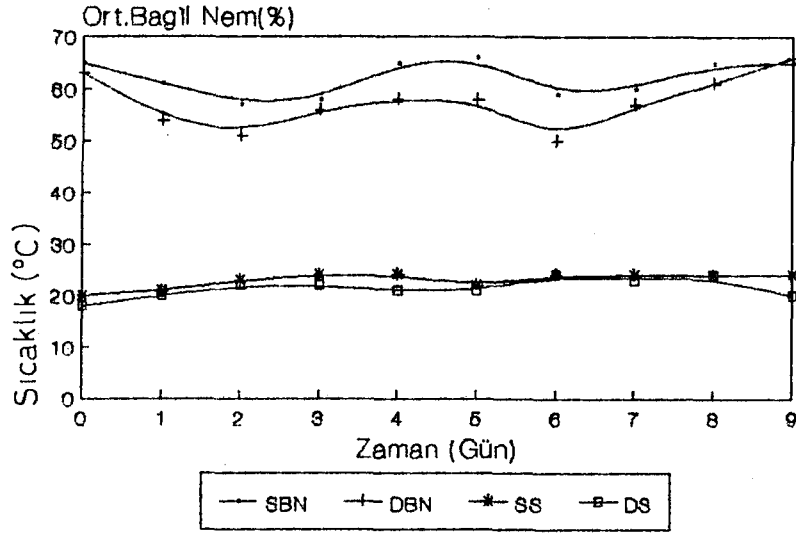
Bas.17.08.1993 Bit.25.08.1993

Şekil 19. İkinci kurutma döneminde sera içi ve sera dışındaki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi.

Çizelge 4. Üçüncü döneme ait sera içi ve sera dışındaki meteorolojik veriler.

Tarih	Sıcaklık (°C)		Bağıl Nem (%)		Rüzgar Hızı (m/s) *	Güneş Radyasyon Intensitesi cal/cm ² gün*	Güneşlenme Süresi (h) *
	Si	SD*	Si	SD*			
10.09.1993	20	18	65	63	1.0	500.00	10.1
11.09.1993	21	20	61	54	1.8	517.50	11.1
12.09.1993	23	22	57	51	1.5	499.10	11.2
13.09.1993	24	22	58	56	3.1	363.78	9.3
14.09.1993	24	21	65	58	1.9	478.29	11.1
15.09.1993	22	21	66	58	1.9	432.90	10.9
16.09.1993	24	24	59	50	2.5	462.30	10.5
17.09.1993	24	23	60	57	2.0	441.30	10.4
18.09.1993	24	24	65	61	1.0	444.30	10.5
19.09.1993	24	20	65	66	3.3	404.60	8.5
Dönem Ort.	23	22	62	57	2.0	454.41	10.4

* : Tokat Devlet Meteoroloji İstasyonu kayıtlarından alınmıştır.



Bas.10.09.1993 Blt.19.09.1993

Şekil 20. Üçüncü kurutma döneminde sera içi ve sera dışındaki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi.

Genelde günlük ortalama hava sıcaklığı sera içerisinde 20-29°C, sera dışında ise 18-24°C arasında değişmiştir. Ortalama sıcaklık değerleri birinci dönemden üçüncü döneme doğru azalma göstermektedir. Şekil 18, 19 ve 20'den de görüldüğü gibi sıcaklığa bağlı olarak değişen ortalama % bağıl nem değerleri de, sera içerisinde %47-65 ve dış ortamda %50-68 değerleri arasında değişmiştir.

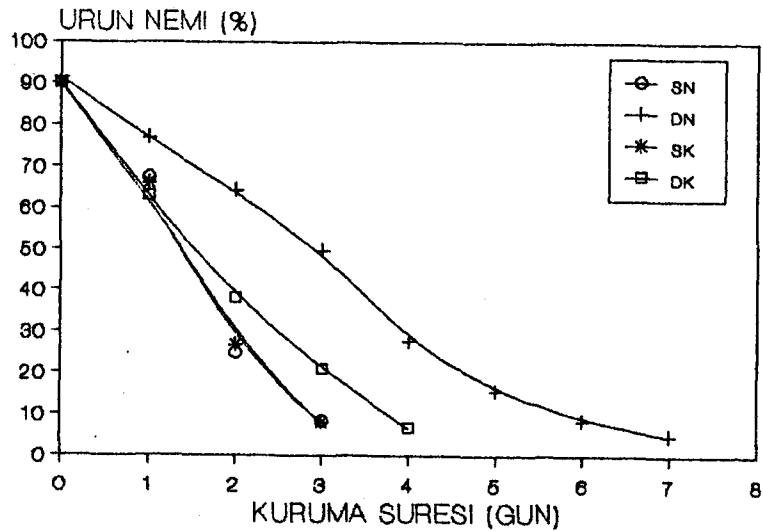
Birinci ve ikinci kurutma dönemlerinde sera içerisindeki bağıl nem değeri dış ortama göre daha düşüktür. Üçüncü dönemde ise dış ortama ait bağıl nem değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu dönemde, sera içindeki sıcaklık daha yüksek olduğu halde, bağıl nem değerinin de yüksek olmasının seranın bir bölümünde sulama yapılmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Güneş radyasyon intensitesi ve güneşlenme süresi değerleri arasında da çok büyük bir fark gözlenmemektedir. Dene- meler süresince günlük güneşlenme süresi minimum 5.4 h, maksimum 12 h olmuştur. Ortalama rüzgar hızı değerleri ise 1-3.3 m/s değerleri arasında değişmiştir.

5.2. Ürünlerin Kuruma Karakteristikleri

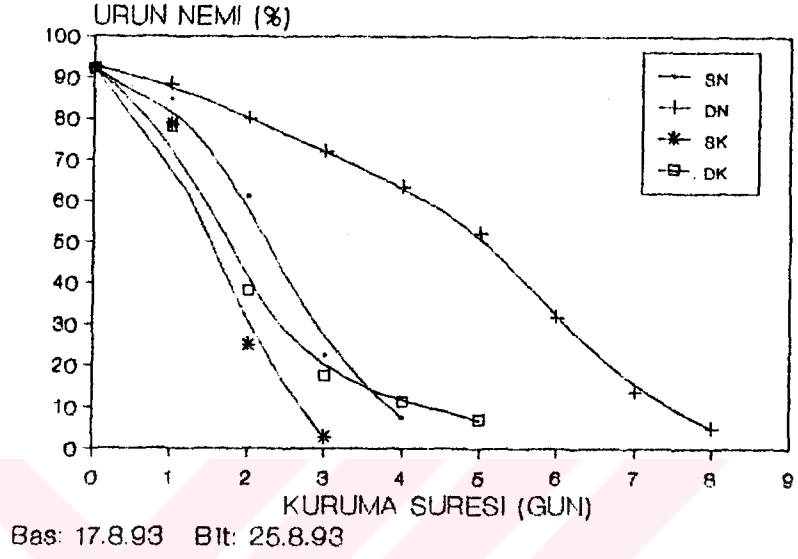
5.2.1. Fasülyenin Kuruma Karakteristikleri

Ek çizelge 1'in incelenmesi ile görülebileceği gibi, en hızlı kuruma sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü kuruma dönemlerinde gerçekleşmiştir. En kısa kuruma süresi; birinci dönemde sera içinde bütün ve kıyılmış ürünlerde 3 gün, ikinci kurutma döneminde sera içinde kıyılmış ürünlerde 3 gün ve üçüncü kurutma döneminde de sera dışında kıyılmış olarak kurutulan ürünlerde 3 gün olmuştur.

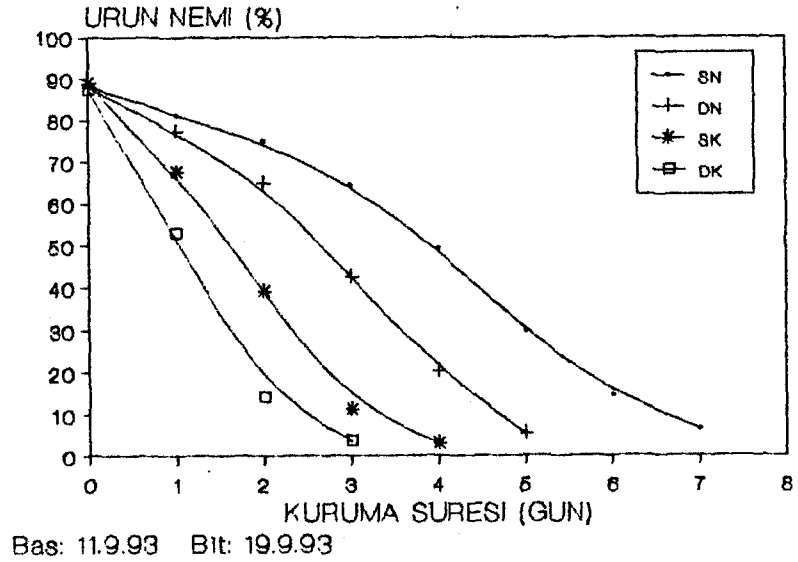


Bas: 28.07.1993 BİT: 04.08.1993

Sekil 21. Birinci deneme döneminde kurutulan fasülyelerin % nem değişimi



Sekil 22. İkinci deneme döneminde kurutulan fasülyelerin % nem değişimi



Sekil 23. Üçüncü deneme döneminde kurutulan fasülyelerin % nem değişimi

Ürün neminin zamana göre değişimini gösteren grafiklere bakıldığında, genelde sera içinde ve kıyılmış olarak kurutulan ürünlerin % nem miktarındaki azalmanın daha hızlı olduğu görülebilir (Şekil 21, 22 ve 23).

Kurutma ortamı, ürünün kuruma şekli (N-K) ve kurutma döneminin kuruma üzerine etkilerini belirlemek amacı ile günlere göre yapılan varyans analizi sonuçları çizelge 5 de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre; ürünün kuruma şeklinin ve deneme döneminin kuruma üzerine daha çok etkili olduğu belirlenmiştir. Ürünün kurumaya alındığı ilk gün ortamlar arasında (sera içi - sera dışı) fark görülmekle birlikte ikinci ve üçüncü günlerde ortamın kuruma üzerine önemli oranda etkili olduğu bulunmuştur. Değişkenler arasındaki ikili interaksiyonlar 0.01 seviyesinde, üçlü interaksiyon ise ikinci gün 0.05 ve üçüncü gün 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Cizelge 5. Kurutma dönemlerinin birinci, ikinci ve üçüncü günlerine göre ürünün % nem değerlerine ait varyans analizi tabloları.

