

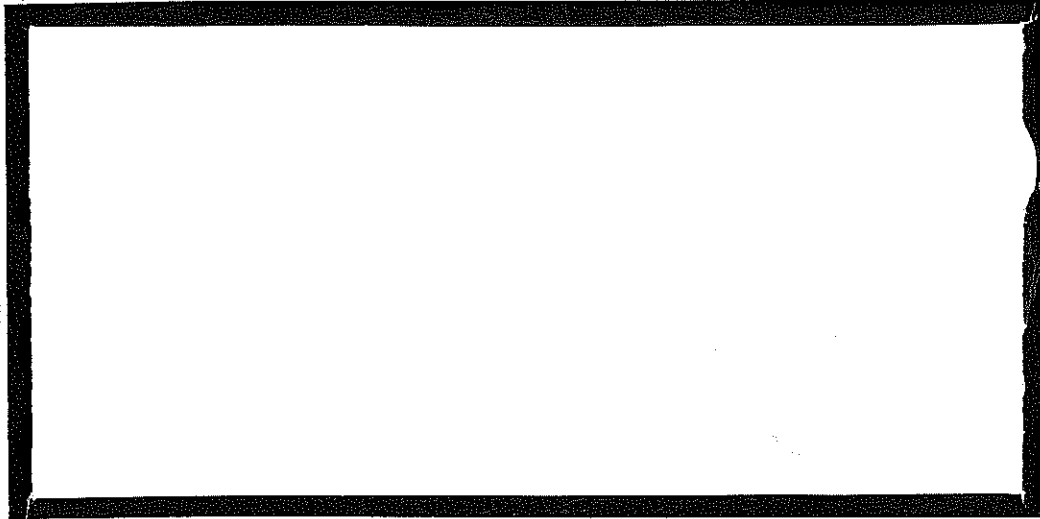
DUP

1997-1377



TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



Makina, Kimyasal Teknolojiler, Malzeme ve İmalat Sistemleri  
Araştırma Grubu

Mechanical Engineering, Chemical Technologies, Material  
Sciences and Manufacturing Systems Research Grant  
Committee

DOĞU KARADENİZ BÖLĖESİNDE FİNDİK VE ÇAY  
ÜRÜNLERİNİN GÜNEŞ ENERJİSİNDEN DE YARARLANILARAK  
KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN GELİŞTİRİLMESİ

PROJE NO: MİSAG-11

Prof. Dr. Teoman AYHAN  
Doç. Dr. Aydın BIYIKLIOĞLU  
Arş. Gör. Dr. Kamil KAYGUSUZ  
Arş. Gör. Hasan KARABAY

OCAK 1994  
TRABZON

## ÖNSÖZ

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin tipik ürünlerinden fındığın ve çayın işleme teknolojilerinin geliştirilmesi ve sunulan yeni yöntemlerde enerji tasarrufunun gerçekleştirilmesi ve yörede çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından bu çalışma ele alınmıştır.

Çalışmanın yürütülmesi TÜBİTAK desteği ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen TÜBİTAK, yöneticilerine ve ilgililerine teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmada sonsuz emeği geçen Arş. Gör. Cevdet DEMİRTAŞ ve Arş. Gör. Mustafa Sabri DUMAN'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 1994

Prof. Dr. Teoman AYHAN

## İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	11
Notasyon Listesi.....	v1
Şekil Listesi.....	v111
Tablo Listesi.....	x
Ek Listesi.....	x1
Özet.....	x11
Summary.....	x111
BÖLÜM.1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM.2 FINDIK KURUTMA.....	2
2.1. Giriş.....	2
2.1.1. Fındık ve Tarihçesi.....	2
2.1.2. Kurutma.....	3
2.1.3. Fındık Kurutma Çalışmaları ve Önemi.....	3
2.2. Deneysel Çalışma Programı.....	4
2.2.1. Test Örnekleri ve Yöntem.....	4
2.2.2. Deney Düzeneklerinin Tanıtılması.....	4
2.2.2.1. Fındık Kurutma Deney Düzeneginin Tanıtılması.....	4
2.2.2.2. Kuru Fındıkları Soğutma Deney Düzeneginin Tanıtımı.....	9
2.2.2.3. Fındık Örneklerinin Denge Nemi Tayini.....	11
2.3. Deneysel Ölçümler.....	12
2.3.1. Fındık Merkez Sıcaklıklarının Ölçülmesi... ..	12
2.3.1.1. Kurutma İşleminde.....	12
2.3.1.2. Soğutma İşleminde.....	13
2.3.2. Parti Ağırlık Değişimlerinin Ölçülmesi... ..	13
2.3.3. Nem İçerik Değerlerinin Ölçülmesi.....	13
2.4. Kimyasal Analiz.....	14
2.4.1. Nüme Alma.....	14
2.4.2. Nem Tayini.....	14
2.4.3. Ham Yağ Tayini.....	14

52	ENERJİ TASARRUFU.....
BÖLÜM.4 FİNDİK KURUTMA, GAY SÖLDÜRME VE BİNA İSTİHMADA	
48	3.4. DeneY Sonuçları.....
48	3.3.3. Hava Debisinin Hesabı .....
48	3.3.2. DeneYlerde Kullanılan Gay Miktarının Hesabı.....
47	3.3.1. Gayın Koyulacağı Bölümün Hesabı.....
47	3.3. Söldürme İşleminin Hesabı.....
47	özellikler.....
	3.2.1.4. Hava Dağıtıcısı ve Hiz Kontrol Ünitesinin
47	3.2.1.3. Isıtıcı ve Vantilatörün Özellikleri.....
46	3.2.1.2. Hava Çekti ve Özellikleri.....
46	3.2.1.1. Helezon Kanatlı Boru ve Özellikleri.....
44	3.2.1. DeneY Düzeneginin Tanıtılması.....
44	3.2. DeneY Düzenegİ Hakkında Genel Bilgiler.....
44	3.1. Giriş.....
BÖLÜM.3 GAY SÖLDÜRME.....	
44	.....
32	2.7.2. Kurutma İşleminde.....
31	2.7.1. Soğutma İşleminde.....
31	2.7. Bulgular ve İrdeleme.....
28	Parametresinin Tayini.....
	2.7.3.2. a ve b Katsayılarının ve B Kurutma
25	2.7.3.1. Matematik Model ve Gözüm Yöntemi.....
24	Modellemesi.....
	2.7.3. Fındık Kurutmada Kütle Transferi
20	2.7.2.1. Matematik Model ve Gözüm Yöntemi.....
20	Modellemesi.....
	2.7.2. Fındık Kurutmada Isı Transferi
20	2.7.1. Giriş.....
20	2.7. Teorik Modelleme.....
17	2.6.1.1. Matematiksel Modelleme.....
17	Katsayısının Belirlenmesi.....
	2.6.1. Fındık örnekleri İçin Isı Taşınım
17	2.6. Deneysel Hesaplama Yöntemi.....
17	2.5. Dnyusal Değerlendirme.....
16	2.4.5. Ham Lif Tayini.....
15	2.4.4. Ham Protein Tayini.....

4.1.	Fındık Kurutma ve Gay Soldurma İçin Sıcak Havanın Temini.....	52
	BÖLÜM.5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
5.1.	Sonuçlar.....	55
5.2.	Öneriler.....	56
58	KAYNAKLAR.....	58
61	EKLER.....	61
110	BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU.....	110

NOTASYONLAR

a	[m <sup>2</sup> /s]	: Isı yayılım katsayısı
a, b		: 2.42 denkleminin katsayıları
A <sub>j</sub>		: Sabite
B		: Kurutma parametresi
B <sub>j</sub>		: Sabite
B <sub>i</sub>		: Biyot sayısı
C	[1/s]	: Soğutma katsayısı
C <sub>j</sub>		: Sabite
C <sub>p</sub>	[kJ/kgK]	: Özgü ısı
D	[m <sup>2</sup> /dak]	: Difüzyon katsayısı
D <sub>j</sub>		: Sabite
Fo		: Fourier sayısı
h	[W/m <sup>2</sup> K]	: Isı taşıma katsayısı
J		: Geçikme faktörü
k	[W/mK]	: Isı iletim katsayısı
m	[kg]	: Yağ gay miktarı
M	[%]	: Nem ıgeriği
M	[kg/h]	: Hava debisi
N <sub>A</sub>	[gr/lt]	: Asitin normalitesi
N <sub>B</sub>	[gr/lt]	: Bazın normalitesi
q	[W/m <sup>2</sup> ]	: Isı akısı
R	[m]	: Fındık yarı gapı
r	[m]	: Radyal koordinat
S <sub>A</sub>	[ml]	: Asitin sarfiyatı
S <sub>B</sub>	[ml]	: Bazın sarfiyatı
t	[s]	: Zaman
T	[°C]	: Sıcaklık
V	[m <sup>3</sup> ]	: Hacim
W	[%]	: Su ıgeriği
ε	[°C]	: Sıcaklık farkı (T-T <sub>P</sub> )
u		: Transcendental denklemin kökü
ρ	[kg/m <sup>3</sup> ]	: Yoğunluk
τ		: Boyutsuz zaman
∅		: b(M <sub>0</sub> - M <sub>e</sub> )
γ		: (D <sub>j</sub> Δt / (Δr)) <sup>2</sup>

Alt indisler:

a	: Kanaldaki hava sıcaklığı
e	: Denge değerleri
i	: İlk değer
j	: Nokta sayısı
k	: Katman sayısı
m	: Merkez
n	: Kök sayısı
w	: Ürün sıcaklığın
0	: $t=0$ değeri
1,2,3	: Katman numarası
$\infty$	: Ortam sıcaklığı

Üst indisler:

-	: Boyutsuz büyüklük
+	: $\mathcal{T} + \Delta \mathcal{T}$ anındaki değer



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil-2.1.	Fındık kurutulmasına uygulanan akım şeması.....	5
Şekil-2.2.	Kurutma ünitesi deney düzeneği.....	6
Şekil-2.3.	Deney Düzeneğinden bir görünüş.....	7
Şekil-2.4.	Deney düzeneğinde kanalların klima odasına bağlantısı.....	7
Şekil-2.5.	Deney düzeneğinde klima ve klima odasının bağlantısı.....	8
Şekil-2.6.	Deney düzeneğinde fındık çekmece kanallarına fan motorlarının bağlantısı...	8
Şekil-2.7.	Fındık soğuma eğrilerinin ölçümü için kullanılan deney düzeneğinin şematik görünümü.....	10
Şekil-2.8.	Fındık denge nemi tayin deney düzeneği....	11
Şekil-2.9.	Sıcaklık ölçümlerinin bilgisayarla bağlantısı.....	12
Şekil-2.10.	DATA ACQUISITION sistem ve bilgisayar.....	13
Şekil-2.11.	Katmansız kürede, çeşitli Bi sayıları için merkez sıcaklığının zamanla değişimi.....	24
Şekil-2.12.	Fındık içerisindeki sıcaklık dağılımı.....	25
Şekil-2.13.	Fındıkda $M_{av}-t$ 'nun difüzyon parametresi B'ye göre değişimi.....	28
Şekil-2.14.	Fındıkda $M_{av}-t$ değişimi.....	29
Şekil-2.15.	Fındık için türedilen $D_e-M_{av}$ bağıntılarının eğrileri.....	30
Şekil-2.16.	I. deney sonuçlarının matematik model sonuçları ile karşılaştırılması.....	30
Şekil-2.17.	Fındık soğuma eğrisi.....	31
Şekil-2.18.	Birinci deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre dağılımı.....	34
Şekil-2.19.	İkinci deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre dağılımı.....	34
Şekil-2.20.	Üçüncü deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık	

	partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.....	35
Şekil-2.21.	Dördüncü deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.....	35
Şekil-2.22.	Beşinci deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.....	36
Şekil-2.23.	Beşinci deney 2/4, 1/8 nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.....	36
Şekil-2.24.	Birinci deney 5/3, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi...	37
Şekil-2.25.	İkinci deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi...	37
Şekil-2.26.	Üçüncü deney 5/3, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi...	38
Şekil-2.27.	Dördüncü deney 5/3, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi...	38
Şekil-2.28.	Beşinci deney 5/3, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi...	39
Şekil-2.29.	Beşinci deney 2/4, 1/8 nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi...	39
Şekil-2.30.	Birinci deney 2/4 nolu fındık partilerinde taban fındıklarının merkez sıcaklık değişimi.....	41
Şekil-2.31.	Beşinci deney 1/8 nolu fındık partisinde hava sıcaklık değişimi.....	41
Şekil-2.32.	5/9 nolu fındık partisinde kurutma havası sıcaklık değişimi.....	42
Şekil-2.33.	Tombul fındık örneklerinde denge nemi eğrileri.....	42
Şekil-3.1.	Helezon soldurma ünitesi deney düzeneği...	45
Şekil-4.1.	Güneş kollektörlü enerji depolu ısı pompası deney düzeneğinin şematik görünüşü...	52
Şekil-4.2.	Güneş kollektörlü enerji depolu ısı pompası deney düzeneğinden bir görünüş....	53

## TABLO LİSTESİ

Tablo-2.1. Birinci deneye ait bazı fındık partilerinin iç fındık kimyasal analiz sonuçları (tombul fındık).....	43
Tablo-2.2. Duyusal değerlendirme analiz sonuçları (Tombul fındık).....	43
Tablo-3.1. Çay soldurma deney sonuçları.....	51

## EK LİSTESİ

Ek.1	Birinci deney sonuçları.....	61
Ek.2	İkinci deney sonuçları.....	71
Ek.3	Üçüncü deney sonuçları.....	81
Ek.4	Dördüncü deney sonuçları.....	91
Ek.5	Beşinci deney sonuçları.....	100

## ÖZET

Fındık kurutma şartlarının belirlenmesi ve yaş çayın soldurulması için yeni bir soldurma ünitesinin geliştirilmesi yanında, kurutma ve soldurma işlemini yapabilmek için gerekli enerjinin temininde, güneş destekli ve enerji depolu ısı pompası sistemi kullanılmıştır.

Fındık kurutma işleminde, fındığın ince ve kalın sergi halinde kurutma şartları deneysel olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi bittikten sonra, fındık numuneleri kimyasal analizlere ve duyuşal (tağ, koku) değerlendirme testlerine tabi tutularak, kurutulan fındıkların tüketicie sunulabileceği belirlenmiştir.

Tanıtilan güneş destekli ve enerji depolu ısı pompası sistemi, yaz mevsiminde fındık kurutma ve çay soldurma işlemi için uygun olduğu deneysel olarak tesbit edilmiştir. Ayrıca kış mevsiminde, yörenin iklim şartlarına bağlı olarak aynı ısı pompası sisteminin binaların ısıtılmasında alternatif ısıtma sistemi olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

Geliştirilen çay soldurma ünitesinin performans özellikleri deneysel olarak belirlenerek, şu anda piyasada kullanılan soldurma ünitelerine göre daha kısa zamanda ve homojen bir şekilde soldurma işlemini yapabildiği deneysel olarak gösterilmiştir. Bu tasarım şekli ile cihazın endüstriye uygulanabilirliği takdim edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Fındık, Çay, Kurutma, soldurma, ısı pompası, güneş enerjisi, enerji deposu.

## SUMMARY

In this study, conditions of drying of hazelnuts were investigated experimentally. A new device for withering of wet tea was also developed. The needed energy requirements was met by using a solar-assisted heat pump system with energy storage for drying of the hazelnuts and withering of the wet tea.

The conditions of drying of the hazelnuts in form both thick and thin layers were investigated experimentally. Chemical analysis and taste and aromatic tests of the dried hazelnuts were also done. It was seen that from the experimental results, these products are more convenient for marketing.

It is proven that, the new developed solar-assisted heat pump system with energy storage was performed well enough for hazelnuts drying and wet tea withering over the summer season. On the other hand, the experimental studies shown that, the solar-assisted heat pump system can be used as a alternative system for domestic heating over the winter season depend on the climatic conditions of the region.

The performans characteristics of the improved unit for wet tea withering were determined experimentally. It is shown that, process time of this device was shorter and the process more homogeneous than conventional units for tea withering. It is concluded that, this device can be used as an alternative in industrial area for wet tea withering.

Key words: Hazel-nut, tea, drying, withering, heat-pump, solar energy, energy storage.

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin tipik ürünleri olan fındık ve çayın işleme teknolojileri geliştirilerek, fındığın daha erken dünya pazarlarına arzının sağlanması, çayda ise klasik işleme yöntemlerinin geliştirilmesinin yanında enerji tasarrufunun da getirilmesi projenin amacını oluşturulmaktadır.

Gerek fındık kurutma ve gerekse çay soldurma teknolojilerinde sıcak havanın temini için elektrik enerjisinin kullanılması tercih edilmiştir.

Elektrik enerjisinin bu tür tesislerde kullanılması ilk bakışta ekonomik görülmemekte, ancak çevre kirliliğinin önlenmesi, fosil kökenli yakıtlara bağlılığın azalması, yörenin doğal güzelliklerinin kaybolmaması ve halk sağlığının kötüleşmemesi açısından yapılacak harcamalar gözönüne alındığında, elektrik enerjisinin temiz enerji olarak kullanımı önemli olmaktadır.

Elektrik enerjisinin bu tür tesislerde kullanımının ekonomik olmasını temin etmek amacıyla, güneş enerjili ve enerji depolu ısı pompası sistemi geliştirilmiştir.

Ele alınan çalışma üç bölümde incelenmiştir. Birinci bölümde fındık kurutma şartlarının belirlenmesi, ikinci bölümde, çay soldurmada yeni bir tip çay soldurma ünitesinin geliştirilmesi ve üçüncü bölümde ise güneş enerjili ve enerji depolu ısı pompası sisteminin kurutma havası temininde ve kış sezonunda bina ısıtmasında kullanımı araştırılmıştır.

## BÖLÜM 2

### FINDIK KURUTMA

#### 2.1. Giriş

##### 2.1.1. Fındık ve Tarihçesi

Fındığın ana vatanı Anadolu'dur. Yabani türlerinin doğal yayılma alanı ve kültür çeşitlerinin de kaynağı Anadolu'dur. Dünya'da fındık üretiminin ve ticaretinin ilk yapıldığı ülke Türkiye'dir, (Ayfer,1986). Türkiye, ekolojik özellikleri bakımından kaliteli fındık üretimine elverişli geniş ekolojik alanlara ve en nitelikli fındık türlerine sahiptir,(Ayfer, 1988).

Fındık Doğu Karadeniz insanının geçim kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca bölgenin çok yağışlı, toprak derinliğinin az ve meyilli arazi yapısına sahip olması nedeniyle oluşacak toprak erozyonunu önlemesi bölge için fındığın önemini daha da arttırmaktadır, (Baş,1990).

Fındık ulusal ekonomimizde ve tarımımızda özel bir yeri olan geleneksel ihraç ürünlerimizdedir. Günümüzde, Türkiye Dünya'da fındık üretiminin %65-%70'ini ve ticaretinin de %70-%80'ini gerçekleştiren bir ülke durumundadır, (Fındık,1965).

Fındığın bu kadar önemi yanında üretiminden tüketimine kadar ekonomik ve teknolojik sorunları bulunmaktadır.

Fındık, Türkiye'nin en önemli döviz kaynaklarından biri olması nedeniyle ülke ekonomisindeki ticari etkinliği büyüktür. Bu nedenle fındıkların kaliteli olarak ihracatları büyük önem taşımaktadır. Fındık yıl boyu tüketilen meyve olduğundan, fındığın en erken sürede dünya ticaretine sunulması için, fındığın kurutma tekniklerinin geliştirilmesi ve kalitesinin muhafazası önem kazanmaktadır.



### 2.1.2. Kurutma

Endüstriyel katı maddelerin kurutulması mühendisliğin en önemli uğraşlarından biridir. İmalatı sırasında kurutulmaya uğramayan katılar yok denecek kadar azdır. İnşaat sektörünün temel maddesi olan harcın, bir yüzeye sürülen boyanın, iplere serilmiş çamaşırların en önemli safhalarından birisi de kurutma işlemidir. Tarım ürünleri açısından kurutma ise, en kolay ve ucuz saklama yöntemlerinden biri olduğu için ayrı bir önem arz etmektedir, (Karabay, 1991).

Kurutmanın pratik önemine ilaveten, kuramsal olarak da incelenmesi akademisyenler tarafından da daima cazip bulunmuştur. Buna da sebep olarak kurutma mekanizmasının karmaşık ısı ve kütle transferinin meydana geldiği bir ortama sahip olmasıdır. Bu sebeplerdendir ki kurutma konusunda kuramsal ve pratik olarak sayısız çalışmalar yapılmış ve mekanizmalar değişik biçimlerde açıklanmıştır. Fakat bütün bu önerilere rağmen kurutma olayının tam ve doğru olarak açıklandığı pek söylenememektedir. Hatta daha da ileri gidilerek kurutmanın bir mühendislik işleminden ziyade bir sanat dalı olduğunu kabul edenlere bile sık sık rastlanmaktadır.

Kısaca kuruma, katı bir maddede uygun miktarda suyun uzaklaştırılması işlemidir. Şayet katıdaki su miktarı fazla ise en basit olarak presleme veya santrüfleme uygulanabilir. Bu tip bir işlem uygun değilse katı yüzeyine ısı transferi uygulanarak uçma (sublimasyon) veya buharlaşma yolu ile sağlanır. Bu ısı, katının gözeneklerinde bulunan nemin buharlaşmasında kullanılır. Dolayısıyla kurutma işleminde ısı ve kütle transferini birbirini tamamlayan iki unsur olarak değerlendirmek şarttır.

### 2.1.3. Fındık Kurutma Çalışmaları ve Önemi

Türkiye fındık konusundaki yeni atılımların kaynağını ve temelini oluşturabilecek paha biçilmez değerlerde materyal, deneyim, bilgi birikimi, doğal kaynak ve potansiyele sahiptir. Nitekim üreticilerimiz, özellikle son 20 yıl içerisinde yüksek verim ve kaliteli çeşitlerle, düzenli bahçeler kurarak, modern bakım teknikleri kullanarak ve şartlarının elverdiği ölçülerde

mekanizasyon uygulayarak kaliteli ve düşük maliyetli fındık yetiştirebilmektir.

Ancak, ticarete sunulan fındığın en önemli işleme devresi olan "kurutma" ne yazıkki bu gelişmelere ayak uyduramamıştır. Fındığın geleneksel yöntemlerle kurutulması için güneşli ve yağışsız günlere ihtiyaç vardır. Fındık hasat sezonunda yörenin ekolojik yapısından dolayı, bir biri ardına devam eden güneşli günlere pek ender rastlanmaktadır. Fındık hasat sezonunda sürekli bir fındık kurutma fırsatı bulmak genellikle çok zor olmaktadır. Yapay kurutucular ise ülkemizde fındık kurutma alanında henüz uygulama alanı bulamamıştır. Üretici, ekonomik nedenlerden ötürü fındığı erken satabilmek için, fındığı erken harmanlamaya gitmektedir. Bu ise fındığın kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Literatürde fındık konusunda yapılan çalışmalarda, eksikliği görülen fındık kurutma konusunun araştırılması çalışmanın amacını teşkil etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Karadeniz Bölgesi'nde yetiştirilen Tombul (Giresun Yağlısı) fındık çeşitinin pilot ölçekte farklı ortamlarda kurutma ve soğutma çalışmaları yapılarak, kaliteye etki eden büyüklükler ile işlem ve ısıl parametrelerin deneysel ve teorik olarak belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

## 2.2. Deneysel Çalışma Programı

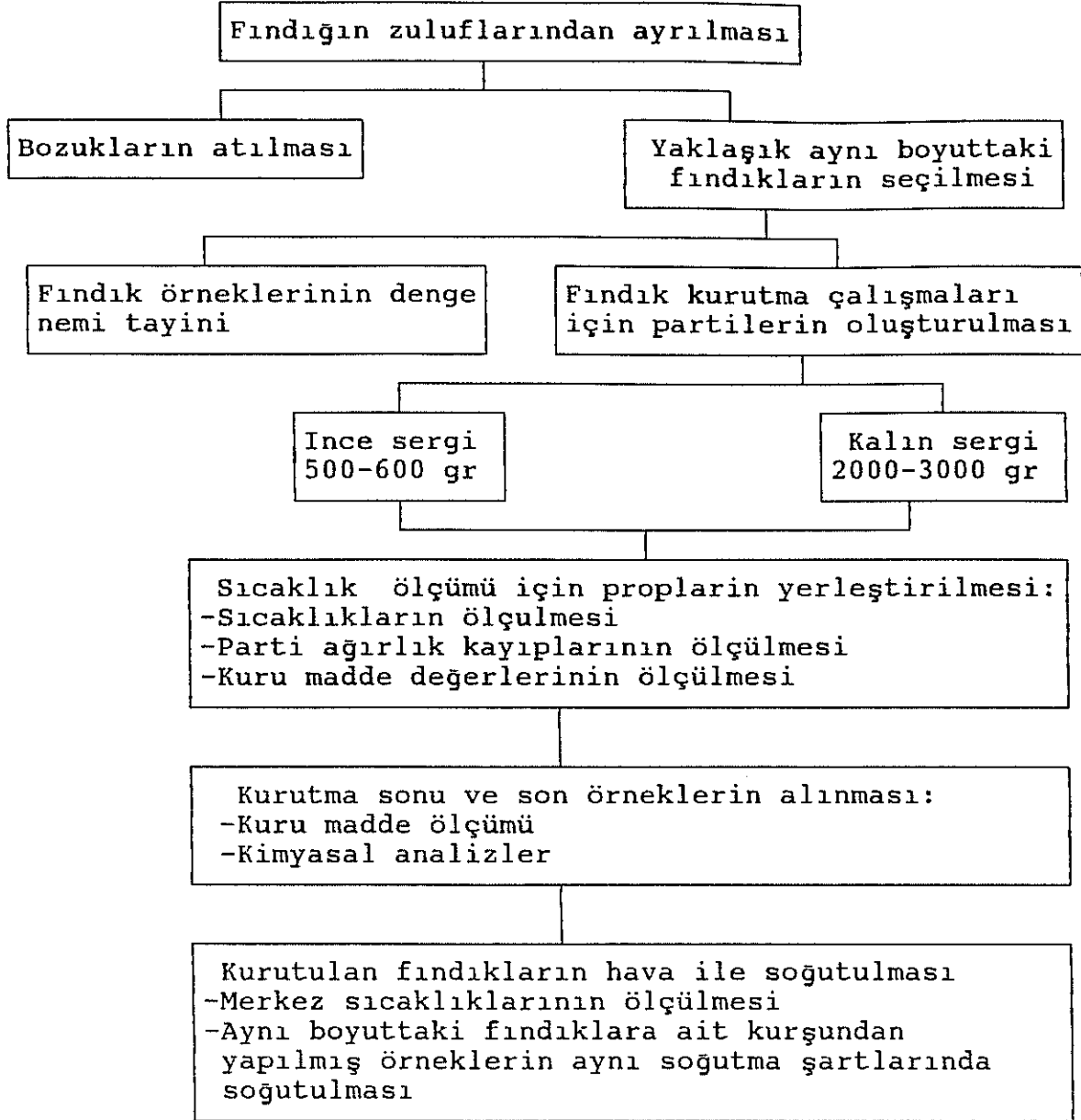
### 2.2.1. Test Örnekleri ve Yöntem

Trabzon, Beşikdüzü ilçesinden önceden belirlenmiş üreticilerin sergi alanlarından çalışmalar için belirlenmiş fındıklardan, zuluflu (yeşil yapraklı) olarak 500 kg'lık örnek alınarak K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, Termodinamik Laboratuvarı'nda inşa edilmiş olan pilot tesise getirilmiştir. Pilot tesise getirilen fındık örneklerine uygulanan işlemler Şekil-2.1'de verilen akım şemasındaki gibi özetlenebilir.

### 2.2.2. Deney Düzeneklerinin Tanıtılması

#### 2.2.2.1. Fındık Kurutma Deney Düzeneklerinin Tanıtılması

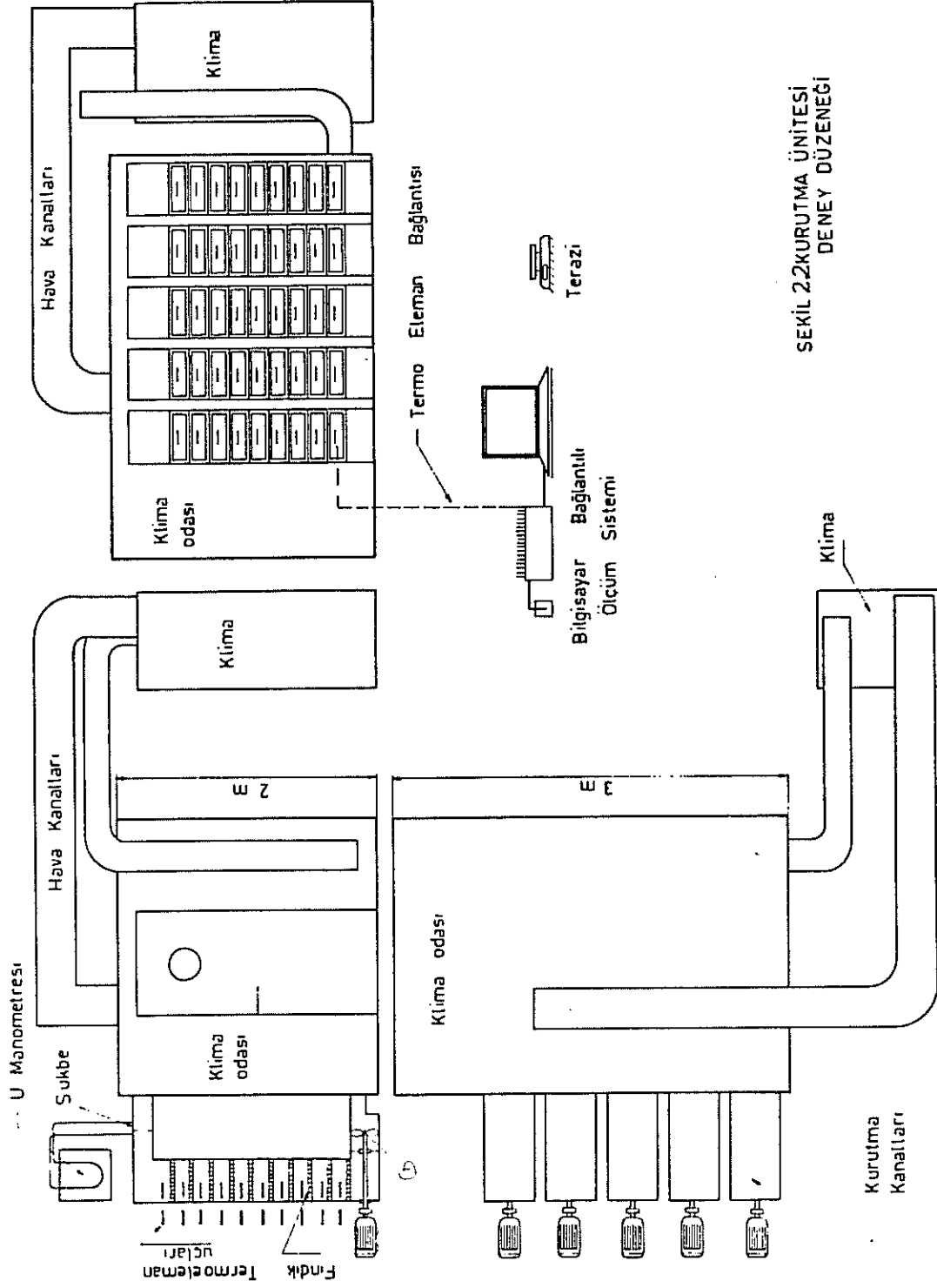
Fındık kurutma için hazırlanan deney düzeneklerinin kroki resmi Şekil-2.2'de çizilmiştir. Ayrıca deney düzeneklerinin fotoğrafları Şekil-2.3,2.4,2.5,2.6'da verilmiştir.



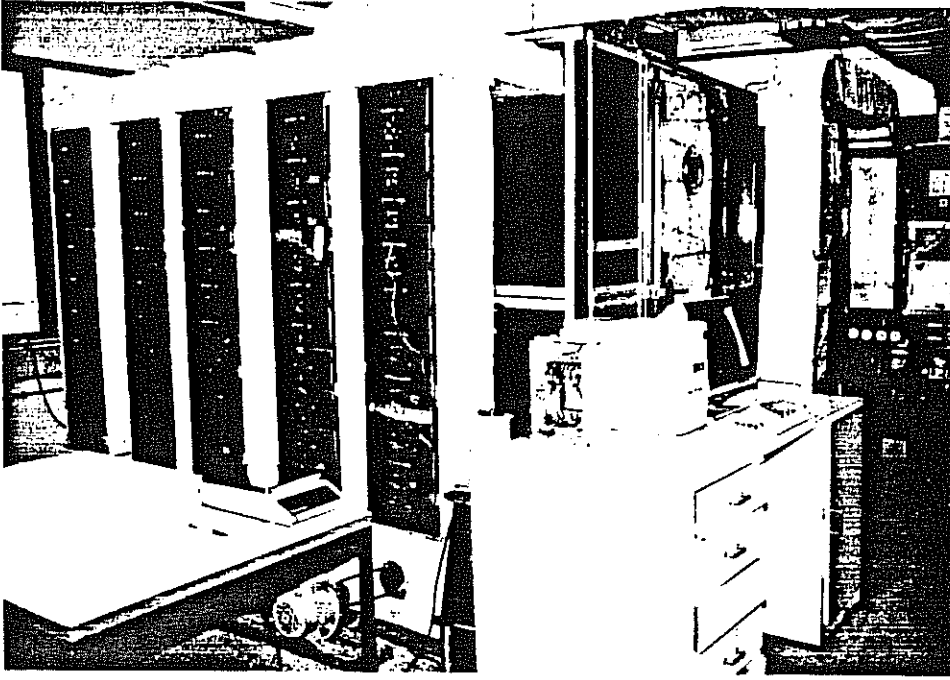
Şekil-2.1. Fındığın kurutulmasında uygulanan akım şeması.

Klima odasından emilen hava klimadan geçirilerek istenen hava şartlarına getirildikten sonra tekrar klima odasına gönderilmektedir. Klima odasının büyük tutulmasının bir amacı da klima odasında homojen şartlanmış hava ortamının elde edilmesidir.

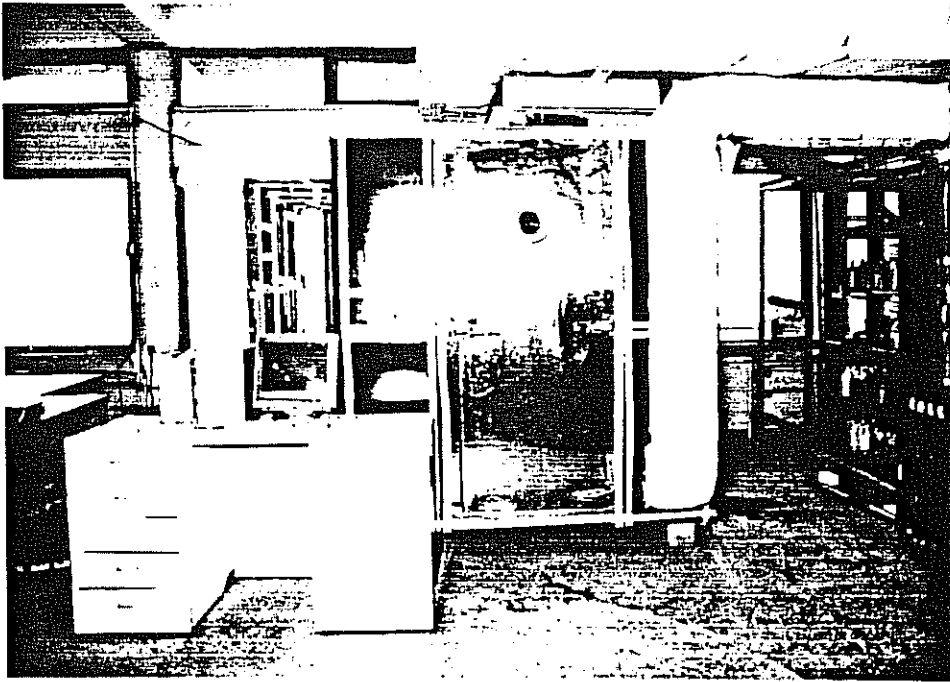
Klima odasına bağlanmış beş adet kurutma kanalının her birinde ayrı hava hızında hava akışını sağlayan vantilatör grupları bulunmaktadır. Kurutma kanallarındaki hava debisi ölçümleri, kurutma kanalına yerleştirilmiş sukbe ile yapılmaktadır. Kurutma kanallarındaki hava hızı ayarı ise, kurutma



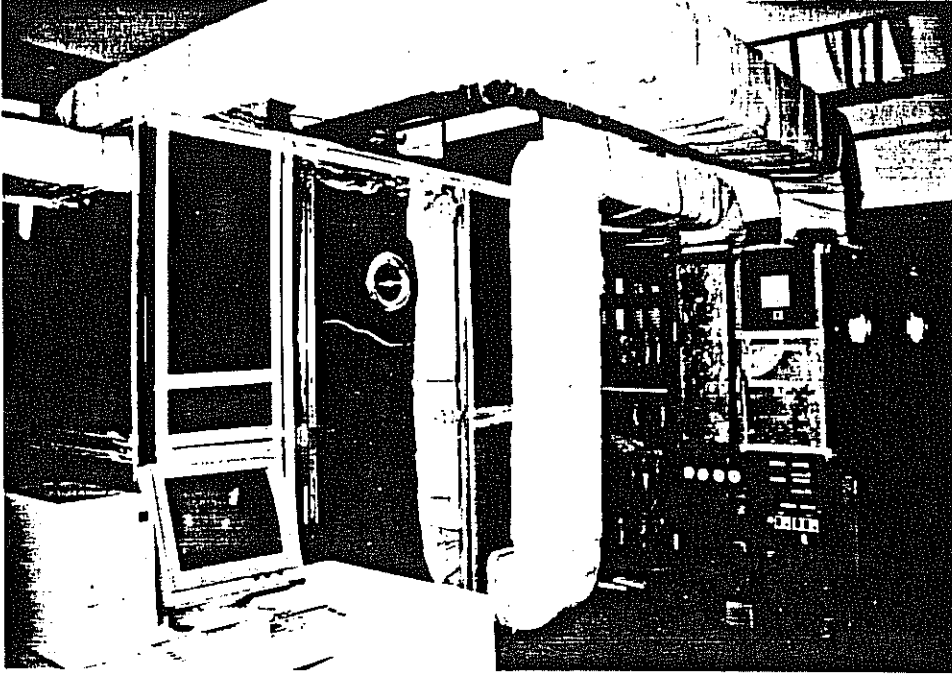
SEKİL 22KURUTMA ÜNİTESİ  
DENEY DÜZENEGİ



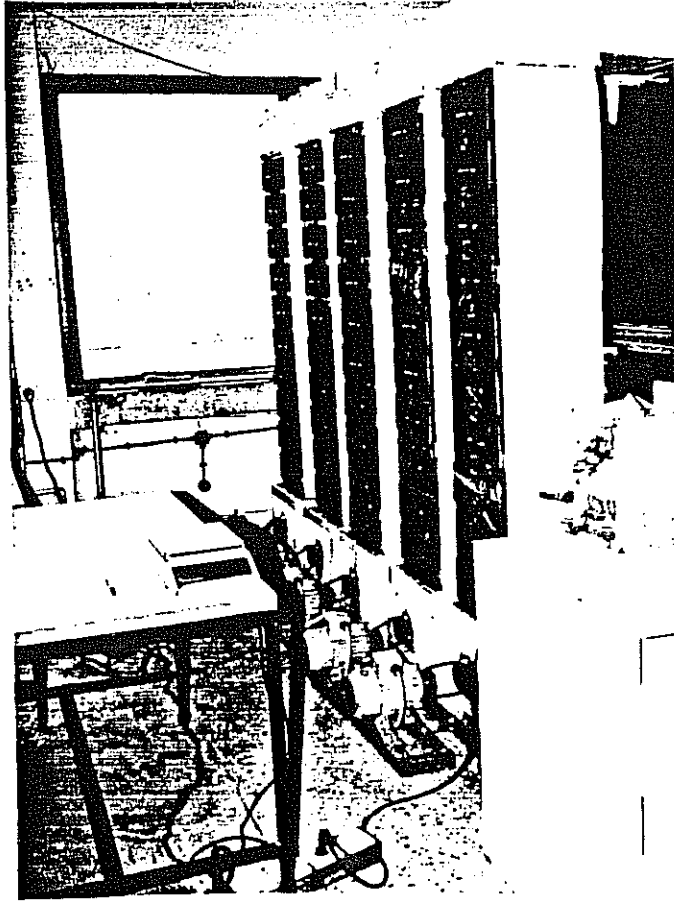
şekil-2.3. Deney düzeneginden bir görünüş.



şekil-2.4. Deney düzeneginde kanalların klima odasına bağlantısı.



şekil-2.5. Deney düzeneginde klima ve klima odasının bağlantısı.



şekil-2.6. Deney düzeneginde fındık çekmece kanallarına fan motorlarının bağlantısı.

kanalı girişinde monte edilen sürgülü vana yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Hava debisinin ölçüldüğü sukbelerin kalibrasyonu yapıldıktan sonra, hava debisi ölçümü için sulu U manometresi kullanılmıştır.

Kurutma kanallarının herbirinde dokuz adet çekmece (raf) bulunmaktadır. Taze fındık ürününün hasat süresi çok kısa (yaklaşık 20 gün) olması nedeniyle kurutma kanallarının ve çekmecelerin sayısı büyük seçilmiştir. Kurutma kanallarının bazılarında ince sergili, diğerlerinde ise kalın sergili fındık partileri yerleştirilmiştir. İnce sergi içeren fındık partilerinde çerçeve giriş ve çerçeve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür.

Kalın sergili fındık partilerini içeren çerçevelerde, çerçeve giriş ve çıkış sıcaklıklarına ilave olarak, kalın serginin taban, orta ve tavan düzeylerindeki ortam sıcaklıkları ölçülmüştür.

Bunun yanında kalın sergi içeren partide taban, orta ve tavan düzeyinde seçilen tek fındık tanelerinin merkez sıcaklıkları ölçülmüştür.

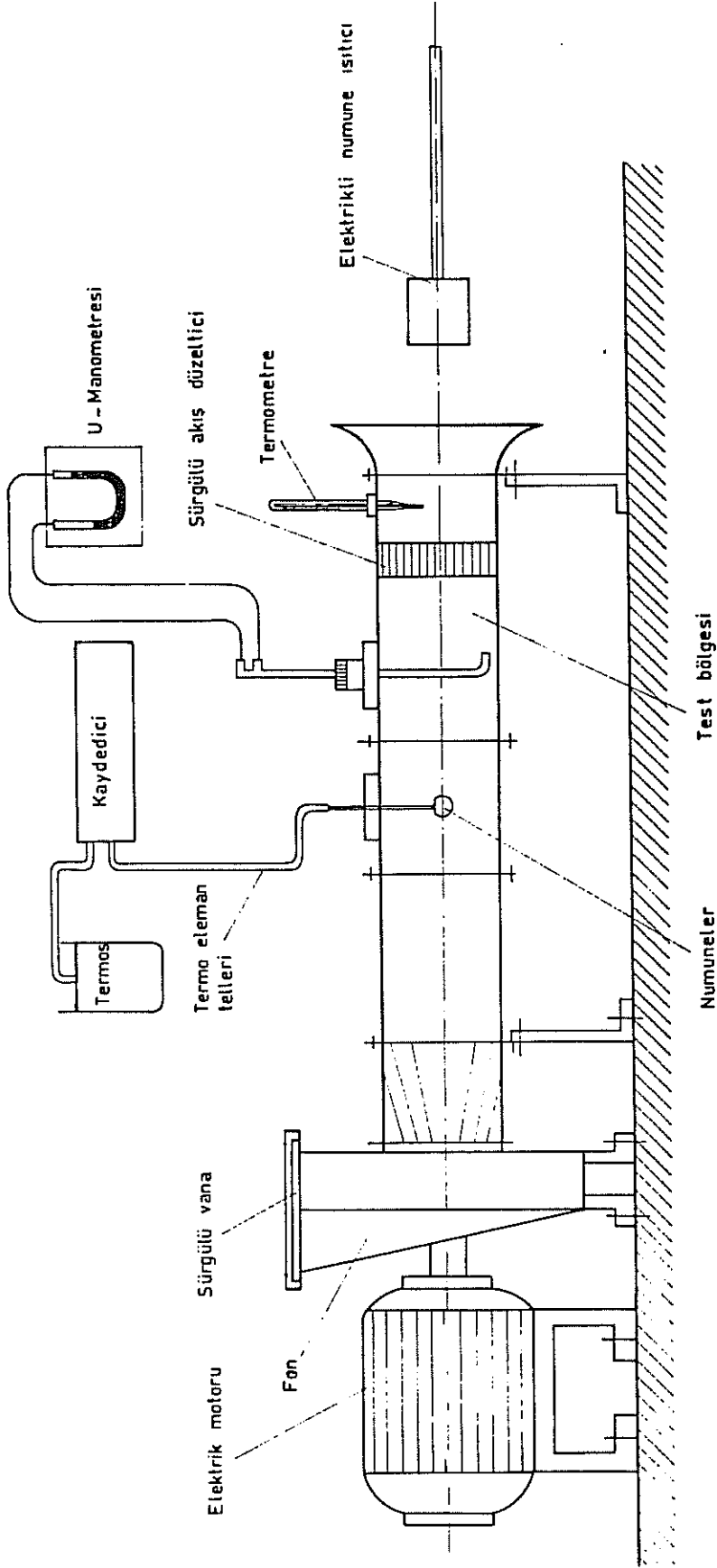
Belirli zaman aralıklarında çerçevelere yerleştirilen fındık partilerinin ağırlık ölçümü elektronik terazi yardımı ile yapılmıştır. Klima odasına yerleştirilmiş olan sıcaklık ve nem propları yardımıyla klima, şartlandırılmış havayı temin etmektedir.