VARYASYON KAYNAĞI	1. Gün			2. Gün		3. Gün	
	SD	KT	KO	KT	KO	KT	KO
Ortam (O)	1	24.3	24.3	525.6	525.6***	1973.0	1972.4*
Muamele (M)	1	1225.1	1225.1***	8174.3	8174.3***	9499.4	9499.4*
Dönem (D)	2	1454.8	727.4***	1182.1	591.0***	503.3	251.1
O x M	1	195.0	195.0***	620.1	620.1***	600.3	600.3
O x D	2	276.2	138.1***	3024.9	1512.4***	3953.6	1976.4
M x D	2	243.0	121.5***	1476.4	738.2***	1590.9	795.4
O x M x D	2	27.3	13.6	173.1	86.6*	1071.4	535.4
HATA	24	264.3	11.0	497.1	20.7	837.7	16.4
GENEL	35	3709.1		15673.5		18979.4	

* : $p \leq 0.05$ e göre önemli

** : $p \leq 0.01$ e göre önemli

Fasülyenin kurutulmasında, deneme dönemlerine göre kuruma sabitlerini belirleyebilmek için doğrusal, exponential ve polinomial modeller kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar çizelge 6 de verilmiştir.

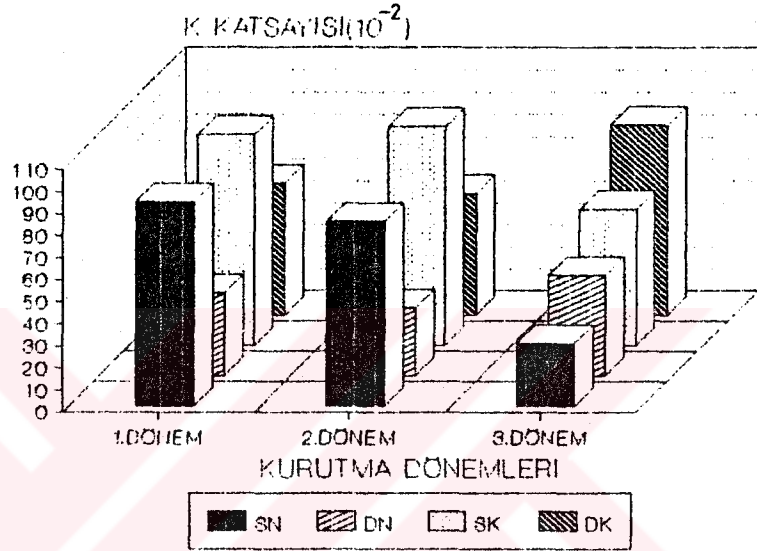
Çizelge 6. Fasülyenin kurutulmasında, Alınabilir Nem Oranı(y) değerlerini veren regresyon eşitlikleri

Dönem		Doğrusal			Polinomial				Exponential	
		$y = a - k.t$			$y = a - k_1 + k_2.t^2$				$y = e^{-k.t}$	
		a	k	R ²	a	k ₁	k ₂	R ²	k	R ²
1	SN	0.793	0.319	77.5	0.980	0.880	0.187	98.7	0.928	97.9
	DN	0.632	0.133	65.4	0.873	0.422	0.048	91.1	0.377	99.8
	SK	0.787	0.318	76.5	0.977	0.887	0.190	98.4	0.959	97.0
	DK	0.685	0.215	64.8	0.924	0.693	0.120	92.8	0.601	99.4
2	SN	0.820	0.245	84.6	0.996	0.597	0.088	99.8	0.539	98.7
	DN	0.691	0.107	77.0	0.913	0.297	0.024	96.4	0.307	93.1
	SK	0.828	0.329	83.0	0.993	0.824	0.165	99.8	0.995	95.8
	DK	0.650	0.169	63.8	0.915	0.566	0.080	94.2	0.555	99.4
3	SN	0.755	0.130	84.4	0.941	0.315	0.027	98.6	0.285	97.5
	DN	0.766	0.184	82.0	0.953	0.465	0.056	98.3	0.454	94.8
	SK	0.718	0.225	71.1	0.944	0.675	0.113	96.1	0.620	99.6
	DK	0.765	0.314	72.6	0.971	0.932	0.206	97.5	0.865	99.9

SN : Sera içi-Normal, SK : Sera içi-Kıyılmış
DN : Sera dışı-Normal, DK : Sera dışı-kıyılmış

Regresyon analizi sonuçlarına göre, daha yüksek belirtme katsayısı (R²) değerlerine sahip olan polinomial ve exponential modellerin kurumayı daha iyi ifade ettikleri görülmektedir. Exponential modelde, kurutma yöntemi ve kurutma dönemlerine göre, kuruma sabitlerinin (k) değişimi ise şekil 24 de verilmiştir.

Şekil 24 de görüldüğü üzere en hızlı kuruma 2. Dönemde sera içi kıyılmış örneklerde olmuştur.

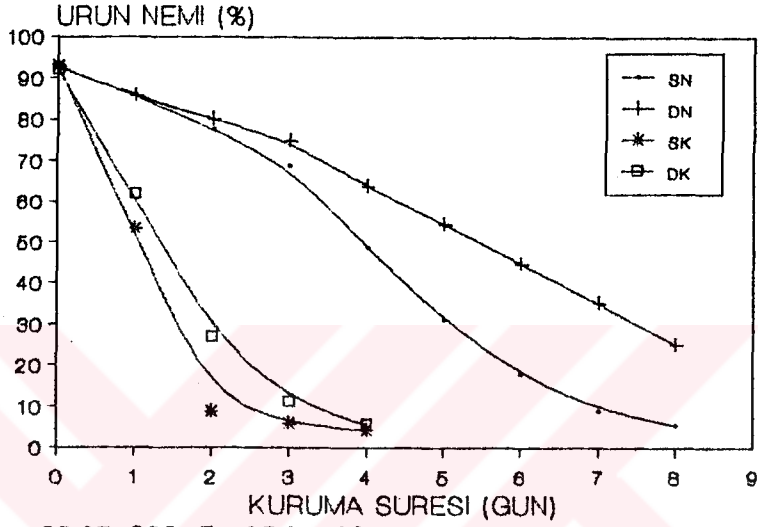


Şekil 24. Fasülyenin kurutulmasında (k) katsayılarının değişimi.

5.2.2. Biberin kuruma karakteristikleri

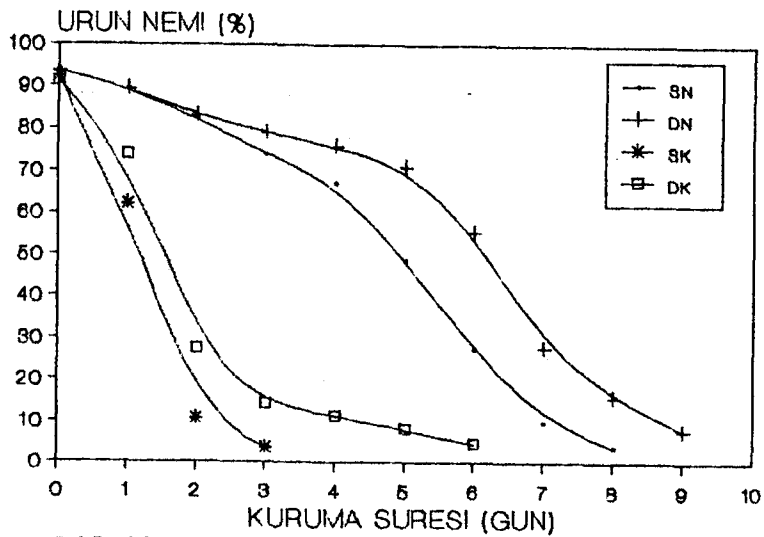
Ek çizelge 2 den görüldüğü gibi en kısa süreli kuruma ikinci kurutma döneminde sera içinde kıyılarak ve üçüncü dönemde sera dışında kıyılarak kurutulan ürünlerde 3 gün de gerçekleşmiştir. Kıyılmadan kurutulan ürünler ise sera içerisinde birinci ve ikinci dönemlerde 8, üçüncü dönemde de 9 günde kurumuşlardır. Sera dışında kurumanın en hızlı olduğu üçüncü kurutma döneminde, kıyılmadan kurutulan ürünler kurumayı 6 günde tamamlamışlardır.

Şekil 25, 26 ve 27 deki grafiklerin incelenmesiyle sera içinde ve kıyı olarak kurutulan ürünlerde, % nem miktarındaki azalmanın daha hızlı olduğu görülebilir.



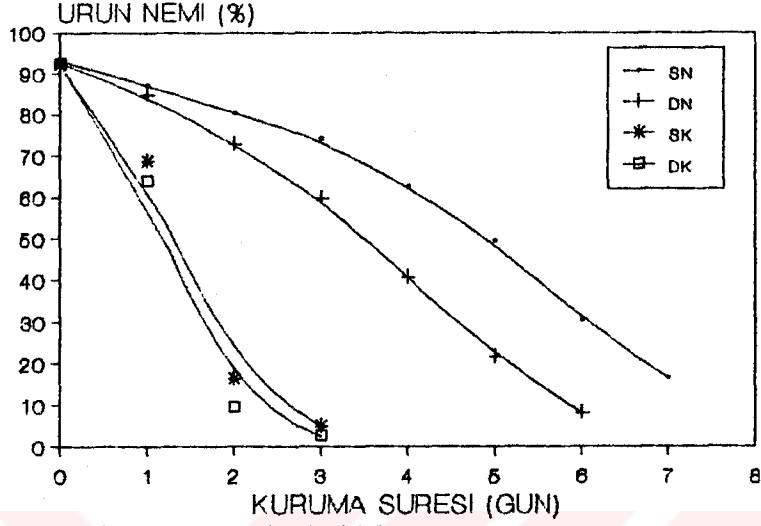
Bas: 28.07.1993 Bit: 05.08.1993

Şekil 25. Birinci deneme döneminde kurutulan biberlerin % nem değişimi



Bas: 17.08.1993 Bit: 26.08.1993

Şekil 26. İkinci deneme döneminde kurutulan biberlerin % nem değişimi



Bas: 10.09.1993 Bit: 19.09.1993

Sekil 27. Üçüncü deneme döneminde kurutulan biberlerin % nem değişimi.