Termoelemanlarla yapılan sıcaklık ölçümleri DATA ACQUISITION sistemi ile bilgisayar tarafından okunmuştur.

#### 2.2.2.2. Kuru Fındıkları Soğutma Deney Düzeneginin Tanıtımı

Literatürde verilen numune alma yöntemlerine göre belirlenen fındık örneklerinin, kurşun benzerleri (döküm yöntemiyle) imal edildi. Fındık ve kurşun benzerlerinin merkez sıcaklıklarının ölçülmesi için bakır-konstantan termo elemanları kullanıldı. Örnek fındıklar ve kurşun benzerleri aşağıdaki şekil-2.7'de gösterilen deney düzeneginde ısıtılarak yerleştirildikten sonra soğuma eğrileri (sıcaklık-zaman grafikleri) elde edilmektedir.

Deney düzeneginde hava, test bölgesini geçerek numuneler



Sekil 2...7.. Fındık soğuma eğrilerinin ölçümü için kullanılan deney düzeneğinin şematik görünümü

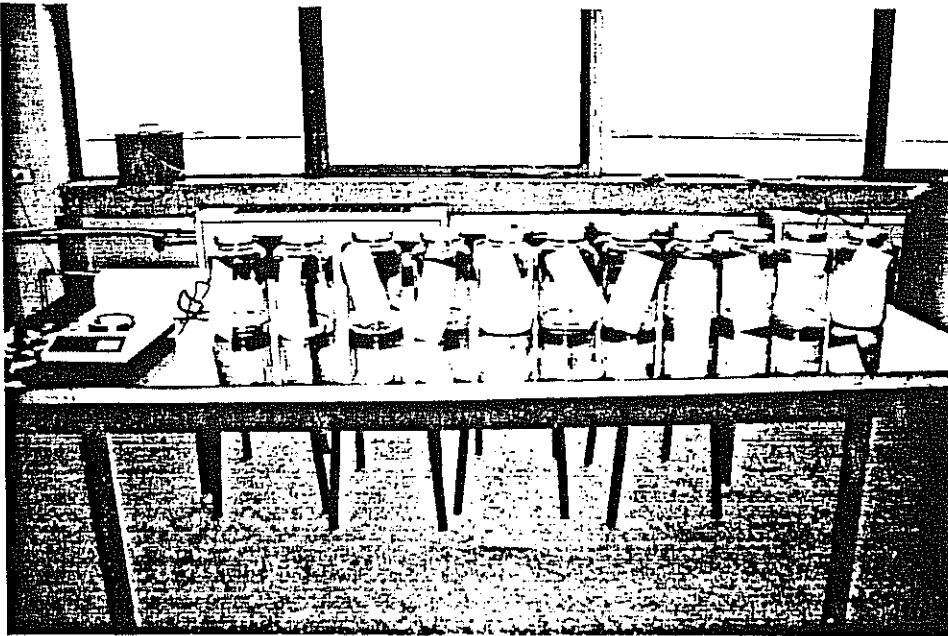


üzerinden akmaktadır. Kanal içerisinde havanın hızı pitot tüpü yardımıyla ölçülmektedir. Hava debisi ayarı ise fan çıkışına yerleştirilen sürgülü vana yardımıyla yapılmaktadır. Örnek fındık ve kurşun benzeri, kanal içerisine yerleştirildikten sonra ısıtma elemanı ile ısıtılırlar. Akış ortamı içerisinden ısıtma elemanı aniden çekilerek soğutma işlemi gerçekleştirilir. Bu yöntem literatürde Lambda-Kalorimetre yöntemi olarak tanımlanmaktadır, (Luikov, 1966).

### 2.2.2.3. Fındık Örneklerinin Denge Nemi Tayini

Fındık numunelerinin denge nem değerlerini tayin etmek için, bulunduğu ortamı farklı bağıl nemde tutan dokuz çeşit kimyasal maddenin doygun çözeltisi hazırlanarak kapalı cam kavanozlara konulmuştur. Bu kimyasal maddeler  $Pb(NO_3)_2$ ,  $NaClO_3$ ,  $LiCl$ ,  $K_2CrO_3$ ,  $NaNO_2$ ,  $K_2CrO_4$ ,  $CH_3COOK$ ,  $NH_2Cl$  ve  $CaCl_2$  dir. Ayrıca bir kavanoza da sadece su konmuştur, (Keey, 1972).

Kavanozlar iki bölmeden oluşturulmuştur. Kavanozların dibine hazırlanan kimyasal madde çözeltileri konulmuştur. Kavanozların ortasına ise elek yerleştirilmiş ve petri kaplarına konmuş fındık mumuneleri bu eleklerin üstüne konularak kapakları kapatılmıştır. Kavanozlar istenen sabit sıcaklıkta iklimlendirme odasına yerleştirilmiştir. Kavanozların fotoğrafı Şekil-2.8'de gösterilmiştir.



Şekil-2.8. Fındık denge nemi tayini deney düzeneği.

İçerisinde kimyasal maddelerin doygun çözeltileri ve fındık nümüneleri bulunan kavanozlar, fındık numunelerinin nem içeriği sabit bir değerde kalıncaya kadar iklimlendirme odasında bekletilmiştir. Daha sonra numuneler hassas terazide tartılmış ve denge nem eğrileri çizilmiştir.

### 2.3. Deneysel ölçümler

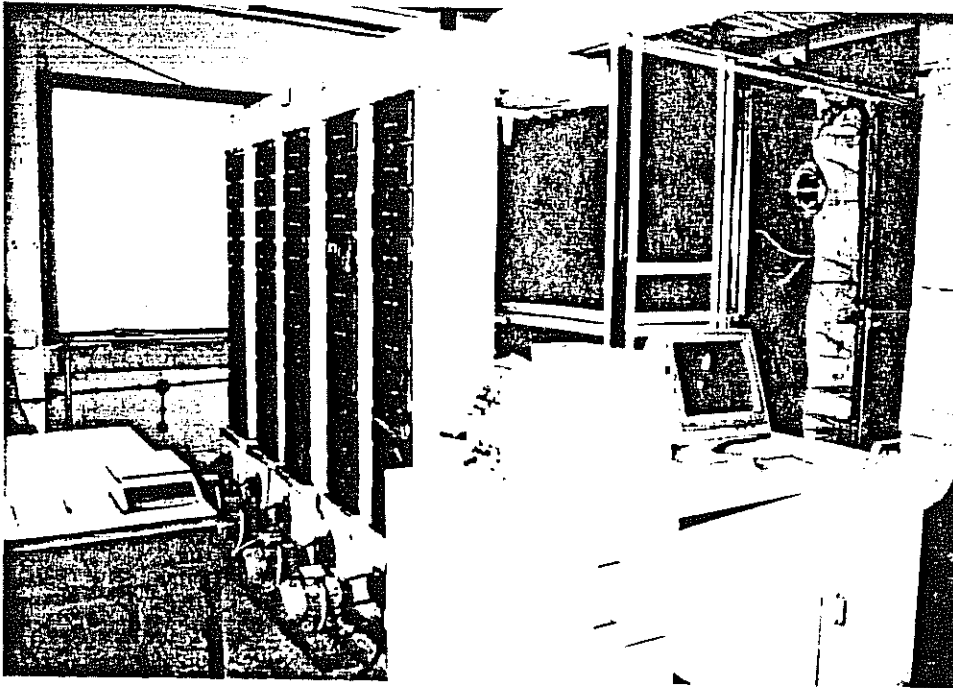
#### 2.3.1. Fındık Merkez Sıcaklıklarının Ölçülmesi

##### 2.3.1.1. Kurutma İşleminde

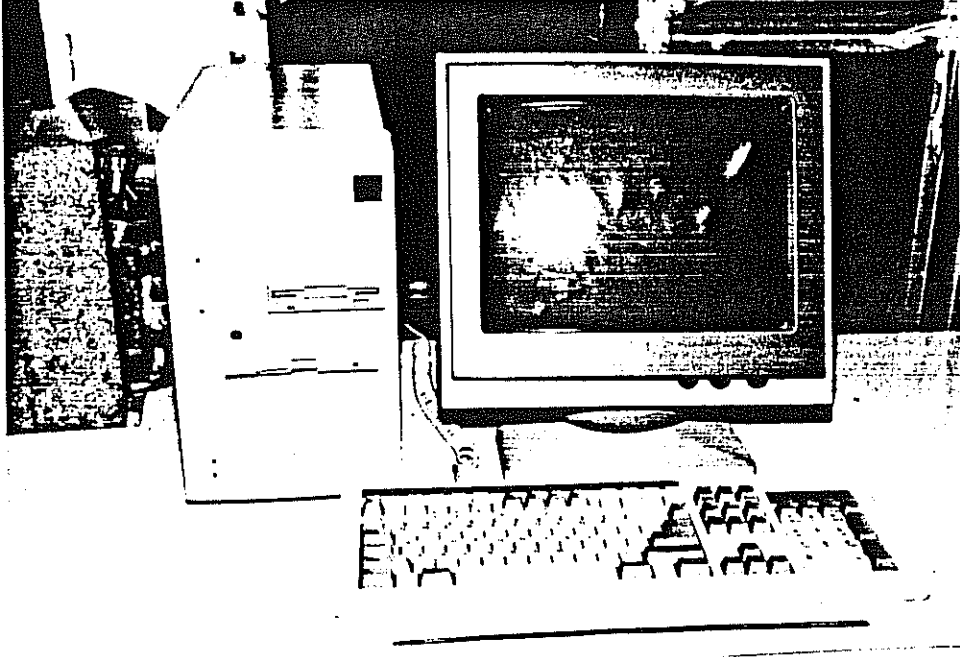
Kurutma kanallarındaki çekmecelere yerleştirilen kalın sergili fındık partileri içerisinde sıcaklıklar taban, orta ve tavan bölgelerinde örnek birer fındık merkezine yerleştirilen termoelemanlar ile ölçülürken, ayrıca kalın serginin taban, orta ve tavan ortam sıcaklıkları da ölçülmüştür.

Termoelemanların herbiri bilgisayarla irtibatlandırılarak ölçülmüştür (Şekil-2.9,2.10). Sıcaklık ölçümleri için, bilgisayar programında, ölçüm periyodu olarak 10 dakikalık zaman aralığı seçilmiştir.

Referans sıcaklığı, su ve buz karışımı olan 0°C alınmıştır.



Şekil-2.9. Sıcaklık ölçümlerinin bilgisayarla bağlantısı.



Şekil-2.10. DATA ACQUISITION sistemi ve bilgisayar.

#### 2.3.1.2. Soğutma İşleminde

Örnek numune ve kurşun malzemeden yapılan benzerinin merkez sıcaklıkları termoelemanlar vasıtasıyla ölçülmüştür. Termoelemanlar vasıtasıyla ölçülen sıcaklıklar bir yazıcıda grafik olarak elde edilmiştir. Bu şekilde numunelerin soğuma eğrileri çizilmiştir.

#### 2.3.2. Parti Ağırlık Değişimlerinin Ölçülmesi

Kurutma deneylerinde, kurutma kanallarına yerleştirilen fındık partilerinin ağırlık değişimleri, ilk kuruma periyodunda 10'ar dakikalık, ilerleyen kurutma periyotlarında 20, 30, 60 ve 120 dakikalık zaman dilimlerinde ölçülmüştür. Ölçümler % 0.1 hassasiyetle yapılmıştır.

#### 2.3.3. Nem İçeriği Değerlerinin Ölçülmesi

Parti ağırlık değişimlerinin ölçüm işlemleri bittikten sonra (hemen deney sonunda) partilerden alınan örnekler

kabukları ile birlikte öğütüldükten sonra, Petri cam kaplarına yerleştirilerek 105-110°C sıcaklığındaki etüvde 6-8 saat arasında bekletildi ve kuru madde miktarı belirlenerek nem içeriği tayin edildi.

## 2.4. Kimyasal Analiz

### 2.4.1. Numune Alma

Grubu, sınıfı, boyu, ürün yılı, ambalajları aynı olan ve bir seferde muayeneye sunulan kabuklu fındıklar bir parti sayılır. Muayenede ünite ambalajlıdır. İçinde küçük ambalajlar bulunan büyük ambalaj muayenede ünite sayılır.

Her partiden 5'den az olmamak kaydıyla % 5'den % 10'a kadar ambalaj içinden numune almak üzere gelişi güzel ayrılır. Sonuç kesirli çıkarsa rakam bir üste yuvarlatılır. Numune alınmak üzere ayrılmış olan her büyük ambalaj teker teker açılır, içindekilerin tümü muayene teknesi veya tentesine tamamen boşaltılarak iyice karıştırılır. Bu karışımdan muayene tablası üzerine 1 kg deney numunesi alınır.

Bu 1 kg lık numuneden çalışmamızda kullanacağımız yeterli miktarda fındık, yine iyice karıştırılarak alınır. Alınan numune fındıklar dikkatlice kırılıp kabuğundan ayrılır. Gerekirse bu esnada randıman bakılabilir. Daha sonra iç fındıklar blendirle öğütülür ve 1 mm'lik elekte elenir. Numunenin tamamı aynı elekten geçinceye kadar, elekten geçmeyen parçacıklar tekrar öğütülür. Bu şekilde elde edilen örnek analize hazırdır.

### 2.4.2. Nem Tayini

Kapağı ile darası alınmış Petri kutusuna ince çekilmiş fındık örneğinden 4 gr civarında alınır ve kap içerisinde yayılır. Madde ile beraber Petri kutusu tekrar hassas olarak tartılır. Daha sonra kapağı açık olarak 105°C etüvde 4-6 saat kurutulur. Bu sürenin sonunda kabın kapağı kapatılarak desikatöre alınır, oda sıcaklığına kadar soğutularak tartılır.

$$\% \text{ nem} = \frac{\text{Kuru madde}}{\text{Numune}} * 100 \quad (2.1)$$

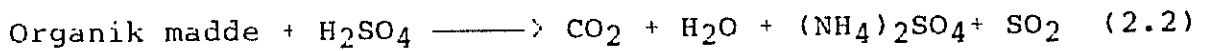
### 2.4.3. Ham Yağ Tayini

İnce çekilmiş fındık mumnesinden 3 gr civarında, bir kartuş içerisinde hassas olarak tartılır. Kartuşun ağızı iyice kapatılıp Soxhlet cihazına yerleştirilir. Sabit tartıma getirilmiş balon ısıtıcıya konup soxhlet gövdesi takılır. Gövde hacminin 1.5 katı kadar eter ilave edilir. Soğutucu takılarak soğutucu açılır. Önce yavaşca, kaynamaya başladıktan sonra ise belirli bir sıcaklıkta ısınmaya bırakılır. Cihaz ilk sifon yaptıktan sonra 6 saat ekstraksiyona devam edilir. Sonra ısıtıcı kapatılarak soğuması beklenir. Soğuduktan sonra ekstraktın toplandığı balon alınarak, eter destile edilerek alınır. Balonda kalan yağ ise, 105°C'de ki etüvde 1.5-2 saat bekletildikten sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulur ve tartılır. Numune ve kuru madde üzerinden yağ miktarı hesaplanır.

### 2.4.4. Ham Protein Tayini

Yağı alınmış fındık örneğinden 1 gr civarında hassas olarak tartılarak Kjeleadahl balonuna alınır. Üzerine 25 ml derişik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilerek, bütün karışım ıslanacak şekilde karıştırılır. Sıçramaları önlemek için balonun ağızına bir huni yerleştirilerek az yanan bek alevinde 30 dakika ısıtılır. Isıtma; karışım kaynayacak fakat pek fazla SO<sub>3</sub> buharları distille olmayacak şekilde ayarlanır.

Siyah çözelti oda sıcaklığına kadar soğutulularak 15-20 ml. %30'luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> katılıp, berraklaşınca kadar tekrar ısıtılır. Bu sırada organik madde sülfat asidi ve peroksit tarafından yükseltgenerek CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya dönüşür, azot ise H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinde (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> halinde kalır.



Bu işlemin sonunda tamamen renksiz olan karışım soğutulur ve saf su ile bir miktar seyreltiltikten sonra distilasyon sistemine alınır.

Çözelti bazik oluncaya kadar 40-50 ml % 40'lık NaOH çözeltisi ilave edilir. Sonra cihaz çalıştırılarak çıkan NH<sub>3</sub> gazı 50 ml ayarlı asit çözeltisinde tutulur. İşleme NH<sub>3</sub> gazı çıkışı tamamlanıncaya kadar devam edilir. Gaz çıkışının olup olmadığı turnusol kağıdı ile kontrol edilir. İşlem tamamlandıktan sonra asitin fazlası metil kırmızısı indikatörlüğünde ayarlı NaOH çözeltisi ile geri titre edilir. Titrasyonda dönüm noktası rengin kırmızıdan sarıya döndüğü andır.

$$\% \text{ Ham Protein} = \frac{(N_A * S_A - N_B * S_B) * 0.014 * 6.25}{\text{Numune (gr)}} * 100 \quad (2.3)$$

#### 2.4.5. Ham Lif Tayini

Yağı alınmış fındık örneğinden 1 gr civarında hassas olarak tartılarak 500 ml'lik şilifli bir balona alınır. Üzerine 200 ml % 1.25'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ilave edilir. Geri soğutucu altında kaynamaya başladığından itibaren 30 dakika ısıtılır. Sonra trompta bir bez üzerinde süzülerek, balon kap üç kez sıcak su ile yıkanıp tekrar süzülür.

Bez üzerindeki katı kalıntı, dikkatlice aynı balon kaba alınarak, bu kez üzerine 200 ml % 1.25'lik NaOH çözeltisi ilave edilip yine geri soğutucu altında 30 dakika kaynatılır. Tekrar trompta bez üzerinde süzülüp, bazikliğin gitmesi için; 50 ml sıcak % 1.25'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile yıkanır. Daha sonra üç kez sıcak saf su bir kez de alkolle yıkanır. Bu yıkamalardan sonra bez üzerinde kalan kalıntı dikkatlice sabit tartıma gelmiş porselen krozede 110°C'de ki etüvde 1.5-2 saat kurutulur. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılır.

Daha sonra 550-600°C'deki fırında 1.5-2 saat yakılarak kül edilir. Desikatörde soğutulup tartılarak kül miktarı bulunur. Önceki tartımdan son tartım çıkarılarak ham lif miktarı, yani asitle ve bazda çözünmeyen kısım bulunur, (Şahin, 1989, Kanca, 1984).

## 2.5. Duyusal Değerlendirme

Duyusal değerlendirmede özellikle seçilmiş 15 kişilik panelist gurubundandan enaz on kişi ile yapılmıştır. Panel örneklerine verilen kod numaraları her panel uygulamasında değiştirilmiştir. Bütün duyuusal analizler laboratuvarıda florasan ışığı altında ve saat 15-16 arasında yapılmıştır. Değerlendirmede fındıkların tad-lezzet, acılık, dış görünüş, renk ve koku durumları dikkate alınmıştır. Değerlendirme 0-4 puan arasında yapılmıştır. Buna göre 4:çok iyi, 3:iyi, 2:orta-kabul edilebilir, 1:bozuk-kabul edilemez, 0:kötü şeklinde sınıflandırılmıştır, (Baş, 1990).

## 2.6. Deneysel Hesaplama Yöntemi

### 2.6.1. Fındık Örnekleri İçin Isı Taşınım Katsayısının Belirlenmesi

#### 2.6.1.1. Matematiksel Modelleme

Problemin çözümü için; başlangıç sıcaklığı üniform  $T_i$ , yarı çapı  $R$  olan küresel bir ürün  $T_a$  sıcaklığındaki soğuk hava kanalına sokulmaktadır. Yüzey ısı transfer katsayısı ( $h$ ) ve herhangi bir  $t$  zamanındaki sıcaklık  $T$  olmaktadır. Bu nedenle ürün sıcaklığı  $T$ , zaman ve koordinatın bir fonksiyonu olarak  $T(r,t)$  şeklinde belirlenmektedir. Sıcaklık dağılımlarının belirlenmesinde kullanılan kararsız ısı transferine ait formülasyon için aşağıdaki kabuller yapılmaktadır.

- ürünün yapısı homojen ve şekli küre,
- ısı özellikleri sabit,
- başlangıç sıcaklığı üniform,
- Soğutma ortam sıcaklığı zamanla sabit,
- konveksiyon ısı transfer katsayısı zamanla sabit,
- iç ısı üretim yok,
- ısı iletimi tek boyutlu.

Değişkenlerin ayrıştırılması metodu ile kararsız durumdaki ısı transferine göre sıcaklık dağılımlarının belirlenmesine

ait çözümler çeşitli kaynaklarda bulunabilmektedir. Böylece tek boyutlu iletim ısı transferinin diferansiyel formu aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{1}{r^2} \left[ \frac{\delta}{\delta r} \left( r^2 \frac{\delta T}{\delta r} \right) \right] = \frac{1}{a} \frac{\delta T}{\delta t} \quad (2.4)$$

Denklemin çözümünde  $\epsilon = T - T_a$  şeklinde yeniden düzenleme yapılarak denklem (2.5) elde edilir.

$$\frac{\delta \epsilon}{\delta t} = \frac{a}{r^2} \frac{\delta}{\delta r} \left( r^2 \frac{\delta \epsilon}{\delta r} \right) \quad (2.5)$$

Başlangıç ve sınır şartları,

$$\epsilon(r, 0) = \epsilon_i = T_i - T_a \quad (2.6)$$

$$\epsilon(0, t) = \text{sonlu} \quad (2.7)$$

$$r = R \text{ 'de } -k \left[ \frac{\delta \epsilon(R, t)}{\delta r} \right] = h_0(R, t) \quad (2.8)$$

şeklinde yazılabilmektedir.

Küresel ürünün merkezi için boyutsuz sıcaklık dağılımını veren ifade aşağıdaki gibi bulunabilmektedir.

$$\theta = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{2 \cdot Bi \cdot [(Bi-1)^2 + \mu n^2]^{0.5}}{[\mu n^2 + Bi^2 - Bi]} \cdot \exp(-\mu n^2 \cdot Fo) \quad (2.9)$$

Seriye basitleştirmek için, Fourier sayısının 0.2'den büyük olduğunu varsayalım. Bu durumda serinin sadece ilk terimi dikkate alınıp gerisi ihmal edilmektedir. Bu yaklaşımla denklem (2.9) aşağıdaki forma indirgenebilir.

$$\theta = J_i \cdot \exp(-\mu_i^2 \cdot Fo) \quad (2.10)$$

Burada,

$$\theta = \frac{(T - T_a)}{(T_i - T_a)} \quad (2.11)$$



$$J_i = (2 \cdot B_i \cdot [(B_i - 1)^2 + \mu_i^2]^{0.5}) / (\mu_i^2 + B_i^2 - B_i) \quad (2.12)$$

olmaktadır.

Ayrıca ölçülen ürün sıcaklıklarına, üstel fonksiyon formunda (denklem 2.13) en küçük kareler yöntemi ile regresyon analizi uygulanır.

$$\theta = J_i \cdot \exp(-C \cdot t) \quad (2.13)$$

Denklem (2.10) ve (2.13)'ün taraf tarafa eşitlenmesiyle aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\mu_i^2 \cdot F_o = C \cdot t \quad (2.14)$$

Burada,

$$F_o = a \cdot t / R^2 \quad (2.15)$$

$$B_i = h \cdot R / k \quad (2.16)$$

$$\mu_i^2 = (10.3 \cdot B_i) / (3.2 + B_i) \quad (2.17)$$

yazılır. Bu ifadeler denklem (2.14)'de yerine yazılıp düzenlemeler yapılırsa, küresel ürünlerin ısı transfer katsayısını veren model elde edilir.

$$h = \frac{(3.2 \cdot k \cdot R \cdot C)}{(10.3 \cdot a - C \cdot R^2)} \quad (2.18)$$

Meyve ve sebzelerin ısı iletkenlik ve ısı difüzyivite-leri, nem içeriklerine bağlı olarak aşağıdaki denklemler ile belirlenebilmektedir, (Luikov, 1966, Dincer, 1991, Luikov, 1968, Carslaw, 1959, Sweat, 1986, ASHRAE, 1981).

$$k = 0.148 + 0.493 \cdot W \quad (2.19)$$

$$a = 0.088 \cdot 10^{-6} + (a_w - 0.088 \cdot 10^{-6}) \cdot W \quad (2.20)$$

## 2.7. Teorik Modelleme

### 2.7.1 Giriş

Değişik malzemelerin kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar 60 yıldır devam etmektedir. Kuruma işlemi termofizik ve termokimyasal bir işlemdir. Burada kütle ve ısı transferi malzeme yüzeyi ile ortam arasında olmakla beraber malzeme içerisinde de görülür. Biyolojik malzemelerin kurutulmasında kurutmayı açıklayan bir çok teoriler ortaya atılmış ve bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

Sunulan çalışmada fındığın kurutulmasının teorik modellenmesi, ısı transferi ve kütle transferi açısından ele alınmıştır.

### 2.7.2. Fındık Kurutmada Isı Transferi Modellemesi

Fındığın yapısı itibari ile çok katmanlı bir küre olarak ele alınabilirliği varsayımıyla çalışmalar ilk önce katmanlı kürelerde bir boyutlu geçici rejimde ısı transferinin sayısal çözümleri üzerine yoğunlaşmıştır.

Tek katmanlı küredeki ısı transferinin sayısal çözümü (Gröber, 1963)'de verilmiştir. Yapılan çalışmada, sayısal metotla üç katmanlı küredeki ısı transferi çeşitli parametreler için elde edilmiştir. Katmanlar için aynı malzeme değerleri verilerek tek katmanlı küre gibi hesaplanmış ve sonuçların (Daloğlu, 1982)'de verilen değerlerle uyduğu görülmüştür.

Deneylerde kurutulmuş tombul fındık kullanılarak soğuma eğrileri çizilmiştir. Burada fındık içerisindeki nem denge nemi değerindedir.

#### 2.7.2.1. Matematik Model ve Çözüm Yöntemi

Ele alınan matematik modelde, tek fındık tanesi öz + hava + kabuk'tan oluşan katmanlı küre yaklaşımıyla modellenmiştir.

$$\frac{\delta^2 T}{\delta r^2} + \frac{2}{r} \frac{\delta T}{\delta r} = \frac{1}{a} \frac{\delta T}{\delta t} \quad (2.22)$$

buradan,

$$\frac{\delta T}{\delta t} = a \left( \frac{\delta^2 T}{\delta r^2} + \frac{2}{r} \frac{\delta T}{\delta r} \right) \quad (2.23)$$

yazılır.

Burada a yayılım katsayısı olup,

$$a = \frac{k}{\rho c_p} \quad (2.24)$$

şeklindedir.

ilk şartlar ve sınır şartları;

Sınır şartları,

Fındık içerisindeki sıcaklık dağılımının  $r=0$  dan  $r=R_1$ 'e kadar belirlenebilmesi için sınır şartlarının gözönünde bulundurulması gerekir.

Sınır şartları için aşağıdaki bağıntılar yazılır.

I.  $r = 0$  da Fourier kanunu'ndan

$$\frac{\delta T}{\delta r} = 0 \quad (2.25)$$

II.  $r = R_3$  te Fourier kanunu'ndan

$$-k_3 \frac{\delta T}{\delta r} \Big|_{r=R_{3,3}} = -k_2 \frac{\delta T}{\delta r} \Big|_{r=R_{3,2}} \quad (2.26)$$

III.  $r=R_2$ 'de Fourier kanunundan

$$-k_2 \frac{\delta T}{\delta r} \Big|_{r=R_{2,2}} = -k_1 \frac{\delta T}{\delta r} \Big|_{r=R_{2,1}} \quad (2.27)$$

IV.  $r = R_1$  de Fourier kanunu ve Newton'un soğuma kanunundan,

$$\dot{q} = h(T_y - T_w) = -k_1 \frac{\delta T}{\delta r} \Big|_{r=R_1} \quad (2.28)$$

yazılır.

Bu eşitliklerde  $\dot{q}$  ısı akısını,  $T_y$  yüzey sıcaklığını,  $T_\infty$  ortam havası sıcaklığını,  $R_{3,3}$   $R_3$  de hemen üçüncü katman tarafındaki yarı çapı,  $R_{3,2}$   $R_3$  de ikinci katman tarafındaki yarı çapı,  $R_{2,2}$  ikinci katman tarafındaki yarı çapı,  $R_{2,1}$   $R_2$  de hemen birinci katman tarafındaki yarı çapı göstermektedir.

Denklemin boyutsuzlaştırılması aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$\bar{T} = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty}, \quad \bar{r} = \frac{r}{R_1}, \quad \tau = \frac{a_1 t}{R_1^2}, \quad \bar{a}_k = \frac{a_k}{a_1} \quad (2.29)$$

Burada  $a_i$  katmanlardaki ısı yayılım katsayılarıdır.

Böylelikle eşitlik (2.23)

$$\frac{\delta \bar{T}}{\delta \tau} = \bar{a}_k \left( \frac{\delta^2 \bar{T}}{\delta \bar{r}^2} + \frac{2}{\bar{r}} \frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} \right) \quad (2.30)$$

şekline gelir.

Sınır şartları için de,

$$\frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} = 0$$

$$\bar{k}_{2,3} = \frac{k_2}{k_3} \quad \text{ve} \quad \bar{k}_{1,2} = \frac{k_1}{k_2} \quad (2.31)$$

tanımlarının yapılması ile,

$$- \bar{k}_{2,3} \frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} \Big|_{r = R_{3,2}} = \frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} \Big|_{r = R_{3,3}} \quad (2.32)$$

$$- \bar{k}_2 \frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} \Big|_{r = R_{2,1}} = \frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} \Big|_{r = R_{2,2}} \quad (2.33)$$

olarak boyutsuzlaştırılır.

Eşitlik (2.28)'de  $\bar{r}$  ve  $\bar{T}$  terimleri kullanılarak,

$$h \bar{T} = - \frac{k_1}{R_1} \frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} \quad (2.34)$$

küre için Bi sayısı,

$$Bi = \frac{h R_1}{k_1} \quad (2.35)$$

tanımlandığında,

$$\frac{\delta \bar{T}}{\delta \bar{r}} = - Bi \bar{T} \quad (2.36)$$

olarak boyutsuzlaştırılır.

Diferansiyel denklemlerin sayısal çözümleri parabolik ve eliptik diferansiyel denklemler için farklıdır. Ele alınan modelde ısı transferi geçici rejimde olduğundan ve kürede sıcaklık sadece yarı çap boyunca değiştiğinden eşitlik (2.30)'da ifade edilen diferansiyel denklem iki boyutlu parabolik diferansiyel denklemdir. Diferansiyel denklem sonlu farklar yöntemi kullanılarak sonlu farklar denklemi haline getirildikten sonra implisit çözüm yöntemi kullanılarak Crank-Nicolson metodu kullanılır. Elde edilen sonlu fark denklemi çözüm bölgesinde genel olarak,

$$-A_j \bar{T}_{j-1} + B_j \bar{T}_j - C_j \bar{T}_{j+1} = D_j \quad (2.37)$$

şeklini alır.

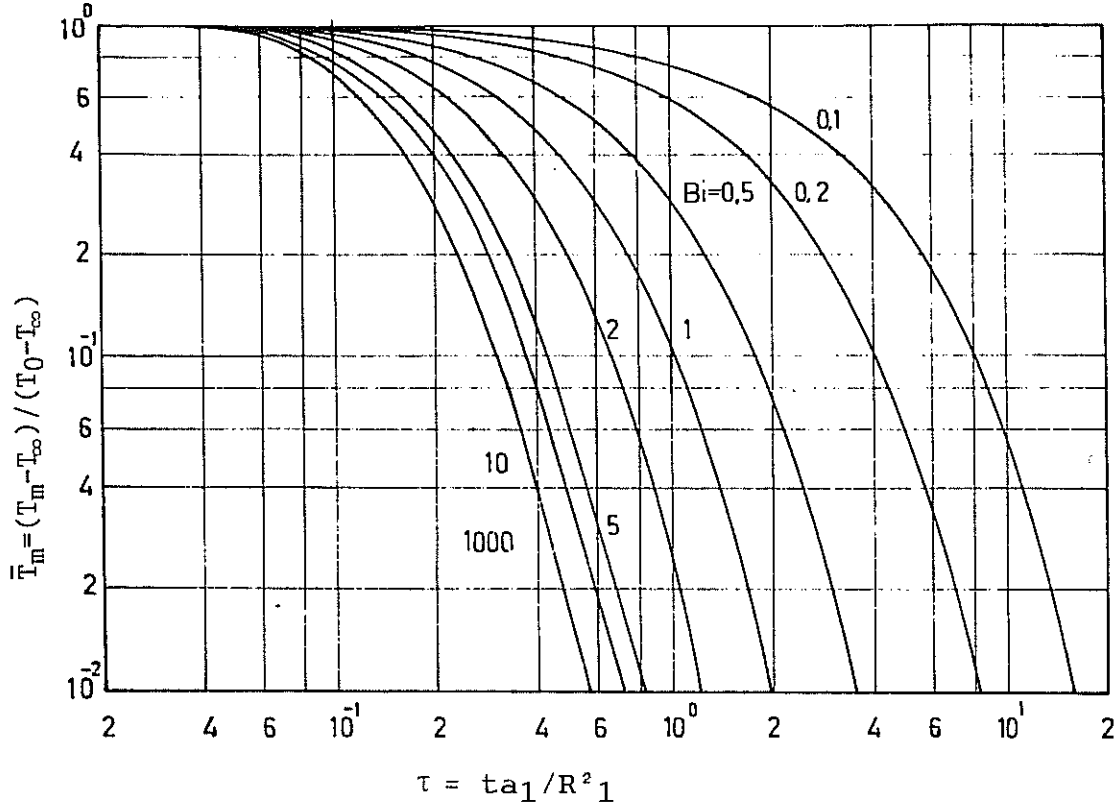
Burada,  $A_j$ ,  $B_j$ ,  $C_j$  ve  $D_j$  katsayılarıdır. Bu denklemlerin çözümleri Gause-Eleminasyon TDMA yöntemi ile yapılmıştır.

Küre merkezinde  $r = 0$  da ortaya çıkan süreksizliği kaldırmak için türev şartından yararlanılarak katmanların temas yüzeylerinde geçerli eşitlikler türetilerek iç süreksizlikler ortadan kaldırılmıştır.

Implisit çözüm yöntemi kullanılarak çeşitli parametreler için elde edilen sonuçlar grafikler halinde verilmiştir.

Çözüm yönteminin doğruluğunun karşılaştırılmasının yapılabilmesi için küre katmanları aynı malzemeden alınarak, ısı transferi Bi sayısının çeşitli değerleri için hesaplanmıştır. Tipik sonuçlar Şekil-2.11'de verilmiştir.

Çözümde elde edilen çeşitli Bi sayıları için merkez sıcaklığının boyutsuz zamanla değişimleri literatürde verilen çözümlerle karşılaştırılarak çözüm yönteminin doğruluğu



Şekil-2.11. Katmansız kürede, çeşitli Bi sayıları için merkez sıcaklığının zamanla değişimi.

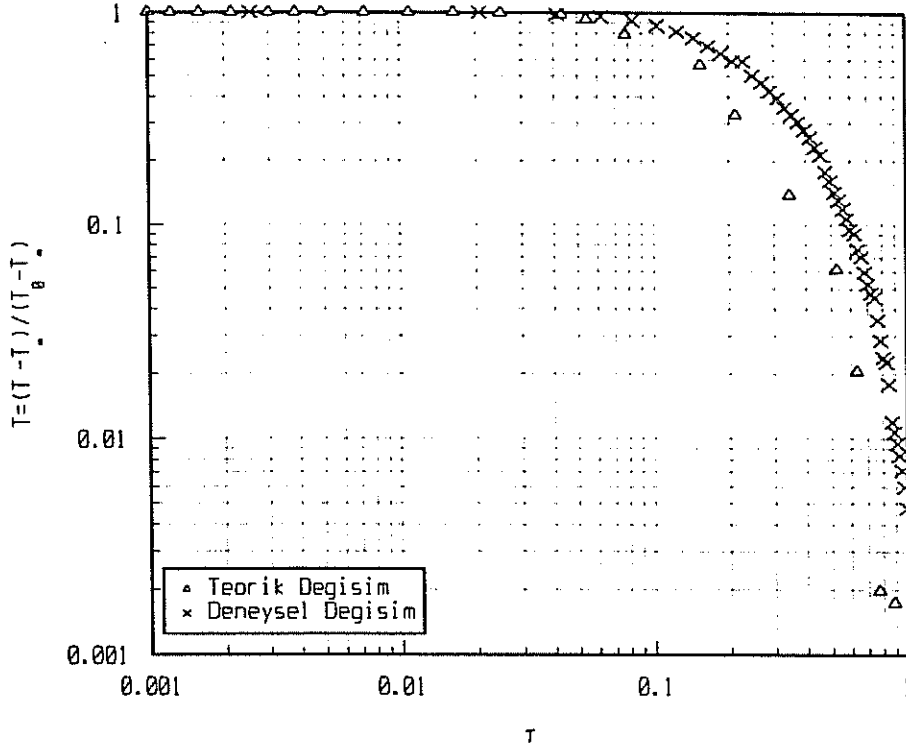
kontrol edilmiştir.

Fındık kurutma deneylerinden elde edilen verilerle çizilen soğuma eğrileri, teorik modelleme sonunda elde edilen eğrilerle çok iyi uyum içinde olduğu Şekil-2.12'de görülmektedir.

### 2.7.3. Fındık Kurutmada Kütle Transferi Modellemesi

Biyolojik gözenekli malzemelerin kurutulmasındaki mekanizmayı açıklayıcı çalışmalar üzerinde yapılan literatür araştırması Sharaf-Eldeed ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Literatür çalışmalarının sonucunda ortaya çıkan şudur ki kuruma esnasında difüzyon katsayısı neme ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiği vurgulanmaktadır (Dutta,1988).

Bu iki parametrenin bir arada etkisinin görüldüğü öz+hava+kabuk yapısına haiz ürünlerde difüzyon katsayısı üzerindeki etkisinin modellemesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



şekil-2.12. Fındık içerisindeki sıcaklık dağılımı.

### 2.7.3.1. Matematik Model ve Çözüm Yöntemi

Küresel koordinatlarda izotermik kuruma süreci için difüzyon denklemi,

$$\frac{\delta M}{\delta t} = \frac{1}{r^2} \frac{\delta}{\delta r} \left[ r^2 D \frac{\delta M}{\delta r} \right] \quad (2.38)$$

şeklinde yazılır.

Çözümde yapılacak kabuller aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Fındık kabuğunda ve fındık içinde kuruma süresi boyunca nem hareketinin basınç ve sıcaklık gradyantından oluşmadığı var sayılmıştır.

-  $r=R$  de yüzeyde buhar difüzyonuna karşı gösterilen direnç sıfır kabul edilmiştir.

İlk şartlar ve sınır şartları;

$$M=M_0 \quad t=0 \quad \text{ve} \quad 0 \leq r \leq R \quad (2.39a)$$

$$M=M_e \quad t>0 \quad \text{ve} \quad r=R \quad (2.39b)$$

$$\frac{\delta M}{\delta r} = 0 \quad t>0 \quad \text{ve} \quad r=0 \quad (2.39c)$$

şeklinde verildikten sonra difüzyon denklemini boyutsuzlaştırmak için aşağıdaki boyutsuz büyüklükler tanımlanmıştır.

$$\bar{M} = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}, \quad \bar{r} = \frac{r}{R}, \quad \bar{D} = \frac{D}{D_e} \quad \text{ve}$$

$$\tau = \frac{\bar{D}_e t}{R^2} \quad (2.40)$$

Eşitlik (2.38) nonlinear kısmi türevli diferansiyel eşitlik olarak aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\frac{\delta \bar{M}}{\delta \tau} = \frac{1}{\bar{r}^2} \frac{\delta}{\delta \bar{r}} \left[ \bar{r}^2 \bar{D} \frac{\delta \bar{M}}{\delta \bar{r}} \right] \quad (2.41)$$

İlk şartlar ve sınır şartları;

$$\bar{M}=1 \quad \tau=0 \quad \text{ve} \quad 0 \leq \bar{r} \leq 1 \quad (2.42a)$$

$$\bar{M}=0 \quad \tau>0 \quad \text{ve} \quad \bar{r}=1 \quad (2.42b)$$

$$\frac{\delta \bar{M}}{\delta \bar{r}} = 0 \quad \tau>0 \quad \text{ve} \quad \bar{r}=0 \quad (2.42c)$$

Difüzyon katsayısı için tanımlanan matematik model

$$D = a \exp(b M) \quad (2.43)$$

şeklinde olsun.

Böylelikle,

$$D_e = a \exp(b M_e) \quad (2.44)$$

ve



$$\bar{D} = \exp[b(M_0 - M_e) M] \quad (2.45)$$

yazılabilir.

Bu eşitlikte a ve b kurutma havası sıcaklığının bir fonksiyonu olarak ele alınacaktır.

(2.43) ve (2.45) eşitliklerinden yararlanılarak

$$\frac{\delta \bar{M}}{\delta \tau} = \bar{D} \left[ \frac{2}{\bar{r}} \frac{\delta \bar{M}}{\delta \bar{r}} + b (M_0 - M_e) \left( \frac{\delta \bar{M}}{\delta \bar{r}} \right)^2 + \frac{\delta^2 \bar{M}}{\delta \bar{r}^2} \right] \quad (2.46)$$

eşitliği yazılır.

Bu eşitliğin çözümü için Crank-Nicolson Implicit çözüm yöntemi kullanılmıştır.

(2.46) diferansiyel denkleminin cebrik diferansiyel denklem haline getirilmesi için Taylor seri açılımı kullanılarak,

$$\left[ \frac{\Delta \bar{r}}{2\bar{r}} + \phi (\bar{M}_{j+1} - \bar{M}_{j-1}) - \frac{1}{2} \right] \bar{M}_{j-1}^+ + \left( \frac{\lambda_j + 1}{\lambda_j} \right) \bar{M}_j^+ \\ + \left[ - \left\{ \frac{\bar{r}}{2\bar{r}} + \phi (\bar{M}_{j+1} - \bar{M}_{j-1}) + \frac{1}{2} \right\} \right] \bar{M}_{j+1}^+ \quad (2.47)$$

eşitliği elde edilir.

Bu eşitlik, fındık merkezinden fındık yüzeyine kadar uygulanır.

Eşitlik (2.47)'de

$$\phi = \frac{b (M_0 - M_e)}{8} \quad \text{ve} \quad \lambda_j = \frac{\bar{D} \Delta \tau}{(\Delta \bar{r})^2} \quad (2.48)$$

Merkezdeki türev sınır şartı nedeniyle eşitlik (2.47)'daki süreksizlik giderilir.

Merkez için,

$$\bar{M}_1^+ = \frac{3 \lambda_1 (\bar{M}_2^+ + \bar{M}_2 - \bar{M}_1) + M_1}{1 + 3 \lambda_1} \quad (2.49)$$

yazılır.

Eşitlik (2.47) ve (2.49) in cebrik çözümünde TDMA kullanılarak çözümler elde edilmiştir. Bu çözümlerde  $\Delta r=0.1$  ve  $\Delta \tau=0.01$  alınmıştır.

Çözüm yöntemindeki sıralamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Kurutma parametresi B aşağıdaki gibi seçilerek

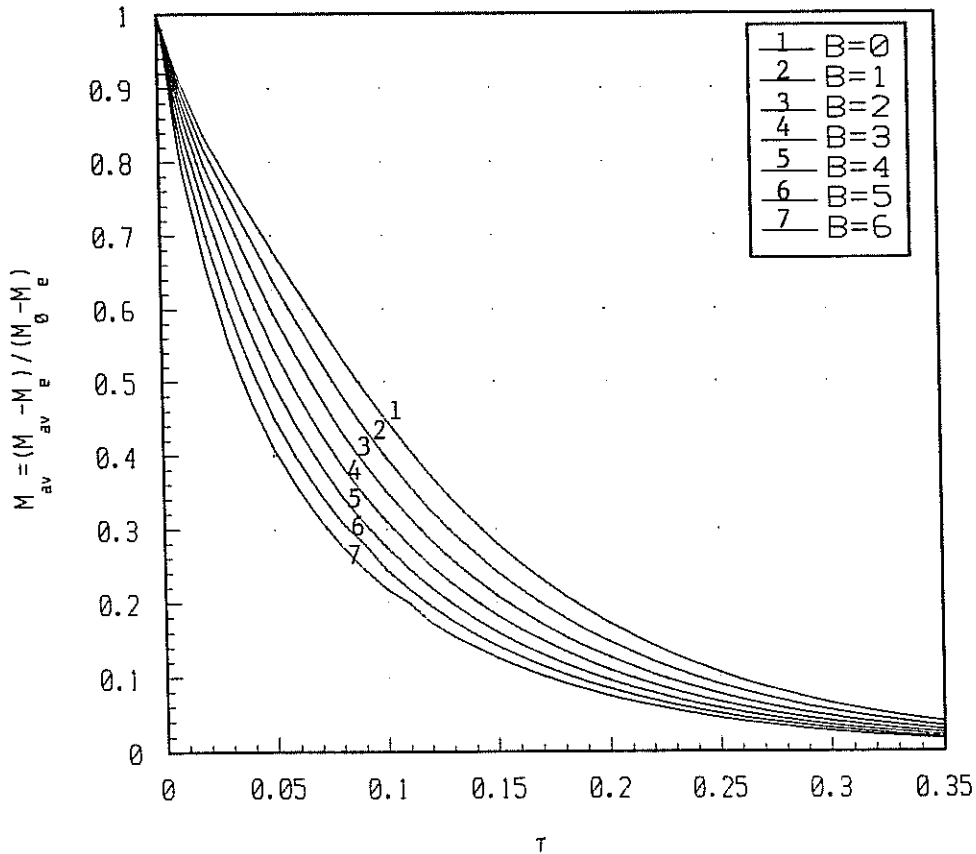
$$B = b(M_0 - M_e) \quad (2.50)$$

ilk çözüm için  $B=0$  alınmalıdır.