Değişkenlerin kuruma üzerine etkilerini belirlemek amacıyla günlere göre yapılan varyans analizinin Çizelge 7 de verilen sonuçlarına bakıldığında; ürünün kuruma şeklinin kuruma üzerine daha çok etkili olduğu görülmektedir. Ürünün kurumaya alındığı ilk gün kurutma ortamı (sera içi-sera dışı), kurutma dönemi ve ürünün kuruma şekli (N-K) arasındaki etkileşimlerin kuruma üzerine etkisi olmamıştır. Kurutma ortamı sadece ikinci gün, dönem ise ikinci ve üçüncü günlerde etkili olmuştur.

Çizelge 7. Kurutma dönemlerinin birinci, ikinci ve üçüncü günlerine göre ürünün % nem değerlerine ait varyans analizi tabloları.

VARYASYON KAYNAĞI	1. Gün			2. Gün		3. Gün	
	SD	KT	KO	KT	KO	KT	KO
Ortam (O)	1	11.1	11.1	209.2	209.2***	27.4	27.4
Muamele (M)	1	5230.9	5230.9***	36460.6	36460.6***	37673.9	37673.9***
Dönem (D)	2	309.1	154.6	348.3	174.2***	330.0	165.0***
O x M	1	34.2	34.2	354.6	354.6***	69.1	69.1*
O x D	2	233.9	116.9	394.8	197.4***	458.2	229.1***
M x D	2	101.3	50.7	41.9	20.9	39.5	19.8
O x M x D	2	148.6	74.3	46.1	23.1	62.2	31.1
HATA	24	771.7	32.2	251.5	10.5	235.2	9.8
GENEL	35	6606.6		38107.0		38895.5	

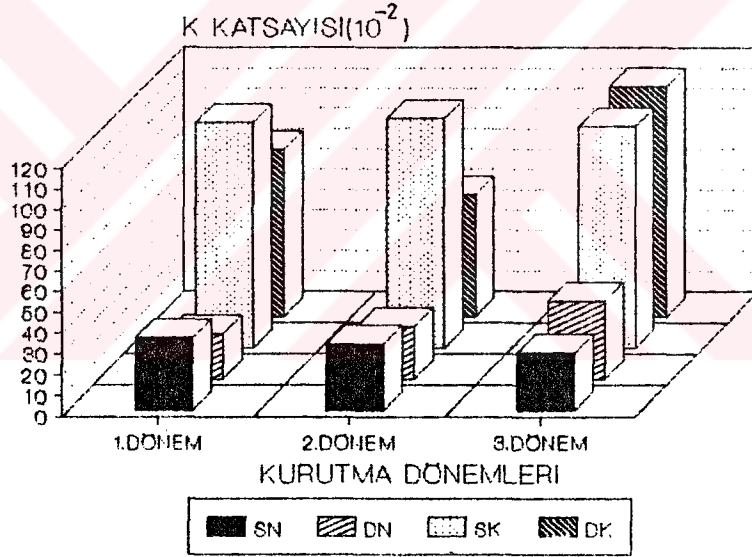
Biberin kurutulmasında, deneme dönemlerine göre kuruma sabitlerini belirleyebilmek için doğrusal, exponential ve polinomial modeller kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar çizelge 8 de verilmiştir.

Çizelge 8. Biberin kurutulmasında Alınabilir Nem Oranı (y) değerlerini veren regresyon eşitlikleri

Dönem		Doğrusal $y = a - k.t$			Polinomial $y = a - k_1 + k_2.t^2$				Exponential $y = e^{-k.t}$	
		a	k	R ²	a	k ₁	k ₂	R ²	k	R ²
1	SN	0.624	0.100	69.3	0.871	0.311	0.026	94.0	0.349	98.0
	DN	0.623	0.085	71.0	0.854	0.252	0.019	92.3	0.217	99.2
	SK	0.634	0.208	56.4	0.907	0.753	0.136	90.1	1.100	99.4
	DK	0.660	0.213	60.8	0.918	0.728	0.129	92.0	0.815	99.5
2	SN	0.679	0.106	76.1	0.905	0.299	0.024	96.3	0.320	95.1
	DN	0.641	0.080	75.2	0.854	0.222	0.014	93.6	0.252	94.3
	SK	0.753	0.312	70.4	0.969	0.958	0.215	97.2	1.120	99.5
	DK	0.569	0.127	54.8	0.858	0.473	0.058	88.6	0.594	98.8
3	SN	0.614	0.087	70.0	0.853	0.266	0.020	93.4	0.276	99.3
	DN	0.695	0.143	74.4	0.918	0.412	0.045	96.1	0.374	98.3
	SK	0.774	0.317	74.2	0.975	0.921	0.201	98.2	1.080	98.5
	DK	0.880	0.498	85.2	1.000	1.220	0.359	97.3	1.130	98.4

Çizelge 8'e bakıldığında, daha yüksek belirtme katsayısı (R^2) değerlerine sahip olan exponential modelin kurumayı daha iyi tanımladığı görülmektedir. Exponential modelde, kurutma yöntemi ve kurutma dönemlerine göre, kuruma sabitlerinin değişimi Şekil 28 de verilmiştir.

Şekil 28'in incelenmesiyle en hızlı kurumanın 2. dönemde sera içindeki kıyılmış ürünlerde olduğu görülecektir.



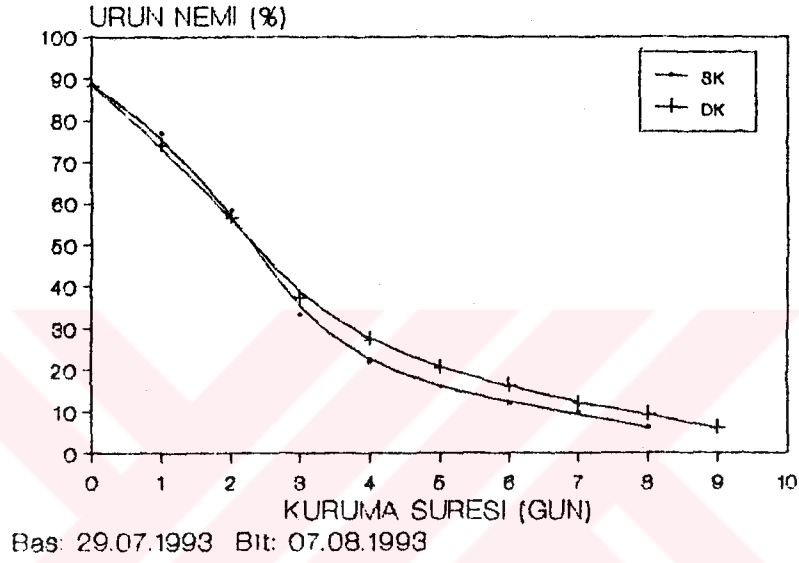
Şekil 28. Biberin kurutulmasında (k) katsayılarının değişimi.

5.2.3. Soğanın Kuruma Karakteristikleri

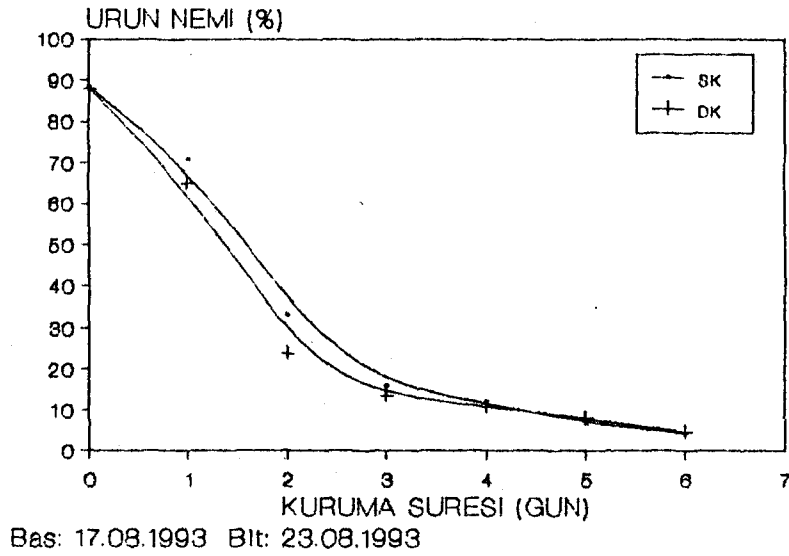
Soğan kurutma denemelerinde en kısa süreli kuruma üçüncü dönemde, sera içinde ve sera dışında 3 günde tamamlanmıştır. Kurumanın en uzun olduğu birinci dönemde ise sera içindeki

ürünler 8, sera dışındaki ürünler de 9 günde kurumuşlardır.

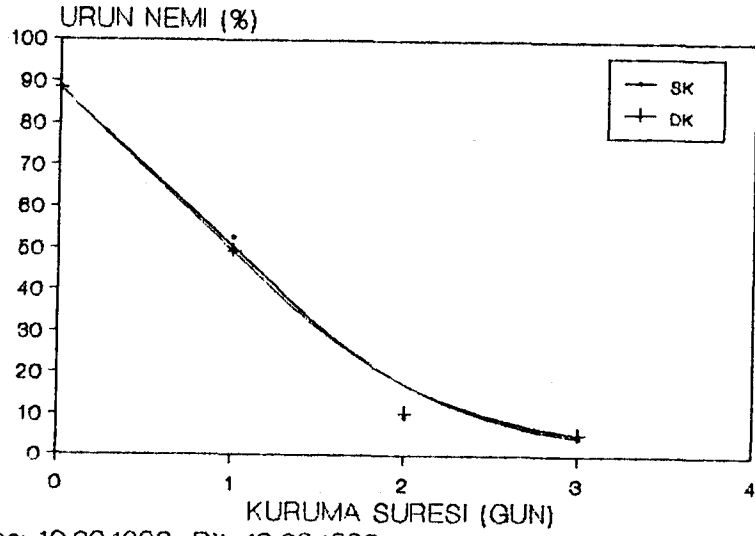
Sekil 29, 30 ve 31 de verilen ürün neminin zamana göre değişimini gösteren grafiklere bakıldığında kuruma ortamları arasında büyük bir farkın olmadığı görülebilir.



Şekil 29. Birinci deneme döneminde kurutulan soğanların % nem değişimi



Şekil 30. İkinci deneme döneminde kurutulan soğanların % nem değişimi



Bas: 10.09.1993 Bit: 13.09.1993

Şekil 31. Üçüncü deneme döneminde kurutulmuş soğanların % nem değişimi

Kuruma ortamı (sera içi-Sera dışı) ve kuruma döneminin kuruma üzerine etkilerini görebilmek amacıyla günlere göre yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 9 da verilmiştir. Elde edilen değerlerden, kuruma dönemlerinin kuruma üzerine büyük oranda etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 9. Kurutma dönemlerinin birinci, ikinci ve üçüncü günlerine göre ürünün % nem değerlerine ait varyans analizi tabloları.

VARYASYON KAYNAĞI	1. Gün			2. Gün		3. Gün	
	SD	KT	KO	KT	KO	KT	KO
Ortam (O)	1	71.0	71.0	52.2	52.2	3.4	3.4
Dönem (D)	2	1888.6	944.3***	6834.4	3417.2***	2852.0	1426.0***
O x D	2	6.2	3.1	86.2	43.1	28.6	14.3
HATA GENEL	12	289.5	24.1	288.7	24.1	186.1	15.5
	17	2255.3		7261.5		3070.1	

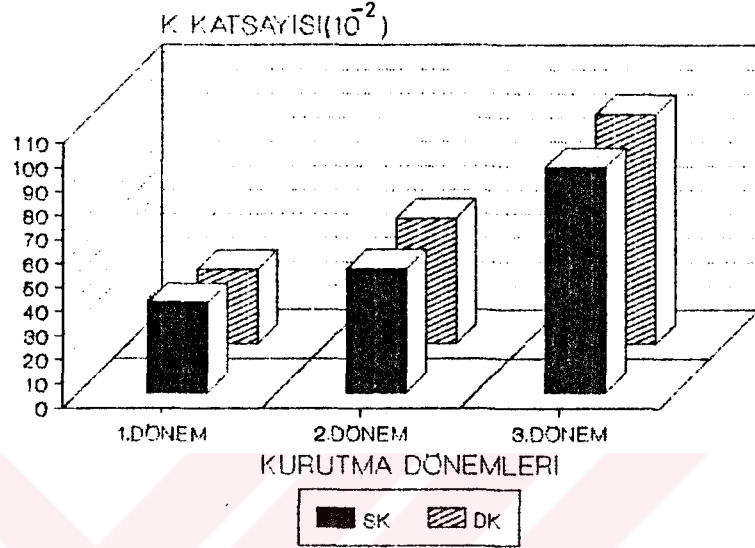
Soğanın kurutulmasında, deneme dönemlerine göre kuruma sabitlerini belirleyebilmek için doğrusal, exponential ve polinomial modeller kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 10 da verilmiştir.

Çizelge 10. Soğanın kurutulmasında, Alınabilir Nem Oranı (y) değerlerini veren regresyon eşitlikleri

Dönem		Doğrusal $y = a - k.t$			Polinomial $y = a - k_1.t + k_2.t^2$				Exponential $y = e^{-k.t}$	
		a	k	R ²	a	k ₁	k ₂	R ²	k	R ²
	SK	0.567	0.094	59.5	0.787	0.282	0.023	85.2	0.375	98.4
	DK	0.512	0.076	53.8	0.848	0.334	0.030	90.8	0.310	99.0
	SK	0.596	0.132	59.0	0.876	0.467	0.056	91.1	0.516	99.4
	DK	0.566	0.126	54.3	0.852	0.468	0.057	87.8	0.524	98.4
	SK	0.757	0.313	71.0	0.970	0.952	0.213	97.4	0.940	99.7
	DK	0.749	0.311	69.5	0.967	0.964	0.218	96.8	0.956	99.9

Soğan kurutma denemeleri için yapılan regresyon analizlerinin sonuçları incelendiğinde fasülye ve biberde de olduğu gibi, belirtme katsayısı değerleri (R²) en yüksek olan exponential modelin kurumayı en iyi tanımlayan model olduğu görülmektedir. Exponential modelde, kurutma yöntemi ve kurutma dönemlerine göre, kuruma sabitlerinin (k) değişimi ise Şekil 32 de verilmiştir.

Şekil 32 de görüldüğü gibi en hızlı kuruma 3. dönemde sera içi ve sera dışında gerçekleşmiştir

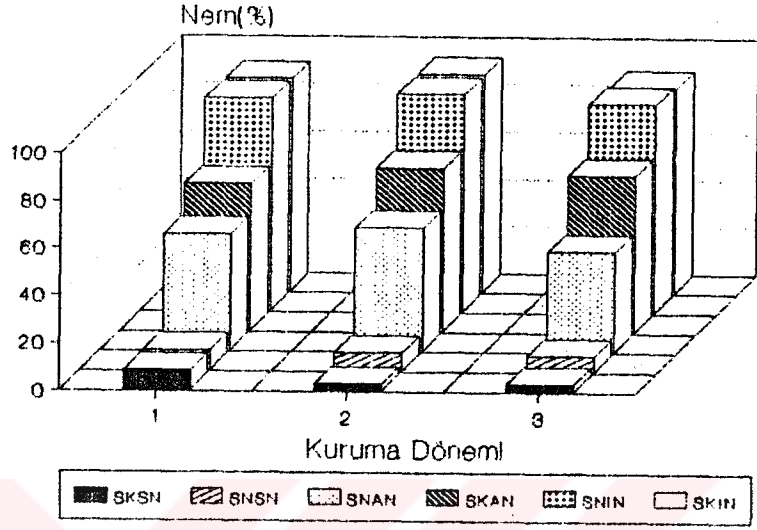


Sekil 32. Soğanın kurutulmasında (k) katsayılarının değişimi.

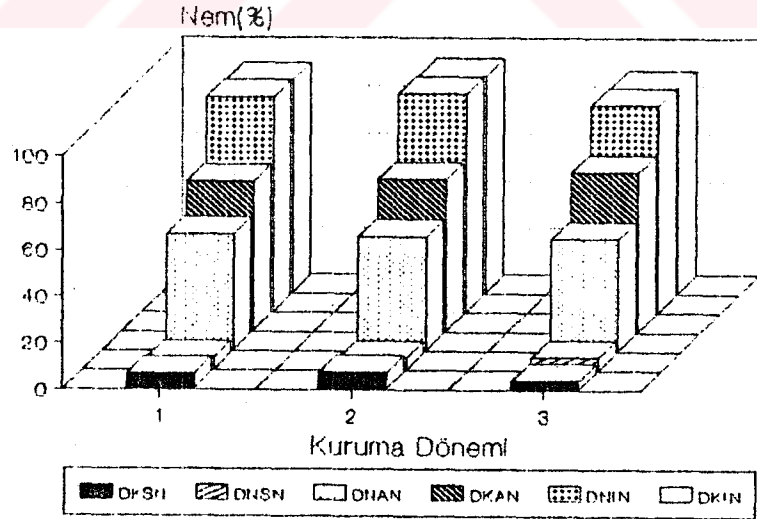
5.3. Kurutulan Ürünlerin Rehidrasyon (Yeniden Nem Alma) Özellikleri

5.3.1. Fasülyenin Rehidrasyon Özelliği

Kurumuş ürünlerin yeniden nem alma durumlarını incelemek amacıyla yapılan denemelerin sonuçları Şekil 33 ve 34 de görülmektedir. Sera içinde ve sera dışında kurutulan ürünler arasında nem alma bakımından büyük bir fark görülmemektedir. Fakat, kıyıldıktan sonra kurutulan ürünler daha çok nem almaktadırlar. Kıyılmadan bütün olarak kurutulan ürünler, nemlendirme sonucunda, %42-52 nem değerine ulaştıkları halde, kıyılmış olarak kurutulan ürünlerin nemi %69 değerine kadar yükselmıştır.



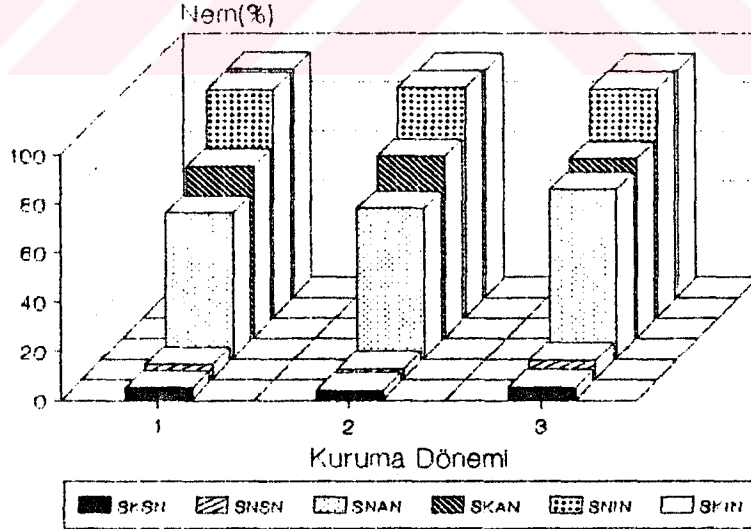
Şekil 33. Sera içerisinde kurutulan fasülyelerin yeniden nem alma durumları.