2. Eşitlik (2.47)'nin çözüm sonuçları ile  $M-\tau$  grafiği çizilerek bu grafikten fındığın teorik  $M_{av}$  değerleri hesaplanmalıdır.

3. Yukarda belirtilen sıra B'nin 1 den 6'ya kadar değerleri için tekrarlanmalıdır.

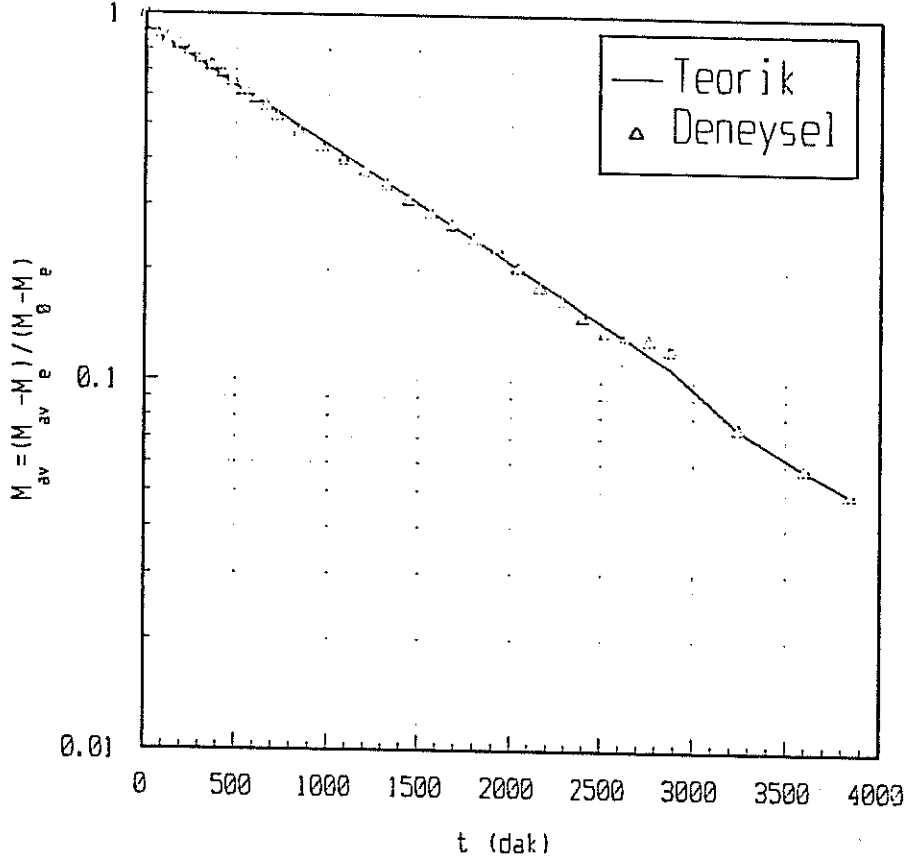
Yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçlar Şekil-2.13'de verilmiştir.



Şekil-2.13. Fındıkta  $M_{av}-\tau$ 'nin kurutma parametresi B'ye göre değişimi

### 2.7.3.2. a ve b Katsayılarının ve B kurutma Parametresinin Tayini

DeneySEL bulgularda elde edilen değerlerle çizilen  $M_{av}-t$  grafiğinden tipik bir örnek Şekil-2.14'de çizilmiştir.



Şekil-2.14. Fındıkta  $M_{av}$ -t değişimi.

Deneysel verilere en küçük kareler yöntemi ile uydurulan matematik bağıntı yardımıyla eşitlik (2.40)'ı kullanarak  $D_e$ - $M_{av}$  bağıntıları türetilir. Elde edilen bağıntılar Şekil-2.15' de verilmiştir.

Şekil-2.15'de  $B=3$  için  $M_{av}$ 'in  $0.2 \leq M_{av} \leq 0.7$  arasındaki değişimi  $\pm 0.4$  olduğu halde  $D_e = 5 \cdot 10^{-9}$  da sabit kaldığı görülmektedir.

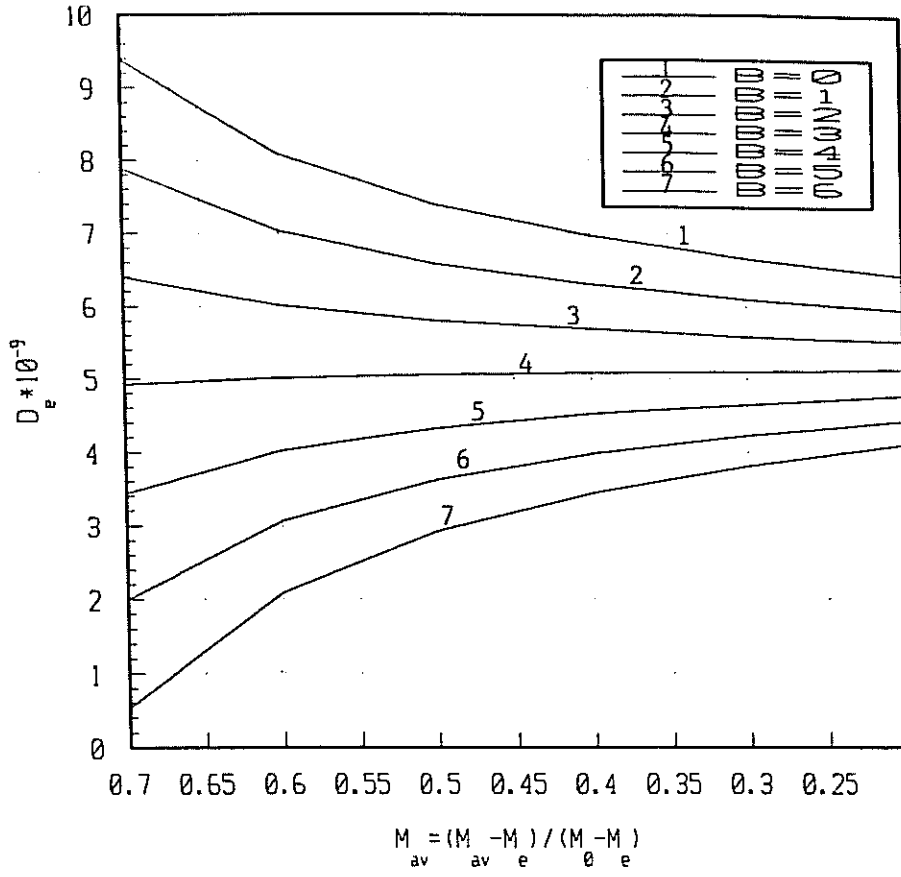
Deneylerdeki kurutma havasının I. deney şartları için difüzyon katsayısı  $D_e = 5 \cdot 10^{-9}$  alındığında tombul fındık için a ve b sabitleri,

$$a = 5.79 \cdot 10^{-16} \exp(0.053T) \quad (2.51)$$

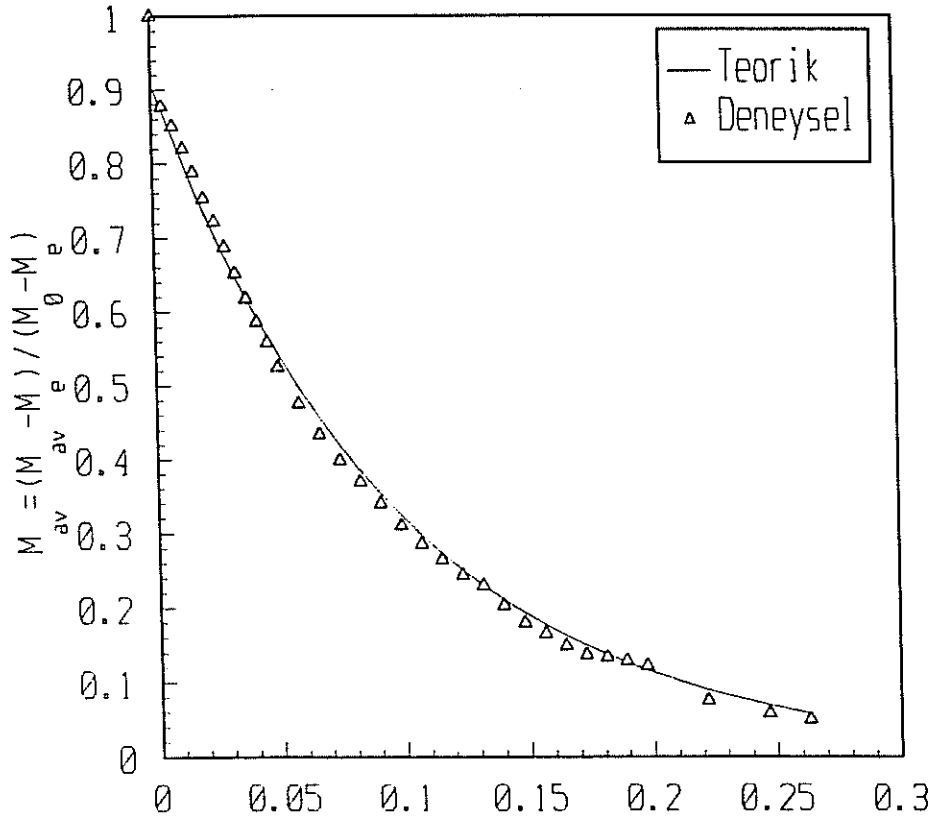
$$b = 0.916 \exp(-4.947 \cdot 10^{-3}T) \quad (2.52)$$

kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak elde edilir.

Buna göre I. deney verileri ile elde edilen deney sonuçları kurulan matematik modelle karşılaştırılması Şekil-2.16'de verilmiştir.



Şekil-2.15. Fındıkta türetilen  $D_e - M_{av}$  bağıntılarının eğrileri.



Şekil-2.16. 1. deney sonuçlarının matematik model sonuçları ile karşılaştırılması.

## 2.8. Bulgular ve İrdeleme

### 2.8.1. Soğutma İşleminde

Soğutma işleminin yapıldığı fındık örneğinin boyutları ve deney şartları aşağıda verilmiştir.

$$Re = 45\ 000$$

$$R_{fındık} = 0.00854\ m$$

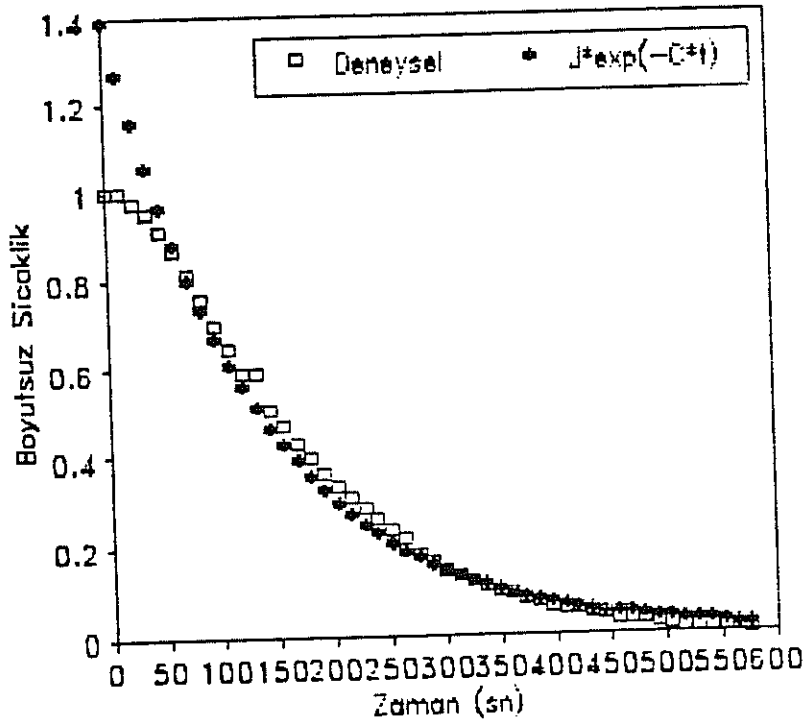
$$T_{ortam} = 14^{\circ}C$$

$$W_{fındık} = \% 6.8$$

$$C = 0.007712$$

$$J_i = 1.411383$$

Fındık örnekleri için ısı taşınım katsayısının belirlenmesinde elde edilen soğuma eğrilerinden bir örnek şekil-2.17'de verilmiştir. Seçilen tombul fındık numuneleri için deneysel verilere göre hesaplanan ısı taşınım katsayısı  $h = 87.91\ W/m^2K$  olarak belirlenmiştir. Bu konudaki çalışmalar fındık çeşitleri ve boyutlarına göre devam etmekte olup, kısa zamanda literatürde yerini alacaktır.



Şekil-2.17. Fındık soğuma eğrisi.

## 2.8.2. Kurutma işleminde

## a) Birinci deney

Kurutma havası sıcaklığı = 33.5°C  
Kurutma havası nemi = % 60  
Kurutma havası hızları;  
    ince sergi = 0.2, 0.3, 0.6 m/s  
    kalın sergi = 0.3, 0.9 m/s  
Yaş fındığın nem yüzdesi = % 35  
Kuru fındığın nem yüzdesi = % 8

## b) İkinci deney

Kurutma havası sıcaklığı = 33°C  
Kurutma havası nemi = % 43  
Kurutma havası hızları;  
    ince sergi = 0.2, 0.3, 0.6 m/s  
    kalın sergi = 0.3, 0.9 m/s  
Yaş fındığın nem yüzdesi = % 33  
Kuru fındığın nem yüzdesi = % 6.3

## c) Üçüncü deney

Kurutma havası sıcaklığı = 40°C  
Kurutma havası nemi = % 73  
Kurutma havası hızları;  
    ince sergi = 0.2, 0.3, 0.6 m/s  
    kalın sergi = 0.3, 0.9 m/s  
Yaş fındığın nem yüzdesi = % 40  
Kuru fındığın nem yüzdesi = % 9

## d) Dördüncü deney

Kurutma havası sıcaklığı = 45°C  
Kurutma havası nemi = % 60  
Kurutma havası hızları;  
    ince sergi = 0.2, 0.3, 0.6 m/s  
    kalın sergi = 0.3, 0.9 m/s  
Yaş fındığın nem yüzdesi = % 33

Kuru fındığın nem yüzdesi = % 6.8

e) Beşinci deney

Kurutma havası sıcaklığı = 45°C

Kurutma havası nemi = % 30

Kurutma havası hızları;

ince sergi = 0.2, 0.3, 0.6 m/s

kalın sergi = 0.3, 0.9 m/s

Yaş fındığın nem yüzdesi = % 26

Kuru fındığın nem yüzdesi = % 5

Merkez sıcaklıklarının belirlenmesinde Bölüm 2.6.1.1'de tanıtılan matematik modele uygun olarak hesaplamalar yapılarak fındık örnekleri için ısı taşınım kat sayıları belirlenmiştir.

Her deney için fındık partilerine ait izafi fındık ağırlıklarından gerçek fındık ağırlıkları elde edilmiştir. Bir e-tüv yardımıyla tam kuru fındık ağırlıkları tesbit edilmiştir. Deneylerden elde edilen değerler aşağıdaki bağıntı yardımıyla fındık parti ağırlıklarının zamana göre değişim grafikleri çizilmiştir.

$$f(t) = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (2.21)$$

$M_t$  : Fındığın  $t$  anındaki ağırlığı

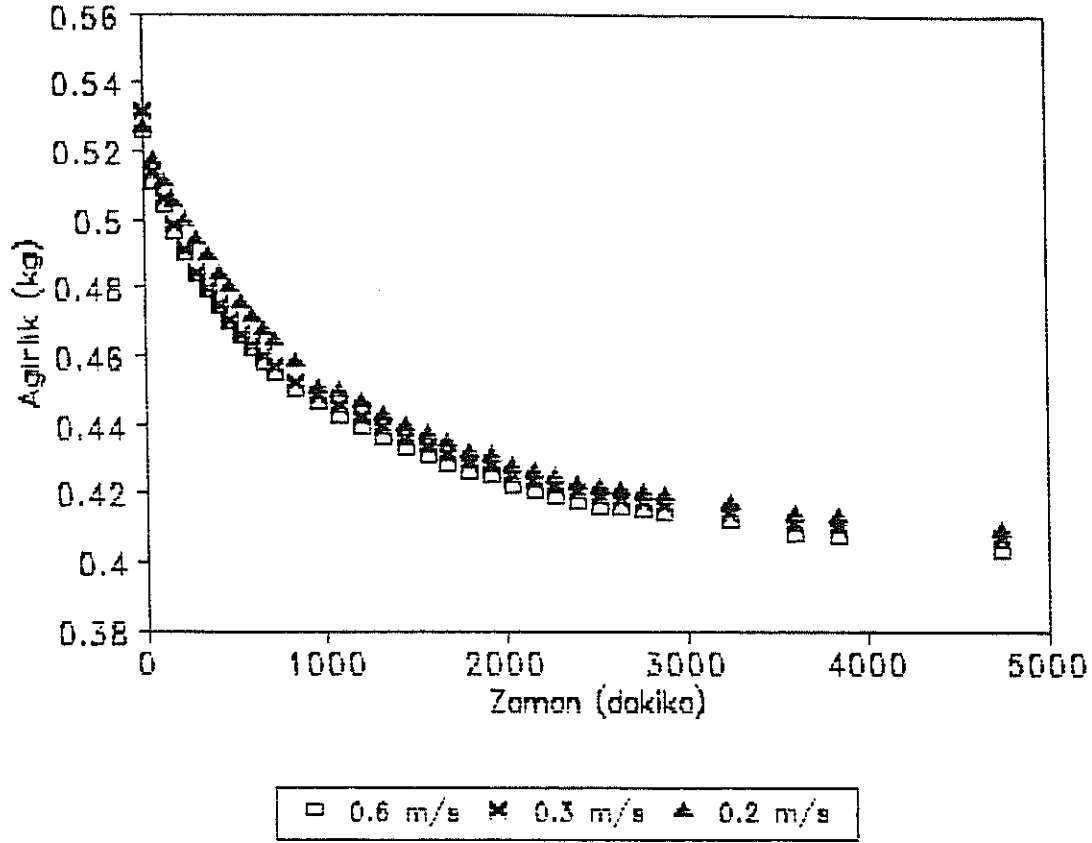
$M_e$  : Fındığın  $t = \infty$  son ağırlığı

$M_0$  ; Fındığın  $t = 0$  anındaki ağırlığı

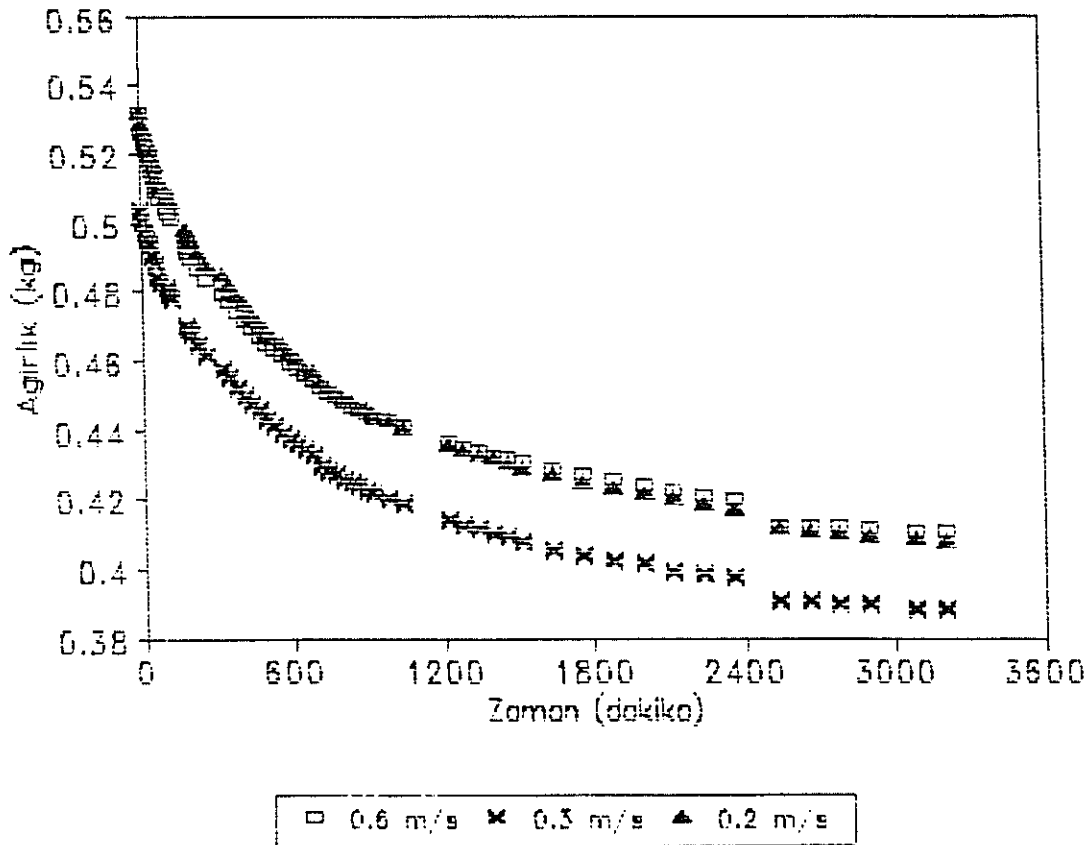
Fındık kurutmada, parti ağırlıklarının zamana göre değişimleri her bir deney için bir örnek olmak üzere Şekil-2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23'de verilmiştir. Diğer bulgular Ek-1,2,3,4 ve 5'de verilmiştir.

Fındık partilerindeki nemin zamana göre değişimi her bir deney için bir örnek olmak üzere Şekil-2.24, 2.25, 2.26, 2.27, 2.28, 2.29'de verilmiş olup, diğer bulgular yine Ek-1,2,3,4 ve 5'de verilmiştir.

Kurutulan fındık partilerindeki bazı fındık örneklerindeki merkez sıcaklık değişimleri için bir örnek grafik, Şekil-

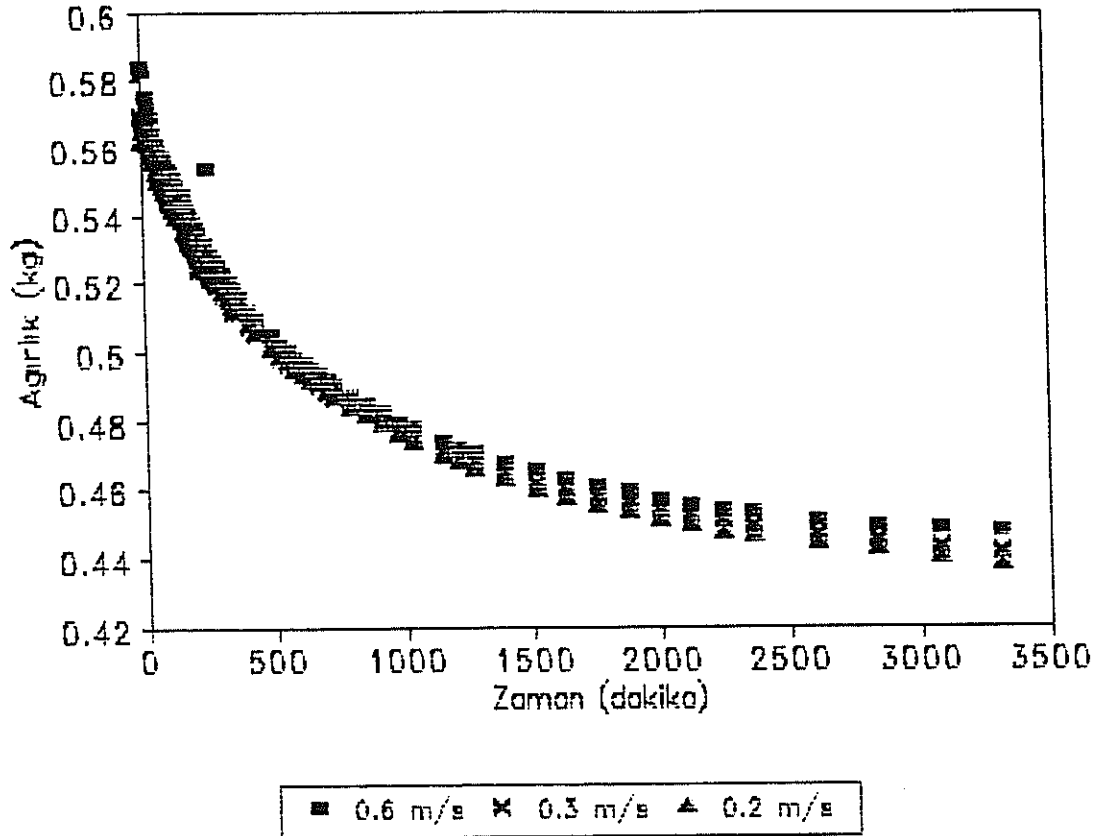


Şekil-2.18. Birinci deney 5/9, 4/9, 3/9 nolu fındık, partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre dağılımı.

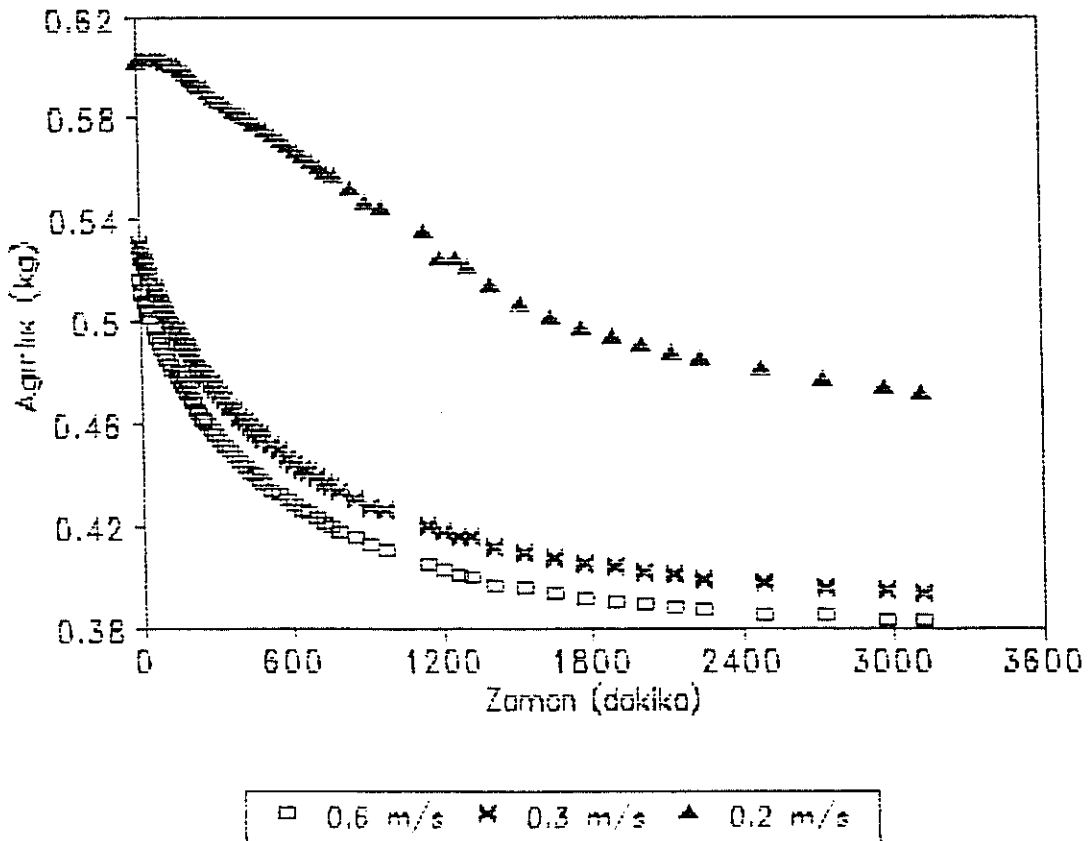


Şekil-2.19. İkinci deney 5/9, 4/9, 3/9 nolu fındık, partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre dağılımı.

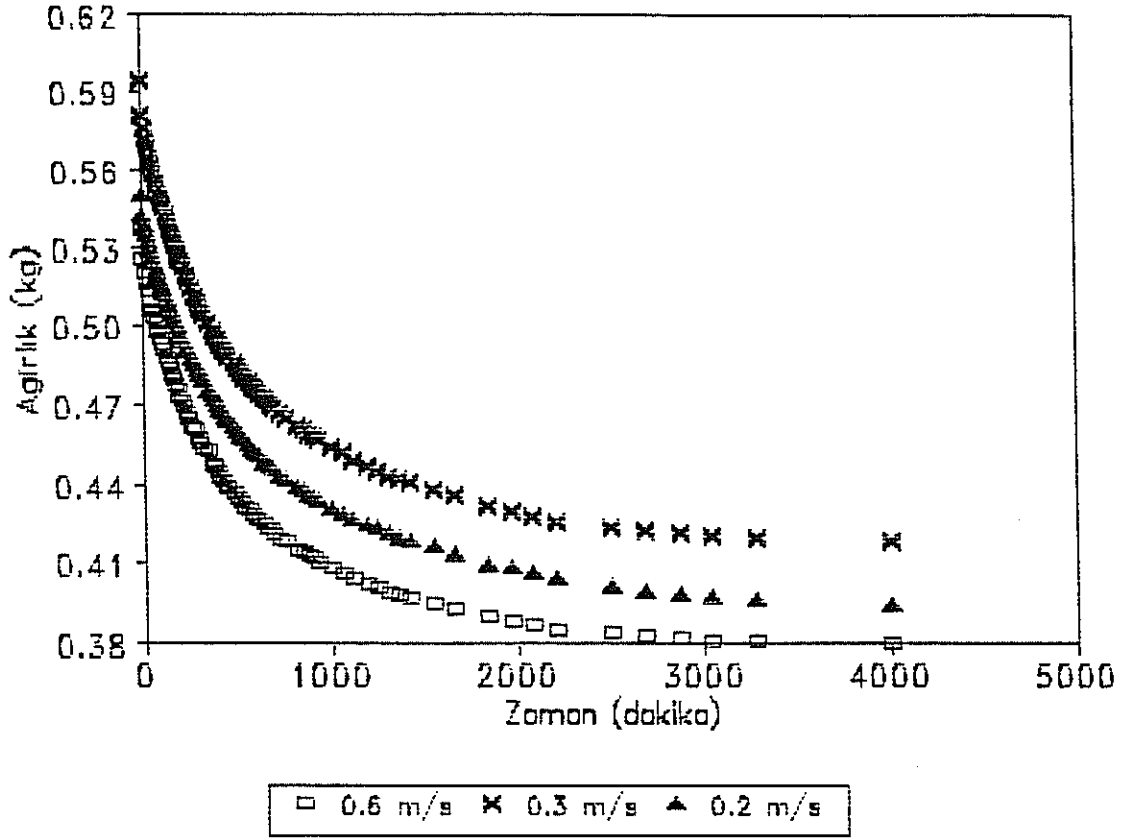




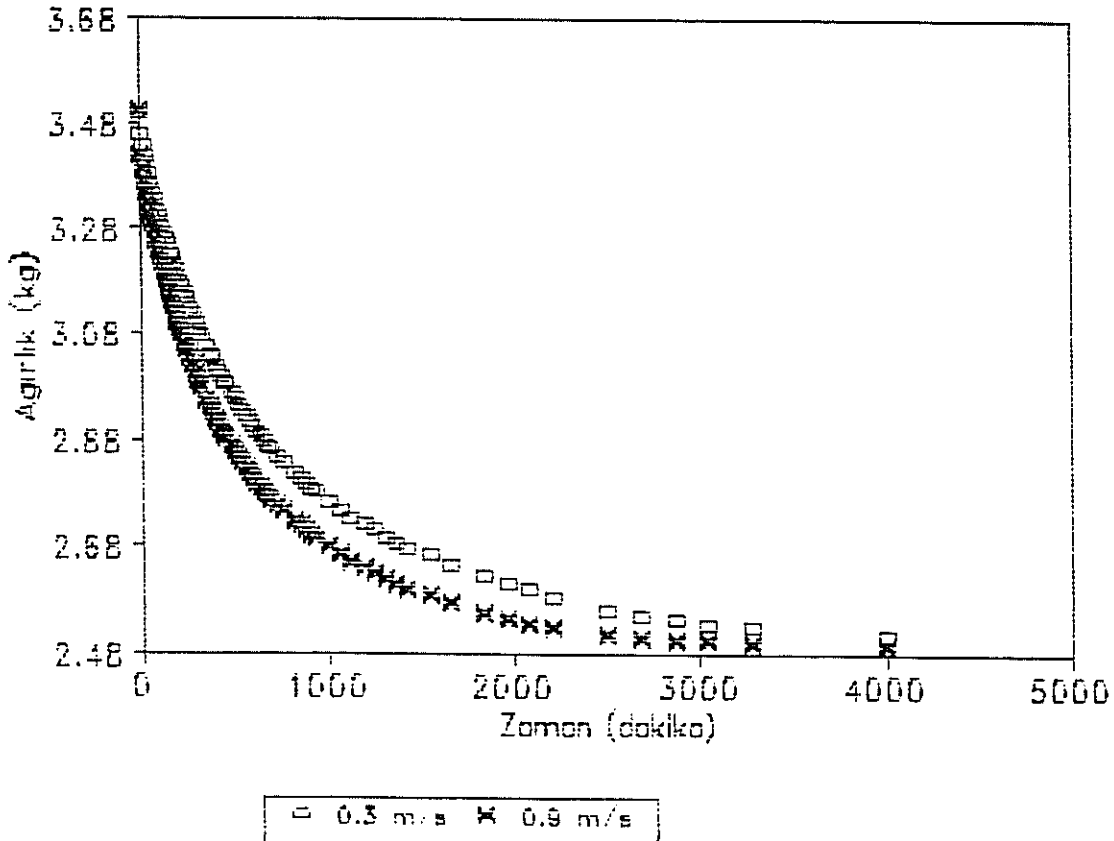
Şekil-2.20. Üçüncü deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.



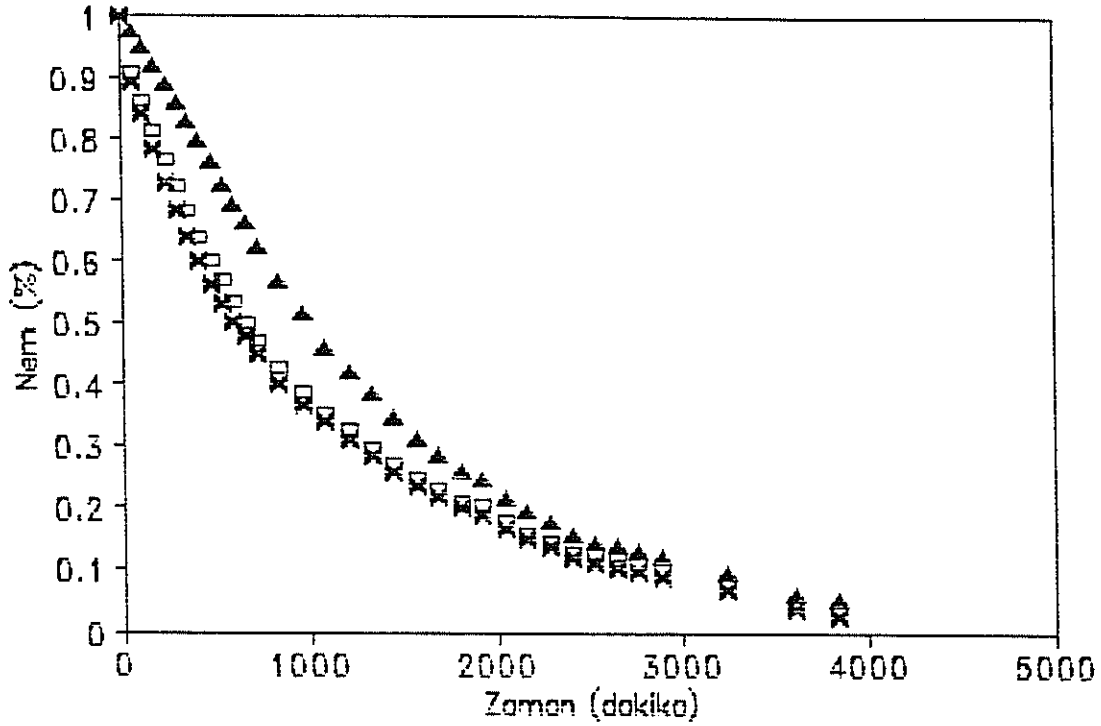
Şekil-2.21. Dördüncü deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.



Şekil-2.22. Beşinci deney 5/9, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.

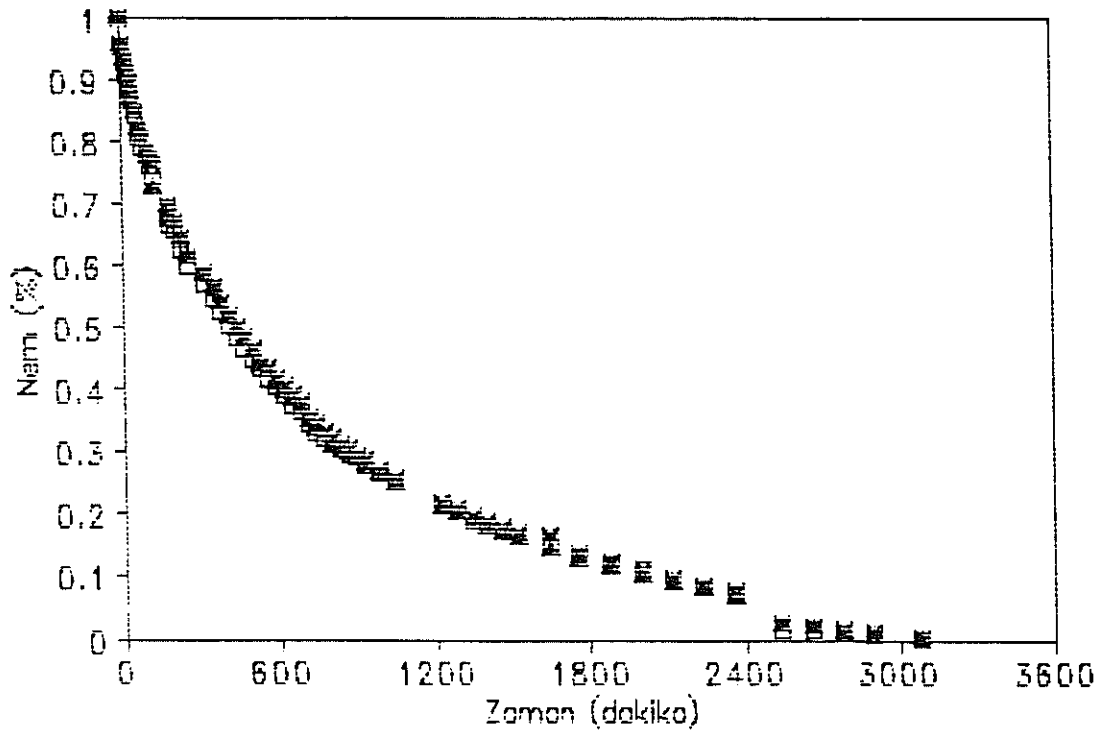


Şekil-2.23. Beşinci deney 2/4, 1/8 nolu fındık partilerinin ağırlık düşümlerinin zamana göre değişimi.



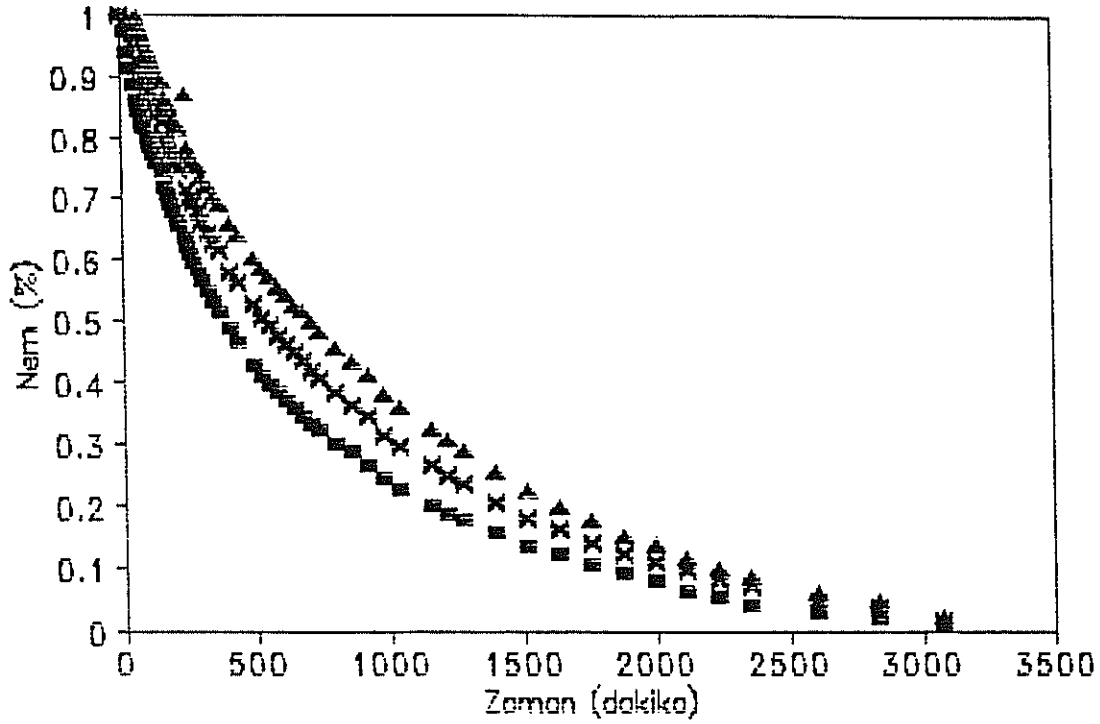
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

Şekil-2.24. Birinci deney 5/3, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinden nemin zamana göre değişimi.



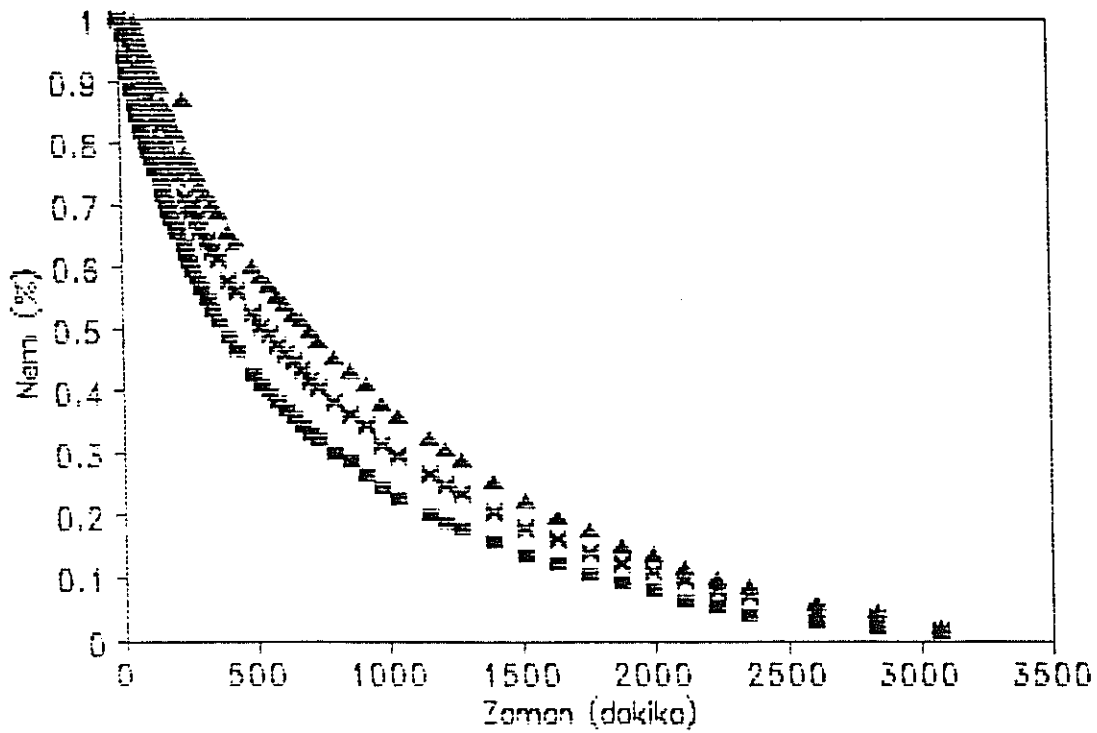
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

Şekil-2.25. İkinci deney 5/9, 4/9, 3/9 nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi.



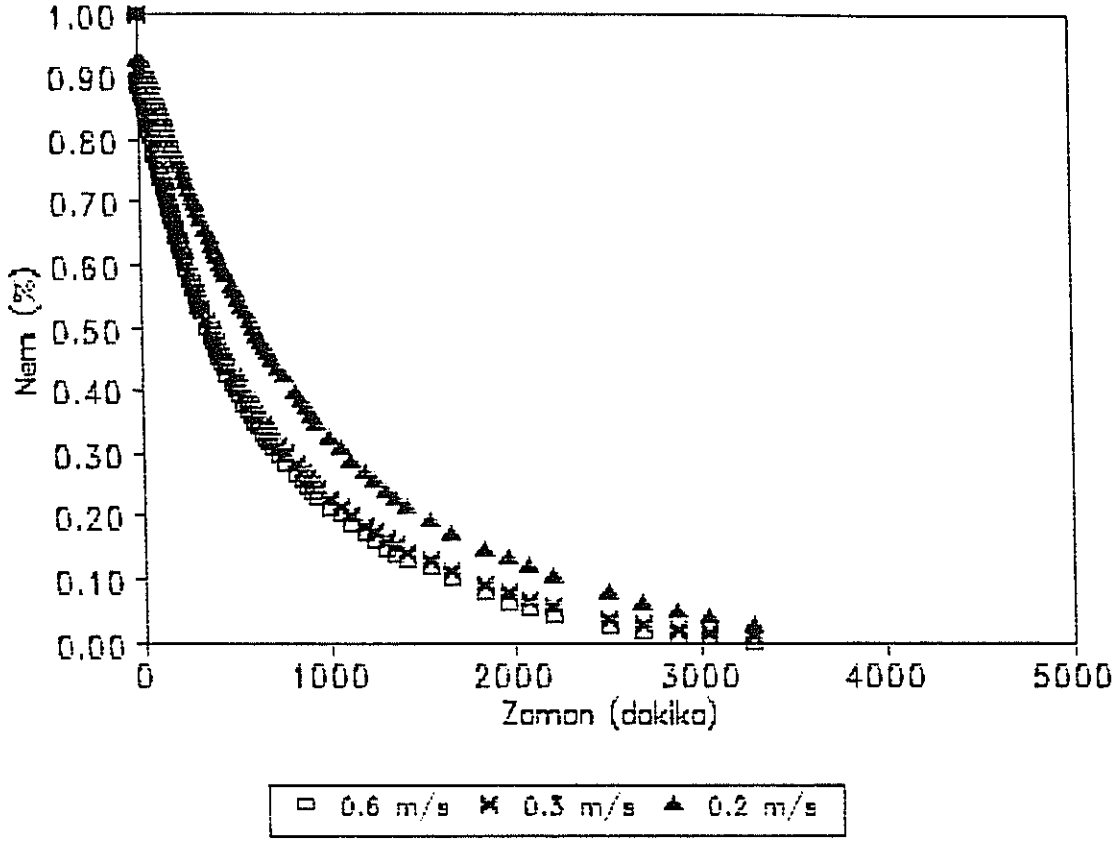
■ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

Şekil-2.26. Üçüncü deney 5/3, 4/9, 3/9, nolu fındık partilerinden nemin zamana değişimi.

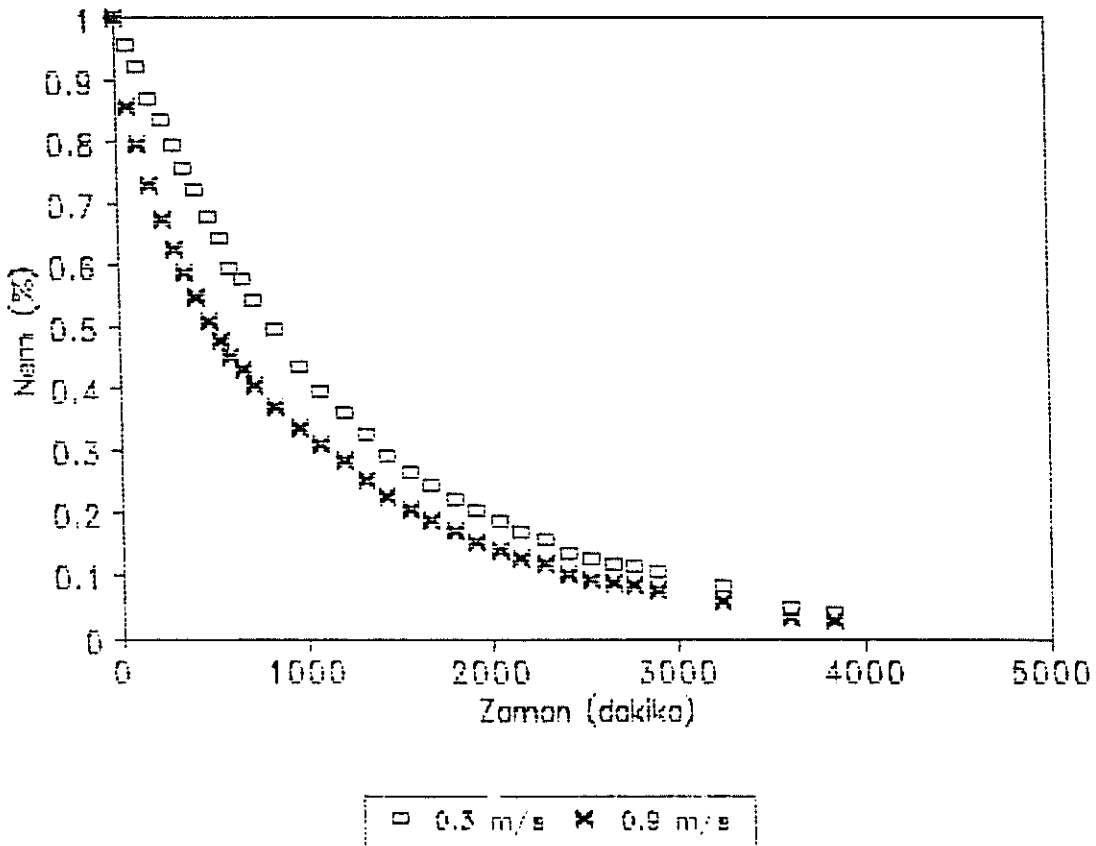


■ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

Şekil-2.27. Dördüncü deney 5/3, 4/9, 3/9 nolu fındık partilerinden nemin zamana göre değişimi.



Şekil-2.28. Beşinci deney 5/3, 4/9, 3/9 nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi.



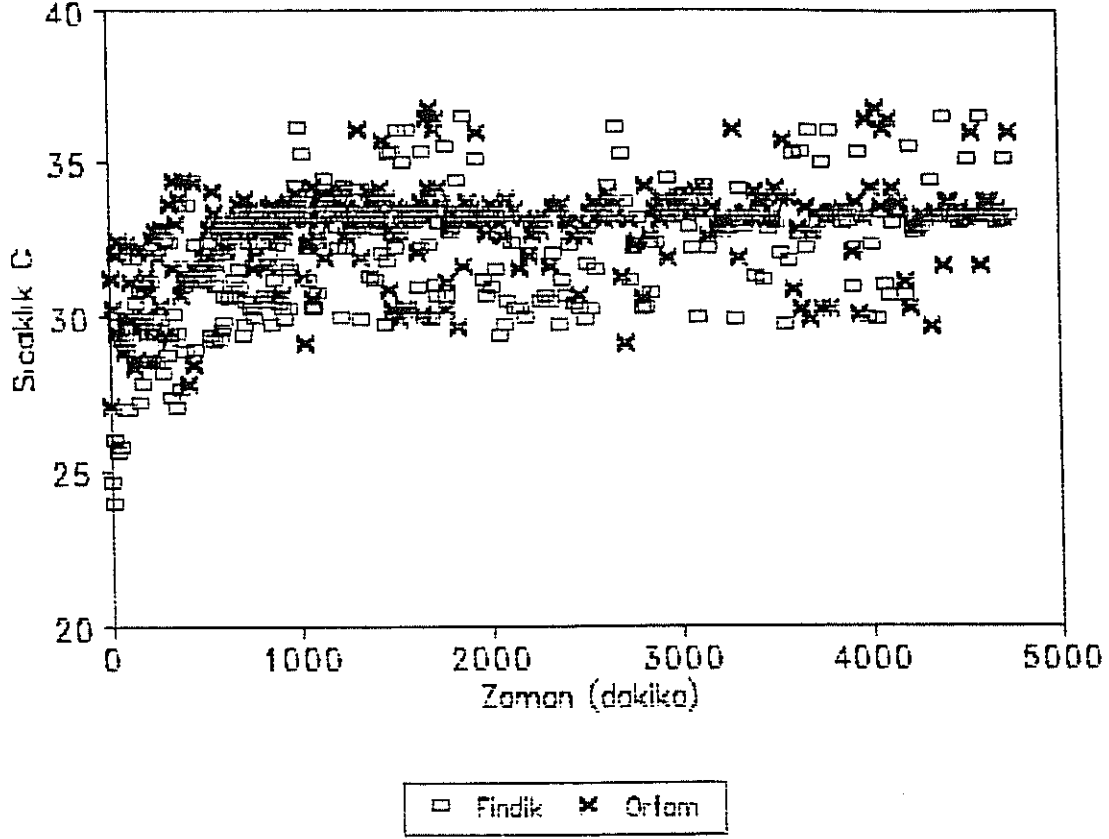
Şekil-2.29. Beşinci deney 2/4, 1/8, nolu fındık partilerinde nemin zamana göre değişimi.

2.30'de ve partilerdeki kurutma havasının sıcaklık değişimleri için de kalın ve ince sergi de olmak üzere iki örnek grafik şekil-2.31, 2.32'da verilmiştir. Diğer bulgular ise Ek-1,2,3,4 ve 5'de verilmiştir.

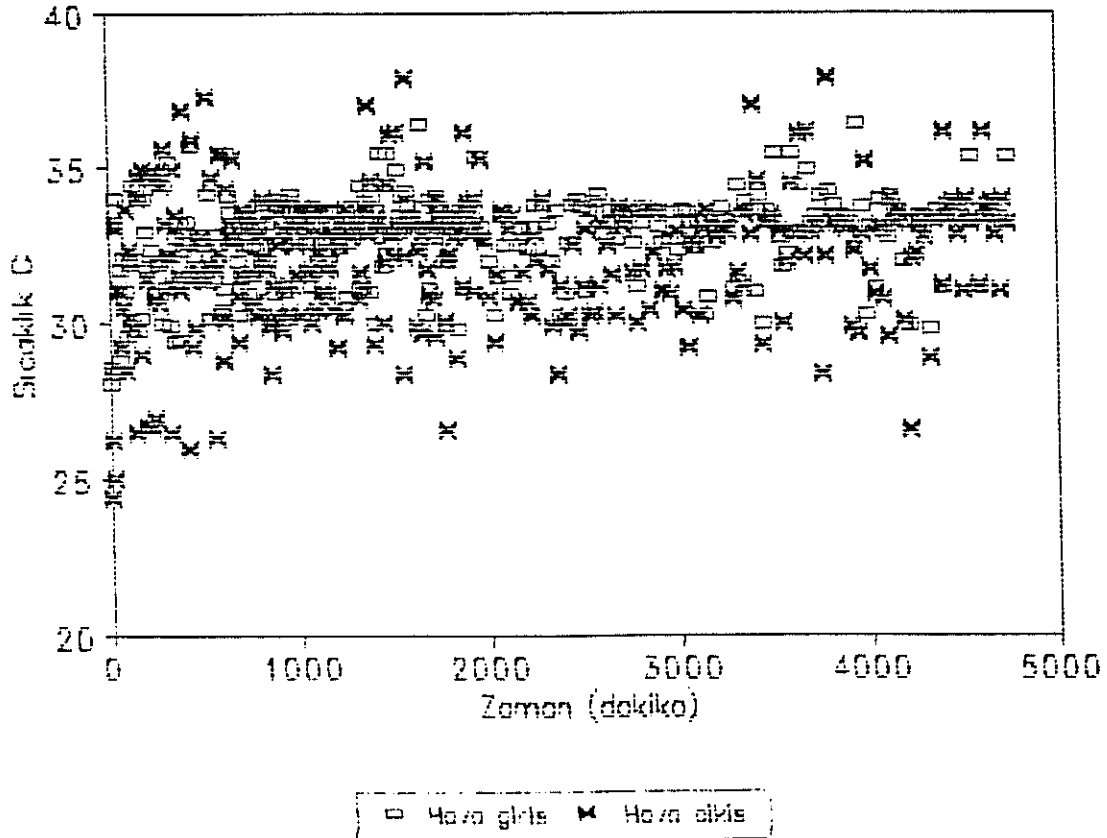
Fındık örneklerinin denge nemi ölçümlerine ait grafik şekil-2.33'de verilmiştir. Kimyasal analiz bulguları Tablo-2.1'de görölmektedir.

Kurutma sonunda kuru fındıkların duyusal değerlendirme analizleri ise sadece birinci deneyler için yapılmış olup, sonuçlar Tablo-2.2'de verilmiştir.

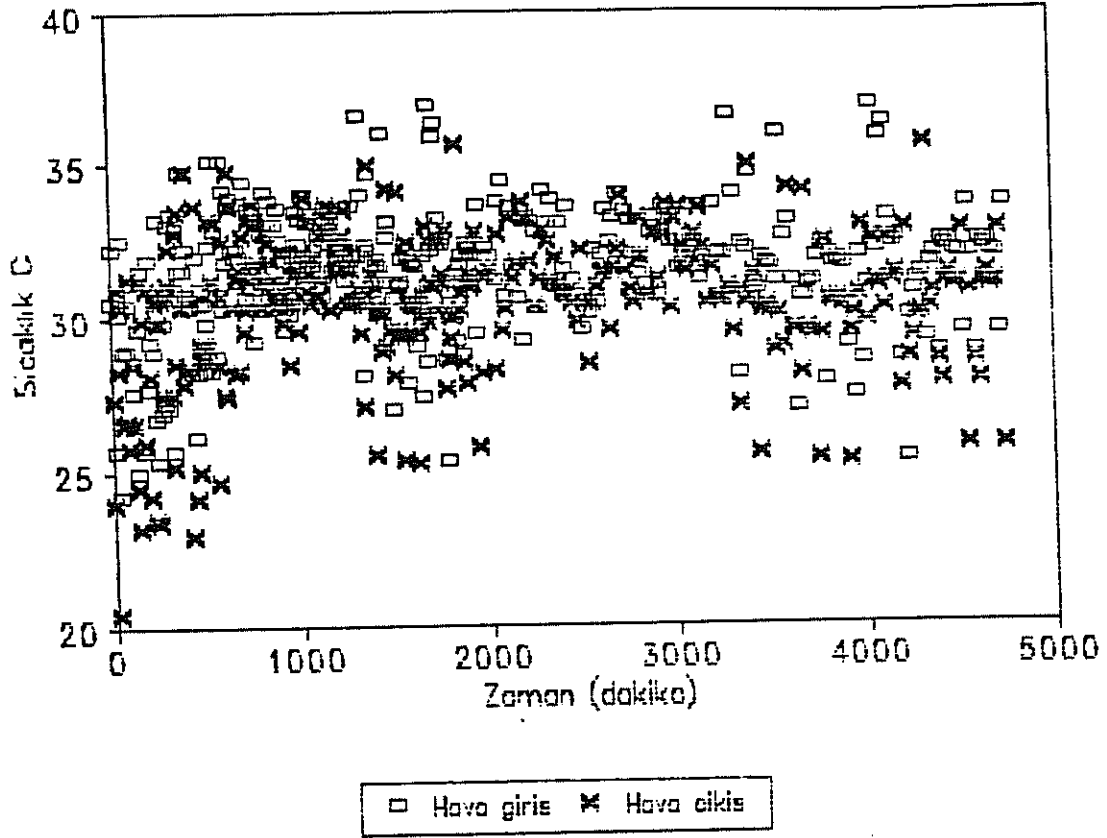
Programa alınan deneysel çalışmada, ince sergide (0.2, 0.3, 0.6 m/s) ve kalın sergide (0.3, 0.9 m/s) hava hızlarında, hava hızının kurutmanın süresini azaltmış olduğu, ağırlık düşümü ve yüzde nemin zamana göre çizilmiş grafiklerinde görölmektedir. Kurutma havası hızının büyük olduğu kolonlarda aynı kurutma süresi içerisinde fındık kabuğunda aşırı sertleşme ve iç fındığın merkezinde boşluklar meydana gelmiştir. Sadece birinci deney için kurutma sonunda yapılan kimyasal analizleri sonuçlarının literatür (Ayfer,1986)'da tombul fındık için verilen değerlere uygun olduğu gözlenmiştir. Ayrıca özel bir kuruluş tarafından yapılan suni fındık kurutma kimyasal analiz değerlerinin (protein=16.37, asit=0.12, peroksit=0, ilk nem=26.42, son nem= 5.40, yağ= 67.6-69.4) bu çalışmada elde edilen değerlerle uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Duyusal analizler sonucunda farklı hızlardaki kolonların üst kısımlarındaki fındık partilerindeki fındıklarda az miktarda bir tad değişikliği gözlenmiştir. Birinci deneyin dışındaki deneylerde kurutma havası daha yüksek sıcaklık ve nemlerde kullanılmıştır. Fakat laboratuvar imkanlarındaki bazı aksaklıklardan dolayı bu deneylerin kimyasal analiz ve duyusal testleri sonuçların zamanında elde edilememesine neden olmuştur. Bu konudaki çalışmalar devam etmektedir, proje kapsamında öngörülen çalışma programı sonuçlandırılmıştır.



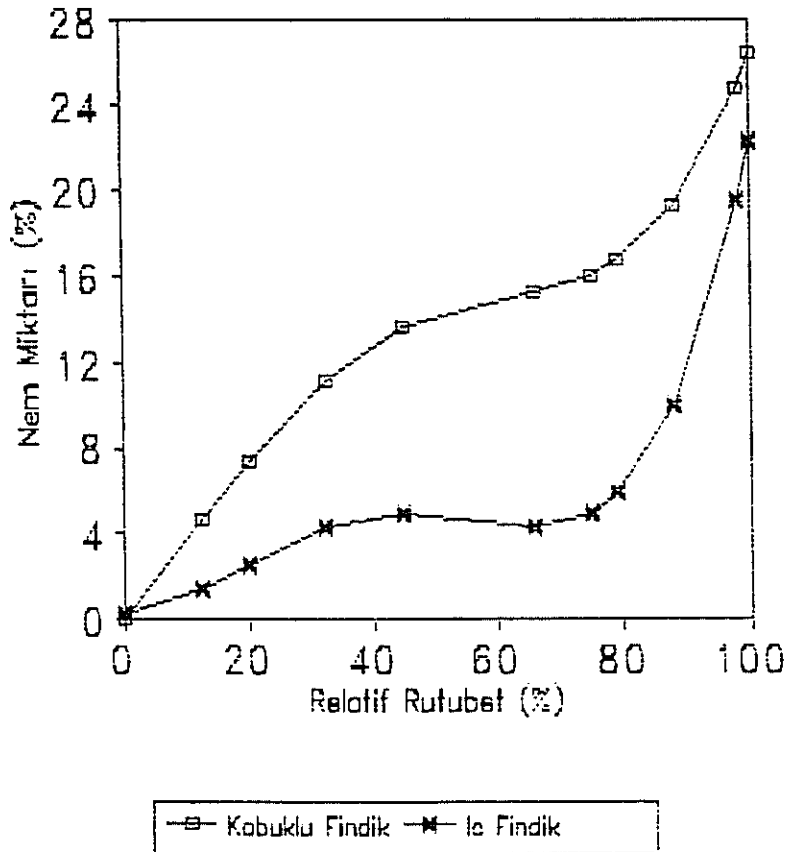
Şekil- 2.30. Birinci deney 2/4, nolu findık partilerinde taban findıklarının merkez sıcaklık değışimi.



Şekil-2.31. Beşinci deney 1/8 nolu findık partisinde hava sıcaklık değışimi.



Şekil-2.32. 5/9, nolu fındık partisinde kurutma havası değişimi.



Şekil- 2.33. Tombul fındık örneklerinde denge nemi eğrileri.



Tablo-2.1. Birinci Deneye Ait Bazı Fındık Partilerinin İç Fındık Kimyasal Analiz Sonuçları (Tombul Fındık)

Parti No	% Nem	% Ham yağ	% Ham protein	% Ham lif
1/8	3.90	66.1	14.08	2.54
2/4	4.40	66.2	14.15	2.52
3/1	4.35	66.4	14.38	2.47
3/5	4.42	65.8	14.10	2.45
3/9	4.45	65.6	14.18	2.49
4/1	4.18	65.9	14.27	2.50
4/5	4.25	65.5	14.42	2.53
4/9	4.10	64.3	14.32	2.36
5/1	4.20	65.2	14.85	2.45
5/5	3.85	65.4	14.81	2.58
5/9	3.72	64.7	14.75	2.39

Tablo-2.2. Duyusal değerlendirme analiz sonuçları (Tombul fındık)

Parti No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5. Kolon 0.6 m/s	3	3.5	3.7	3.2	3.4	3	3.2	3	3.2
4. Kolon 0.3 m/s	2.8	3.2	3	3.2	3.8	3.5	3.5	3.4	3.5
3. Kolon 0.2 m/s	2.2	2.5	2.5	2.8	2.5	2.3	2.6	2.2	2.8
2. Kolon Kalın sergi 0.3 m/s	3.2								
1. Kolon Kalın sergi 0.9 m/s	3								

## BÖLÜM 3

### ÇAY SOLDURMA

#### 3.1. Giriş

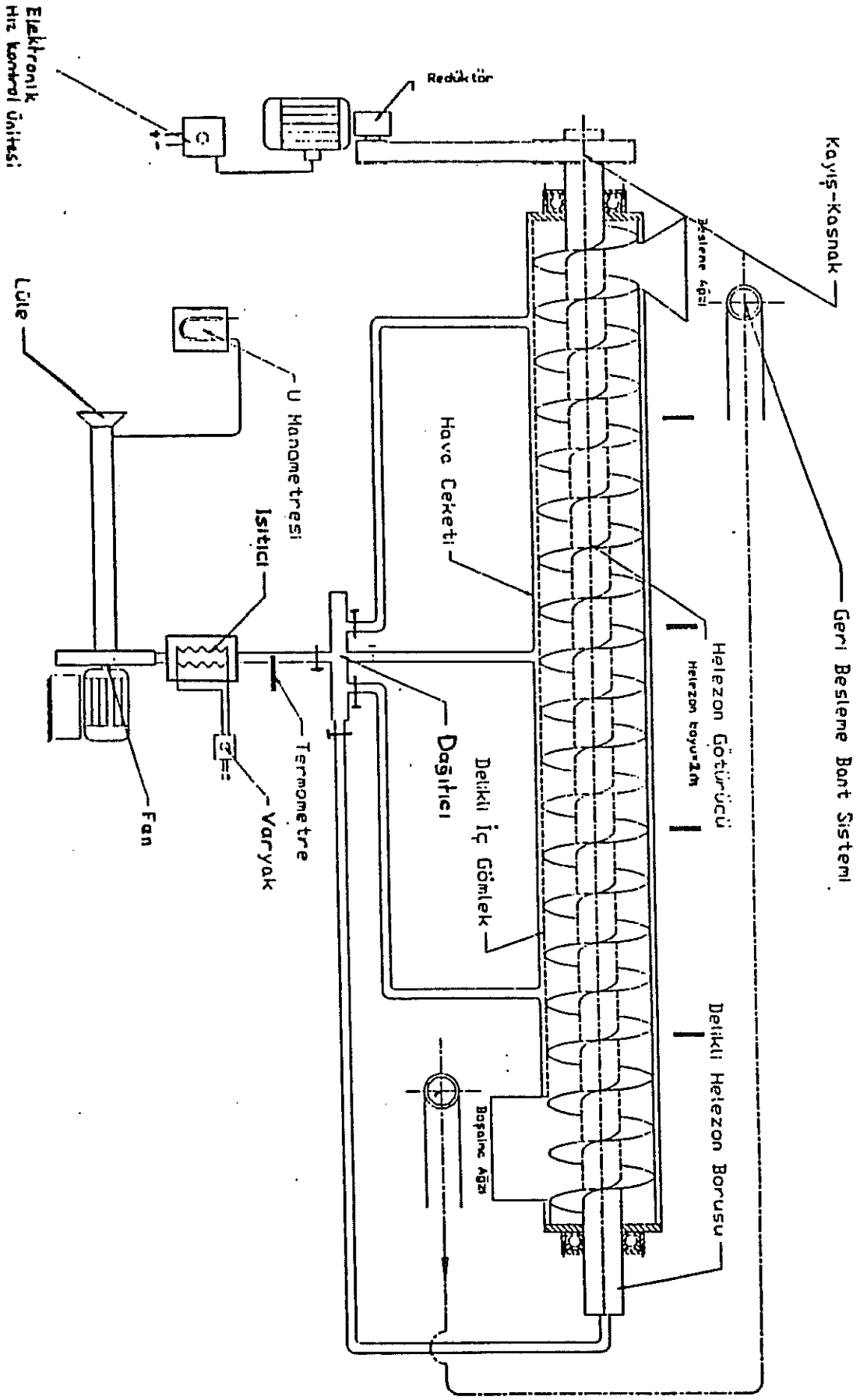
Çay işleme teknolojisinin ilk aşamasını oluşturan soldurma işlemi, çaydaki kalite maddeleri açısından önemli bir etkiye sahiptir. Kalite maddelerinin oluşumu için yapraktaki hücre öz suyunun yoğun hale getirilmesi, yaprağın elastik özellik kazanması ve kıvrırma işlemi ile kimyasal oluşumların istenen değerlerde gerçekleşmesi soldurmadaki işlemlerin etkin ve homojen olmasına bağlıdır.

Özellikle homojen olmayan ve yeteri kadar solmamış yaprakların diri kalması kıvrırma sırasında kırılma ile çayın öz suyunun alınması sonucu kalite maddelerinin oluşumuna engel olmaktadır. Bunun yanında homojen karıştırılmayan ve sürekli soldurma havası ile temasta olan yapraklar ise aşırı solma ile kurumaya uğramakta sonuç olarak ürün çay özelliği göstermemektedir. Tüm bu olumsuzlukları önlemek için, istenen kalite ve ekonomik bir üretimi gerçekleştirmek üzere K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü'nde şekil-3.1'de görülen helezon soldurma ünitesi deney düzeneği imal edilmiştir. Geliştirilen helezon çay soldurma makinası ile yapılan deneyler olumlu sonuçlar vermiştir, (Yılmaz,1993).

#### 3.2. Deney Düzeneği Hakkında Genel Bilgiler

##### 3.2.1. Deney Düzeneğinin Tanıtılması

Yaş çay yaprağı işlenmesi aşamalarından birincisi olan soldurma işlemi zaman içerisinde bazı değişimlere uğramış ve geliştirilen makineler ile ihtiyaçlara en uygun sistem arayışı devam etmiştir.



Şekil-3.1. Helicon Soldurma Ünitesi Deney Düzenği

İlk önce açık havada yapılan ve daha sonra raflarda soldurma, silindirde soldurma, tünelde soldurma, teknede soldurma ve en son sürekli soldurma şeklinde devam eden mekanik değişimdeki amaç; sürekli imalata uygun, ekonomik ve kaliteli üretim yapabilecek sistemin arayışıdır.

Bu çalışma ile istenilen özelliklere en uygun bir soldurma makinasının tasarımı ve endüstriye uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Sistem, farklı hızlarda döndürülebilen ve vida hareketiyle ilerleme sağlayabilen, üzerinde delikler bulunan helezon sarılmış bir boru ile gövdeye yerleştirilen hava ceketinden oluşmuştur. İstenilen sıcaklıktaki havayı temin için vantilatör ve ısıtıcı kullanılıp soldurma işleminin incelenmesine uygun olarak tasarlanmıştır. Helezon soldurma makinası olarak adlandırılan bu sistem K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında imal edilmiştir.

Şekil-3.1'de şematik resmi görülen sistem, kanatlı boru, hava ceketi, hız kontrol ünitesi, vantilatör, ısıtıcı ve hava kollektöründen oluşmuştur.

#### 3.2.1.1. Helezon Kanatlı Boru ve Özellikleri

Cr-Ni sacdan yapılmış olan kanatlar 25 mm çap ve 1mm kalınlıkta olup, kanatlar arası mesafe 15 cm dir. Yaş çay yaprağı üzerinde olumsuz bir etkisi olmaması için kanatların üzerine lastik fitil geçirilmiştir. Helezon kanatların çalışma uzunluğu 2 m dir. Bundan sonra sistemi terk eden yaş çay yaprakları besleme transportları ile tekrar giriş kısmına getirilmektedir.

Galvanizli borunun iç çapı 80 mm, dış çapı 89 mm olup, boyu 3 m dir. Borunun üzerine 4 cm mesafe ile helezon sarım yönünde 5 mm'lik hava delikleri delinmiştir. Boru hareket halinde iken her iki taraftan boru içerisine hava verilebilir.

#### 3.2.1.2. Hava Ceketi ve Özellikleri

İç içe iki sacdan oluşmuştur. İç kısımdaki paslanmaz sac olup, 1.5\*865\*2500 ebadındadır. Bu sacın üzeri hava çıkışını sağlayacak ve yapraklara olumsuz bir etkisi olmayacak şekilde

1 cm ara ile 3 mm çapında delinmiştir.

Dış kısmındaki sac ise çay ile temasta bulunmadığından paslanmaz sac yerine galvanizli sac tercih edilmiş ve boyutları 1\*1000\*2500 ebadındadır.

### 3.2.1.3. Isıtıcı ve Vantilatörün Özellikleri

Isıtıcının görevi atmosferden emilen havayı 32°C sıcaklıkta tutmak için gerekli enerjiyi vermektir. Akış kanalı içerisine yerleştirilen 250 watt'lık rezistanslar ile hava ısıtılmaktadır. Toplam rezistans gücü 1 kw'tır.

Vantilatör 400 m<sup>3</sup>/h kapasiteli olup klape ile debisi ayarlanmaktadır. Hava debisi bir U manometresi ile ölçülmektedir.

### 3.2.1.4. Hava Dağıtıcısı ve Hız Kontrol Ünitesinin Özellikleri

Bir adet giriş ve 6 adet çıkış deliği olan hava dağıtıcısı, gelen debinin istenilen bölüme gönderilmesi için kullanılmaktadır. Giriş ve çıkışlarda debi ayarı için klepeler vardır.

Hız kontrol ünitesi ise helezonu tahrik eden redüktörlü motorun devir sayısını ayarlamakta kullanılmaktadır. Devir sayısı minimum 1 d/dk ya kadar inebilmektedir.

Redüktör ise 3 kw gücünde, 1430 d/dk ve motoru çıkışta 150 d/dk olarak çalıştırabilme özelliklerine sahiptir.

## 3.3. Soldurma İşleminin Hesabı

### 3.3.1. Çayın Koyulacağı Bölümün Hesabı

Laboratuvar imkanları ile makinanın boyu 2 m yapılmıştır.

Helezon apı	D = 0.25 m
Borunun dış çapı	d = 0.09 m
Helezon boyu	L = 2m

Bu değerleri kullanarak çayın koyulacağı bölümün hacminin hesabı aşağıdaki ifade ile yapılmaktadır.

$$V = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (3.1)$$

### 3.3.2. Deneylerde Kullanılan Çay Miktarının Hesabı

Deneylerde kullanılan yaş çay miktarının hesabı aşağıdaki (3.2) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

Yaş çay yaprağının yoğunluğu  $\rho = 40 - 50 \text{ kg/m}^3$

Yaş çay miktarı

$$m = V \cdot \rho \quad (3.2)$$

### 3.3.3. Hava Debisinin Hesabı

Çay üretiminin yapıldığı aylarda oda havası genel olarak  $25^\circ\text{C}$  sıcaklık ve % 85 bağıl nem ihtiva etmektedir. Makinaya verilecek olan debinin hesabının bu değerler üzerinden yapılması daha sağlıklı olacaktır.

4 kg yaş çayın % 30 oranında soldurulması için 1.2 kg suyun alınması gerekir. Buradan hareketle; 1200 gram suyu alabilmek için kaç kg hava gerektiğini (3.3) ifadesiyle hesap edebiliriz.

$$\text{Hava debisi, } \dot{M} = \frac{\text{Çaydan alınacak su miktarı}}{1 \text{ kg havanın aldığı su miktarı}} \quad (3.3)$$

### 3.4. Deney Sonuçları

Deneyler değişik devir sayılarında yapıldı. Debi ve zamana bağlı olarak en iyi devir sayısı belirlendi. Deney süresi ve hava debisi aynı kalmak şartıyla 3 d/dk ile makinanın çalışması daha düşük devirlere nazaran daha yüksek solma derecesi meydana getirmiştir. Çayın daha fazla karışması solma işlemini hızlandırmaktadır.

Devir sayısı 3 d/dk ile sabit tutulup hava miktarının artırılması halinde solma daha fazla oldu. Bu defa deneyler iki saatlik sürede yapılmasına rağmen % 20 ile % 38 arasında değişen solmanın olduğu tesbit edildi.

Deneyler için kullanılan çay yaprakları Rize iline bağlı

iyidere ilçesindeki çay fabrikalarından mahsülün toplanmasından kısa süre sonra temin edilmiştir.

Yaş çay yaprağı için solmanın en iyi olduğu sıcaklık olan 32°C deney süresince muhafaza edilmiş ve bu sıcaklık değiştirilmemiştir.

Deneyler genelde 2 saat ve 4 saatlik periyotlar halinde yapılmıştır. Kullanılan çay miktarı hep aynı olup makina kapasitesi olan 4 kg dır. Deney sırasında çayın solmasını gerçekleştiren hava sıcaklığı sistem üzerindeki iki adet termometre ile sürekli kontrol altında tutulmuştur. Sisteme verilen hava miktarı ise 60 m<sup>3</sup>/h ile 400 m<sup>3</sup>/h arasında değiştirilmiştir.

Yaş çay yaprağı makina üzerine konulmadan hassas terazi ile tartılmıştır. Deney süresi bittiğinde bu çaylar tekrar tartılmıştır ve aradaki eksilme tesbit edilmiştir. Bu sonuca göre çayın yüzde kaçının soldurulduğu ortaya çıkmıştır.

Helezon devir sayısı önce 3 d/dk ile daha sonra 1 d/dk ile ve bir defasında da motor hiç hareket ettirilmeden deney yapılmıştır.

Helezon soldurma makinası ile yapılan deneylerin ilk kısmını çay işleme endüstrisinde mevcut uygulama koşulları göz önüne alınarak belirlenen faktörler üzerinde yapıldı. Çok daha geniş bir çalışmaya gerektiren iklim etkileri ve kimyasal değişimler gibi kısmı ise çalışmanın ikinci bölümüne bırakıldı. Çalışmanın planlanan birinci bölümünde halen endüstride soldurma işleminde olduğu gibi ortam havası kullanıldı. Şimdiye kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların hava sıcaklığının 32°C olarak belirlenmesi nedeniyle bu çalışmada da aynı sıcaklık derecesi esas alındı. Soldurma havasının yaş ve kuru termometre sıcaklıkları ile nem oranları belirlendi. Konstrüksiyon ve imalatı gerçekleştirilen soldurma makinasında, helezon kanatların yaprakları ilerletmesi sırasında hem gövde ceketinden ve hemde helezon borudan yapraklar üzerine üflenen havanın soldurma üzerindeki etkisini incelemek üzere hava debisi, helezon devir sayısı, işlem süresi ve soldurma yüzdesi ele alındı.

Soldurma yüzdesi üzerinde göz önüne alınan faktörlerin etkisi incelendiğinde şu sonuçlar elde edildi.

Belli bir hava debisi ve helezon devir sayısında ilk saat içinde soldurma değeri % 10.5 iken, ikinci saatlik süre içinde

bu değer % 9.5'e, üçüncü saat içinde % 5, dördüncü saat içinde % 3 civarına düşmektedir.

Helezon devir sayısının etkisi göz önüne alındığında dört saatlik soldurma süresi için 1 d/dk başına % 3-4 soldurma yüzdesi ortaya çıkmaktadır. Devir sayısının artışı soldurma işleminin etkinliğini artırmakta ve homejen bir solmayı gerçekleştirmektedir.

Hava debisi soldurma üzerinde etkili önemli faktörlerden birisidir. Aynı helezon devir sayısında hava debisi yaklaşık iki misli arttırıldığında soldurma yüzdesi saat başına % 1.25 artarken, hava debisi dört misli arttırıldığında ise soldurma yüzdesi saat başına % 10 kadar artmaktadır.

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo-3.1'de verilmiştir.



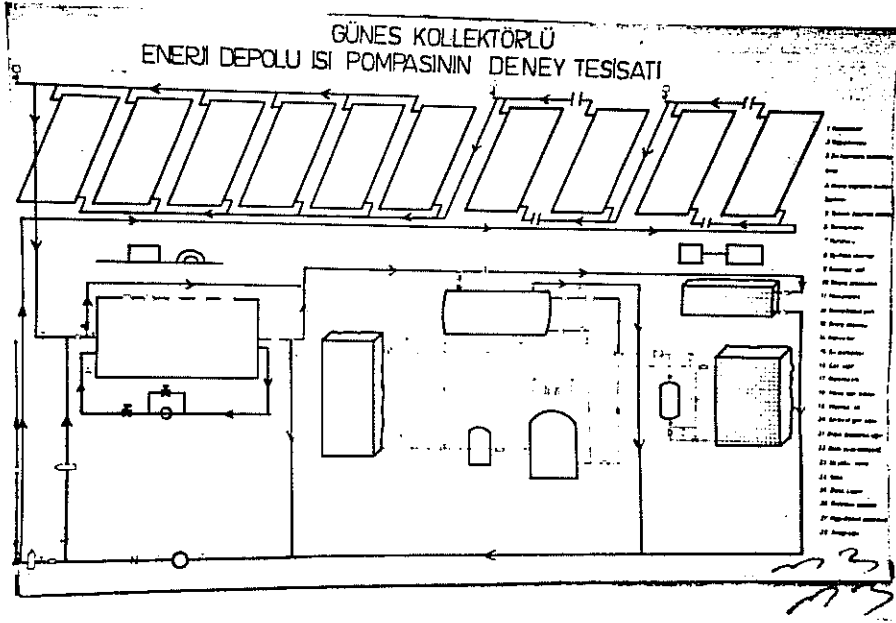
Tablo-1. Çay Soldurma Deney Sonuçları.

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				14	15
Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	26	26	22	22	21	21	21	21	20	20	20	21	24				22	22
Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	23	23	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	21				18	18
Nem Oranı (Ortam) (%)	73	73	65	65	73	73	73	73	80	80	80	73	76				68	68
Isıtılan Havanın Sıcaklığı (°C)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32				32	32
Helezonun Devir Sayısı (d/dk)	3	3	3	3	3	0	1	1	1	1	3	2	3				5	3
Kullanılan Hava Debisi (m <sup>3</sup> /h)	390	275	195	107	107	107	107	107	62	107	62	107	107				195	195
Deney Süresi (h)	2	2	2	4	4	4	4	5	4	2.5	4	2	1	2	3	4	2	4
Yaş Çayın Ağırlığı (gram)	4000																	
Solmuş Çayın Ağırlığı (gram)	2500	3000	3300	2700	2650	3100	2950	2850	3250	3600	3050	3430	3520	3100	2730	2560	2920	2360
Soldurma Yüzdesi (%)	33	25	20	33	34	33	33	29	19	10	24	14.2	12	22.5	31.7	36	27	41

## BÖLÜM 4

### FINDIK KURUTMA, ÇAY SOLDURMA VE BINA ISITMADA ENERJİ TASARRUFU

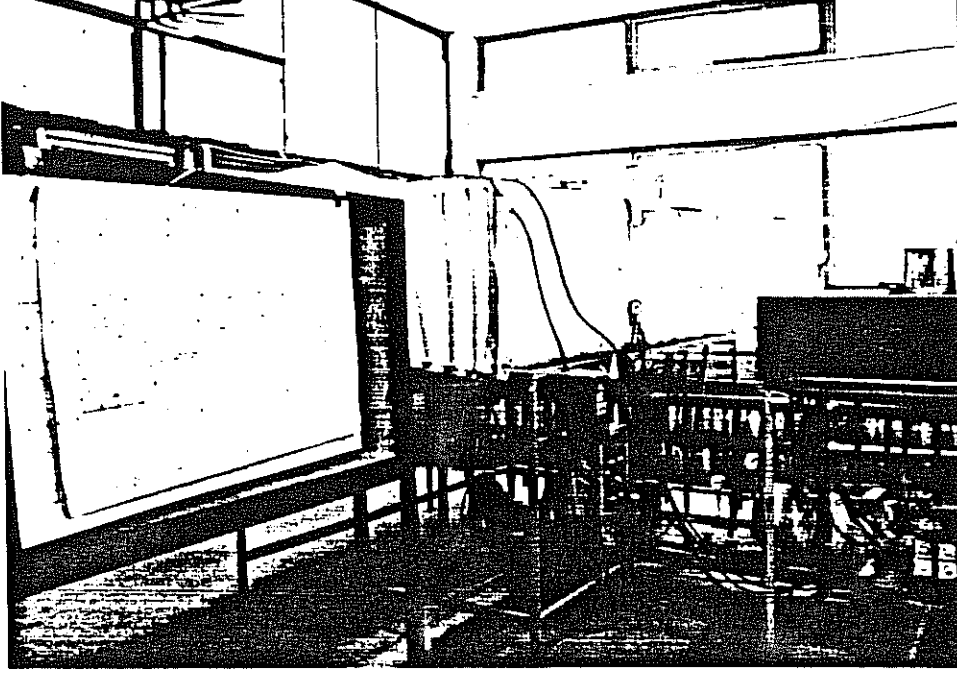
Fındık kurutma ve çay soldurma için gerekli olan sıcak havanın temininde, hem güneş enerjisi hemde elektrik enerjisi kullanılmıştır. Bunun için K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Laboratuvarı'nda güneş enerjisi kullanan enerji deposu içeren ısı pompası sistemi kurulmuştur. Kurulu sistem şekil-4.1 ve 4.2'de görülmektedir.



Şekil-4.1. Güneş kolektörlü enerji depolu ısı pompası deney düzenineğinin şematik görünüşü.

#### 4.1. Fındık Kurutma Ve Çay Soldurma İçin Sıcak Havanın Temini

Kurulan güneş enerjili ve enerji depolu ısı pompası sistemi pilot tesis olarak kurulmuştur.



Şekil-4.2. Güneş kollektörlü enerji depolu ısı pompası deney düzeneginden bir görünüş.

Bu deney düzenegi 18 adet düzlemsel güneş kollektörü, gizli ısı enerji depolama tankı (içerisinde düşük sıcaklıkta faz değiştirerek enerji depolayan  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  bulunmaktadır), hava-hava ve su-hava işletme çevrimlerine göre çalışan bir ısı pompası, bir adet hava-su ısı değiştiricisi, bir adet su sirkülasyon pompası, ölçüm elemanları ve diğer yardımcı elemanlardan meydana gelmiştir.

Tanıtılan deney düzeneginde yapılan çalışmalar iki ana grupta sunulabilir.

a- Fındık kurutma ve çay soldurma için gerekli sıcak havanın temin edilmesi:

Bu konuda yapılan araştırmalar bir doktora tez çalışması ile sonuçlanmış olup literatürde yayınlanmıştır, (Çomaklı,1991,1993, Kaygusuz,1992,).

Ele alınan araştırma konusu enerji deposunun verimliliğinin sistem performanslarına etkisi bir doktora tez çalışması olarak devam etmektedir.

Ayrıca güneş destekli ve enerji depolu ısı pompası pilot tesisi fındık kurutma deney düzenegine entegre edilerek,

sistem bir bütün olarak incelenecektir.

b- Bina ısıtmasında enerji tasarrufu:

Güneş enerjili ve enerji depolu ısı pompası sistemi, fındık kurutma ve çay soldurma sezonu dışında bina ısıtması için de kullanılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar bir doktora tezi ile sonuçlanmış olup literatürde yayınlanmıştır, [18,19, 20,21].

Bina ısıtmada depo verimliliğinin sistem performansına etkilerinin araştırılması için de bir doktora tez çalışması verilmiştir.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 5.1. Sonuçlar

Fındık kurutmada ince ve kalın sergide, ürün kalitesinde farklılıklar göstermiştir. Aynı kurutma şartlarında ince sergideki fındık aroması, kalın sergideki fındık aromasına göre daha iyi olduğu ve kimyasal analizlerde görülür bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. İnce sergide çok düşük hızlarda ( $<0.3$  m/s) fındık kurutma sonunda aromada kötüleşme izlenmiştir.

Kalın sergide kurutma havası hızının artması, fındık aromasının kötüleşmesine neden olmaktadır.

Fındıkda ısı transferi için tanıtılan matematik modelin kurutulmuş fındığın soğuma eğrilerinin çizilmesinde kullanılabilirliği gösterilmiştir.

Tombul fındığın kurutulmasında elde edilen deneysel verilerle kurulan matematik model çok iyi uyum göstermiştir. Burada fındıkiçi-hava-kabuk difüzyonu ayrı ayrı ele alınmamıştır. Elde edilen difüzyon katsayısı fındık kurutmada fındığın tüm yapısı için belirlenmiştir. Kurutma havasının sıcaklığı, ürün denge nemi ve ürünün nem içeriği bilindiğinde fındığın kurutma karakteristiklerinin belirlenebileceği gösterilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda tanıtılan modelle tüm fındık türleri ve boyutları için de a ve b katsayıları ile birlikte B kurutma parametresi belirlenecektir.

Çay soldurmada çay yaprağının çift yönlü hava akımının etkisinde kalarak ilerlemesi ve karışımın sürekli olması ile solma işleminde kısalma olmuştur. Deney sonuçlarının da belirtildiği gibi 3 d/dk 'dan daha fazla devirde çalışmak hem solma derecesini artırıp hem de solma süresini daha da kısaltmaktadır. Ancak bilindiği gibi solma işleminde çay yaprakları üzerine olumsuz etki yapacak darbe veya sıkışma istenen bir husus

değildir.

Güneş kollektörlü ve enerji depolu seri ısı pompası sisteminin dinamik simülasyon modeli kurularak deneysel bulgularla karşılaştırılması yapılmıştır.

Güneş kollektörlü ve enerji depolu ısı pompası sisteminin hem fındık kurutma-çay soldurma işlemlerinde hem de bina ısıtmasında yörede kullanılabilirliği teorik ve deneysel olarak ispatlanmıştır.

## 5.2. Öneriler

Fındık kurutma için:

1- Fındığın termodinamik özelliklerinin fındık türlerine göre belirlenmesi.

2- Fındık porozitelerinin fındık türlerine göre belirlenmesi.

3- Suni kurutma ile doğal kurutmanın teknik ve ekonomik olarak karşılaştırılması.

4- Suni kurutmada fındığın depolama özelliklerinin araştırılması.

Çay soldurma için:

1- Sistemin daha büyük kapasite de yapılması halinde daha yüksek devirlerde yaprağa hasar vermeden çalışılması için önlem düşünülmeli.

2- Helezon kanatların daha özel formlar da dizayn edilmesi gibi hususlar sistemin elde ettiği sonuçların daha ileriye taşınması için yararlı olabilir.

3- Soldurma işlemi gerçekleştirilen bu düzenek ile çay işleme teknolojisinin diğer kademeleri arasındaki akışın sağlanması ve çay kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi.