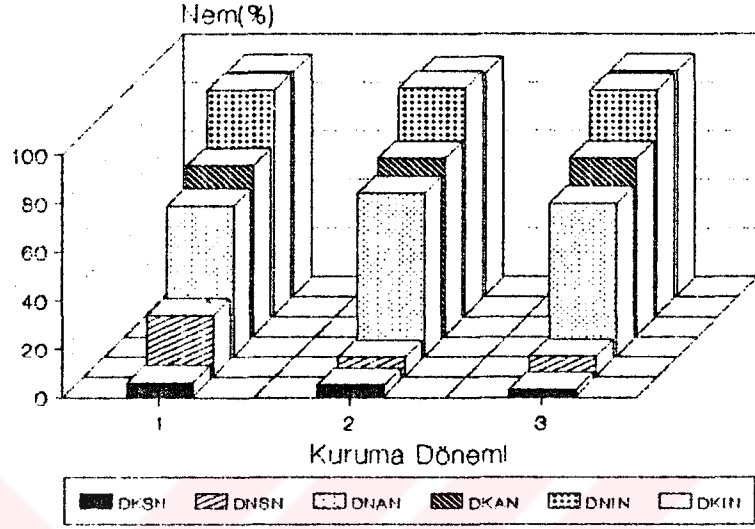
Şekil 34. Sera dışında kurutulan fasülyelerin yeniden nem alma durumları

5.3.2. Biberin Rehidrasyon Özelliği

Kurutulmuş ürünlerin yeniden nem alma özelliklerini belirlemek için yapılan denemelerin sonuçları Şekil 35 ve 36 de verilmiştir. Şekil 35 ve 36 de görülen grafikler incelendiğinde sera içi ve sera dışı arasında nem alma bakımından büyük bir fark yoktur. Ancak, fasülyede olduğu gibi kıyılmış olarak kurutulan ürünler daha çok nem almaktadırlar. Kıyılmadan bütün olarak kurutulan ürünler nemlendirme sonunda maksimum % 69 nem değerine kadar ulaştıkları halde, kıyıldıktan sonra kurutulan ürünler maksimum % 74 neme kadar yükselmiştir.



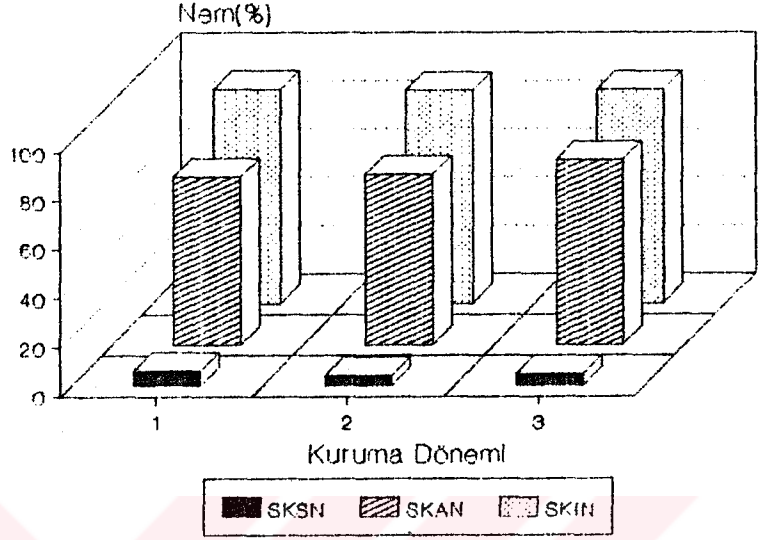
Şekil 35. Sera içerisinde kurutulan biberlerin yeniden nem alma durumları



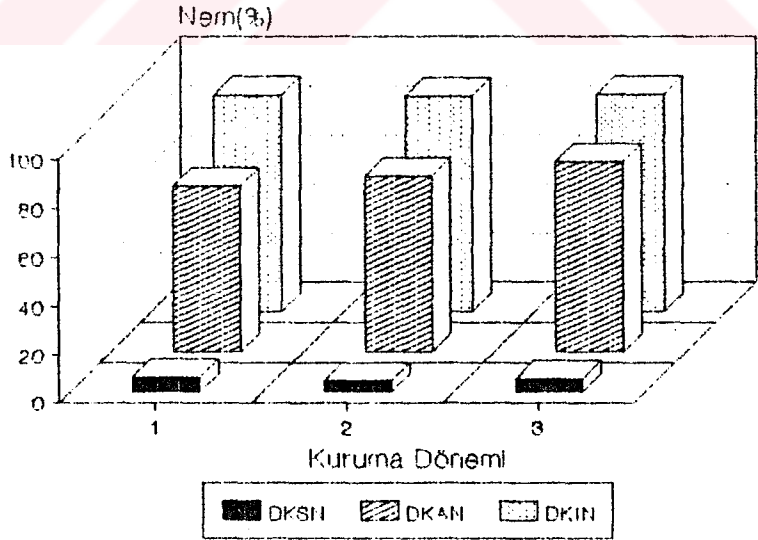
Şekil 36. Sera dışında kurutulan biberlerin yeniden nem alma durumları.

5.3.3. Soganın Rehidrasyon Özelliği

Şekil 37 ve 38 de verilen grafiklere bakıldığında, sera içi ve sera dışında kurutulan ürünün aldığı nem değerleri arasında büyük bir farkın olmadığı görülmektedir. Yeniden nem alma özelliği bakımından en iyi durumda olan dönem üçüncü dönemdir. Bu dönemde sera içinde kurutulan ürünlerin nem değeri %78 ve sera dışında kurutulan ürünlerin ki ise %76 olmuştur.



Sekil 37. Sera içerisinde kurutulan soğanların yeniden nem alma durumları.



Sekil 38. Sera dışında kurutulan soğanların yeniden nem alma durumları

6. ÖZET

Bu çalışmada; sera içinde ve dış ortamda gerçekleştirilen denemeler ile fasülye, biber ve soğanın kuruma karakteristikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Fasülye ve biber bütün ve kıyılmış halde, soğan ise sadece kıyılarak kurutulmuştur. Denemeler 27.08.1993 - 19.10.1993 tarihleri arasında 3 dönem halinde yapılmıştır.

Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Sera içindeki hava sıcaklığının yüksek ve buna bağlı olarakta bağıl neminin düşük olması, materyalden uzaklaşan nem miktarını artırmakta ve bunun sonucunda da kuruma süresi kısalmaktadır.

- Sera içinde kurutulan kıyılmış ürünlerin kuruma süresi 3 - 4 gün iken, sera dışında kurutmada bu süre 6 güne kadar çıkmıştır.

- Kıyılarak kurutulan ürünlerin kuruma süreleri normal olarak denemeye alınan ürünlere göre daha kısadır. Örneğin; 2. dönem kurutma denemelerinde, 2. gün sonunda sera içinde normal olarak kurutulan fasülyelerin nem içeriği % 61.04, kıyılmış ürünlerin nem içeriği ise % 25.04 olmuştur. Yine, normal olarak kurutulan biber örneklerinin nem içeriği % 82.24 iken kıyılmış olanların ki % 10.57'dir.

- Her ürün için ayrı ayrı kuruma sabitleri hesaplanmış ve denemelere göre kurumayı en iyi tanımlayan model belirlen-

miştir. Uygulanan doğrusal, exponential ve polinomial modeller arasında, kurumayı en iyi exponential modelin ifade ettiği görülmüştür.

- Sera içinde ve kıyılmış olarak kurutulan ürünlerin rehidrasyon (yeniden nem alma) özelliklerinin daha iyi olduğu anlaşılmıştır.



SUMMARY

In this study, the drying characteristics of the bean, pepper and onion were investigated by the drying experiments carried out in the greenhouse type dryer and outside by exposing to direct sunlight. The bean and peppers have been dried as whole and sliced the onions sliced only. Trials have been carried out between 27 th. August 1993 - 19 th. October 1993 in three stages.

The results can be summarized as follows:

- As the temperature of drying air increased and the relative humidity of drying air decreased in the greenhouse, the vaporization of the moisture from the material was accelerated. Hence, the drying time were decreased in the greenhouse.

- The drying process of the sliced samples in the greenhouse has lasted 3 - 4 days, while it was 6 days for the control samples which were exposed to direct sunlight.

- The duration of the drying at the sliced samples is shorter than of those dried normally. For instance, at the second day of the second stage, the moisture content of the sliced and whole bean samples were found as 25.4 % and 61.04 % respectively. Similarly, the moisture content of the sliced and whole pepper samples were found as 10.5 % and 82.24 %.

- The changes in moisture content of samples with respect to drying time were expressed to thin layer drying

theory for better expression of drying data. The drying rate constant values were calculated for bean, pepper and onion samples. The exponential and polynomial models applied, has been found to define drying data better.

- The rehydration characteristics of sliced products in the greenhouse have been found better.



LİTERATUR LİSTESİ :

1. AKYURT, M.;K. SELÇUK, 1973. Sürekli Kurutma Yapabilen Bir Güneşli Kurutucu. Mühendis ve Makina, Cilt 17. sayı 191.
2. AKYURT, M.; E. SEVİLİR; E. SÖYLEMEZ; K. SELÇUK, 1976. Güneş Enerjisi ve Bazı Yakıtlarla Meyve ve Sebze Kurutulması. TÜBİTAK, Proje No.: TOAG-97, Yayın No.: 299, Ankara.
3. ANONYMOUS, 1993. Türkiye İstatistik Yıllığı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
4. ATAGUNDUZ, G.; A. Ç. GURSES, 1980. Panjurlu Güneş Kolektörleri ile Çekirdeksiz Üzüm Kurutulması. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 2, Sayfa 33-37.
5. BERRY, R. E.; C. J. WAGNER; R.L. COLEMAN, 1979. Solar Drying Of Southeastern Fruits And Vegetables. (In "Changing Energy Use Futures"), Winter Haven. Florida. pp. 1871-77.
6. BHIDE, V.G.;M. G. TAKWALE; R. S. PAWAR; R. HENRIKSSON; L. SVENSON,1987. Solar Drying Of Agricultural Products. Food Science and Techn. Abstracts No.: 20, 1988.
7. BOLIN, H. R.; A. E. STAFFORD; C. C. HUXSOLL,1980. Solar Trough Dryer. Solar Energy, Vol. 22, pp. 455-457.
8. BOLIN, H. R.; B. K. SALUNKHE, 1982. Food Dheydration By Solar Energy. CRC, Critical Reviews In Food Science And Nutrition, 4, 327-384.
9. BRYAN, W. L.; C. J. WAGNER Jr.; R. E. BERRY, 1978. Fruit Drying With Direct Augmented By Fossil Energy. Trans. Of ASAE, 21 (6), 1232-1236+1241
10. CEMEROĞLU, B.;J. ACAR, 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi.Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No.: 6, Ankara
11. COMBES, C.; M. DAGUENET, 1983. Modelisation Informatique d'un Systeme de Sechage Solaire Pour Fruits et Legumes. Rev. Gen. Therm. Vo.: 22, No.: 258-259, pp.: 489-503.
12. DEMİR, S. 1983. Sampiyon Mantarlarının Kuruma ve Rehidrasyon Karakteristikleri. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi), 49 s, Bornova-izmir.