Enerji tasarrufu için:

1- Tanıtılan güneş enerjili ve enerji depolu ısı pompalı sisteminin fındık kurutma ve çay soldurma işlemlerine entegre edilerek sistem performanslarının araştırılması.

2- Bölgemiz ısıtma sezonunda güneş enerjisi açısından istenen düzeyde olmadığından, güneş enerjisinin daha fazla olduğu yaz aylarında depolanıp, kışın kullanılabilirliği araştır-

rılması.

3- Isı kayıplarını en az düzeye indirmek için binaların istenen standartlara göre (TSE ve ASHRAE) iyice yalıtılması.

4- Bu tür sistemlerin kurulmasında, sistem teknik ve ekonomik yönden devlet tarafından desteklenmesi.

5- Enerji depolayıcı çeşitli maddeler üzerinde daha fazla araştıma yapılarak, daha ucuz ve daha uygun maddeler kullanıcıların hizmetine sunulması.

K.T.Ü. Rektörlüğü'ne bağlı olarak Makina Mühendisliği Bölümü bünyesinde bir Fındık-Çay Uygulama ve Araştırma Merkezi kurulmuş olup, bu konulardaki araştırmaları daha ileri seviyelere götürebilmek için çalışmalar devam ettirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- ASHRAE Handbook of Fundamentals, Thermal Properties of Foods, Atlanta GA., American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. (1981), Pb.31.1-31.22.
- Ayfer, M., Uzun, A, ve Baş, F., Türk Fındık Çeşitleri, Karadeniz Bölgesi Fındık İhracatları Birliği., Giresun, (1986)
- Ayfer, M. and Uzun, A., The Effect of Two Different Ecologies On The Kernal Quality., 'Nover-Noisetier', Resumes des Communications, Bordeaux, (1988)
- Ayhan, T., Çomaklı, Ö. and Kaygusuz, K., Experimental Investigation of the Exergetic Efficiency of Solar Assisted and Energy storage Heat Pump Systems, Energy Convers. Mgmt 33, (1992), Pb.165-173 .
- Baş, F., Önemli Fındık Çeşitlerinin Değişik Sıcaklık ve Nem Koşullarında Muhafazaları Üzerine Bazı Ambalaj Malzemelerinin Etkileri, (Doktora tezi), TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Merkezi, (1990)
- Carslaw, H.S. & Jaeger, J.C., Conduction of Heat in Solids, 2nd ed., Oxford University Press, London, (1959)
- Çomaklı, Ö., Güneş Kollektörlü Enerji Depolu Isı Pompası Sisteminin Deneysel ve Teorik İncelenmesi, (Doktora tezi), K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, (1991)
- Çomaklı, Ö., Kaygusuz, K. and Ayhan, T., Solar-Assisted Heat Pump System for Residential Heating, To be Published in Solar Energy.
- Çomaklı, Ö., Kaygusuz, K., Ayhan, T. and Arslan, F., Experimental Investigation and a Dynamic Simulation of the Solar-Assisted Energy Stored Heat Pump System, Solar Energy 51, (1993), Pb. 147-158 .
- Daloğlu, A., Çok Katmanlı Kürede Geçici Rejimde Isı Transferinin Nümerik Hesaplanması, (Yüksek lisans



- tezi), K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, (1982)
- Dincer, I., A Simple Model for Estimation of the Film Coefficients During Cooling of Certain Spherical Foodstuffs with Water, *Int. Communications in Heat and Mass Transfer*, 18(1991), 431-443.
  - Dutta, S.K., Nema, V.K. and Bhardwaj, R.K. Drying Behaviour of Spherical Grains, *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol.31, No.4, pp.855-861, 1988
  - Fındık Dergisi, Karadeniz Fındık Mamülleri İhracatçıları Birliği İktisati Araştırma Enstitüsü, 1(2), Giresun, (1965)
  - Gröber, E.,G., Wärmeübertragung; 3.Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, (1963).
  - Kanca, M.A., Fındık Analizi, (Bitirme çalışması), K.T.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Trabzon, (1984)
  - Karabay, H., Fındık Kurutma, (Yüksek lisans tezi), K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, (1991)
  - Kaygusuz, K., Karadeniz Bölgesindeki Konutların Güneş Destekli Isı pompası Yardımıyla Isıtılabilirliğinin İncelenmesi, (Doktora tezi) Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, (1992)
  - Kaygusuz, K., Gültekin, N. and Ayhan, T., Solar-Assisted Heat Pump and Energy Storage for Domestic Heating in Turkey, *Energy Convers Mgmt* 34, (1993), Pb. 335-346 .
  - Kaygusuz, K., Çomaklı, Ö. and Ayhan, T., Solar-Assisted Heat Pump Systems and Energy Storage, *Solar Energy* 47, (1992), Pb. 383-391 .
  - Keey, R.B., *Drying Principles and Practice*, Pergamon Press, New York, (1972)
  - Luikov, A.V., *Heat and Mass Transfer in Capillary-Porous Bodies*, Pergamon Press, New York, (1966)
  - Luikov, A.V., *Analytical Heat Diffusion Theory*, Academic Press, Inc., New York, (1968)
  - Sweat, V.E., *Thermal Properties of Foods*, In: *Engineering Properties of Foods* (Rao, M.A. and Rizvi,

S.S.H., eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, (1986), Pb.49-87.

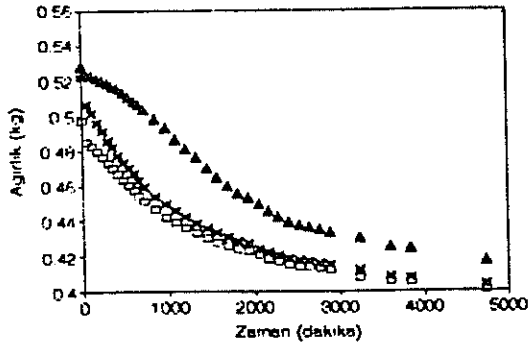
- Şahin, İ., ve Arkadaşları, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetiştirilen Fındık Çeşitlerinin Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, (Araştırma projesi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun, (1989)
- Yılmaz, T., Helezon Çay Soldurma Makinası ve Endüstriye Uygulanması, (Yüksek lisans tezi), K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, (1993)

EK.1

1. Birinci deney sonuçları

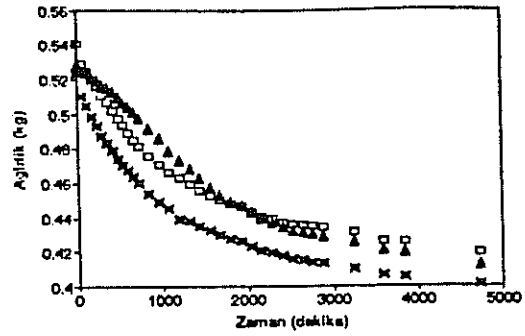
1.1 Fındık partilerine göre ağırlığın zamana göre değişimi.

(5=0.6 m/s, 4=0.3 m/s, 3=0.2 m/s, 2/4=0.3 m/s, 1/8=0.9 m/s)



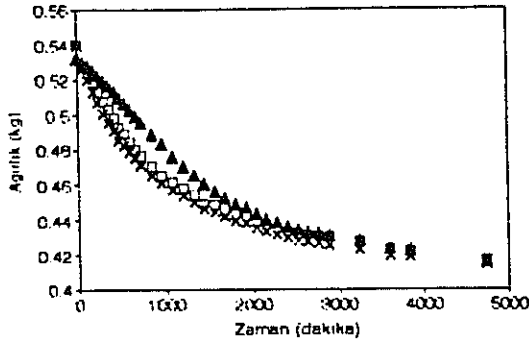
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

a) 5/1, 4/1, 3/1



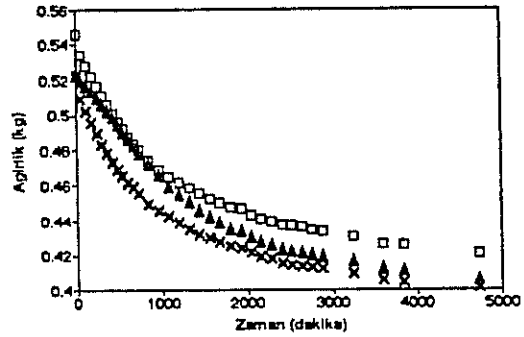
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

b) 5/2, 4/2, 3/2



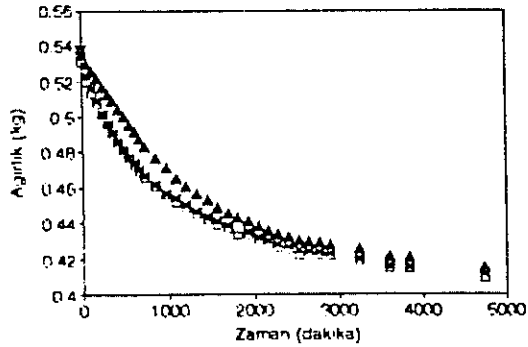
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

c) 5/3, 4/3, 3/3



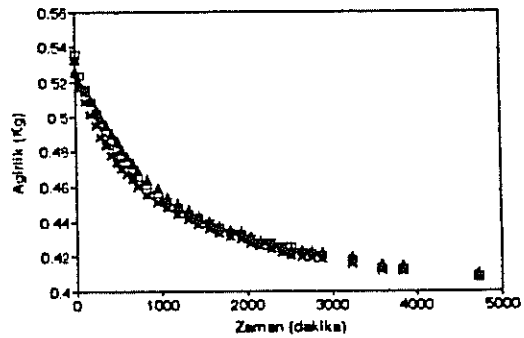
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

d) 5/4, 4/4, 3/4



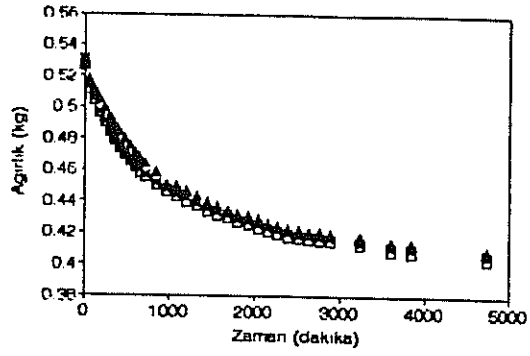
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

e) 5/5, 4/5, 3/5

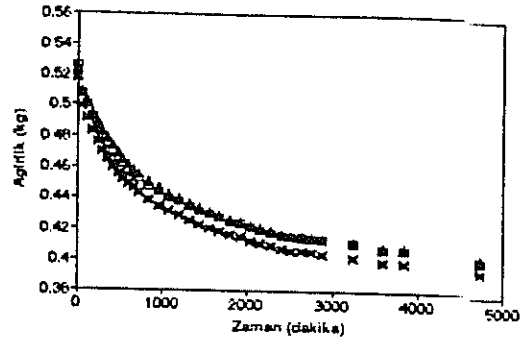


□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

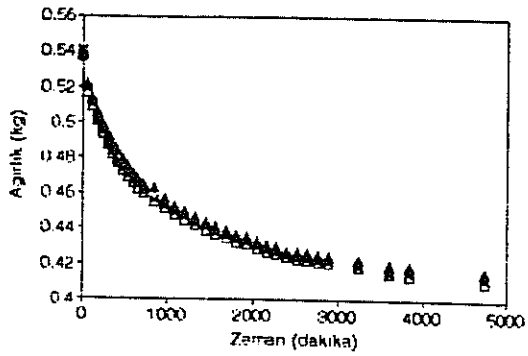
f) 5/6, 4/6, 3/6



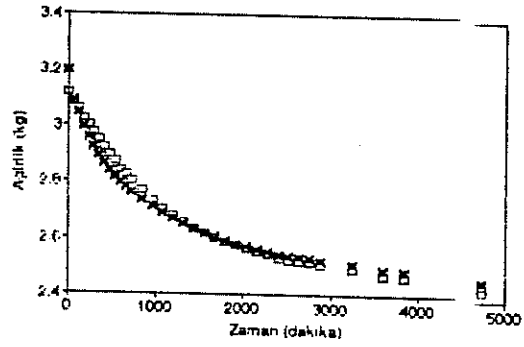
g) 5/7, 4/7, 3/7



h) 5/8, 4/8, 3/8

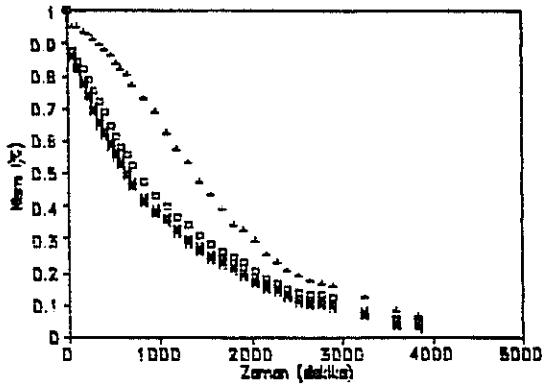


i) 5/9, 4/9, 3/9



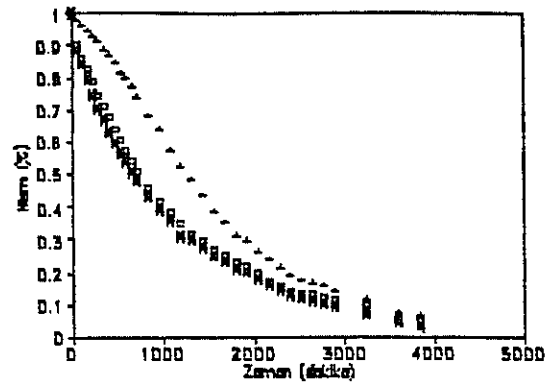
j) 2/4, 1/8

## 1.2. Fındık partilerine göre kuruma eğrileri



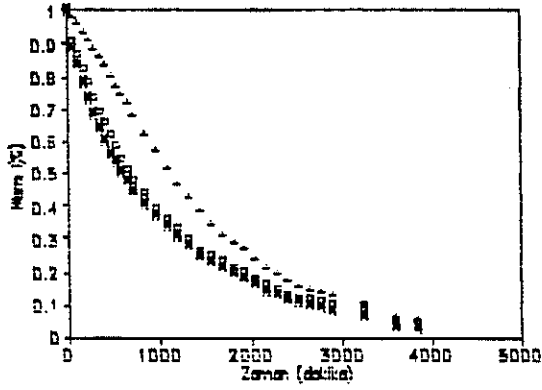
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

a) 5/1, 4/1, 3/1



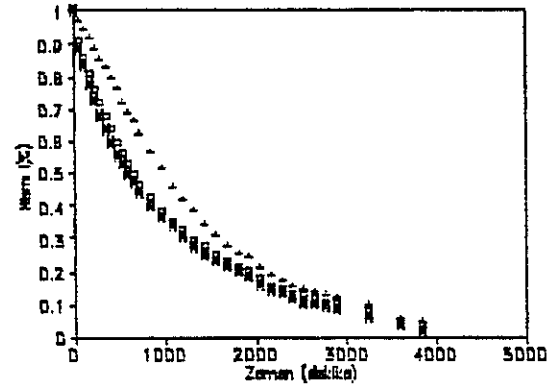
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

b) 5/2, 4/2, 3/2



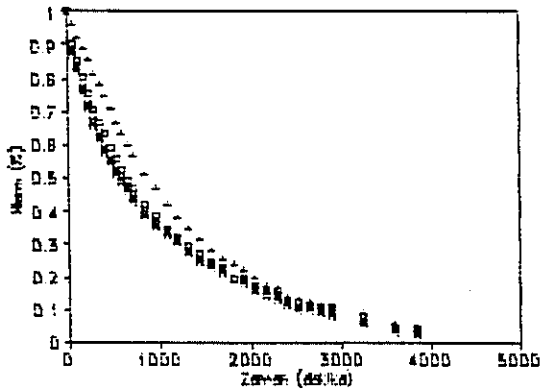
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

c) 5/3, 4/3, 3/3



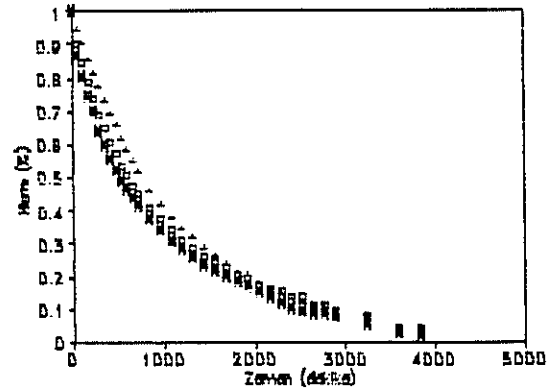
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

d) 5/4, 4/4, 3/4



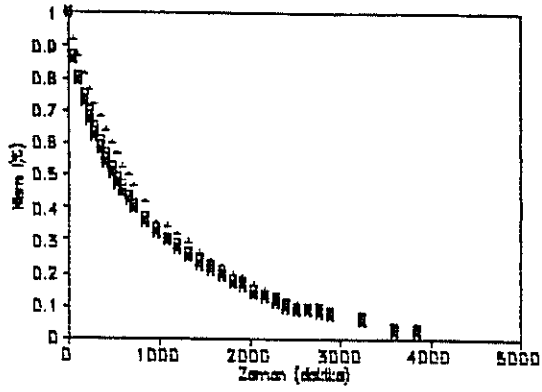
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

e) 5/5, 4/5, 3/5



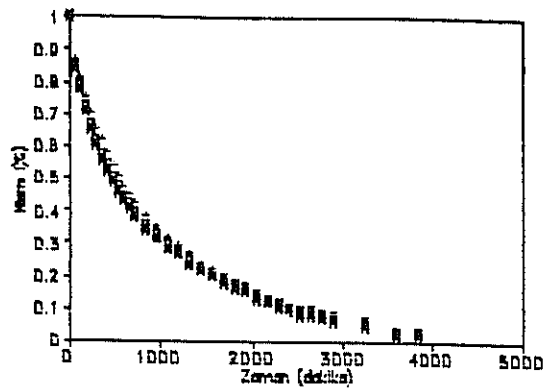
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

f) 5/6, 4/6, 3/6



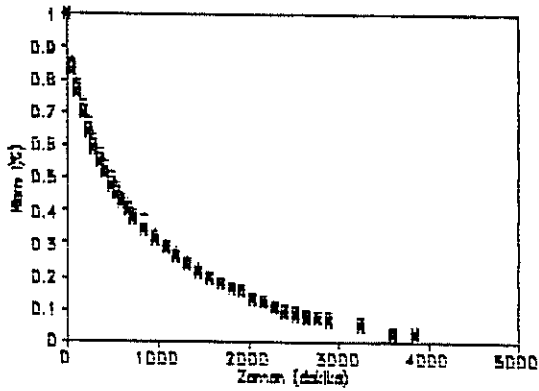
□ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

g) 5/7, 4/7, 3/7



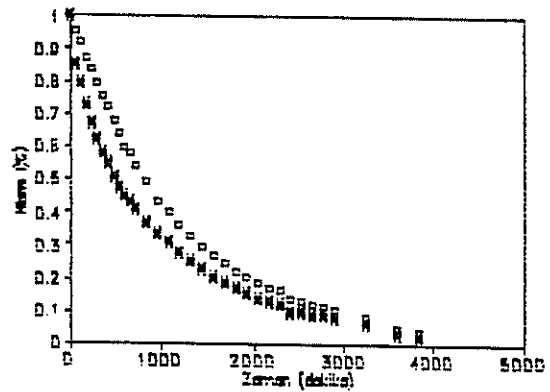
□ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

h) 5/8, 4/8, 3/8



□ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

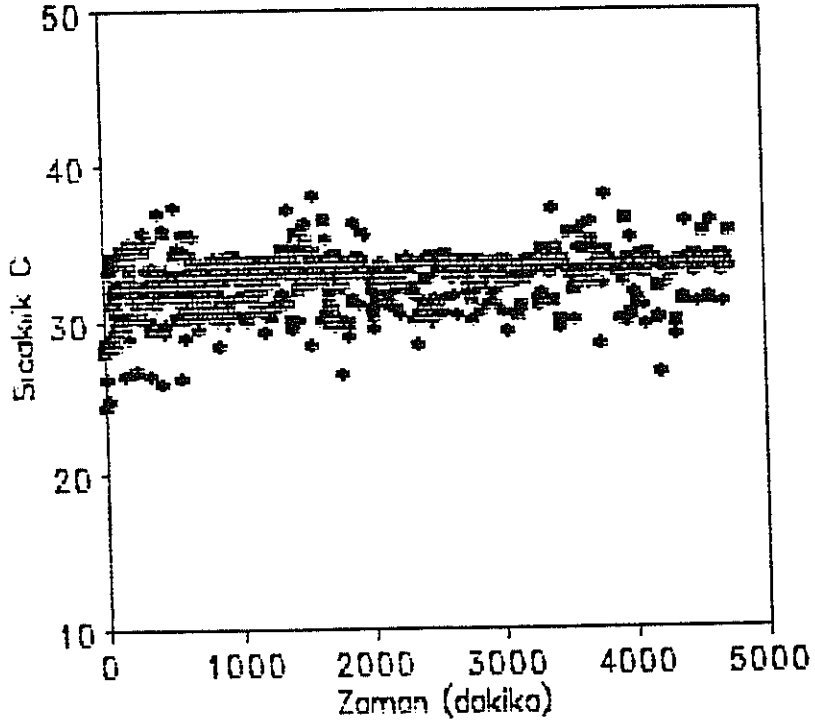
i) 5/9, 4/9, 3/9



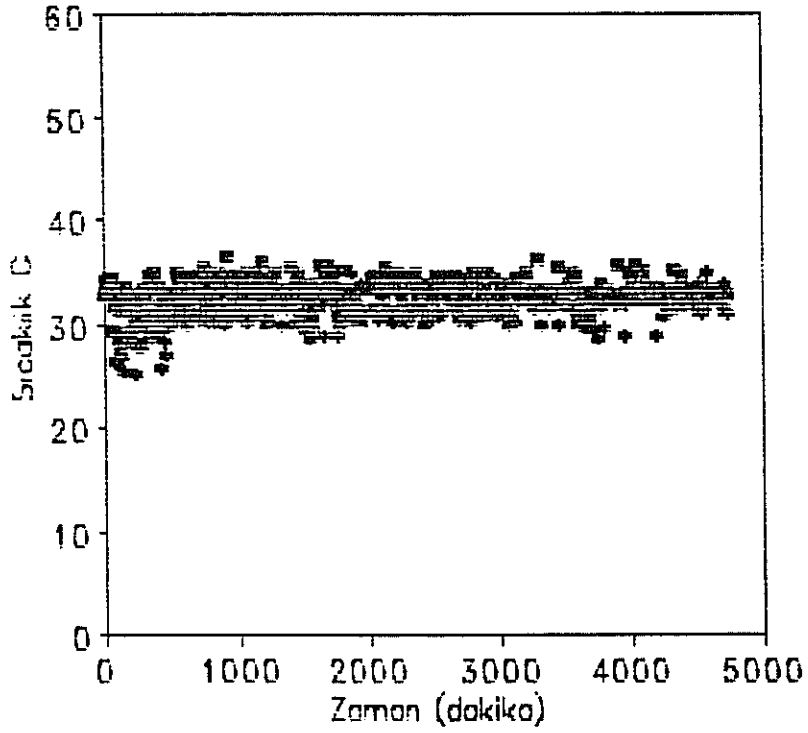
□ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s

j) 2/4, 1/8,

## 1.3. Kalın sergi kurutma havası sıcaklık değişimi

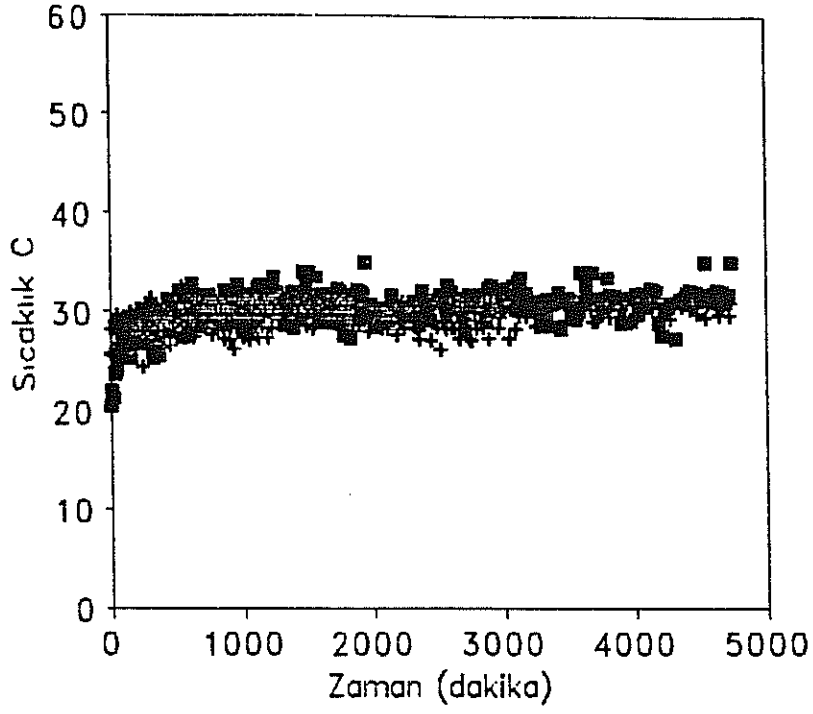


a) 1/8



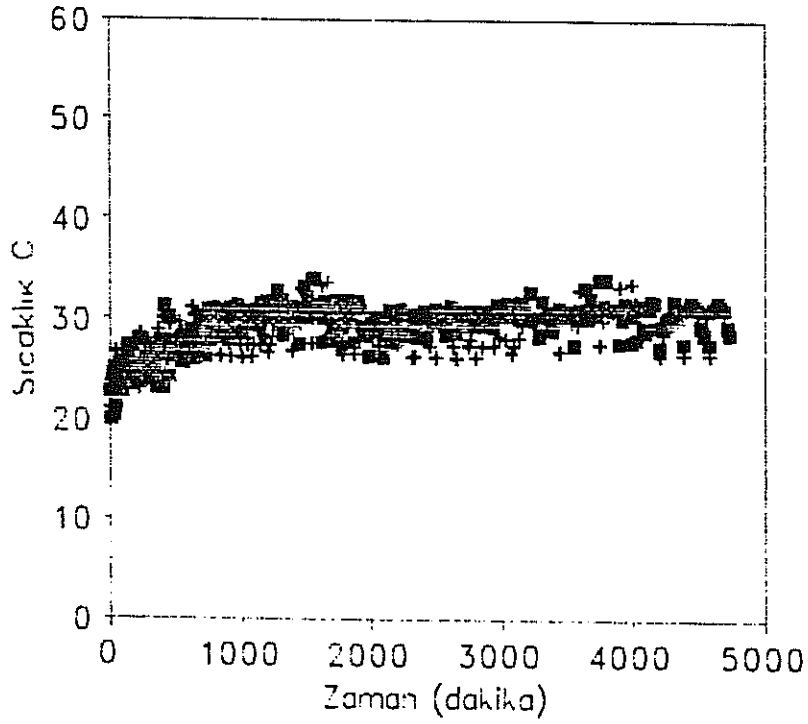
b) 2/8

## 1.4. Fındık merkez sıcaklıklarının değişimi.



■ Fındık + Ortam

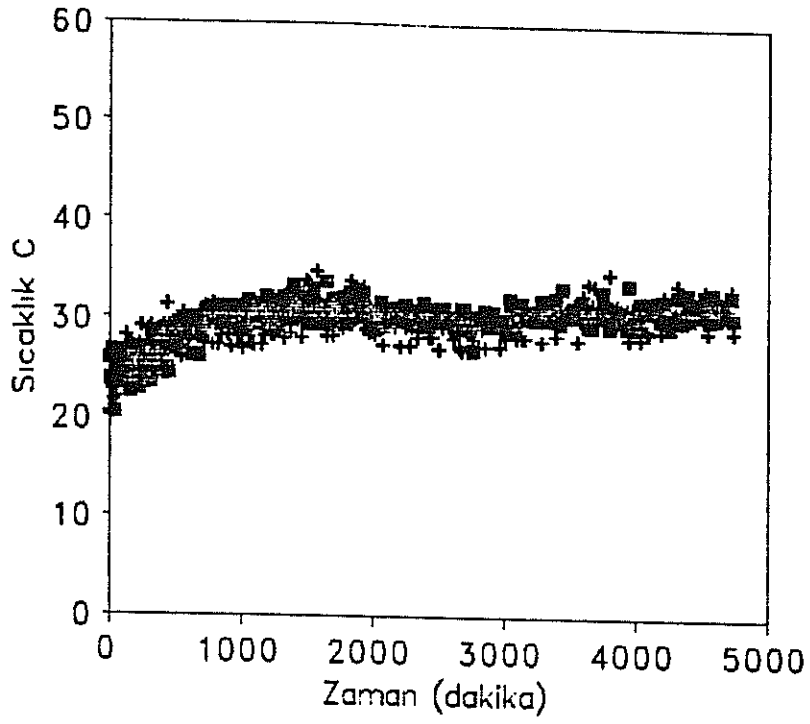
a) 2/4 Taban



■ Fındık + Ortam

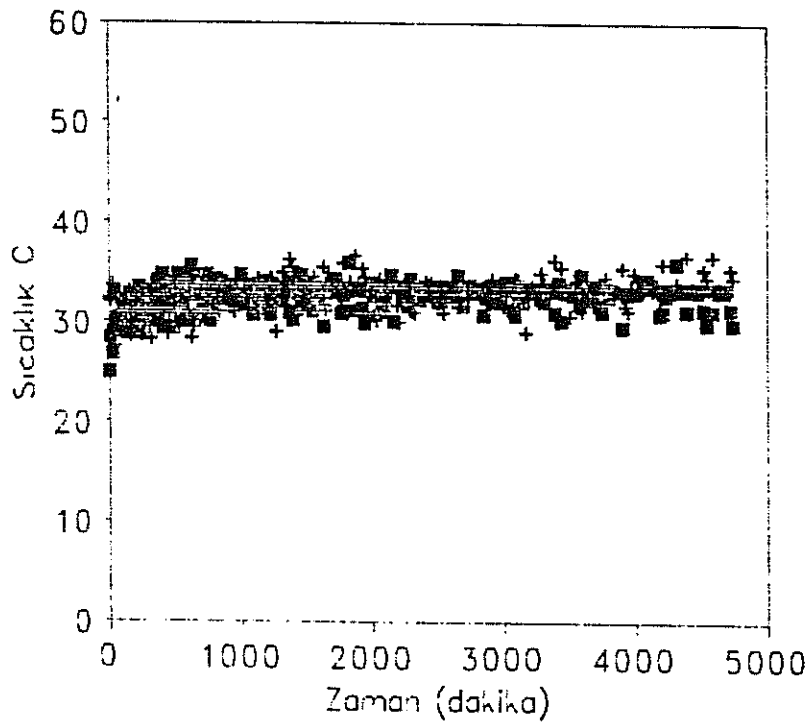
b) 2/4 Orta





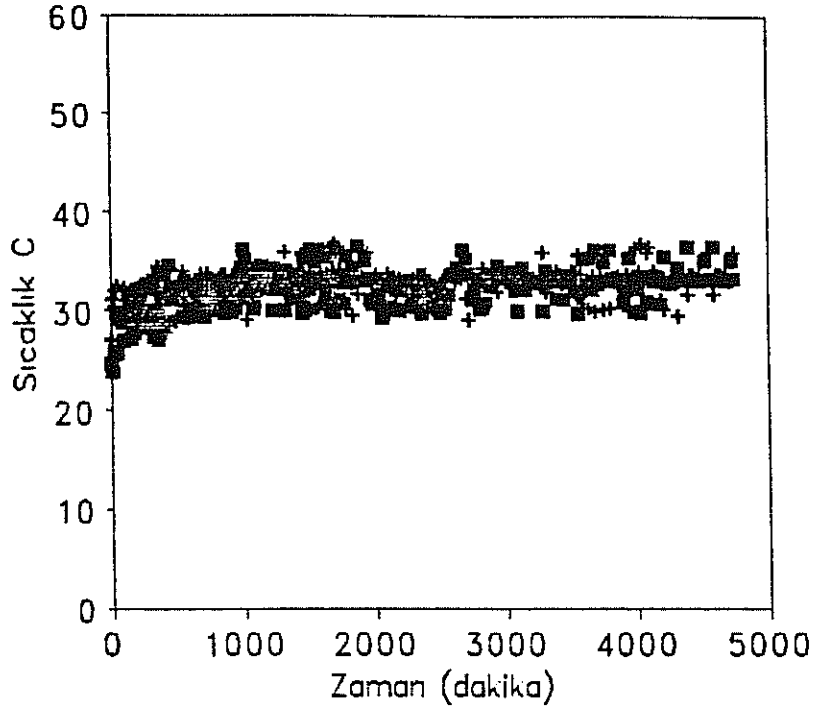
■ Findik + Ortam

c) 2/4 Tavan



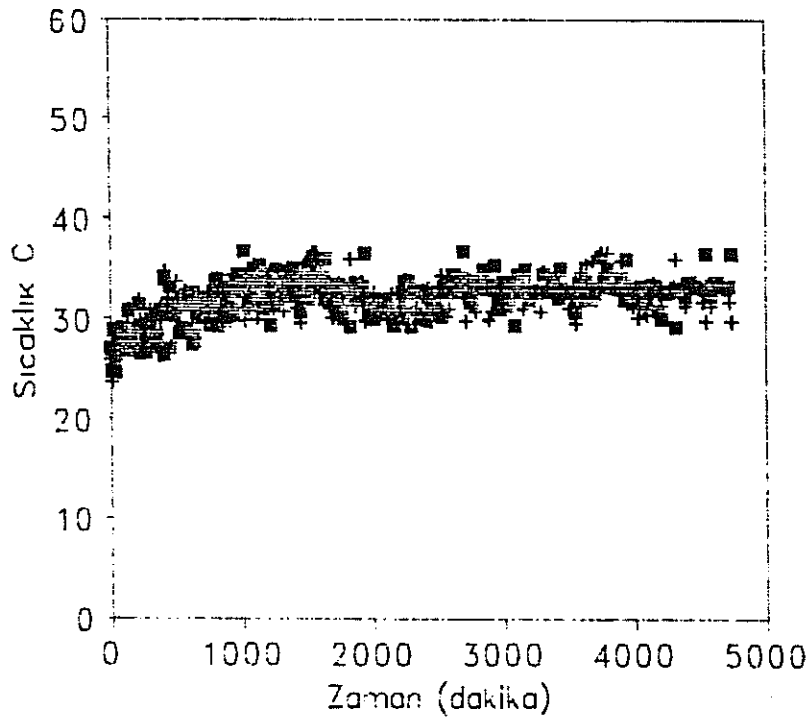
■ Findik + Ortam

d) 1/8 Taban



■ Findik + Ortam

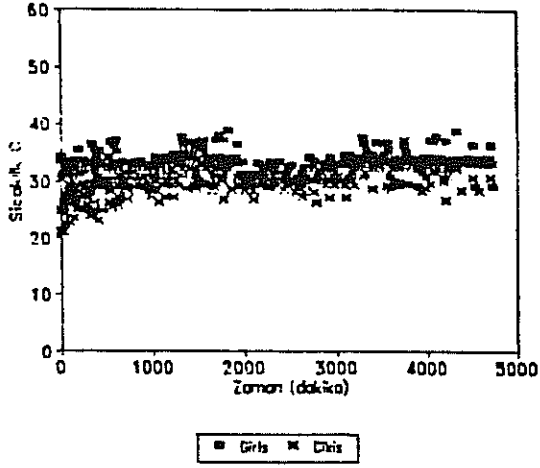
e) 1/8 Orta



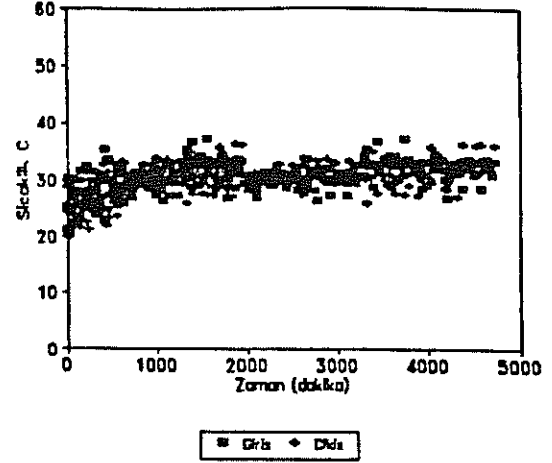
■ Findik + Ortam

f) 1/8 Tavan

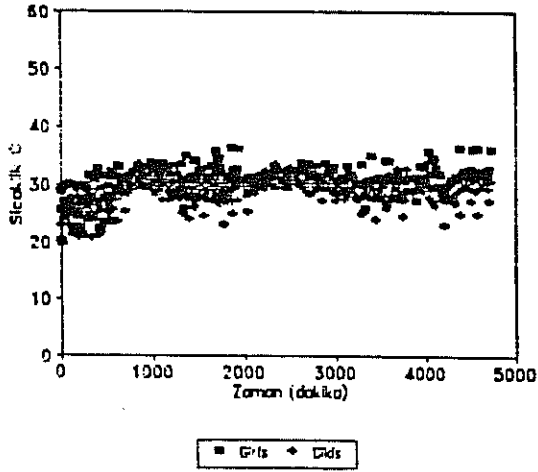
1.5. Fındık partilerindeki kurutma havası sıcaklık değişimi.



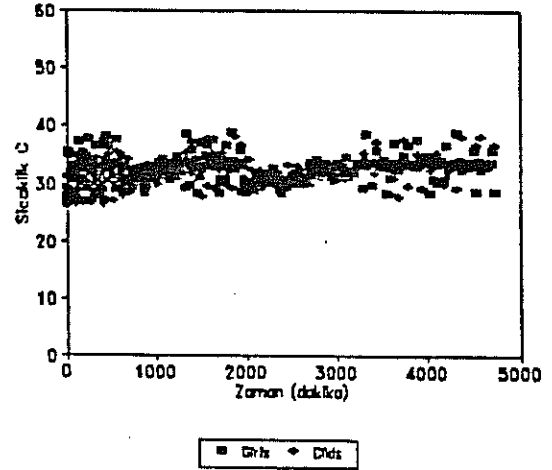
a) 3/9, 3/8, 3/7



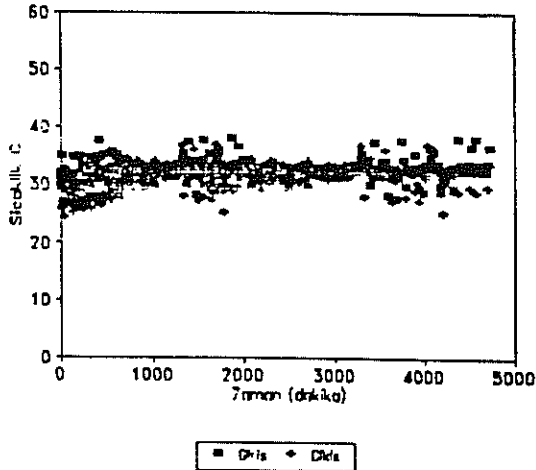
b) 3/6, 3/5, 3/4



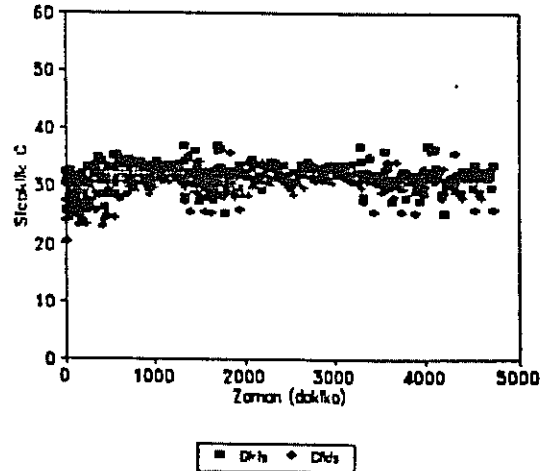
c) 3/3, 3/2, 3/1



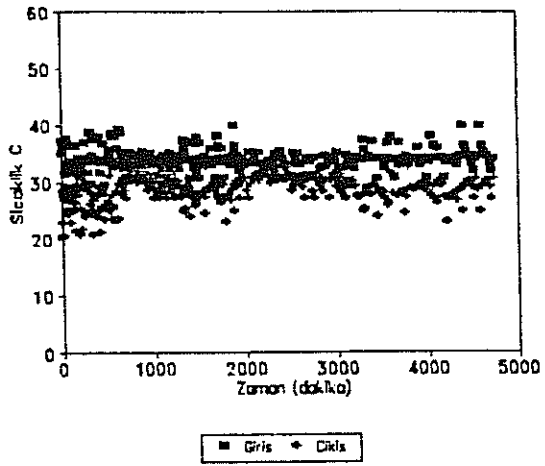
d) 4/9, 4/8



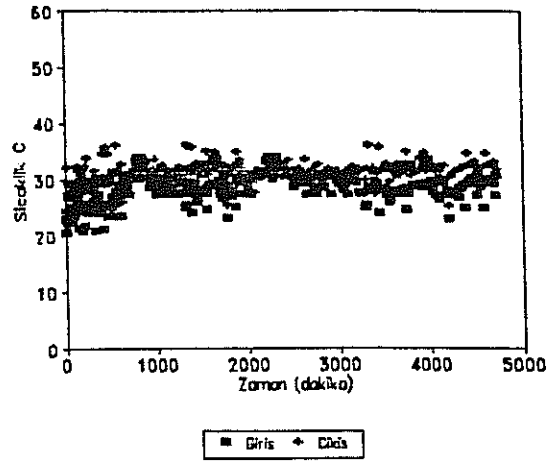
e) 4/7, 4/6, 4/5



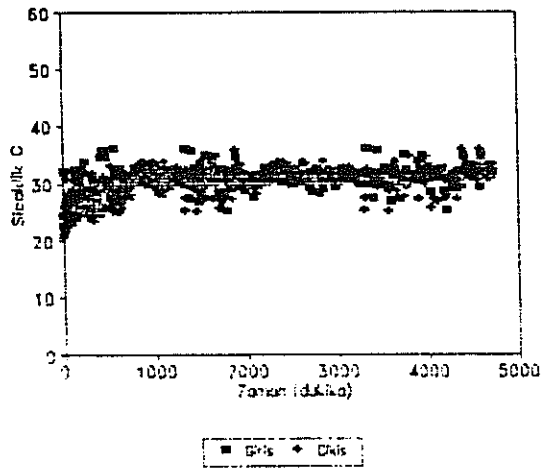
f) 4/4, 4/3, 4/2, 4/1



g) 5/9, 5/8



h) 5/7, 5/6, 5/5, 5/4

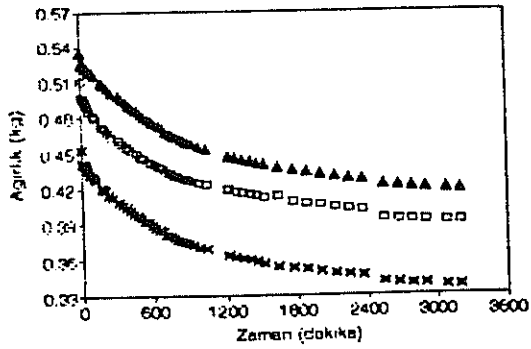


i) 5/3, 5/2, 5/1

EK.2

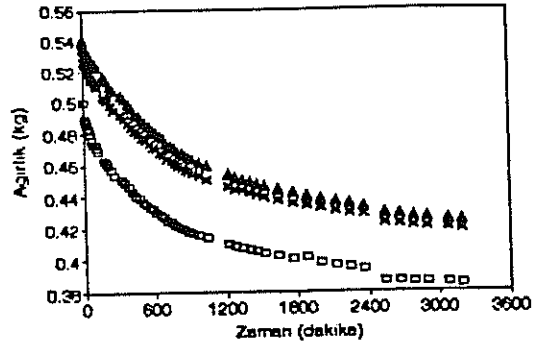
1. İkinci deney sonuçları

1. . Fındık partilerine göre ağırlığın zamana göre değişimi.  
(5=0.6 m/s, 4=0.3 m/s, 3=0.2 m/s, 2/4=0.3 m/s, 1/8=0.9 m/s)



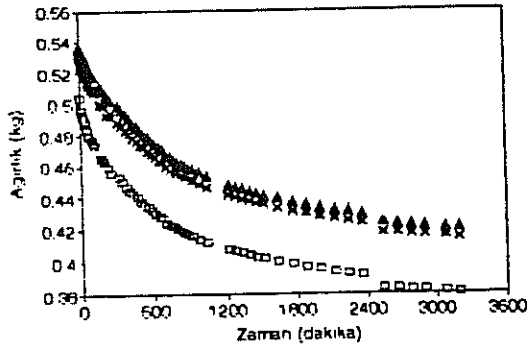
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

a) 5/1, 4/1, 3/1



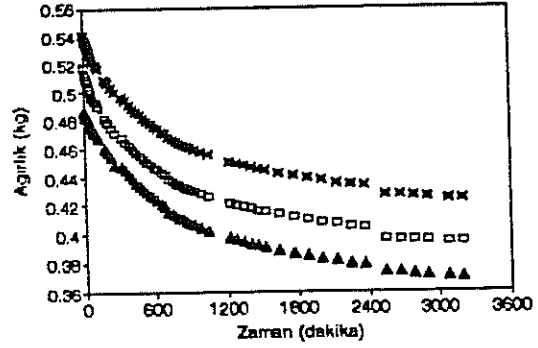
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

b) 5/2, 4/2, 3/2



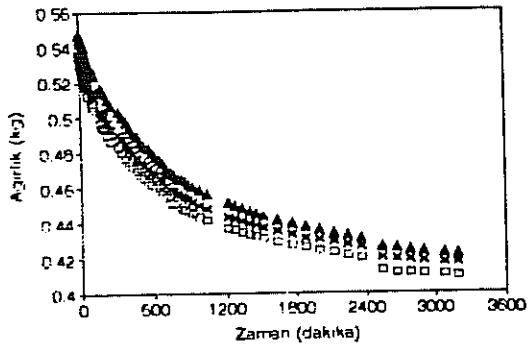
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

c) 5/3, 4/3, 3/3



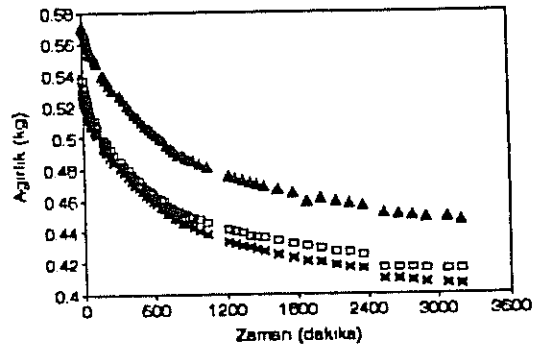
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

d) 5/4, 4/4, 3/4



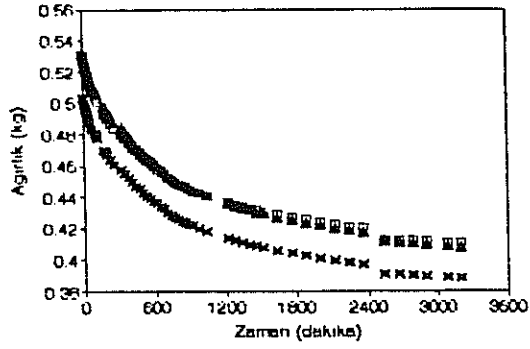
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

e) 5/5, 4/5, 3/5



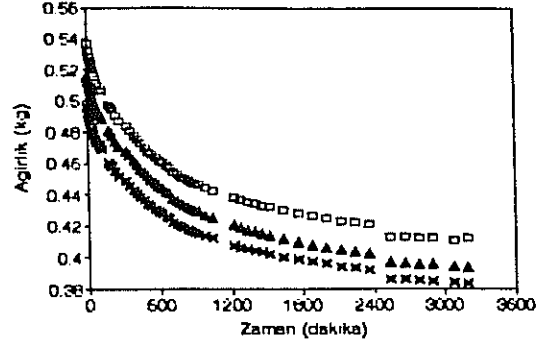
□ 0.6 m/s × 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

f) 5/6, 4/6, 3/6



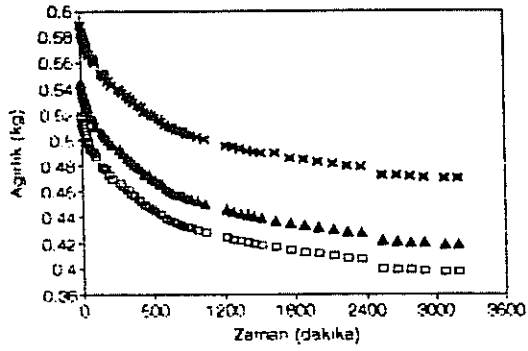
□ 0.6 ml/s    × 0.3 ml/s    ▲ 0.2 ml/s

g) 5/7, 4/7, 3/7



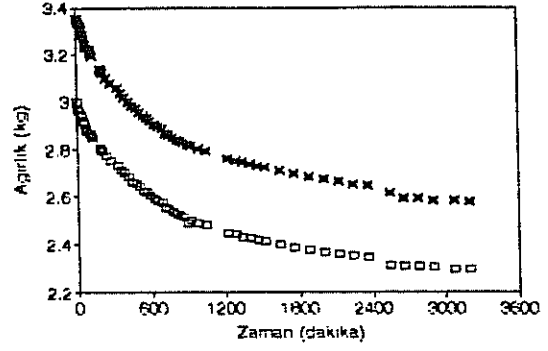
□ 0.8 ml/s    × 0.3 ml/s    ▲ 0.2 ml/s

h) 5/8, 4/8, 3/8



□ 0.6 ml/s    × 0.3 ml/s    ▲ 0.2 ml/s

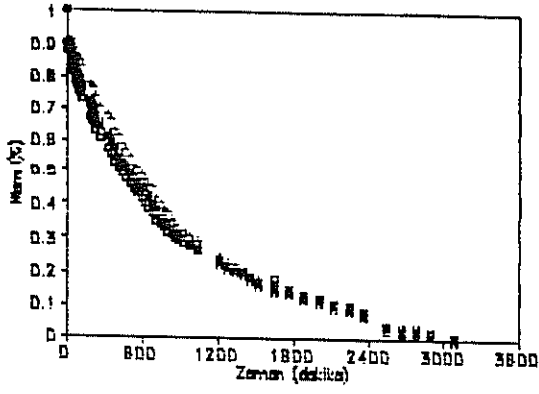
i) 5/9, 4/9, 3/9



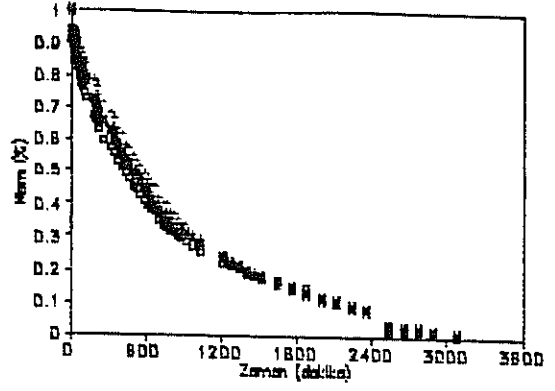
□ 0.3 ml/s    × 0.1 ml/s

j) 2/4, 1/8

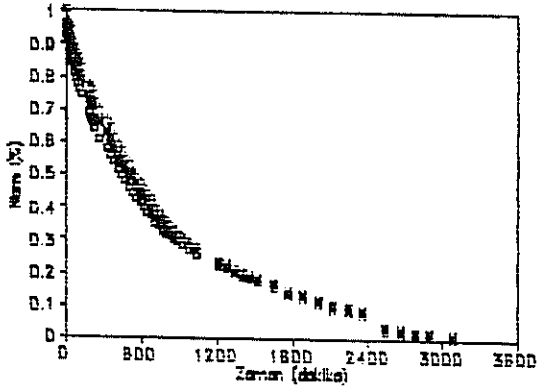
## 1.2. Fındık partilerine göre kuruma eğrileri



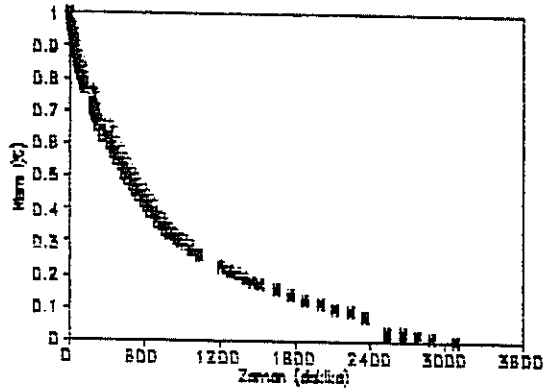
a) 5/1, 4/1, 3/1



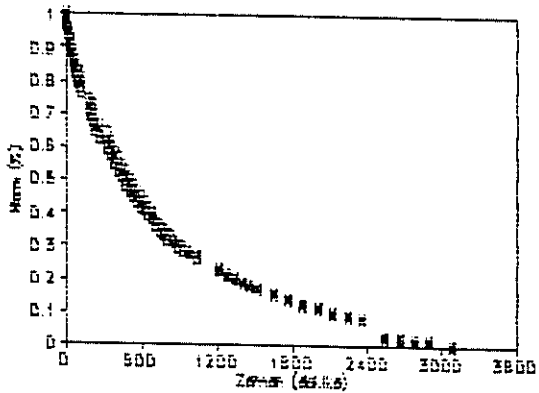
b) 5/2, 4/2, 3/2



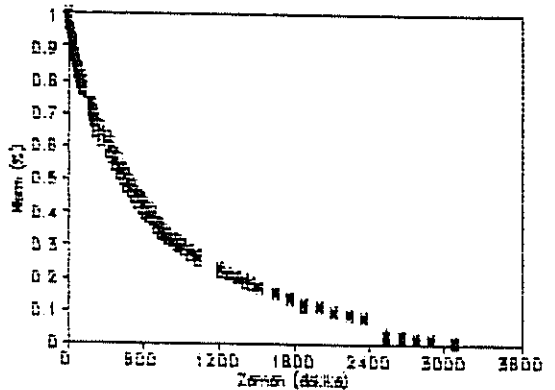
c) 5/3, 4/3, 3/3



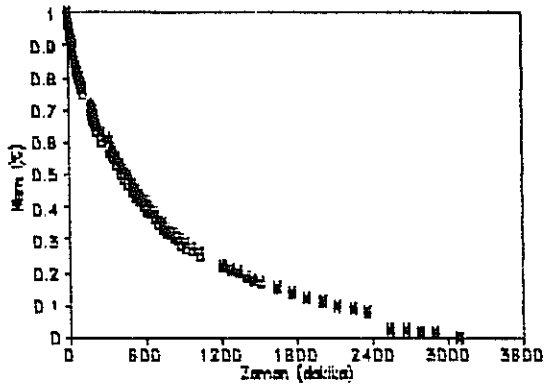
d) 5/4, 4/4, 3/4



e) 5/5, 4/5, 3/5

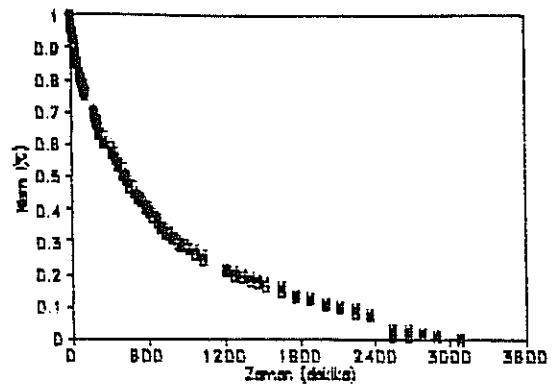


f) 5/6, 4/6, 3/6



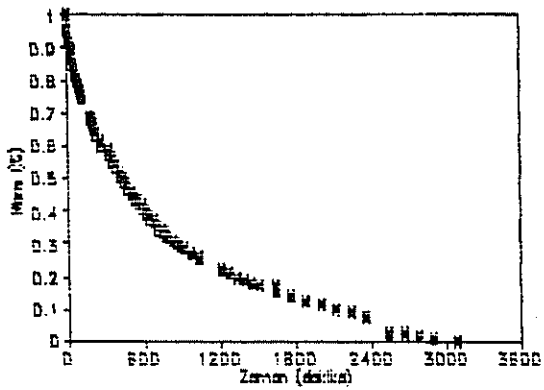
□ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

g) 5/7, 4/7, 3/7



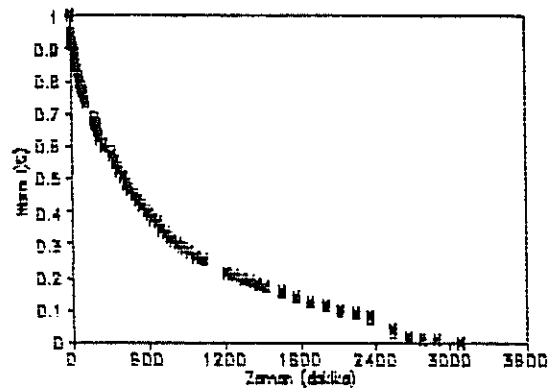
□ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

h) 5/8, 4/8, 3/8



□ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

i) 5/9, 4/9, 3/9

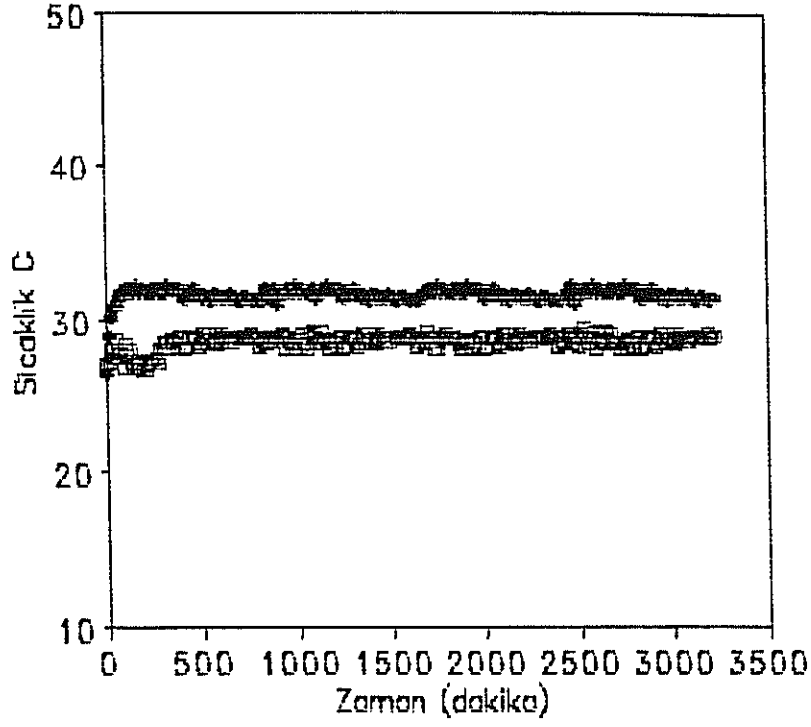


□ 0.5 m/s ■ 0.2 m/s

j) 2/4, 1/8

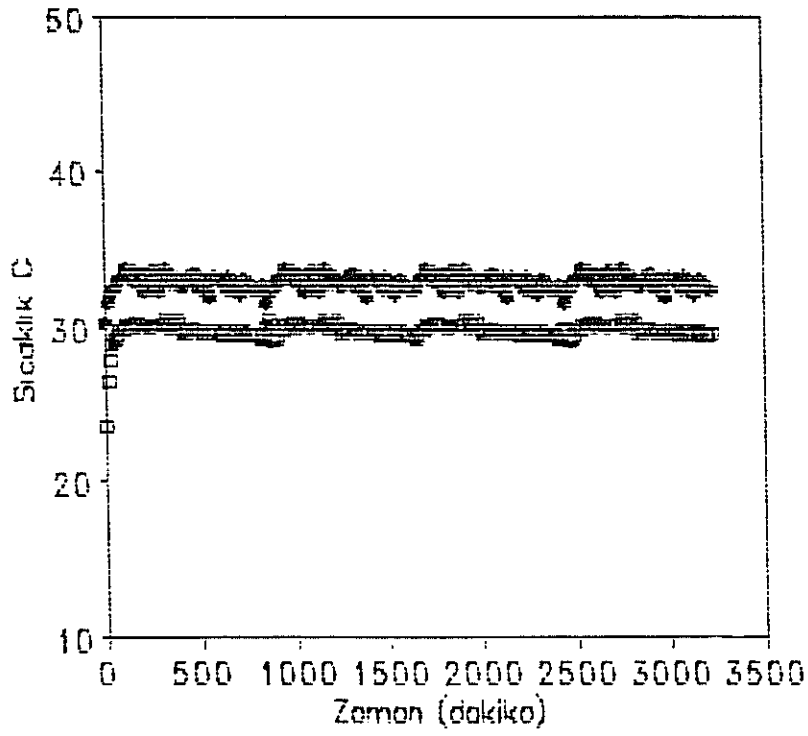


## 1.3. Kalın sergi kurutma havası sıcaklık değişimi



□ Hava giriş \* Hava çıkış

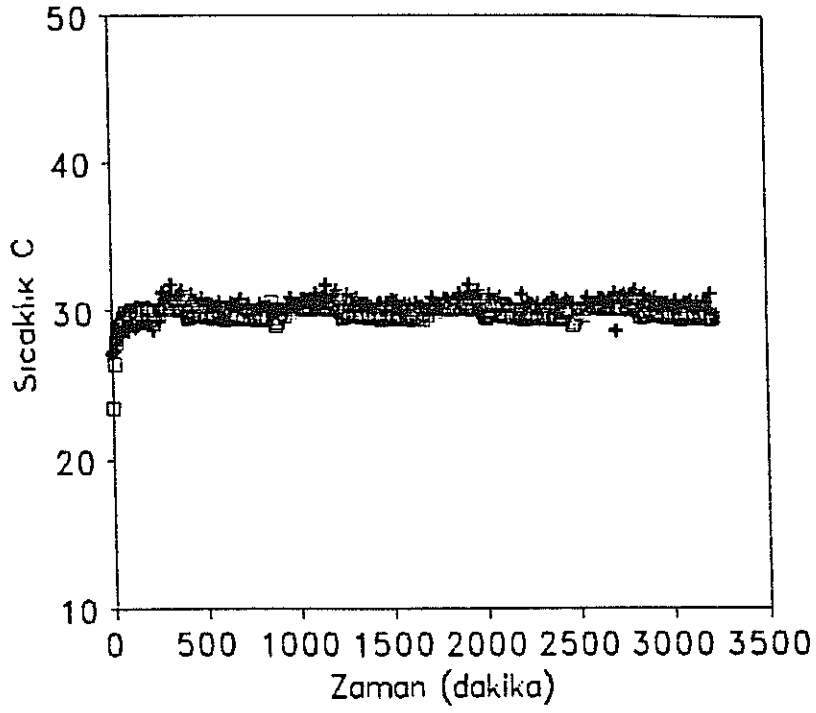
a) 1/8



□ Hava giriş \* Hava çıkış

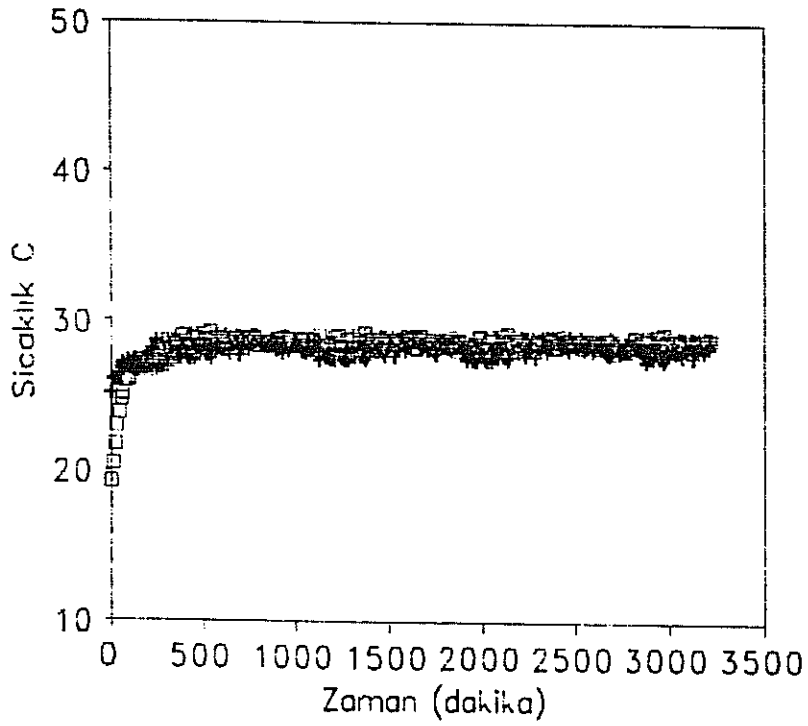
b) 2/8

## 1.4. Fındık merkez sıcaklıklarının değişimi



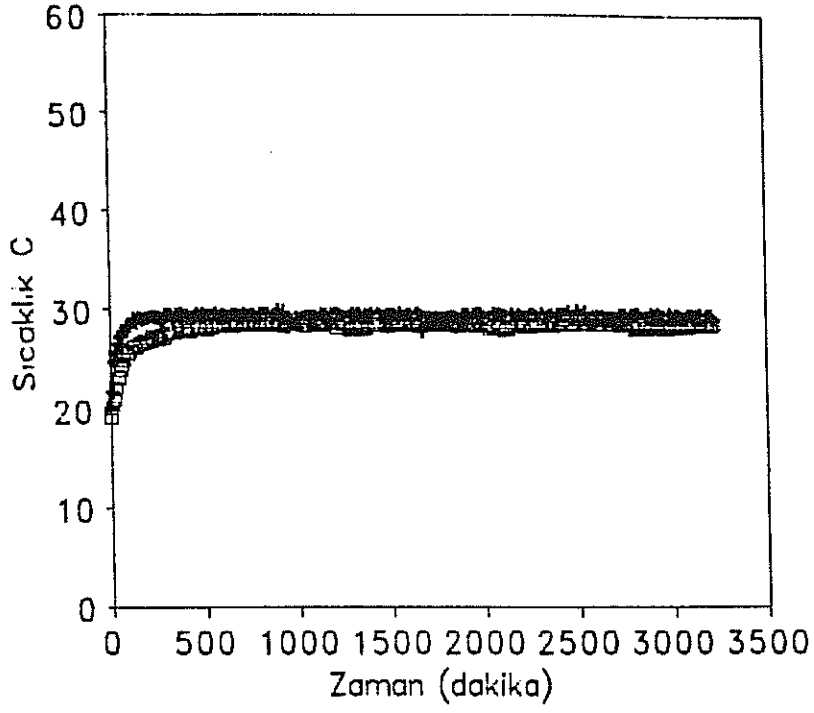
□ Fındık + Ortam

a) 2/4 Taban



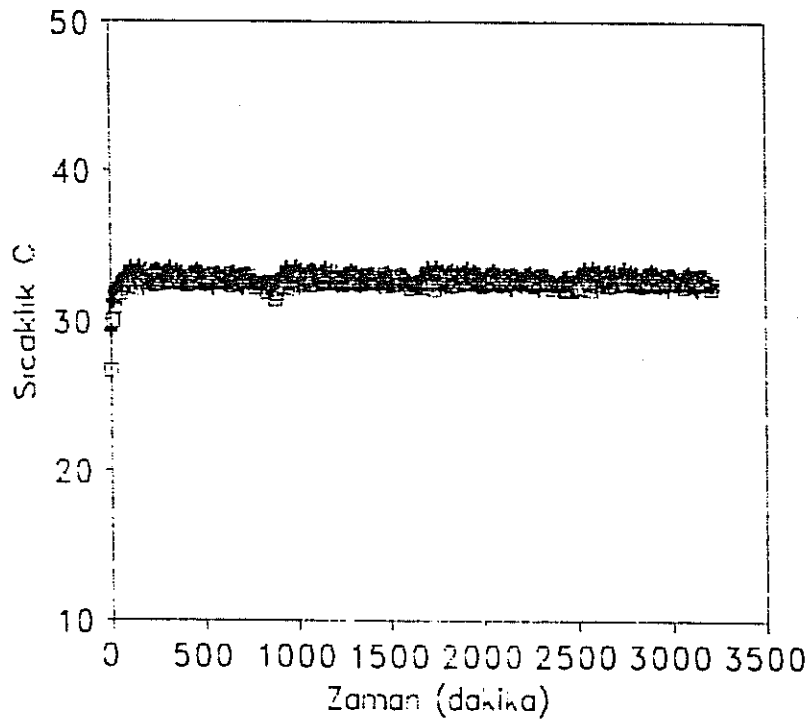
□ Fındık + Ortam

b) 2/4 Orta



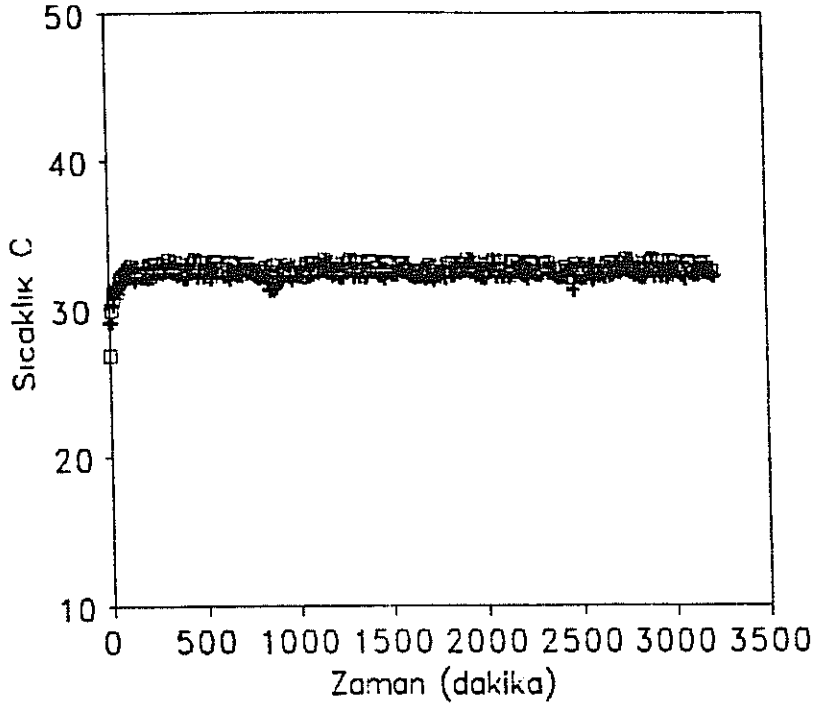
□ Findik + Ortam

c) 2/4 Tavan



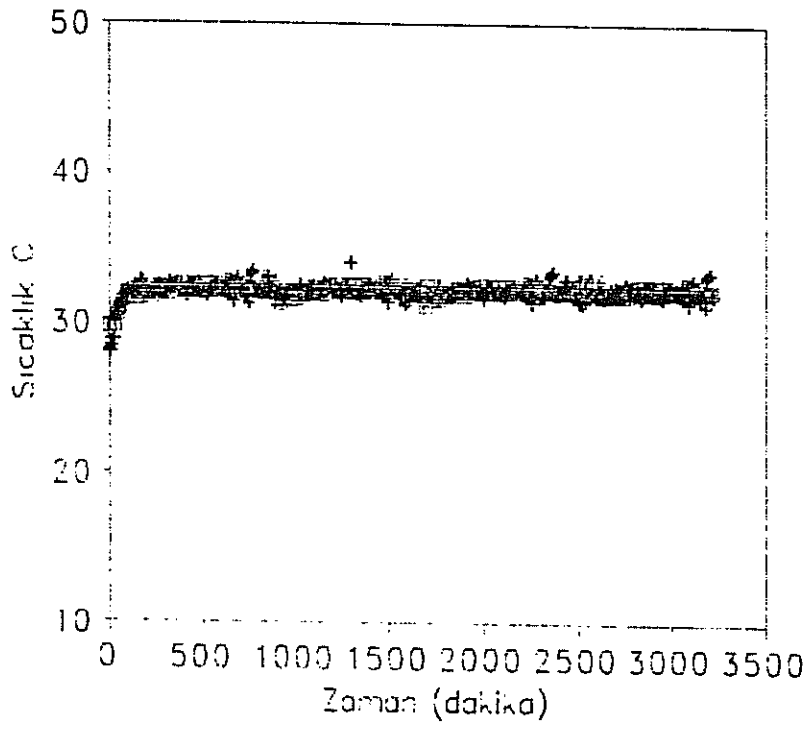
□ Findik + Ortam

d) 1/8 Taban



□ Findik + Ortam

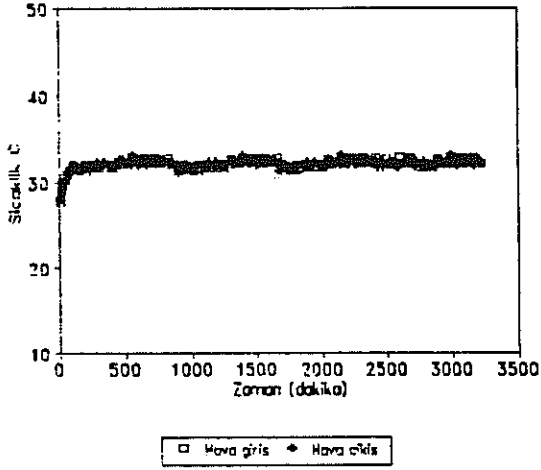
e) 1/8 Orta



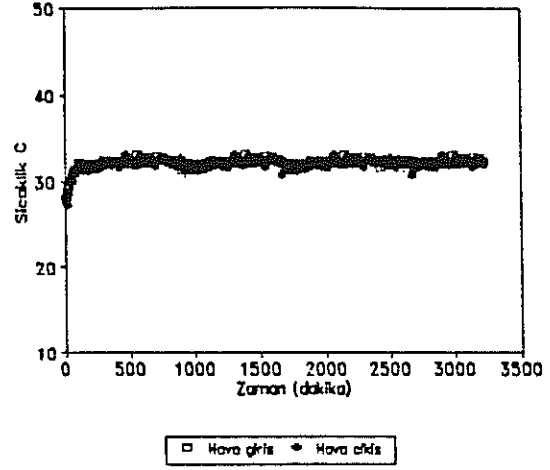
□ Findik + Ortam

f) 1/8 Tavan

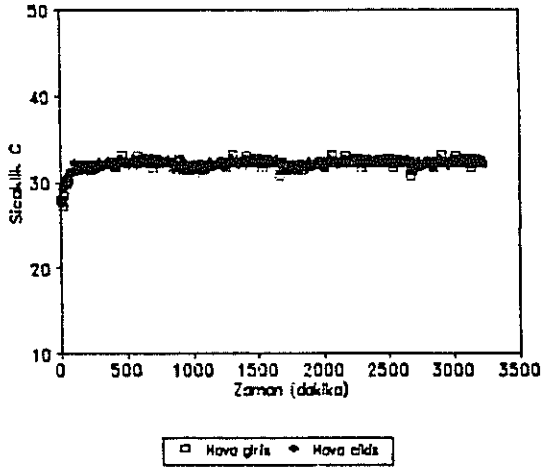
## 1.5. Fındık partilerindeki kurutma havası sıcaklık değişimi.



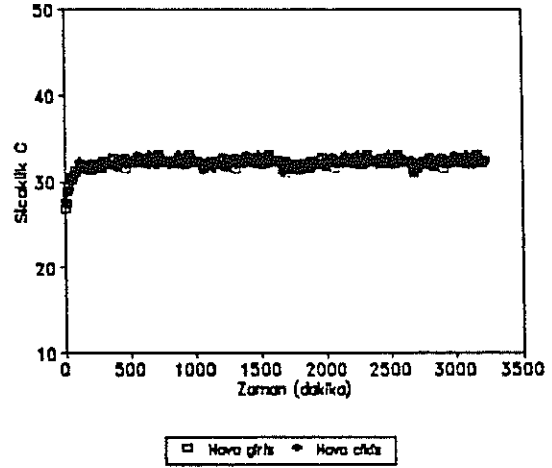
a) 3/9, 3/8, 3/7



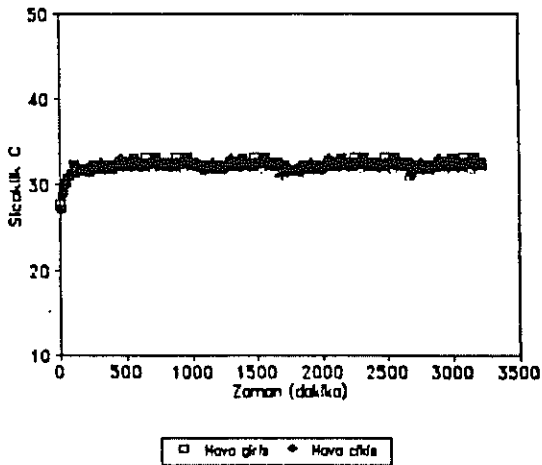
b) 3/6, 3/5, 3/4



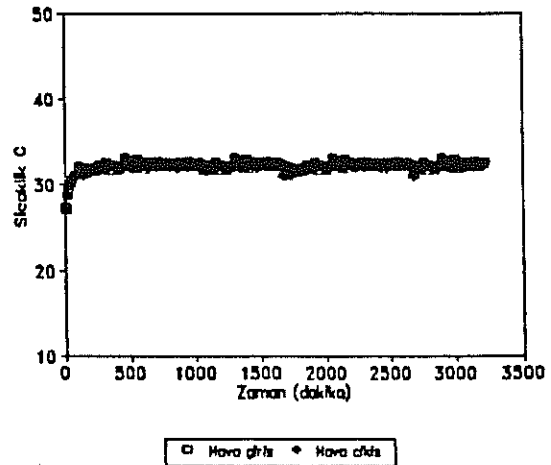
c) 3/3, 3/2, 3/1



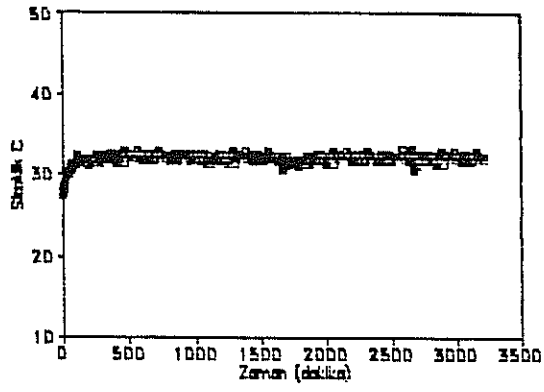
d) 4/9, 4/8



e) 4/7, 4/6, 4/5

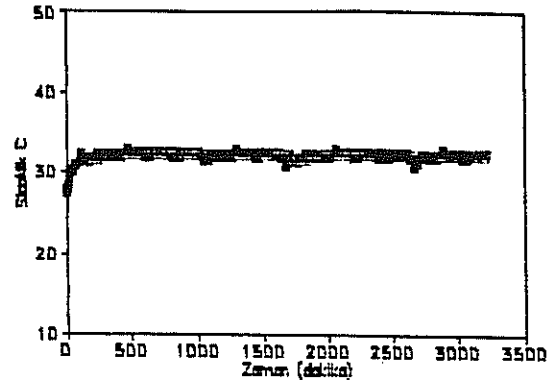


f) 4/4, 4/3, 4/2, 4/1



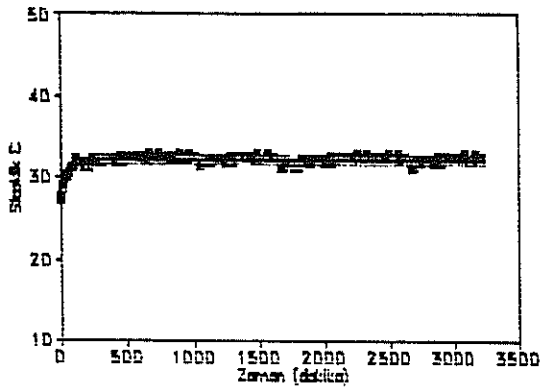
□ Kova giriz    ■ Kova çıkiz

g) 5/9, 5/8



□ Kova giriz    ■ Kova çıkiz

h) 5/7, 5/6, 5/5, 5/4



□ Kova giriz    ■ Kova çıkiz

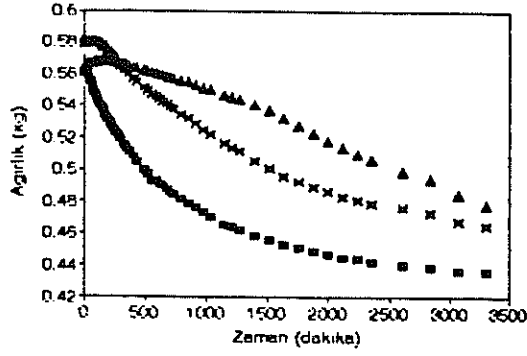
i) 5/3, 5/2, 5/1

### EK.3

#### 1. Üçüncü deney sonuçları

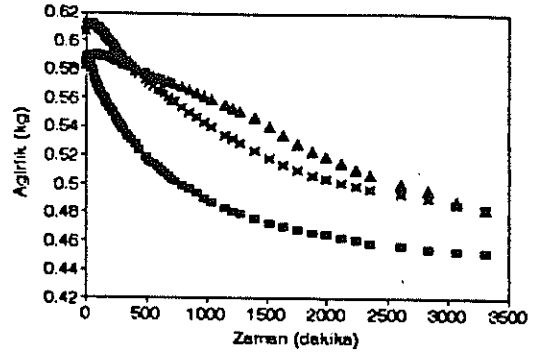
##### 1.1. Fındık partilerine göre ağırlığın zamana göre değişimi.

(5=0.6 m/s, 4=0.3 m/s, 3=0.2 m/s, 2/4=0.3 m/s, 1/8=0.9 m/s)



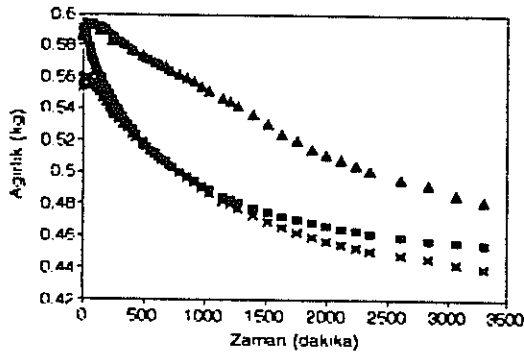
■ 0.6 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

a) 5/1, 4/1, 3/1



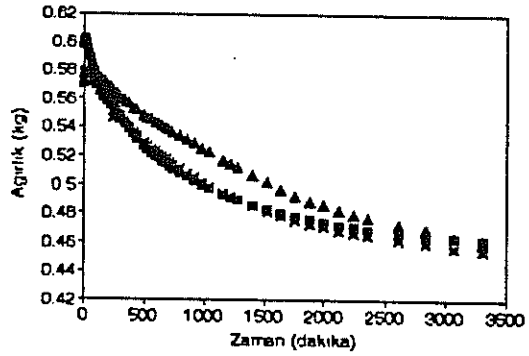
■ 0.6 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

b) 5/2, 4/2, 3/2



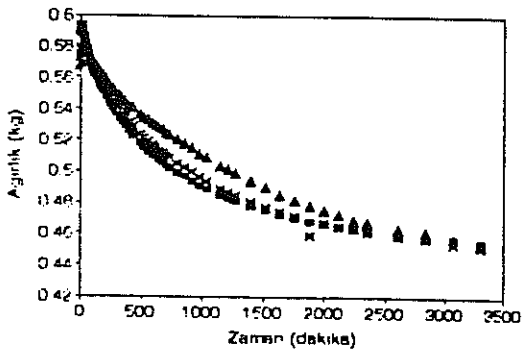
■ 0.6 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

c) 5/3, 4/3, 3/3,



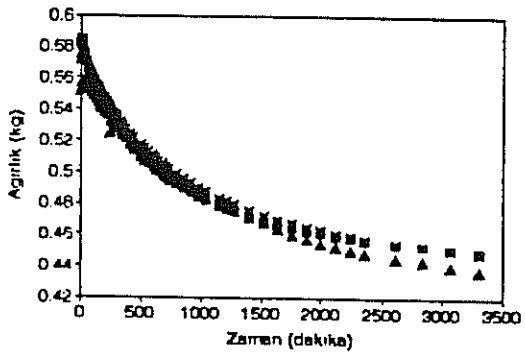
■ 0.6 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

d) 5/4, 4/4, 3/4



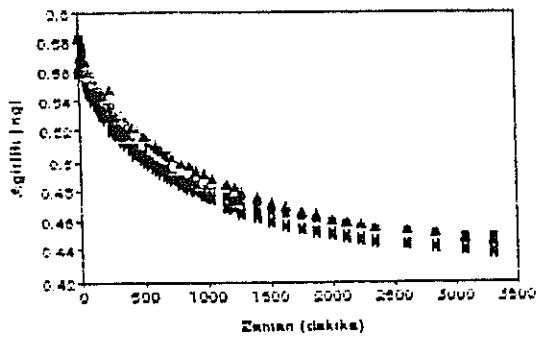
■ 0.6 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

e) 5/5, 4/5, 3/5

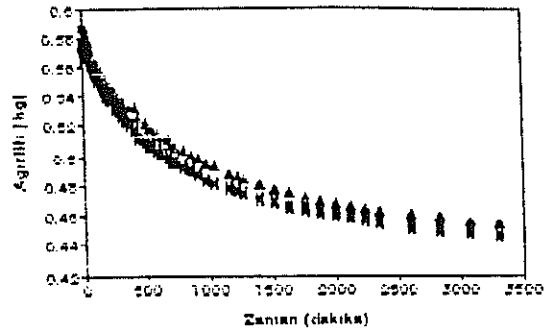


■ 0.6 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

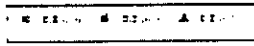
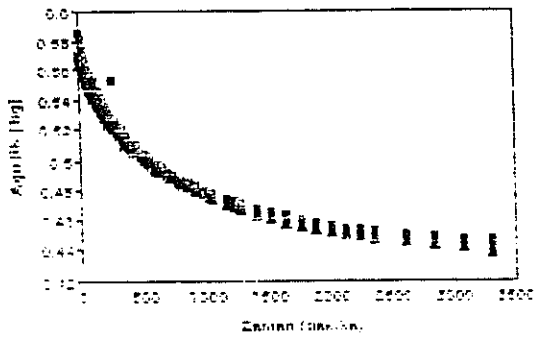
f) 5/6, 4/6, 3/6