13. DEMİR, S. 1989. Bazı Meyvelerin Sera İçerisinde Kuruma Karakteristikleri. E.U. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Doktora Tezi), 90 s, Bornova-İzmir.
14. EISEN, W.; W.MUHLBAUER; H.D. KUTZBACH, 1984. Solar Drying Of Grapes. Drying Technology 3 (1), pp.:63-74.
15. EL-SHIATRY, M. A.; J. MULLER; W. MUHLBAUER, 1991. Drying Fruits and Vegetables With Solar Energy In Egypt. AMA. Vol.: 22, No.: 4, pp. 61-64.
16. ERDOĞAN, D., 1989. Doğal Dolasımlı Küçük Tip Güneşli Ürün Kurutucular Üzerinde Yapılan Çalışmalar. Tarımsal Mekanizasyon 12. Ulusal Kongresi, Bildiriler Kitabı, s.: 66-75, 1-2 Haziran, Tekirdağ.
17. ERGÜNEŞ, G., 1990. Çekirdeksiz Üzümün Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. E.U. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Bornova-İzmir.
18. GEREGORIO, G. B.; I. V. ALCORDO JR., 1981. Development Of Pyramidal Solar Dryer For Agricultural Products. CMU Journal Of Agriculture, Food And Nutrition. Vol.:3, No.: 2, pp. 156-167.
19. GUPTA, S. C., 1978. Dehydration Of Fruits And Vegetables Using Solar Energy. Food Science And Tech.Abstacts, No.:11, 1979.
20. GUNGÖR, A., 1985. Çekirdeksiz Üzümün Değişik Kurutma Koşullarındaki Kütle Transferi Katsayılarını Veren İfadelerin Teori Ve Deney Sonuçlarından Yararlanılarak Türetilmesi. E.U. Güneş Enerjisi Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi), İzmir.
21. KALRA, S. K.; K.C. BHARDWAJ, 1981. Use Of Simple Solar Dehydrator For Drying Fruit And Vegetable Products. Food Science And Tech. Abstracts, No.: 15(10), 1983.
22. KARACALI, İ., 1986. Meyve ve Sebze Değerlendirme. E.U. Ziraat Fakültesi Yayınları, Teksir No.: 31-11, İzmir.
23. KARAGÜLLE, N.; G. ATAGÜNDOZ, 1972. Güneş Enerjisinden Faydalanarak Kurutma Metodları. E.U. Mühendislik Bilimleri Fakültesi (Yayınlanmamış Diploma Çalışması), İzmir.
24. KARAGÜLLE, N.; G. ATAGÜNDOZ, 1980. Güneş Enerjisi İle Çalışan Kurutma Evinde Kırmızı Biberin Kurutulması. TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No.:489, İzmir.

25. KAYNAS, K.; T. TÜRKES, 1989. Kontrollü Koşullarda Soğan ve Sarmısak Yumrularının Kurutulması ve Olgunlaştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 12. Ulusal Kongresi, Bildiriler Kitabı, s.: 131-139, 1-2 Haziran, Tekirdağ.
26. KHOLLIEV, B.; T. SADIKOV; B. KHAIRITIDINOV; B. SADIKOV, 1982. On The Investigation Of A Solar Hothouse/Fruit Dryer. Applied Solar Energy, Vol.: 18, No.: 3, pp. 78-81.
27. KHURDIYA, D. S.; S. K. ROY, 1986. Solar Drying Of Fruits And Vegetables. Food Science And Technology Abstract. No.: 20(9), 1988.
28. KRISCHER, O.; W. KAST, 1978. Trocknungstechnik. Ester Band, Springer-Verlag, Berlin,
29. MALVIVA, M.K.; R. SR. GUPTA, 1988. Design And Development Of A Natural Convection Solar Dryer. Horticultural Abstracts, vol. 58, No.: 11.(7193).
30. MIRZAEV, M. M.; G. G. UMAROV; Z. TAIROV, 1985. Use Of Solar Energy To Dry Fruit And Grapes. Food Science And Techn. Abstract. No.: 18. 1986
31. MÜLLER, J.; G. REISINGER; J. KISGECI; E. KOTTA; M. TESIC; W. MÜHLBAUER, 1989. Development Of A Greenhouse Type Solar Dryer For Medicinal Plants And Herbs. Solar And Wind Technology, Vol.:6, No.: 5, pp.: 523-530.
32. MÜLLER, J.; T. CONRAD; M. TESIC; J. SABO, 1993. Drying Of Medicinal Plants In A Plastic-House Type Solar Dryer. International Symposium On Medicinal And Aromatic Plants. 22-25 March, Israel.
33. PRICE, R. L.; C. D. SANDS; D. L. LARSON; E. A. MIELKE; G.R. DUTT, 1979. Fruit dehydration Using Greenhouse-Like Structures As Solar Heat Collectors. Food Science And Tech. Abstr. No.: 13(3).
34. PRICE, R.; E. A.B MIELKE; G.R. DUTT; D. L. LARSON; C.D. SANDS II, 1980. Fruit Dehydration Utilizing Greenhouse-Like Structure As Solar Collectors, Solar Energy In Food Industry, Final Report, U. Of Arizona, U.S.A.
35. PUSKÜLCÜ, H.; F. İKİZ, 1986. İstatistige giriş. E.Ü. Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, Yayın No.: 1, Bornova-İzmir.
36. RAOUZEOS, G. S.; G. D. SARAVACOS, 1986. Solar Drying Of Raisins. Drying Technology 4(4), pp. 633-649.

37. SADAGHIAN, E., 1992. Bandırılmış Çekirdeksiz Üzümün Farklı Kuruma evrelerindeki Difüzyon Katsayısının Belirlenmesi. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 60s, Bornova-İzmir.
38. TUNCER, İ. K., 1990. Kurutmada Yeni Teknolojiler Yüksek Frekanslı Mikrodalgayla Sebze Kurutma Üzerine Bir Araştırma. 4. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Bildiri Kitabı, 1-4 Ekim, Adana.
39. UZ, E., 1978. Tarımsal Ürünleri Kurutma ve Soğutma Tekniği. E.Ü. Ziraat fakültesi Yayınları, No.:267, Bornova-İzmir.
40. WAGNER, C. J.; R. L. COLEMAN; R. E. BERRY, 1979. A Low Cost, Small-Scale Solar Dryer For Florida Fruits And Vegetables. Food Science And Technology Abstract No.:13(10), 1981.
41. WILHELM, L. R.; D. R. PERRIN; D. J. BARBER, 1988. Evaluation Of Methods For Moisture Content Determination In Snap Beans. Transaction Of The ASAE. Vol. 31(3), pp. 956-961
42. YAĞCIOĞLU, A., 1981. Tavuk Gübresinin Değişik Hava Koşullarında Kuruma Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. (Yayınlanmamış Doçentlik Tezi), Bornova-İzmir.
43. YAĞCIOĞLU, A., 1986. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Ders Notları), Bornova-İzmir.
44. YAVUZCAN, G., 1974. Ziraate Doğal Enerji Kaynakları. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı: 181, Ankara
45. YILDIZ, Y.; İ. K. TUNCER; A. BASTANÇELİK, 1989. Dane Mısırın Düşük Sıcaklıkta Kurutulmasında Enerji Tüketimi. Tarımsal Mekanizasyon 12. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, s.: 44-52, Tekirdağ.



E K L E R



EK ÇİZELGELER

Ek Çizelge 1. Fasülye örneklerinin ağırlık kaybına göre belirlenen % nem (yb) değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0	89.85	89.89	91.17	90.09
	1	67.32	65.89	76.74	62.76
	2	24.75	26.74	64.11	38.02
	3	8.29	8.09	49.53	20.96
	4			27.73	6.60
	5			15.60	
	6			8.35	
	7			4.93	
2	0	91.92	92.13	92.63	92.05
	1	84.67	78.63	88.24	77.72
	2	61.04	25.04	79.66	37.87
	3	22.44	2.75	71.96	17.35
	4	7.43		63.45	11.12
	5			52.19	6.97
	6			31.71	
	7			13.73	
	8			5.01	
3	0	88.16	86.85	87.91	87.16
	1	81.08	67.52	77.12	52.67
	2	74.93	39.10	64.78	14.00
	3	64.27	11.19	42.43	3.65
	4	49.15	3.08	20.29	
	5	29.58		5.36	
	6	14.64			
	7	6.56			

Ek Cizelge 2. Biber örneklerinin ağırlık kaybına göre belirlenen % nem (yb) değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0	92.90	92.90	92.60	92.04
	1	85.94	53.39	85.71	61.91
	2	77.61	8.84	80.05	26.86
	3	68.83	5.95	74.90	11.17
	4	48.68	4.32	63.79	5.67
	5	31.16		54.50	
	6	17.92		44.85	
	7	9.05		35.23	
	8	5.61		25.07	
2	0	93.67	92.41	93.61	91.13
	1	89.29	62.05	89.31	73.68
	2	82.24	10.57	83.01	27.27
	3	73.91	3.53	79.04	14.10
	4	67.11		75.75	11.23
	5	48.69		71.03	8.00
	6	27.28		55.38	4.49
	7	9.89		22.76	
	8	3.82		15.78	
	9			7.78	
3	0	93.20	92.22	92.50	92.28
	1	87.11	68.73	84.81	63.75
	2	80.22	16.34	72.64	9.46
	3	74.07	4.92	59.79	2.67
	4	62.36		40.64	
	5	49.37		21.60	
	6	30.36		8.12	
	7	16.52			
	8	9.71			
	9	7.44			