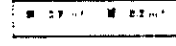
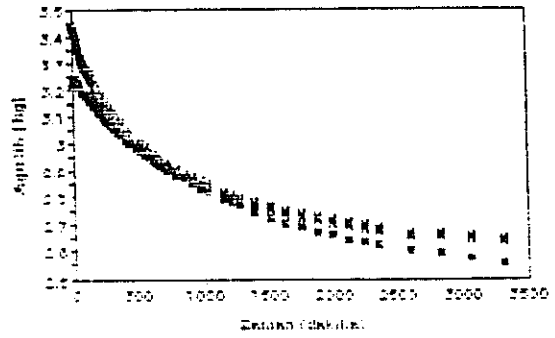
g) 5/7, 4/7, 3/7



h) 5/8, 4/8, 3/8



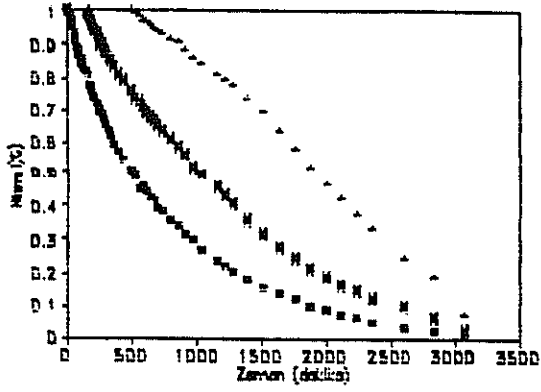
i) 5/9, 4/9, 3/9



j) 2/4, 1/8

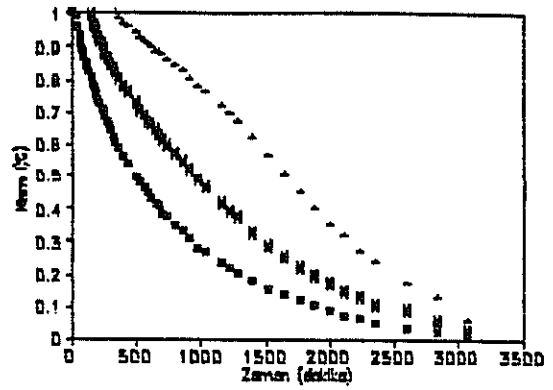


## 1.2. Fındık partilerine göre kuruma eğrileri



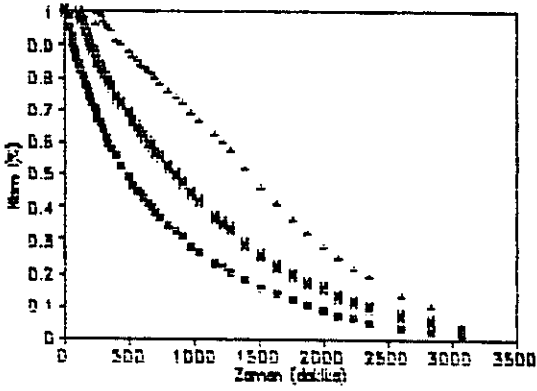
■ 0.5 m/s    ● 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

a) 5/1, 4/1, 3/1



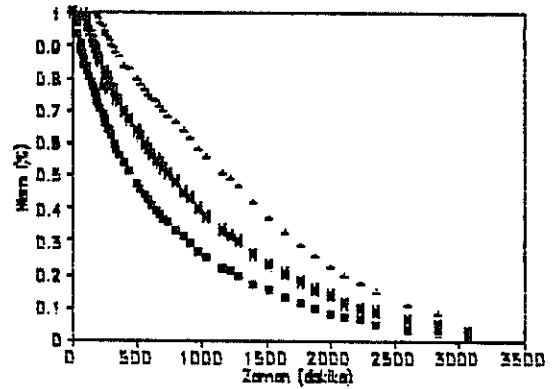
■ 0.5 m/s    ● 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

b) 5/2, 4/2, 3/2



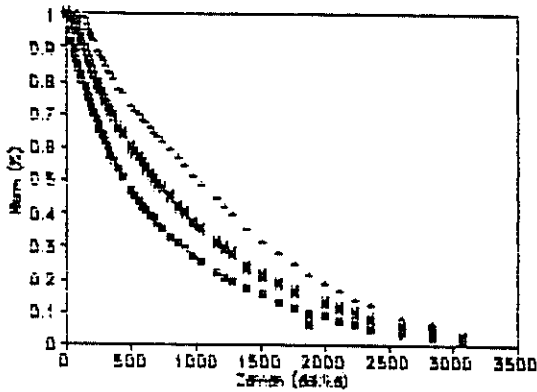
■ 0.5 m/s    ● 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

c) 5/3, 4/3, 3/3,



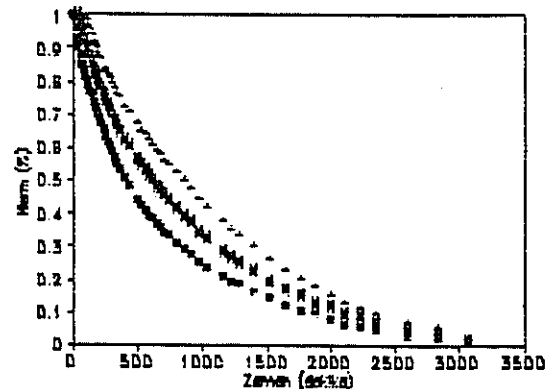
■ 0.5 m/s    ● 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

d) 5/4, 4/4, 3/4



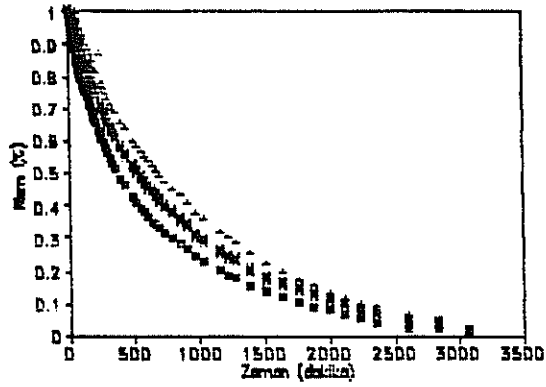
■ 0.5 m/s    ● 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

e) 5/5, 4/5, 3/5



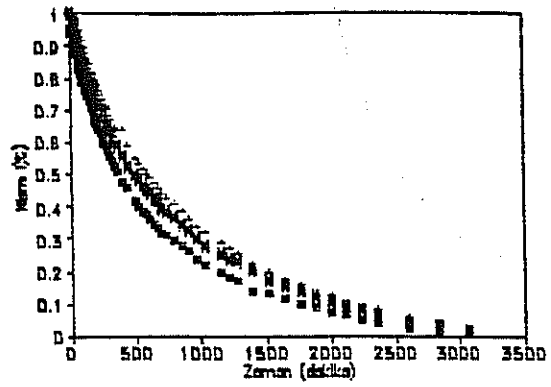
■ 0.5 m/s    ● 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

f) 5/6, 4/6, 3/6



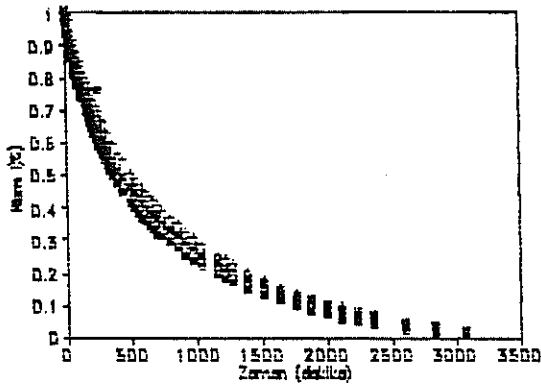
■ 0.5 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

g) 5/7, 4/7, 3/7



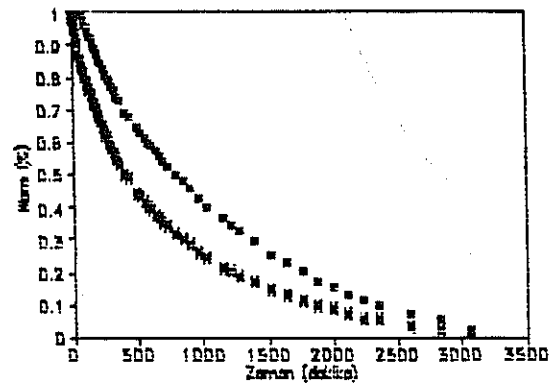
■ 0.8 m/s ■ 0.5 m/s ▲ 0.2 m/s

h) 5/8, 4/8, 3/8



■ 0.6 m/s ■ 0.3 m/s ▲ 0.2 m/s

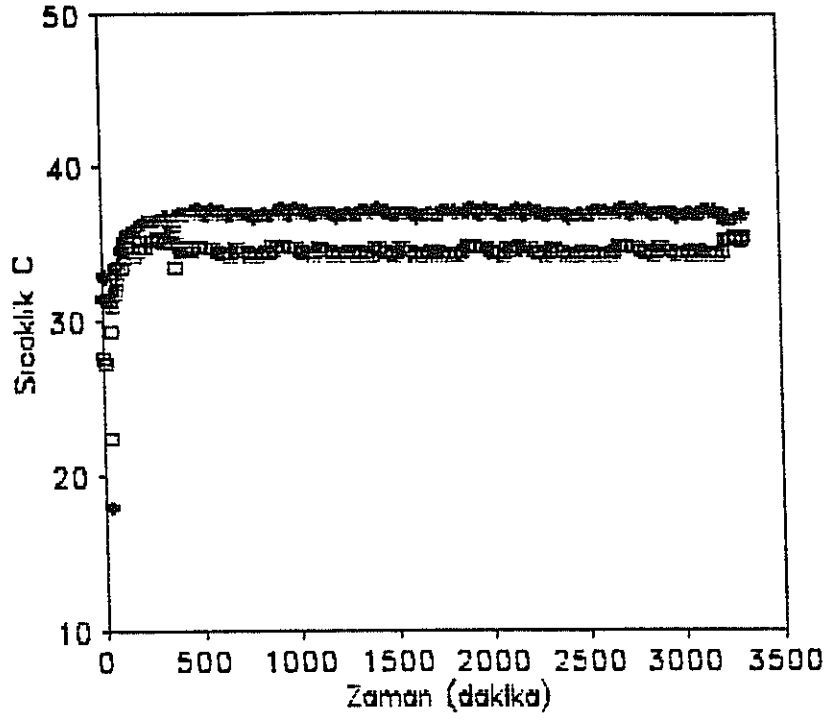
i) 5/9, 4/9, 3/9



■ 0.3 m/s ■ 0.2 m/s

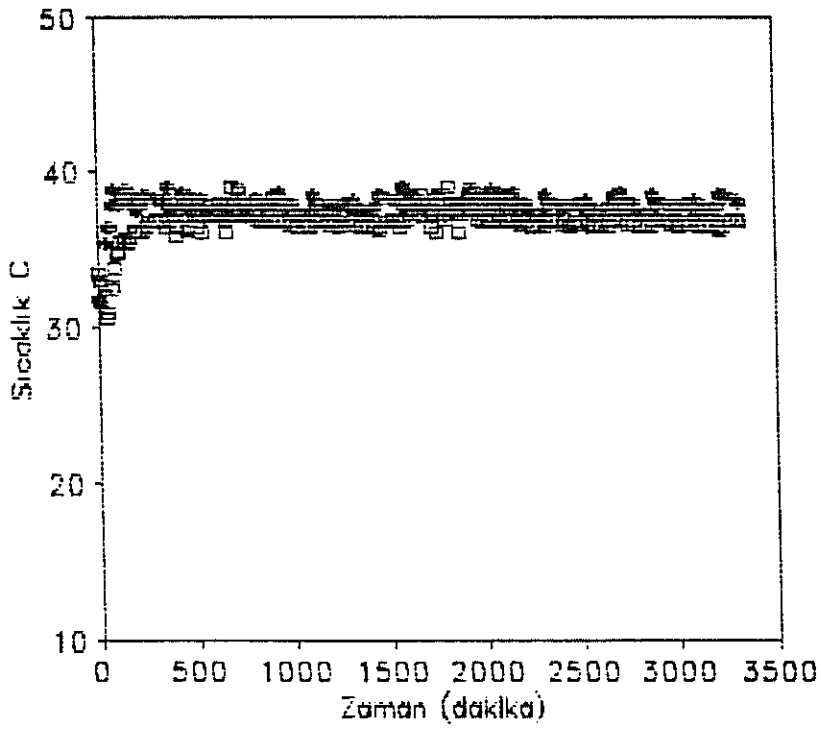
j) 2/4, 1/8

## 1.3. Kalın sergi kurutma havası sıcaklık değişimi



□ Hava girişi \* Hava çıkışı

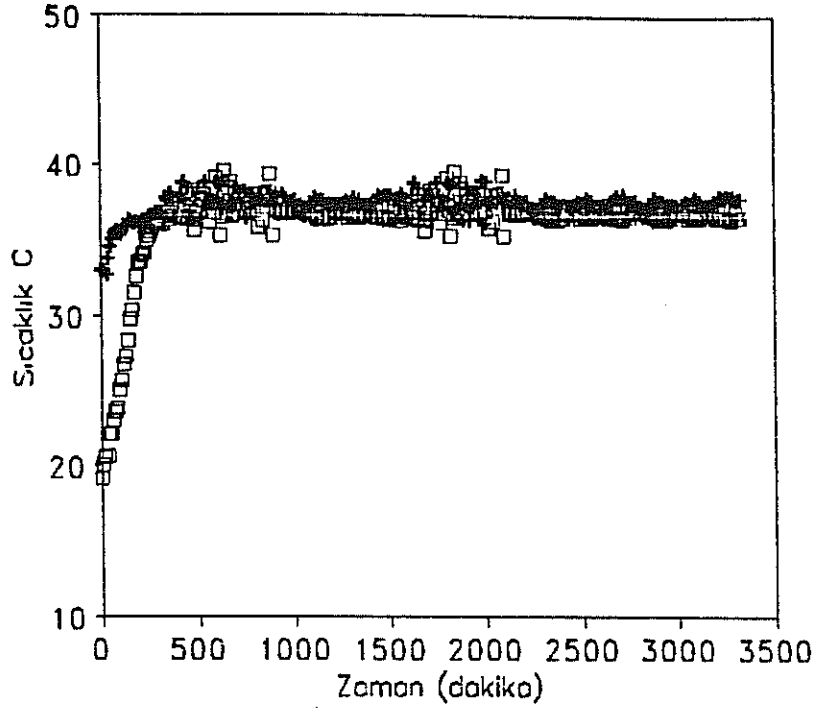
a) 1/8



□ Hava girişi \* Hava çıkışı

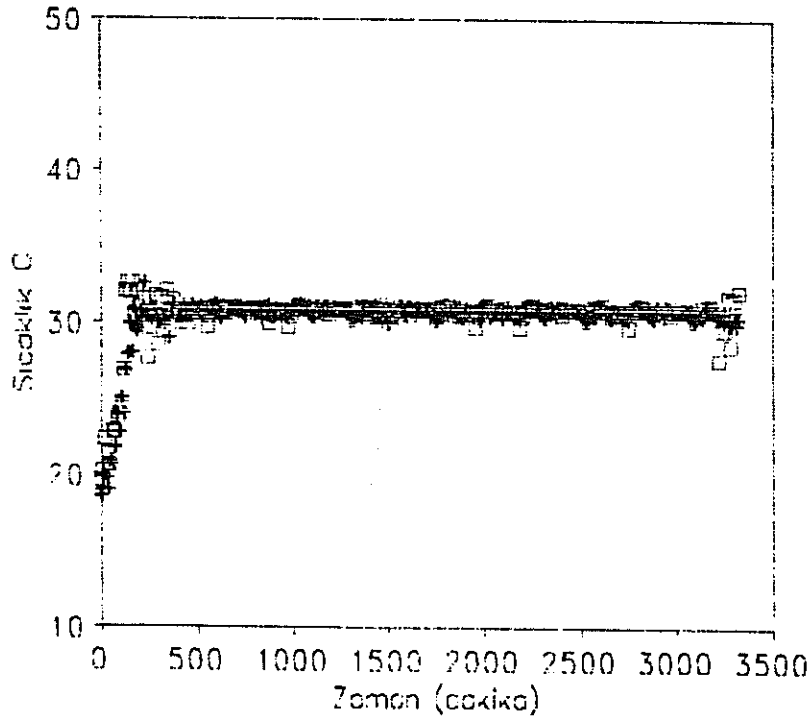
b) 2/8

## 1.4. Fındık merkez sıcaklıklarının değişimi.



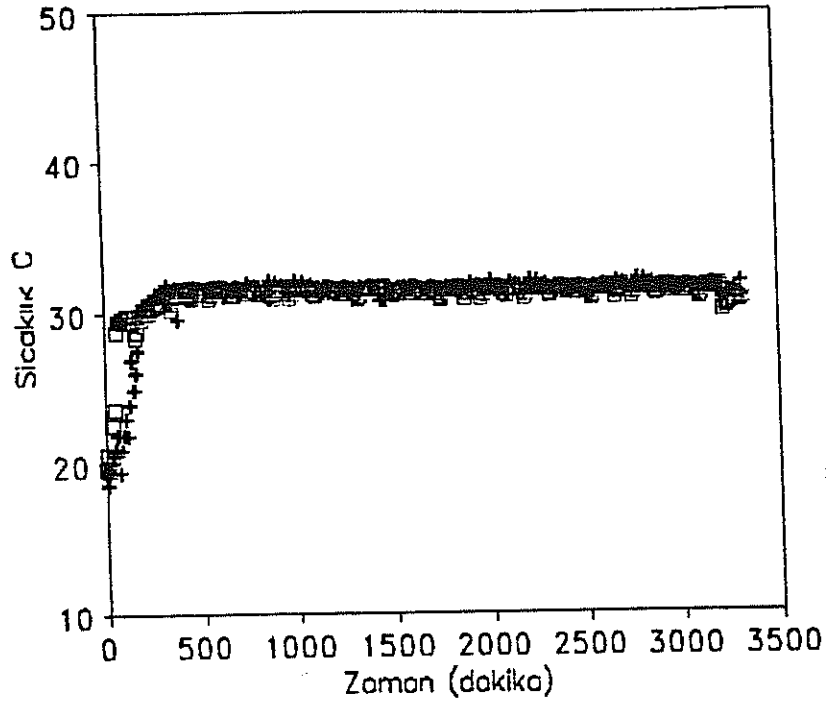
□ Fındık + Ortam

a) 2/4 Taban



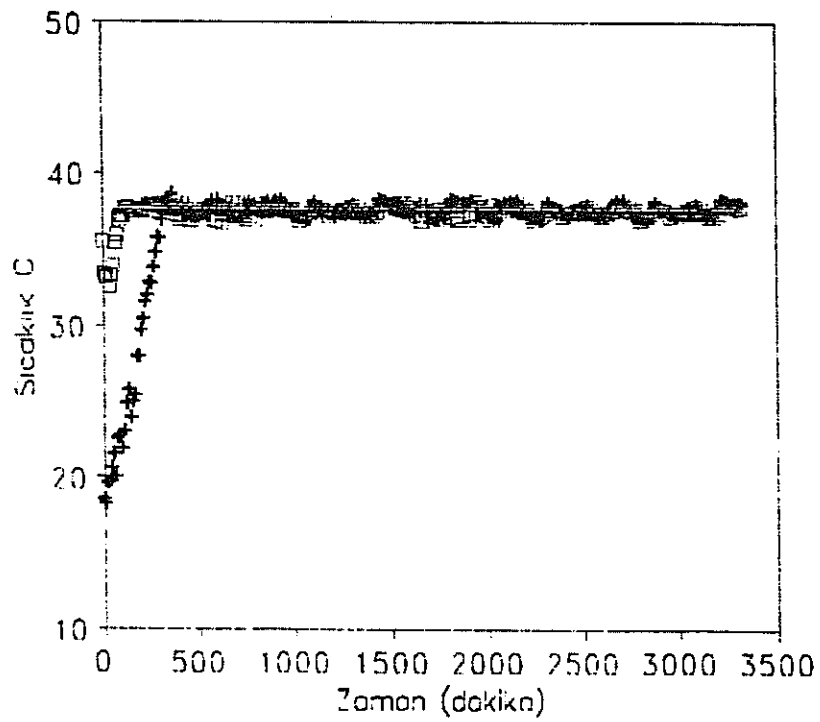
□ Fındık + Ortam

b) 2/4 orta



□ Findik + Ortam

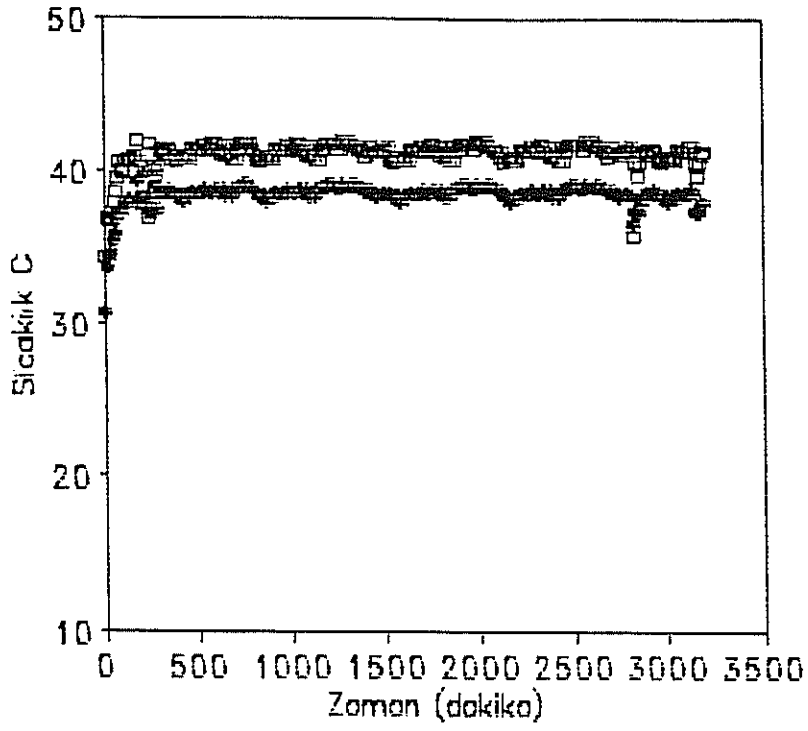
c) 2/4 Tavan



□ Findik + Ortam

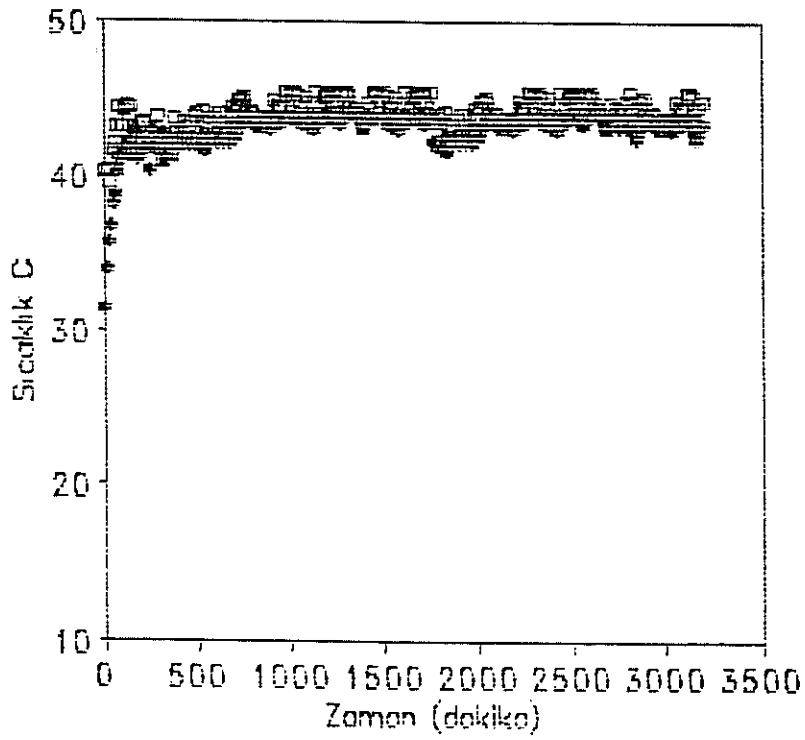
d) 1/8 Taban

## 1.3. Kalın sergi kurutma havası sıcaklık değişimi



□ Hava giriş • Hava çıkış

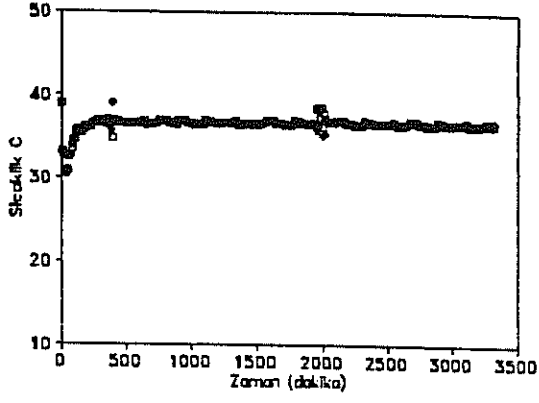
a) 1/8



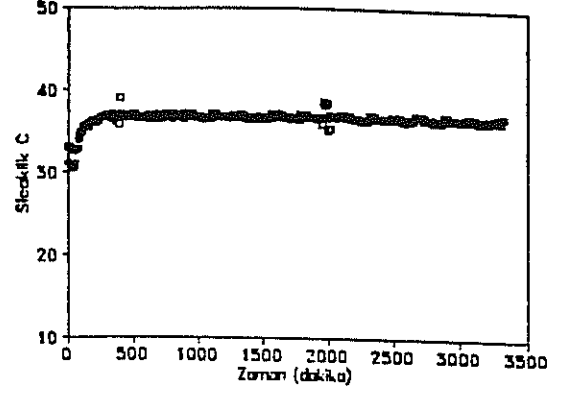
□ Hava giriş • Hava çıkış

b) 2/8

## 1.5. Fındık partilerindeki kurutma havası sıcaklık değişimi.



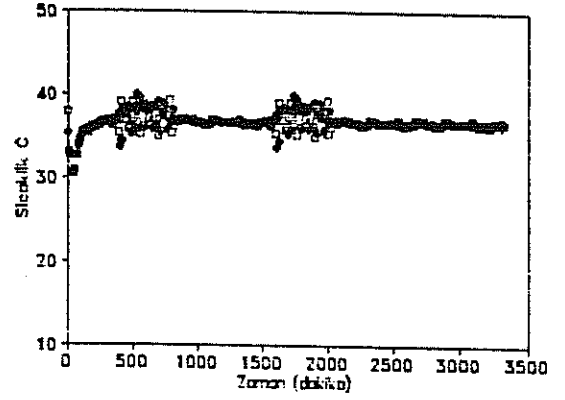
a) 3/9, 3/8, 3/7



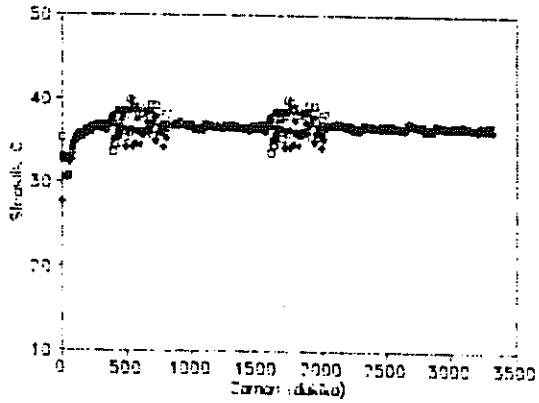
b) 3/6, 3/5, 3/4



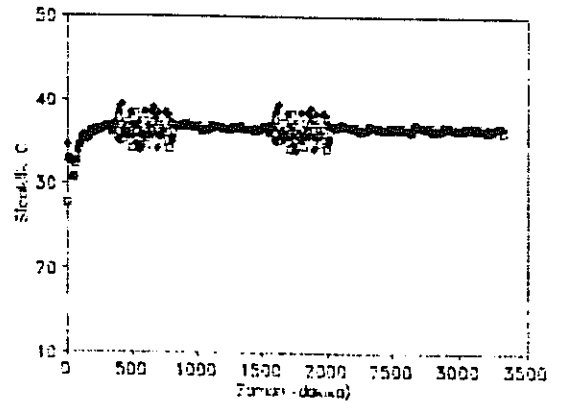
c) 3/3, 3/2, 3/1



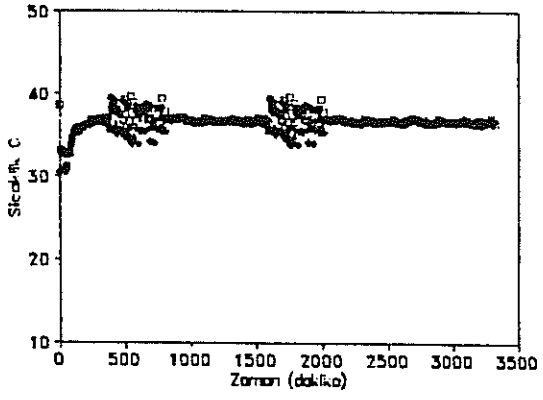
d) 4/9, 4/8



d) 4/7, 4/6, 4/5

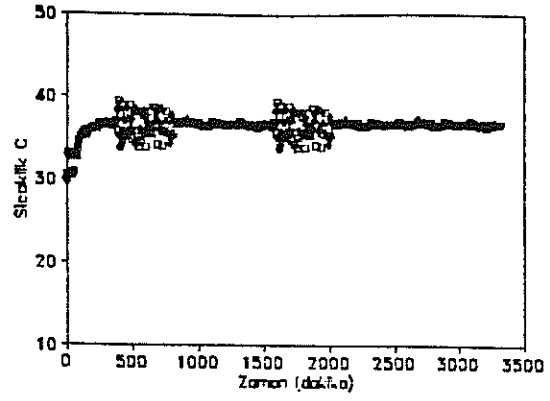


e) 4/4, 4/3, 4/2, 4/1



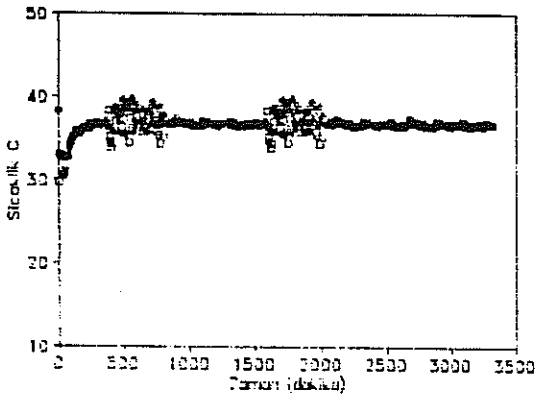
□ Hava girls • Hava cikis

g) 5/9, 5/8



□ Hava girls • Hava cikis

h) 5/7, 5/6, 5/5, 5/4



□ Hava girls • Hava cikis

i) 5/3, 5/2, 5/1

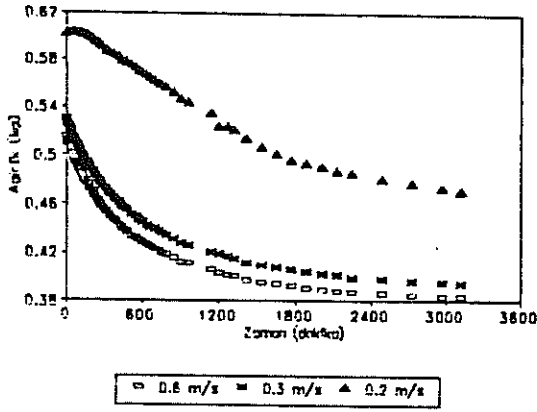


## EK.4

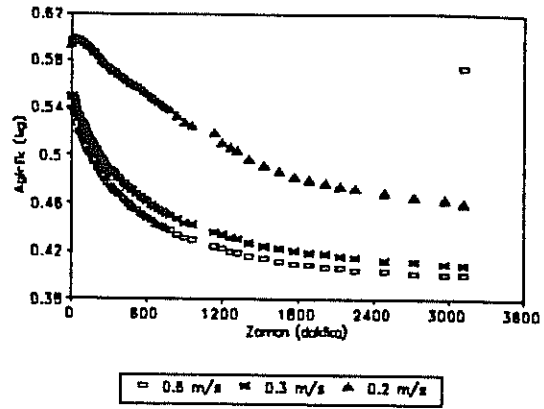
## 1. Dördüncü deney sonuçları

## 1.1. Fındık partilerine göre ağırlığın zamana göre değişimi.

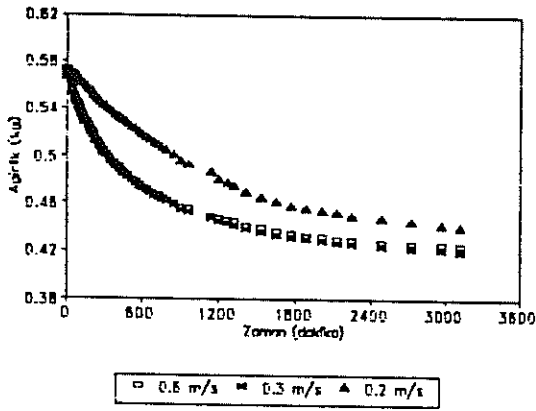
(5=0.6 m/s, 4=0.3 m/s, 3=0.2 m/s, 2/4=0.3 m/s, 1/8=0.9 m/s)



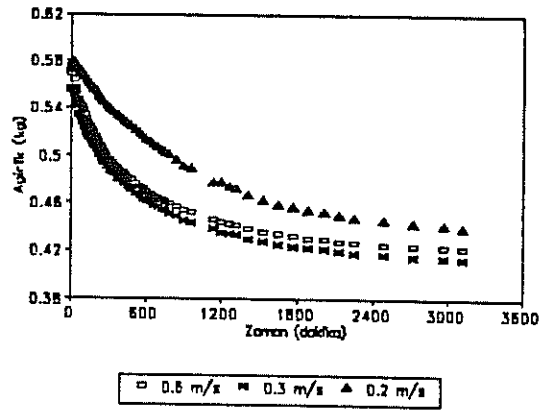
a) 5/1, 4/1, 3/1



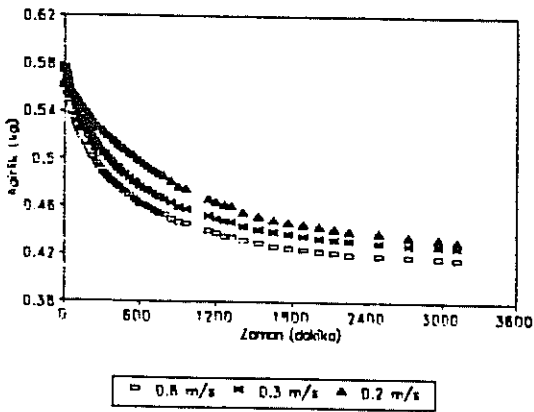
b) 5/2, 4/2, 3/2



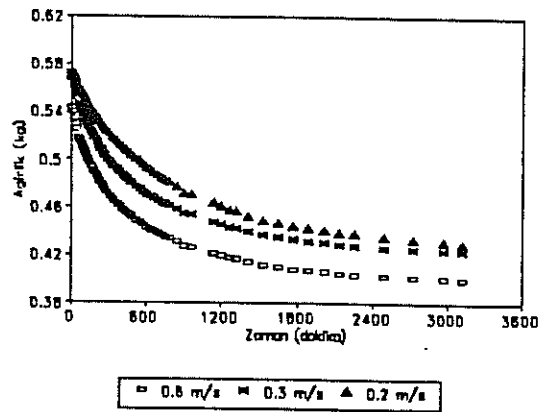
c) 5/3, 4/3, 3/3



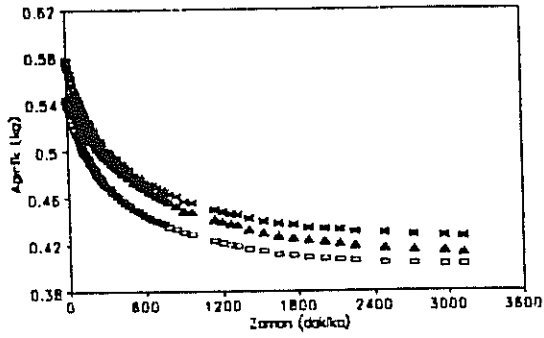
d) 5/4, 4/4, 3/4



e) 5/5, 4/5, 3/5

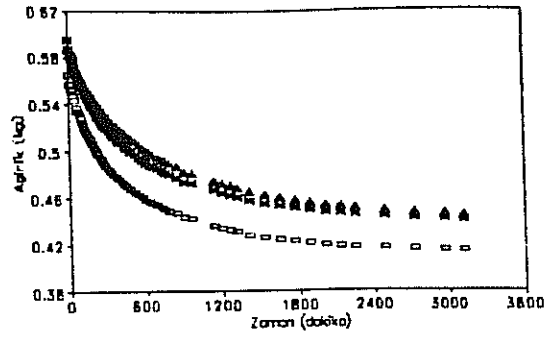


f) 5/6, 4/6, 3/6



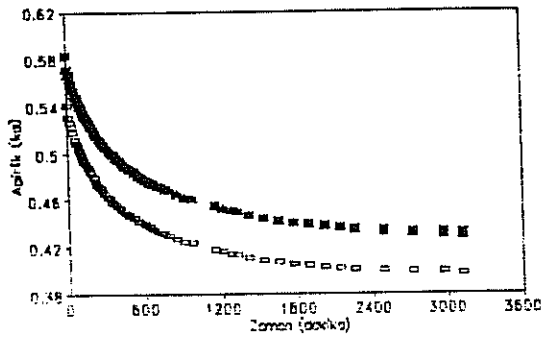
□ 0.8 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

g) 5/7, 4/7, 3/7



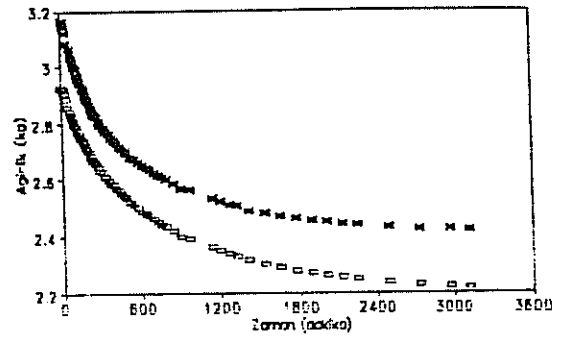
□ 0.8 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

h) 5/8, 4/8, 3/8



□ 0.8 m/s    × 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

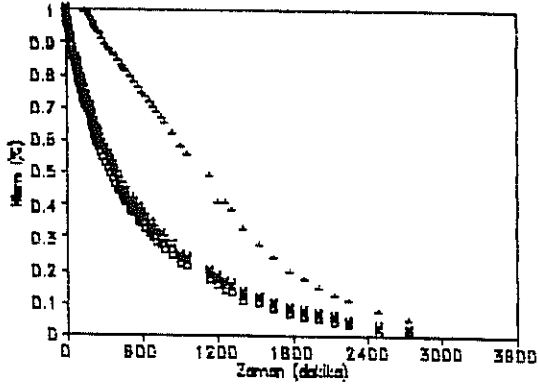
i) 5/9, 4/9, 3/9



□ 0.3 m/s    × 0.9 m/s

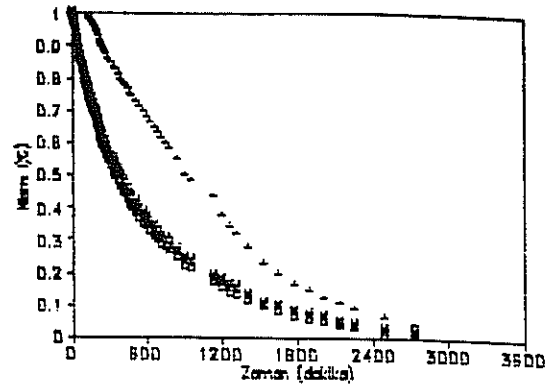
j) 2/4, 1/8

## 1.2. Fındık partilerine göre kuruma eğrileri



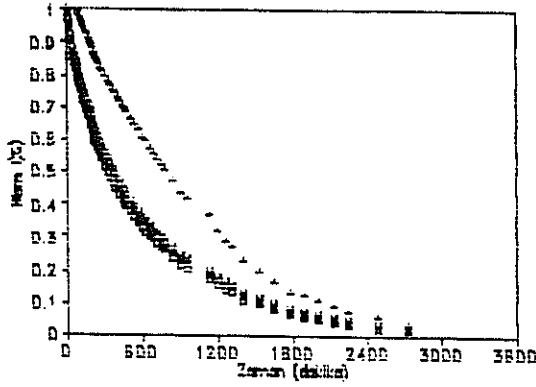
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    ▲ 0.3 m/s

a) 5/1, 4/1, 3/1



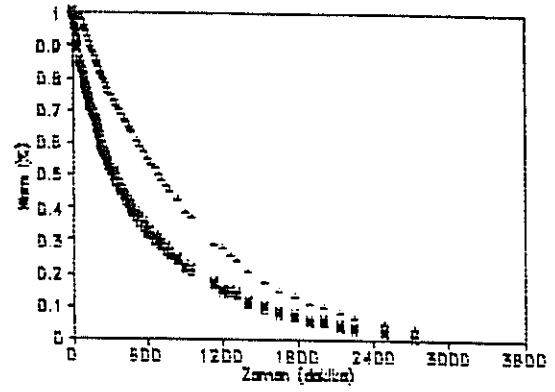
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

b) 5/2, 4/2, 3/2



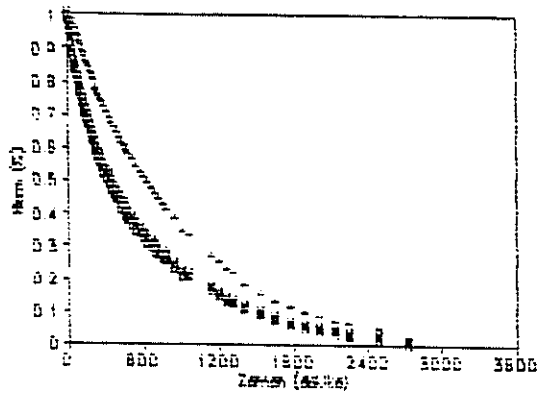
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

c) 5/3, 4/3, 3/3



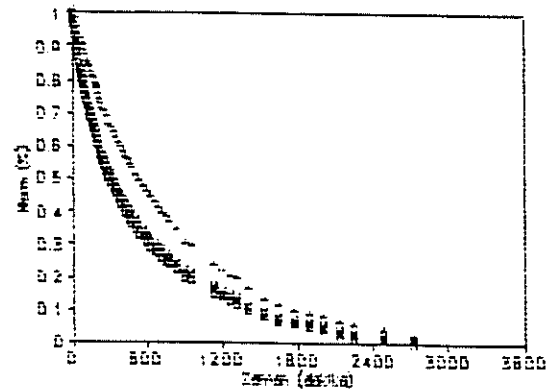
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

d) 5/4, 4/4, 3/4



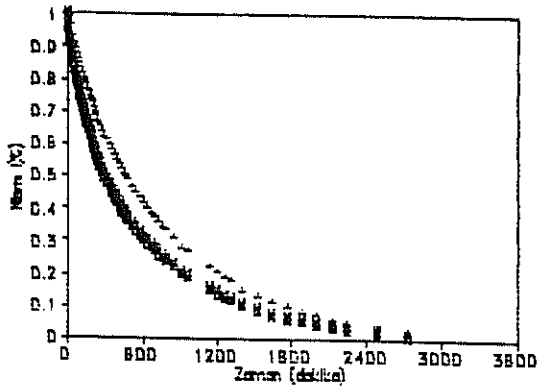
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

e) 5/5, 4/5, 3/5



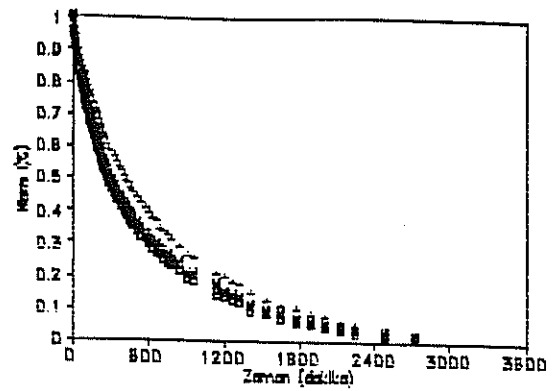
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    ▲ 0.2 m/s

f) 5/6, 4/6, 3/6



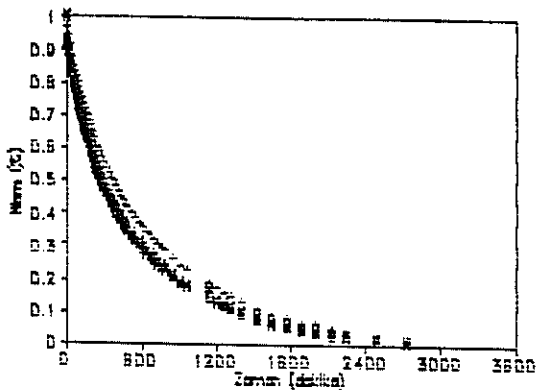
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    + 0.2 m/s

g) 5/7, 4/7, 3/7



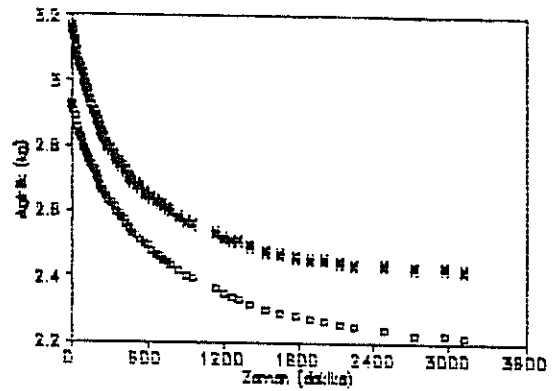
□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    + 0.2 m/s