Ek Cizelge 3. Soğan örneklerinin ağırlık kaybına göre belirlenen % nem (yb) değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0		88.52		88.34
	1		77.01		74.02
	2		58.10		56.43
	3		33.22		37.41
	4		21.98		27.32
	5		15.95		20.44
	6		12.02		16.13
	7		9.53		12.00
	8		6.10		9.24
	9				6.04
2	0		88.18		87.84
	1		70.69		65.06
	2		33.18		23.79
	3		16.03		13.88
	4		11.84		10.78
	5		6.65		8.00
	6		4.11		4.48
3	0		88.49		88.55
	1		52.64		49.35
	2		9.48		10.43
	3		4.62		5.33

Ek Çizelge 4. Fasulye örneklerinin Alınabilir Nem Oranı değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1	0.22544	0.20987	0.31671	0.18153
	2	0.02803	0.03205	0.16956	0.06307
	3	0.00083	0.00056	0.09128	0.02458
	4			0.03215	0.00308
	5			0.01381	
	6			0.00470	
	7				
2	0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1	0.48442	0.31291	0.59547	0.29838
	2	0.13591	0.02655	0.30898	0.04872
	3	0.02338	0.00037	0.20116	0.01407
	4	0.00496		0.13484	0.00671
	5			0.08337	0.00236
	6			0.03328	
	7			0.00890	
	8			0.00040	
3	0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1	0.57341	0.25742	0.46013	0.15822
	2	0.39841	0.07627	0.24819	0.01731
	3	0.23778	0.01121	0.09563	0.00122
	4	0.12545	0.00067	0.02885	
	5	0.05169		0.00146	
	6	0.01814			
	7	0.00447			

Ek Cizelge 5. Biber örneklerinin Alınabilir Nem Oranı değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1	0.46497	0.08381	0.47697	0.13639
	2	0.26191	0.00335	0.31760	0.02705
	3	0.16537	0.00076	0.23504	0.00606
	4	0.03870	0.00063	0.13692	0.00036
	5	0.03065		0.09166	
	6	0.01266		0.06079	
	7	0.00355		0.03917	
	8	0.00047		0.02236	
2	0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1	0.56243	0.13196	0.56823	0.26747
	2	0.31141	0.00704	0.33031	0.02987
	3	0.18965	0.00032	0.25384	0.00921
	4	0.13598		0.20944	0.00552
	5	0.06205		0.16336	0.00164
	6	0.02319		0.08032	0.00227
	7	0.00522		0.02154	
	8	0.00048		0.00804	
	9			0.00097	
3	0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1	0.49128	0.18211	0.45014	0.14301
	2	0.29342	0.01247	0.21161	0.00397
	3	0.20563	0.00031	0.11646	
	4	0.11778		0.05110	
	5	0.06787		0.11778	
	6	0.02840		0.00253	
	7	0.01097			
	8	0.00435			
	9	0.00236			

Ek Cizelge 6. Soğan örneklerinin alınabilir nem oranı değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0		1.00000		1.00000
	1		0.42980		0.37128
	2		0.17313		0.16461
	3		0.05687		0.07185
	3		0.02866		0.04235
	4		0.01664		0.02652
	5		0.00969		0.01793
	6		0.00560		0.01049
	7		0.00032		0.00589
8				0.00090	
2	0		1.00000		1.00000
	1		0.31889		0.25327
	2		0.06049		0.03742
	3		0.01925		0.01639
	4		0.01162		0.01077
	5		0.00311		0.00605
	6		0.00072		0.00047
3	0		1.00000		1.00000
	1		0.14071		0.12096
	2		0.00916		0.00940
	3		0.00181		0.00157

Ek Cizelge 7. Fasülye örneklerinin % ağırlık azalması değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	1	30.69	34.70	38.11	27.14
	2	13.46	13.91	24.82	16.37
	3	11.04	11.00	17.68	12.67
	4			15.92	10.65
	5			12.31	
	6			10.50	
	7			9.66	
2	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	1	52.81	36.86	62.98	36.17
	2	20.98	10.51	36.34	12.94
	3	10.50	8.09	26.25	9.72
	4	8.76	8.07	20.25	9.04
	5		7.95	15.54	8.63
	6			10.82	
	7			8.55	
	8			7.78	
3	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	1	62.83	40.61	62.98	36.17
	2	47.59	21.66	36.34	12.94
	3	33.72	14.85	26.25	9.72
	4	23.87	13.59	20.25	
	5	17.17		15.54	
	6	13.96		10.82	
	7	12.67		8.55	

Ek Çizelge 8. Biber örneklerinin % ağırlık azalması değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	1	50.80	15.66	51.81	21.35
	2	32.11	7.79	37.07	10.80
	3	23.22	7.55	29.49	8.89
	4	14.09		20.41	
	5	10.47		16.25	
	6	8.73		13.38	
	7	7.83		11.41	
	8			9.88	
2	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	1	59.24	20.57	59.85	20.60
	2	35.82	8.49	37.85	9.66
	3	24.03	7.85	30.72	8.13
	4	19.52		26.60	7.86
	5	12.62		12.30	
	6	8.84		11.64	
	7	7.04		9.62	
	8	6.59		7.65	
	9			6.90	
3	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	1	52.74	25.24	49.34	22.65
	2	34.40	9.37	27.46	8.54
	3	26.26	8.19	18.76	7.93
	4	18.14		12.73	
	5	13.52		9.64	
	6	9.89		8.18	
	7	8.23		7.78	
	8	7.56			

Ek Çizelge 9. Soğan örneklerinin % ağılık azalması değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	0		100.00		100.00
	1		50.45		45.14
	2		27.95		26.95
	3		17.39		18.65
	3		14.80		16.07
	4		13.70		14.67
	5		13.07		13.91
	6		12.69		13.25
	7		12.22		12.85
	8		11.94		
2	0		100.00		100.00
	1		40.47		35.61
	2		17.73		16.18
	3		14.11		14.20
	4		13.43		13.67
	5		12.68		13.25
	6				12.76
3	0		100.00		100.00
	1		24.43		23.07
	2		12.70		12.83
	3		12.05		12.09
				11.87	

Ek Çizelge 10. Fasülye örneklerinde kuruma hızı (gNem/gKmGün) değerleri

Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	1	0.984	0.719	0.780	1.553
	2	0.929	0.586	0.341	0.703
	3	0.240	0.186	0.263	0.323
	4			0.295	0.204
	5			0.131	
	6			0.065	
	7			0.026	
2	1	0.252	0.438	0.210	0.657
	2	0.410	0.870	0.205	0.914
	3	0.447	0.241	0.123	0.314
	4	0.130		0.102	0.071
	5			0.108	0.038
	6			0.163	
	7			0.123	
	8			0.052	
3	1	0.138	0.416	0.317	1.142
	2	0.060	0.306	0.181	0.640
	3	0.069	0.200	0.219	0.114
	4	0.074	0.044	0.163	
	5	0.076		0.088	
	6	0.049			
	7	0.023			

Ek Çizelge 11. Biber örneklerinde kuruma hızı (gNem/gKmGün) değerleri

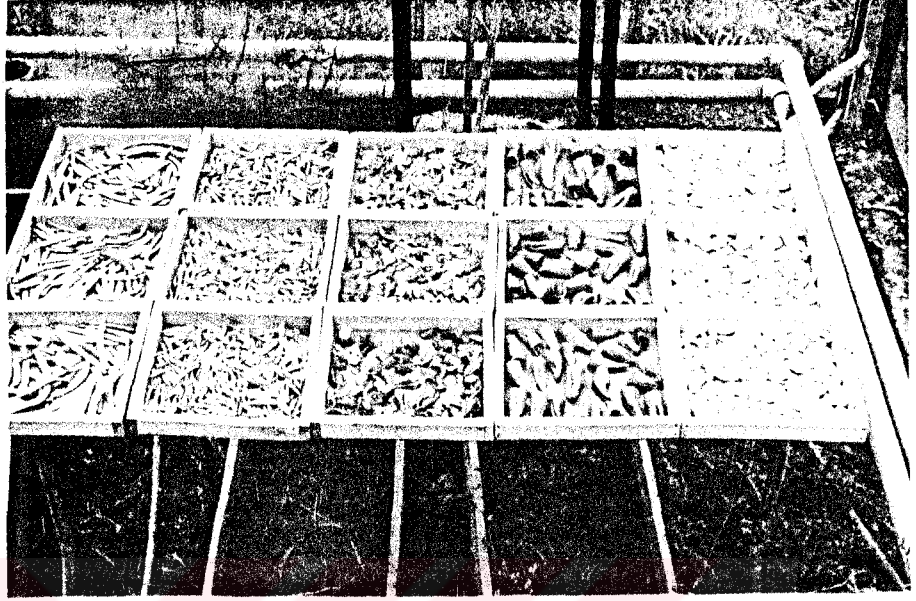
Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	1	0.470	3.559	0.518	3.545
	2	0.281	2.007	0.213	2.062
	3	0.198	0.088	0.129	0.615
	4	0.340	0.037	0.209	0.162
	5	0.237		0.140	
	6	0.149		0.121	
	7	0.086		0.103	
	8	0.029		0.095	
2	1	0.218	2.266	0.312	1.466
	2	0.175	1.921	0.228	1.950
	3	0.138	0.175	0.096	0.369
	4	0.085		0.060	0.060
	5	0.183		0.068	0.054
	6	0.178		0.189	0.049
	7	0.124		0.338	
	8	0.038		0.063	
	9			0.064	
3	1	0.301	1.226	0.615	1.973
	2	0.170	1.367	0.487	1.877
	3	0.101	0.199	0.343	0.157
	4	0.145		0.383	
	5	0.129		0.305	
	6	0.157		0.180	
	7	0.098			
	8	0.042			
	9	0.014			

Ek Çizelge 12. Soğan örneklerinde kuruma hızı
(gNem/gKmGün) değerleri

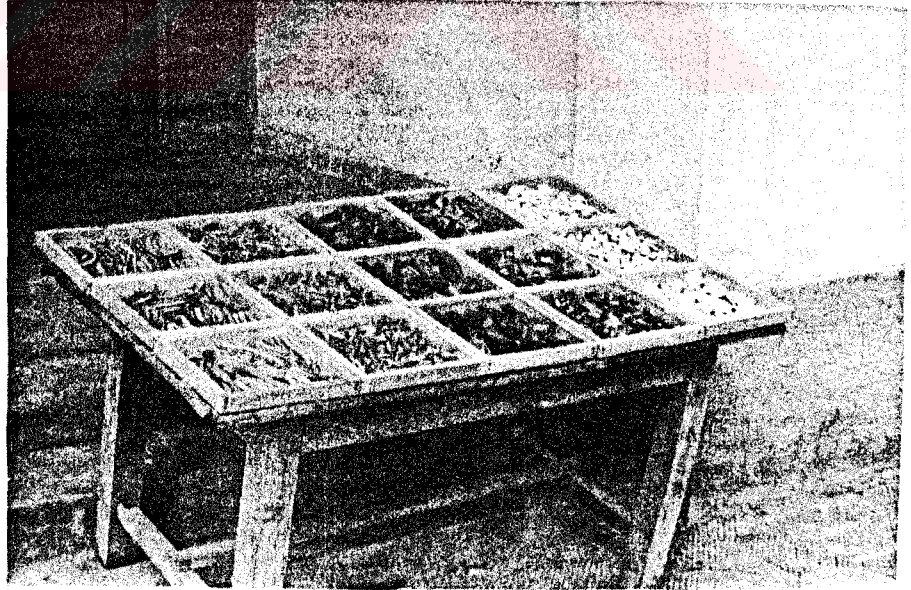
Kurutma Dönemi	Süre (Gün)	Ortam			
		Sera İçi		Sera Dışı	
		Normal	Kıyılmış	Normal	Kıyılmış
1	1		0.214		0.400
	2		0.176		0.246
	3		0.154		0.177
	4		0.052		0.070
	5		0.022		0.038
	6		0.012		0.020
	7		0.006		0.016
	8		0.008		0.010
	9				0.010
2	1		0.458		0.754
	2		0.491		0.683
	3		0.150		0.109
	4		0.027		0.026
	5		0.027		0.018
	6		0.011		0.019
3	1		1.203		1.574
	2		0.724		0.781
	3		0.054		0.068



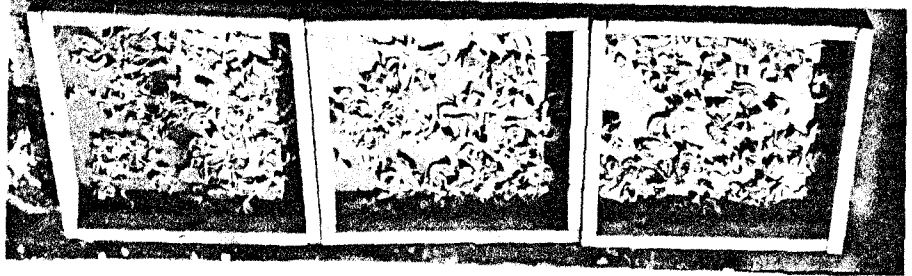
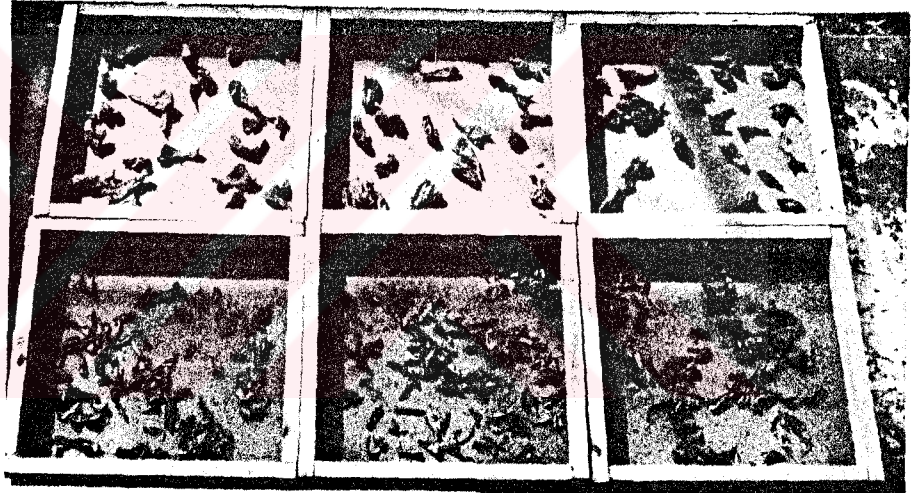
EK RESİMLER



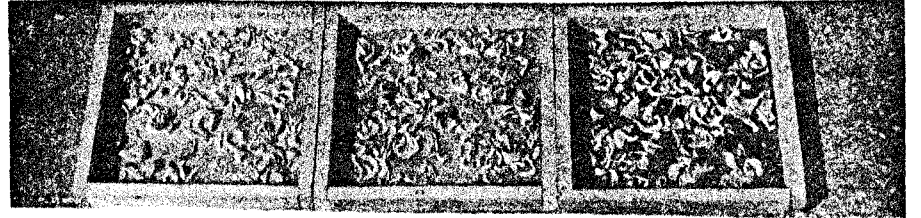
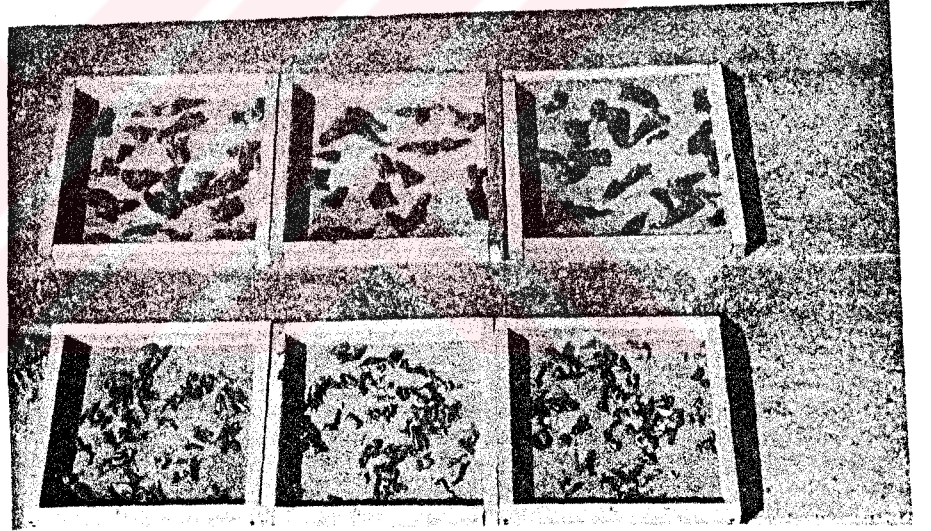
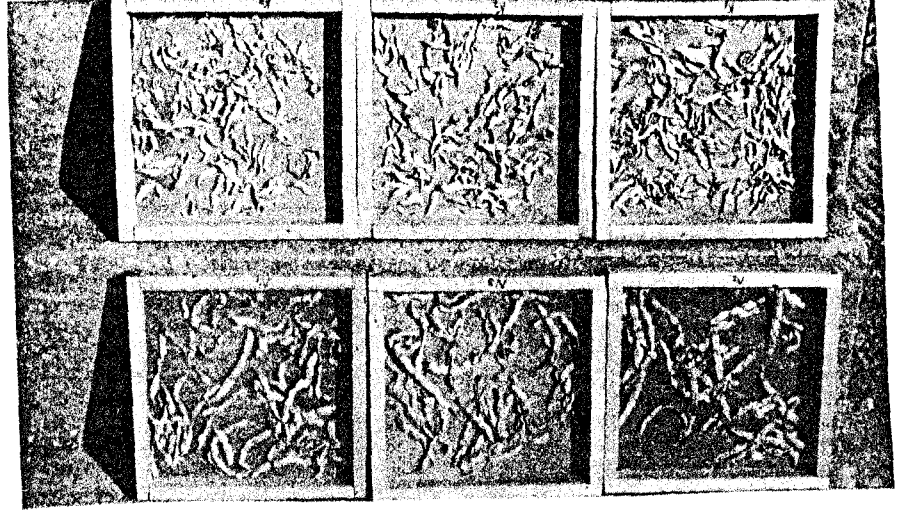
Ek Resim 1. Sera içerisinde kurumaya alınan fasülye, biber ve soğan örnekleri



Ek Resim 2. Sera dışında kurumaya alınan fasülye, biber ve soğan örnekleri



Ek Resim 3. Sera içerisinde kurutululan fasülye, biber ve soğan örnekleri



Ek Resim 4. Sera dışında kurutulan fasülye, biber ve soğan örnekleri

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen ve bu konuda çalışmamı sağlayan Yard.Doç.Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ'e ve sürekli olarak bilgilerinden istifade ettiğim Yard.Doç.Dr. Ali KASAP'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, çalışmalarımın çeşitli aşamalarında bana büyük ölçüde yardımcı olan GO.U. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü öğretim üyeleri ve öğretim elemanlarına da teşekkür ederim.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

T.C
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE VE DÖKÜMANTASYON DAİRE BAŞKANLIĞI
TOKAT

SAYI: B.30.2.GÖ.0.70.78.00/400 - 02-1281
KONU: Yayın Gönderimi

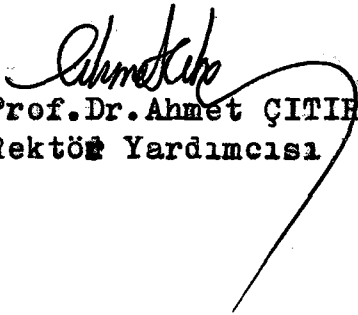
31.08.1994

YÖK KÜTÜPHANE VE DÖKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞINA ANKARA

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarama Makinaları Ana Bilim Dalı ve Bitki Koruma Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans öğrencilerinin hazırlamış oldukları Yüksek Lisans tezleri ek'te sunulmuştur.

Bilgilerinize arz/rica ederim

REKTÖR ADINA


Prof. Dr. Ahmet ÇITIR
Rektör Yardımcısı

EKLER :

- Ek-1 Engin ÖZGÖZ
- Ek-2 Ebubekir ALTUNTAŞ
- Ek-3 Hamit KAVAK
- Ek-4 Nil AKÇA 'nın Yüksek Lisans tezleri