h) 5/8, 4/8, 3/8



□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s    + 0.2 m/s

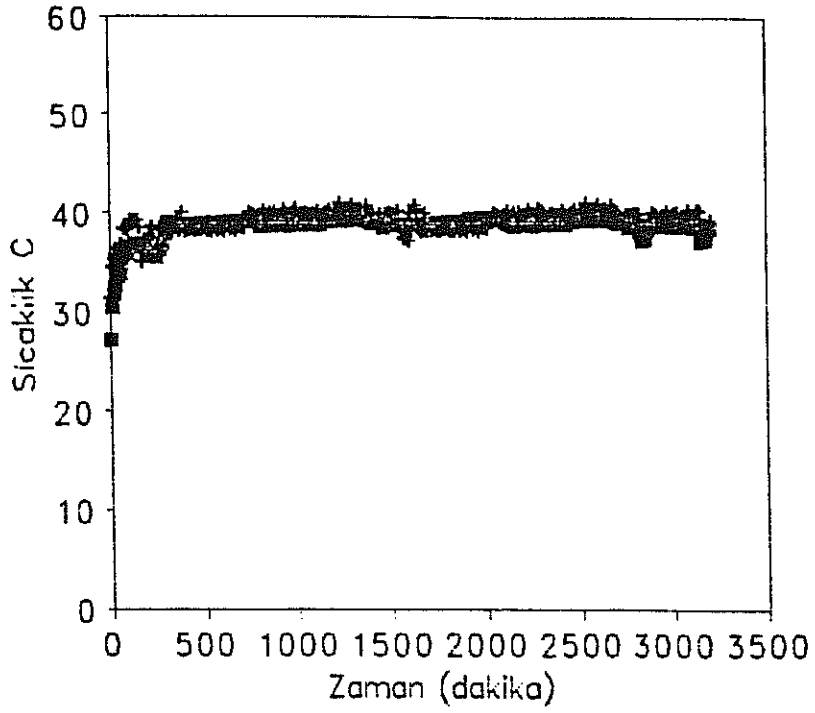
i) 5/9, 4/9, 3/9



□ 0.5 m/s    ■ 0.3 m/s

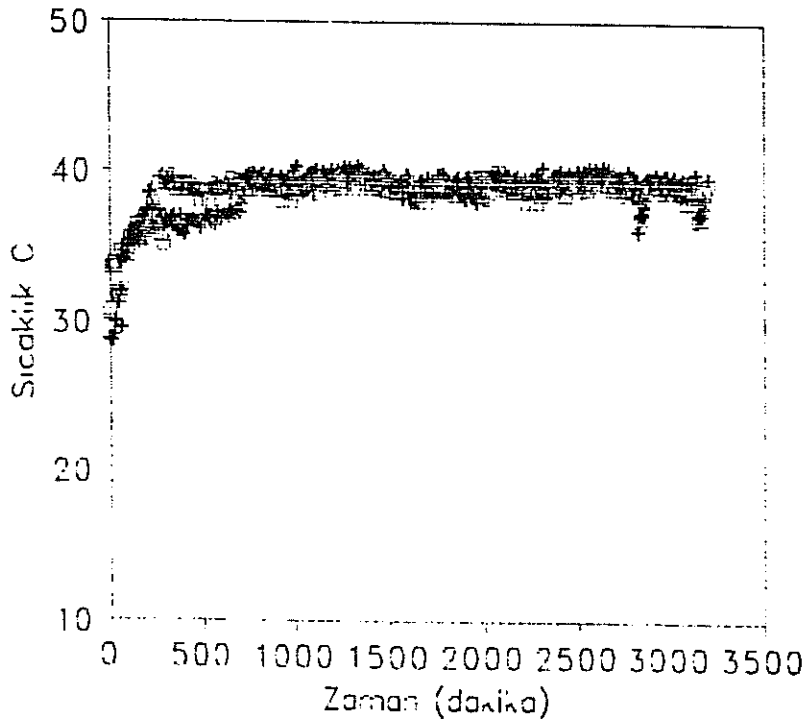
j) 2/4, 1/8

## 1.4. Fındık merkez sıcaklıklarının değişimi.



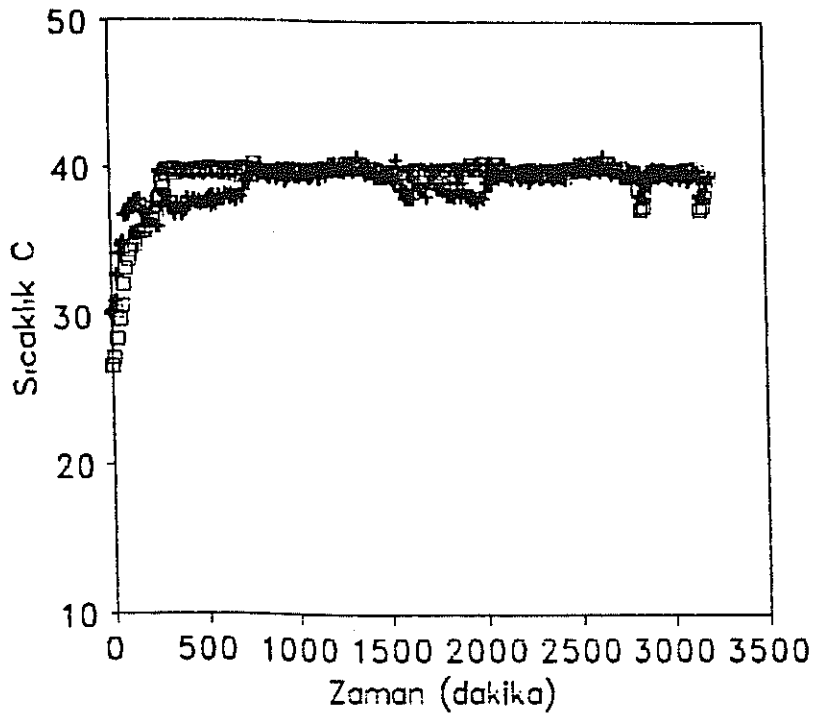
■ Fındık + Ortam

a) 2/4 Taban



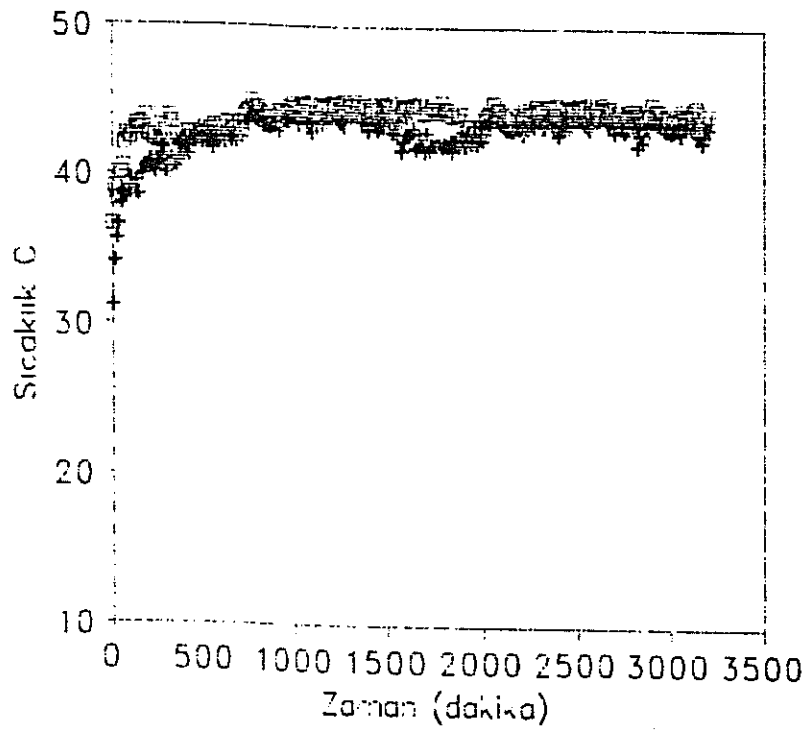
■ Fındık + Ortam

b) 2/4 Orta



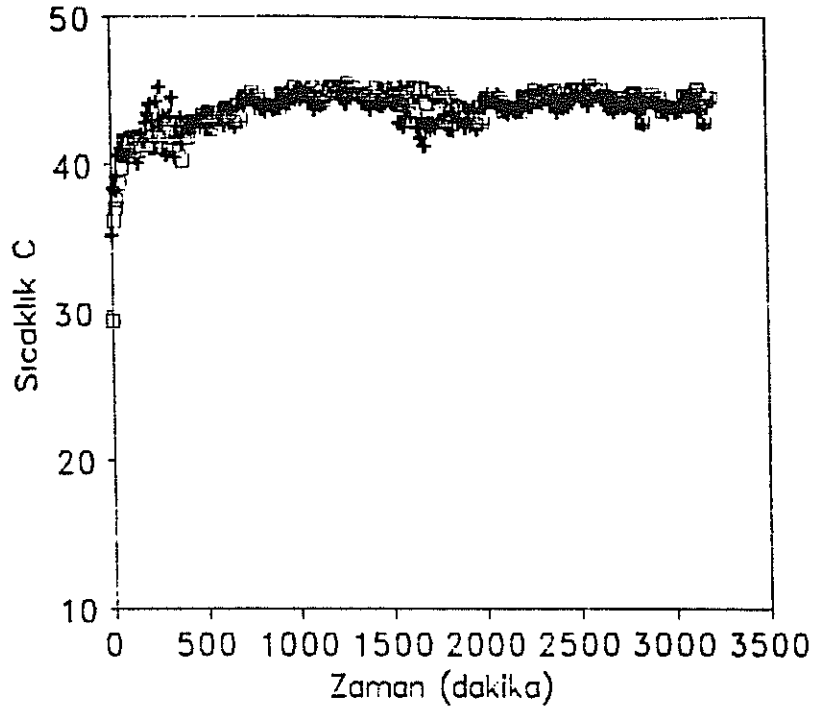
□ Findik + Ortam

c) 2/4 Tavan



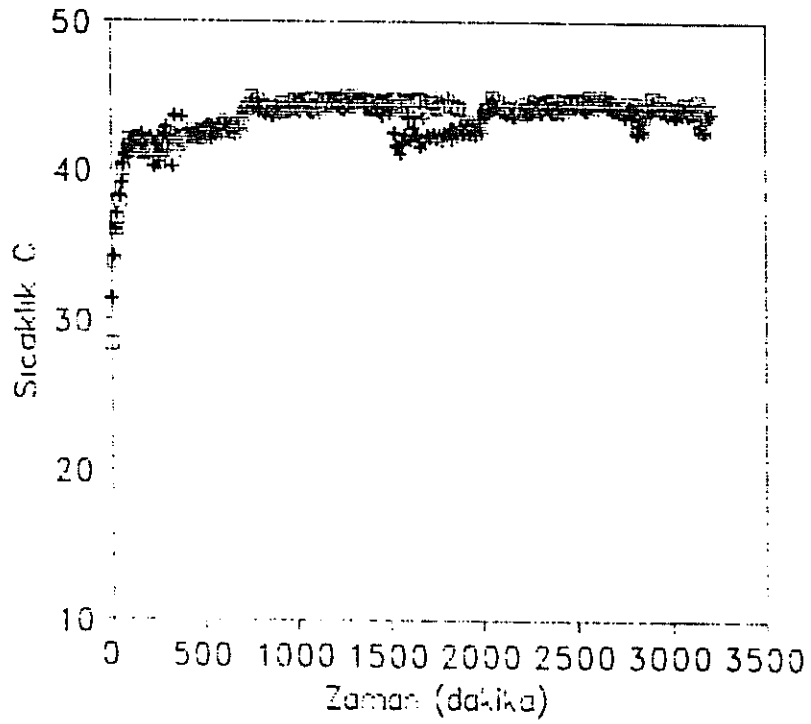
□ Findik + Ortam

d) 1/8 Taban



□ Findik + Ortam

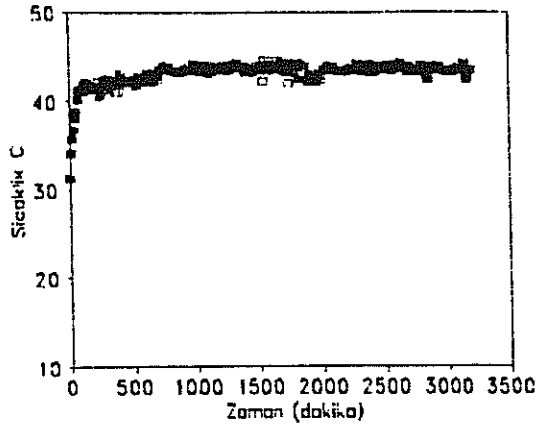
e) 1/8 Orta



□ Findik + Ortam

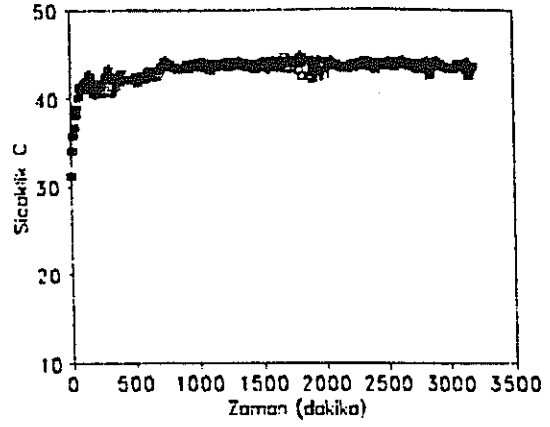
f) 1/8 Tavan

## 1.5 Fındık partilerindeki kurutma havası sıcaklık değişimi.



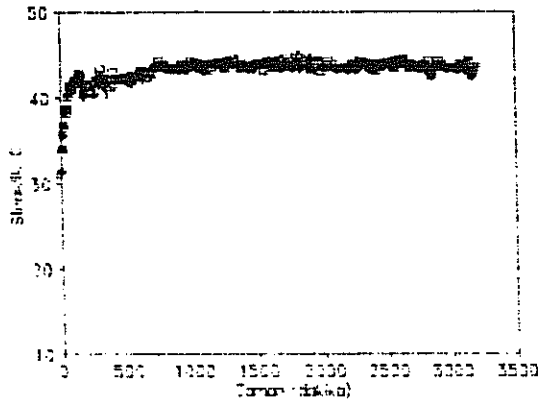
□ Hava giriş • Hava çıkış

a) 3/9, 3/8, 3/7



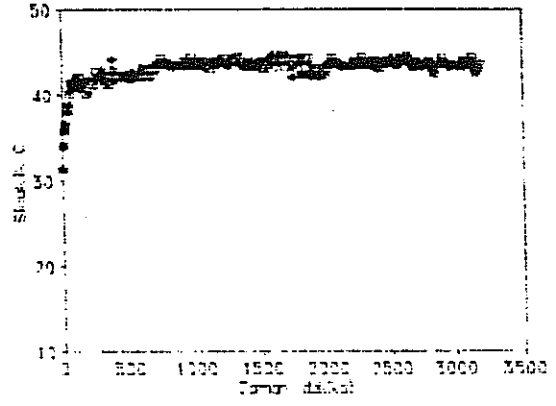
□ Hava giriş • Hava çıkış

b) 3/6, 3/5, 3/4



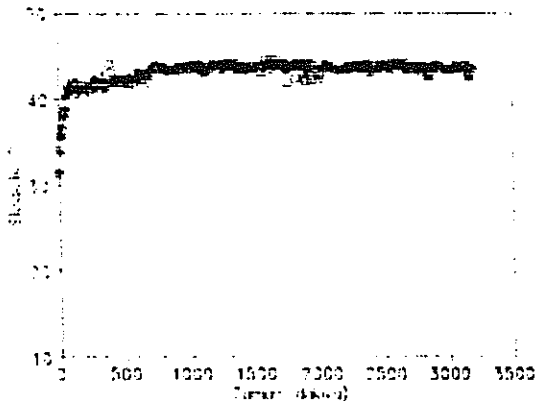
□ Hava giriş • Hava çıkış

c) 3/3, 3/2, 3/1



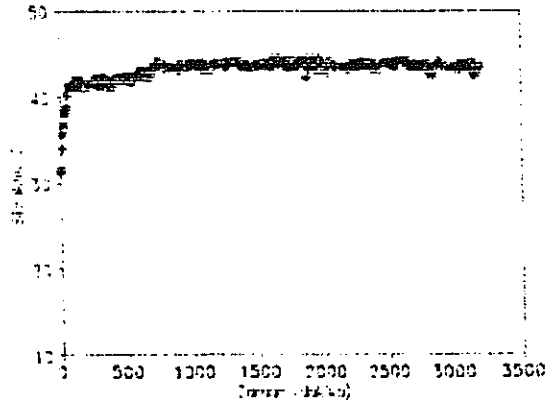
□ Hava giriş • Hava çıkış

d) 4/9, 4/8



□ Hava giriş • Hava çıkış

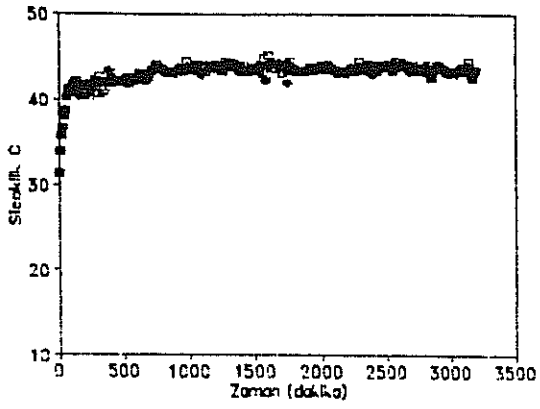
e) 4/7, 4/6, 4/5



□ Hava giriş • Hava çıkış

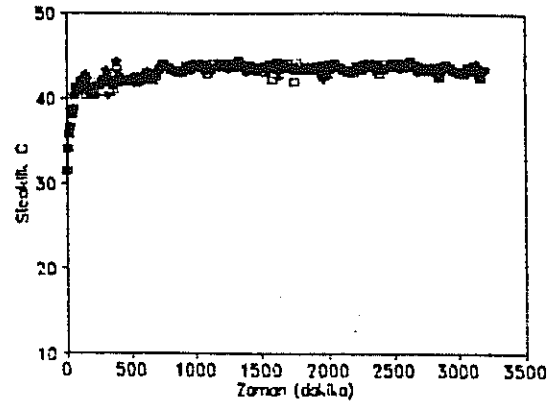
f) 4/4, 4/3, 4/2, 4/1





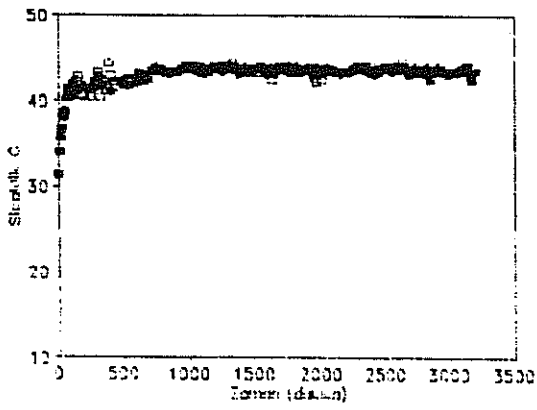
□ 5/9 • 5/8

g) 5/9, 5/8



□ 5/7 • 5/6  
△ 5/5 × 5/4

h) 5/7, 5/6, 5/5, 5/4



□ 5/3 • 5/2  
△ 5/1

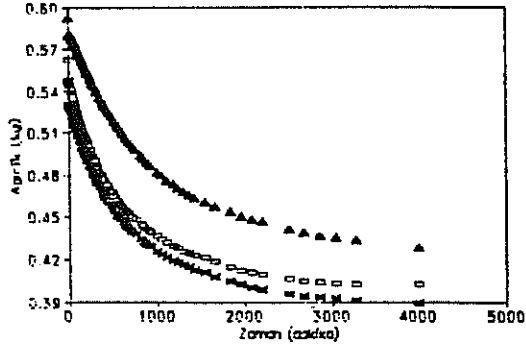
i) 5/3, 5/2, 5/1

EK.5

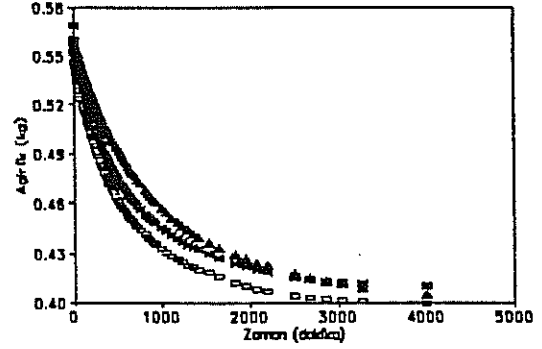
1. Beşinci deney sonuçları

1.1. Fındık partilerine göre ağırlığın zamana göre değişimi.

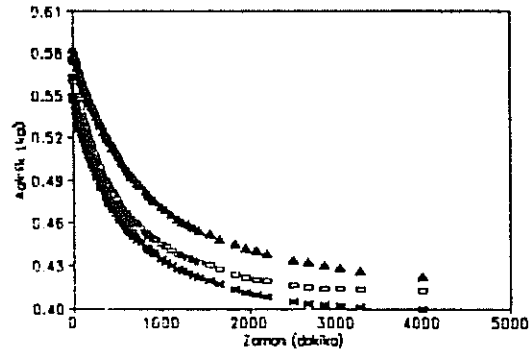
(5=0.6 m/s, 4=0.3 m/s, 3=0.2 m/s, 2/4=0.3 m/s, 1/8=0.9 m/s)



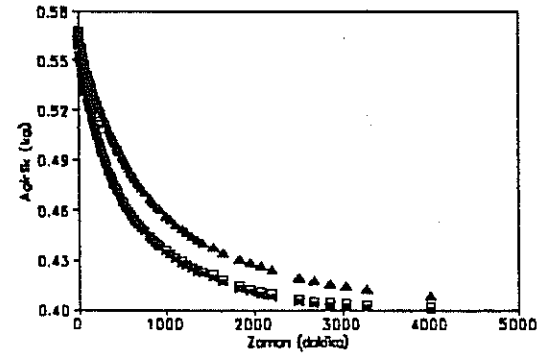
a) 5/1, 4/1, 3/1



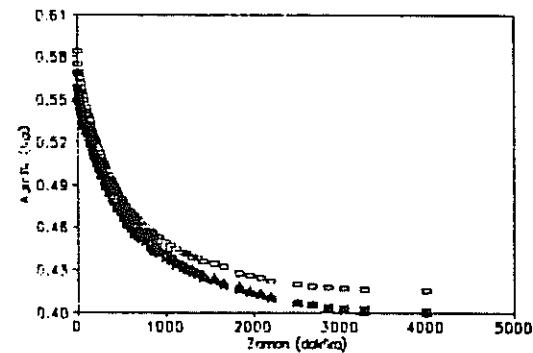
b) 5/2, 4/2, 3/2



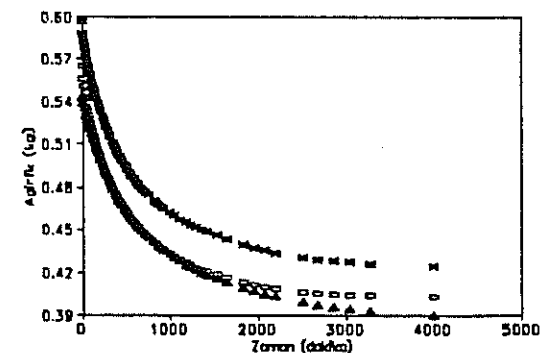
c) 5/3, 4/3, 3/3



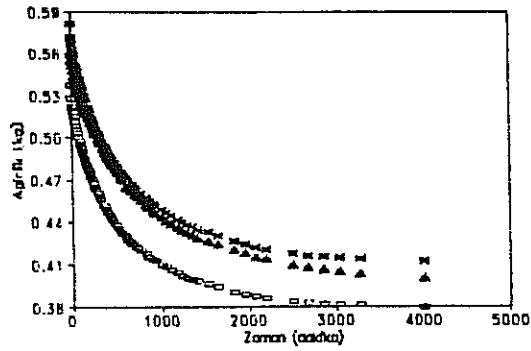
d) 5/4, 4/4, 3/4



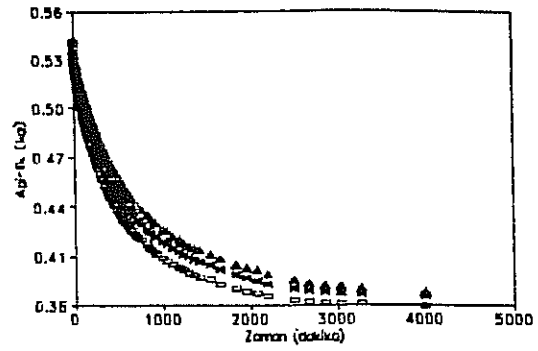
e) 5/5, 4/5, 3/5



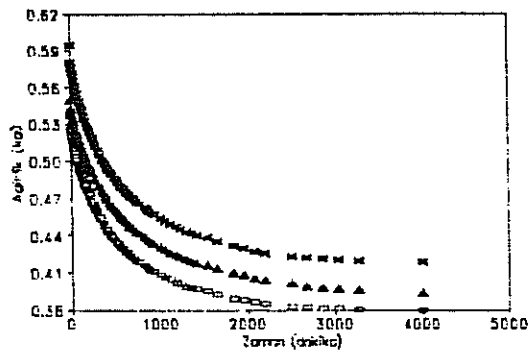
f) 5/6, 4/6, 3/6



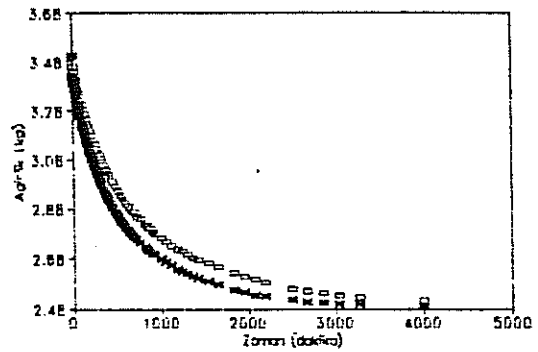
g) 5/7, 4/7, 3/7



h) 5/8, 4/8, 3/8

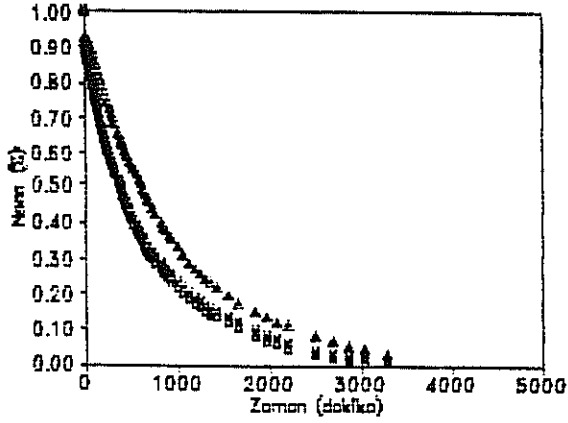


i) 5/9, 4/9, 3/9



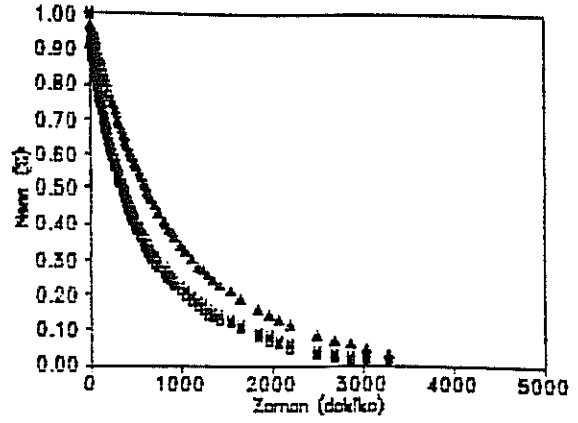
j) 2/4, 1/8

## 1.2. Fındık partilerine göre kuruma eğrileri



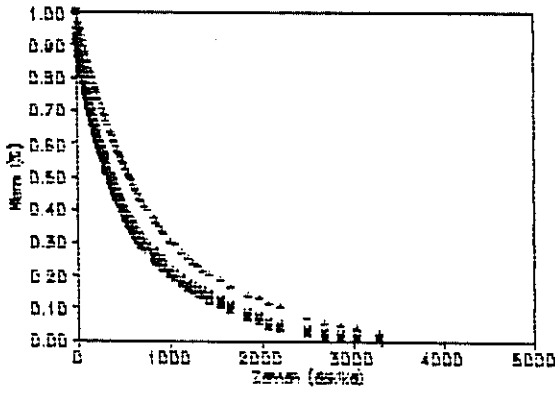
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

a) 5/1, 4/1, 3/1



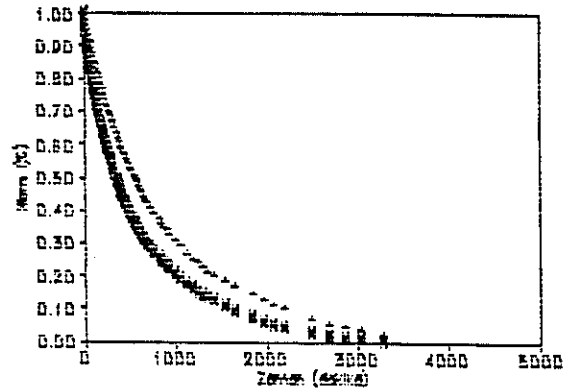
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

b) 5/2, 4/2, 3/2



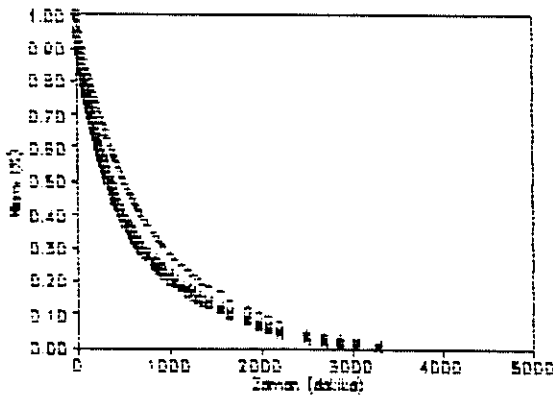
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

c) 5/3, 4/3, 3/3



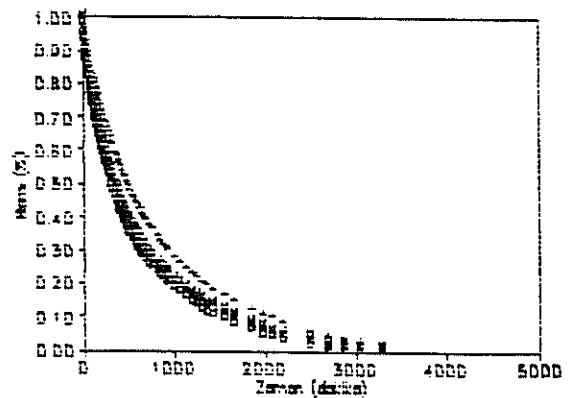
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

d) 5/4, 4/4, 3/4



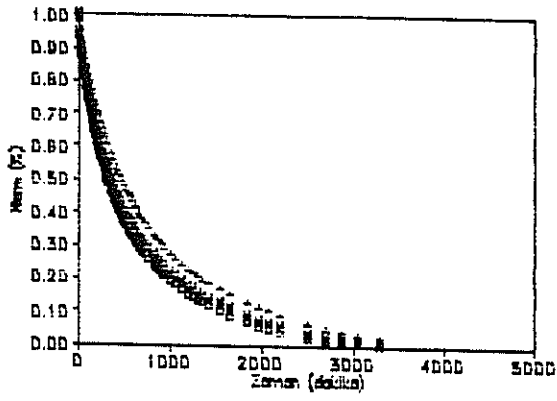
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

e) 5/5, 4/5, 3/5



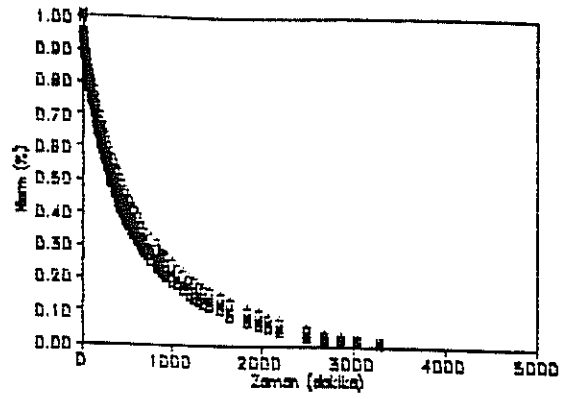
□ 0.5 m/s   ■ 0.3 m/s   ▲ 0.2 m/s

f) 5/6, 4/6, 3/6



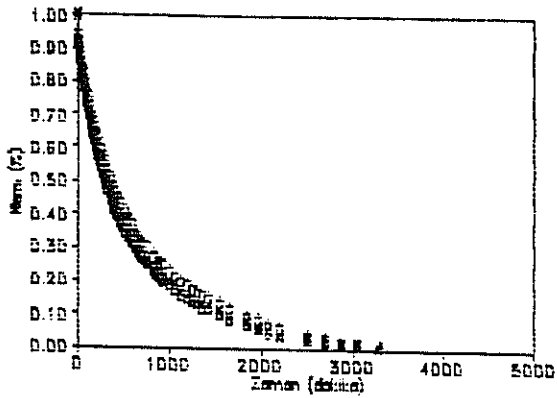
□ 0.2 m/s ■ 0.3 m/s ▨ 0.2 m/s

g) 5/7, 4/7, 3/7



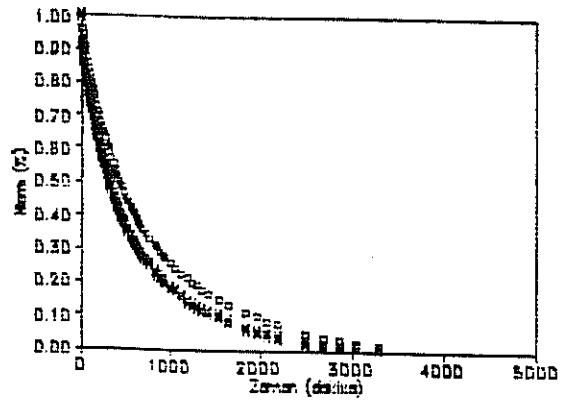
□ 0.2 m/s ■ 0.3 m/s ▨ 0.2 m/s

h) 5/8, 4/8, 3/8



□ 0.2 m/s ■ 0.3 m/s ▨ 0.2 m/s

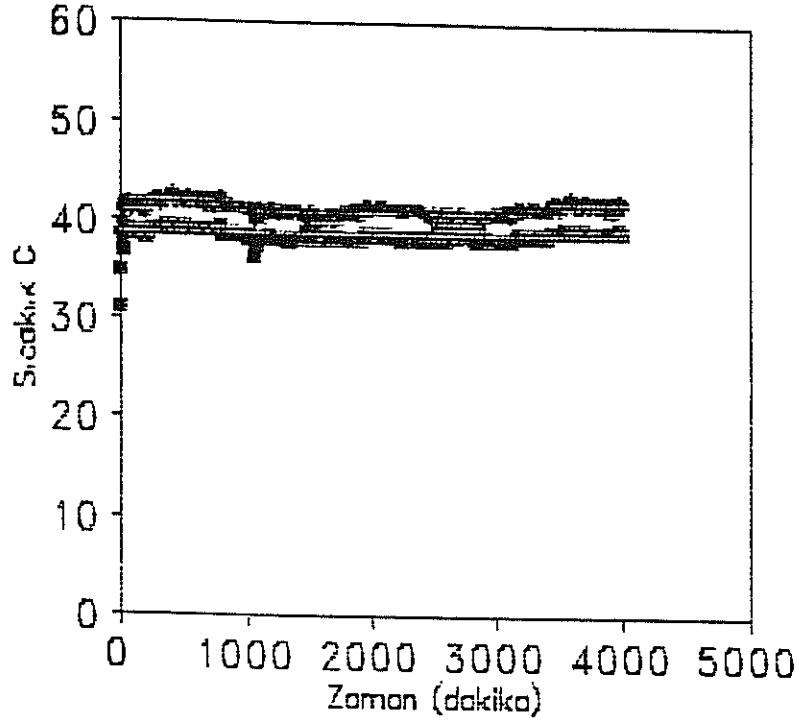
i) 5/9, 4/9, 3/9



□ 0.2 m/s ■ 0.2 m/s

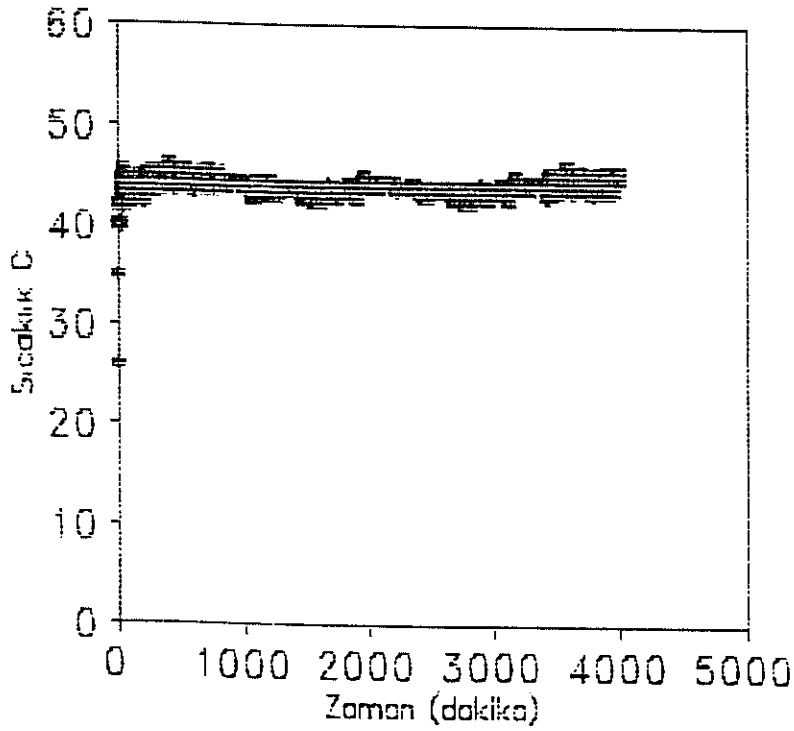
j) 2/4, 1/8

## 1.3. Kalın sergi kurutma havası sıcaklık değişimi



■ Hava giris • Hava cikis

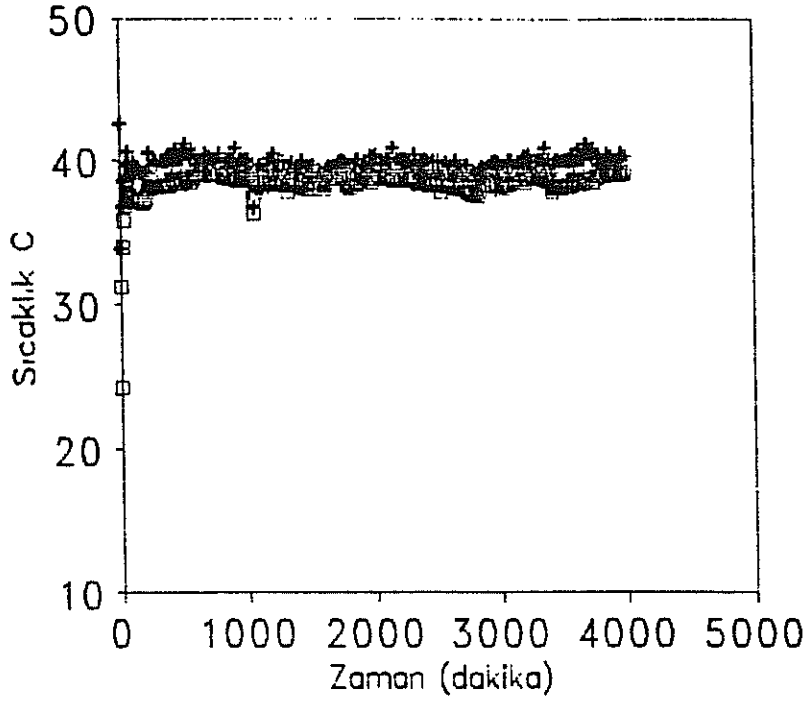
a) 1/8"



■ Hava giris • Hava cikis

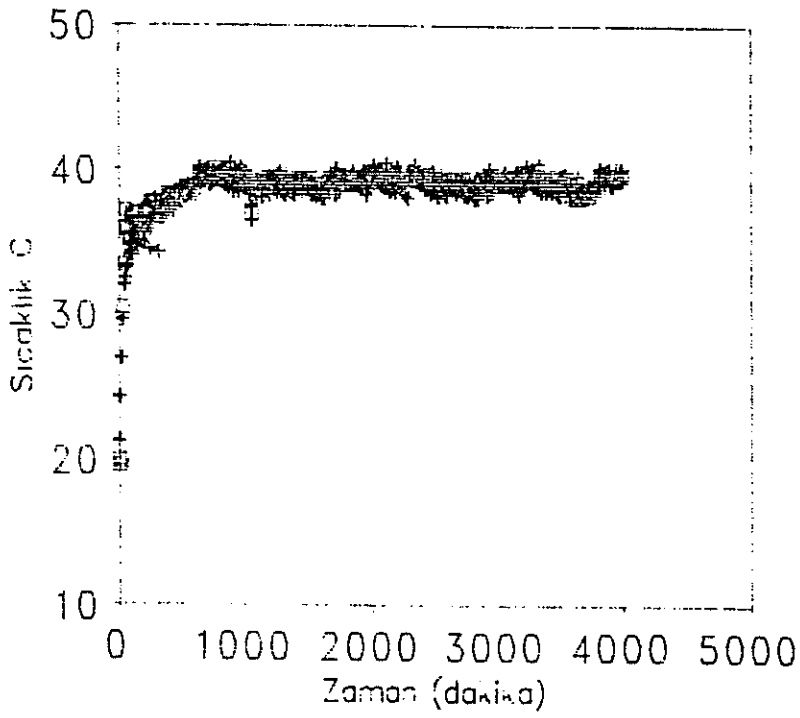
b) 2/4"

## 1.4. Fındık merkez sıcaklıklarının değişimi.



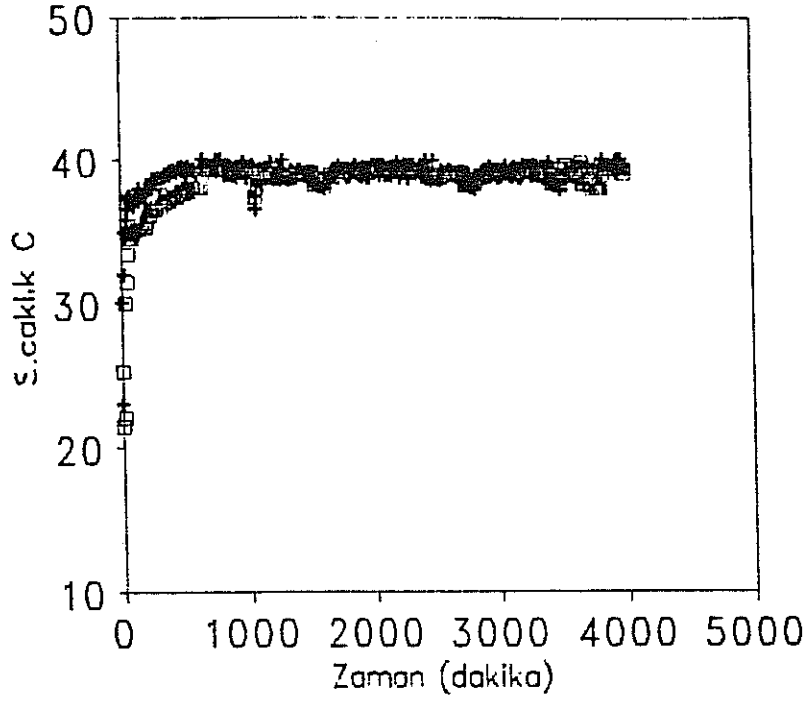
□ Fındık + Ortam

a) 2/4 Taban



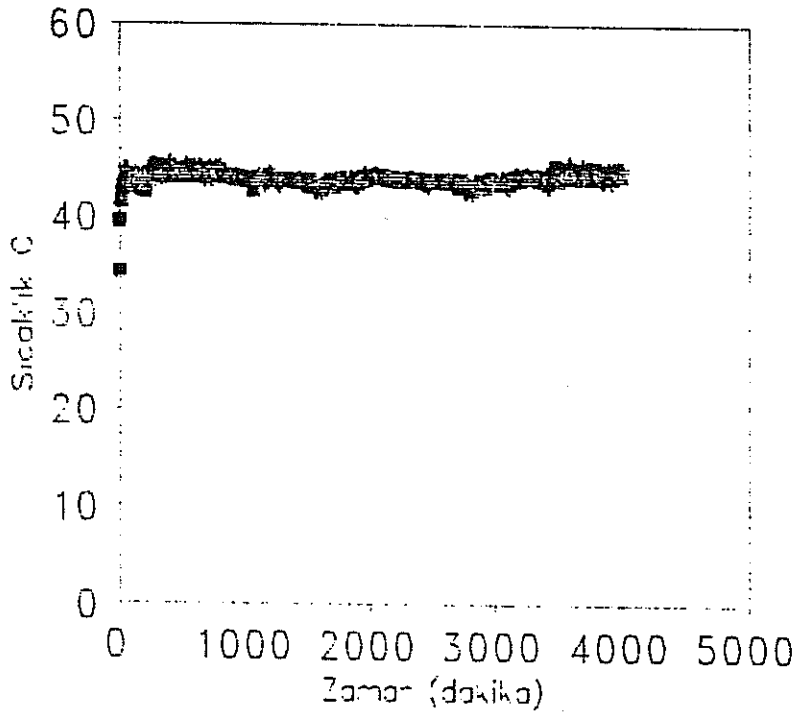
□ Fındık + Ortam

b) 2/4 Orta



□ Findik + Ortam

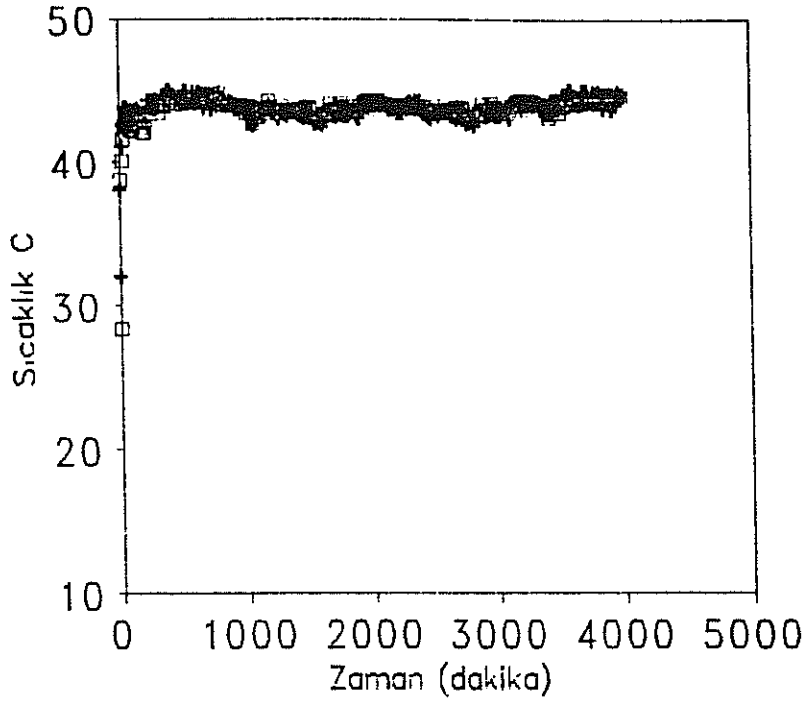
c) 2/4 Tavan



■ Findik + Ortam

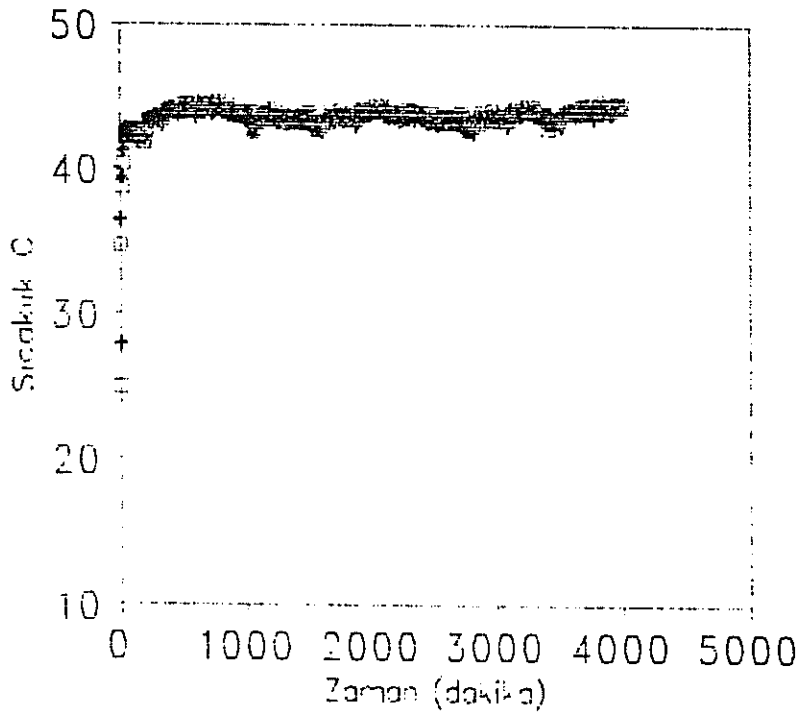
d) 1/8 Taban





□ Findik + Ortam

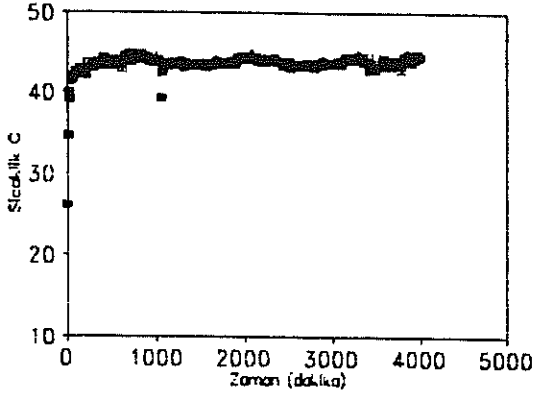
e) 1/8 Orta



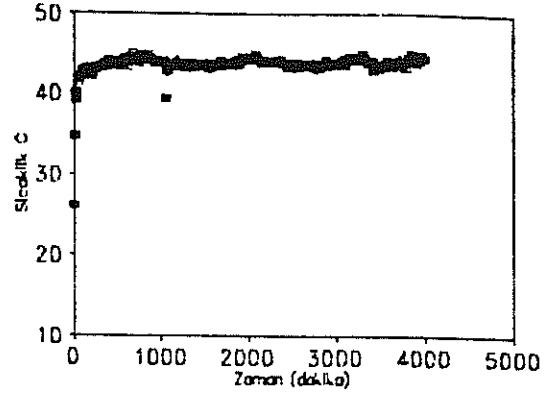
□ Findik + Ortam

f) 1/8 Tavan

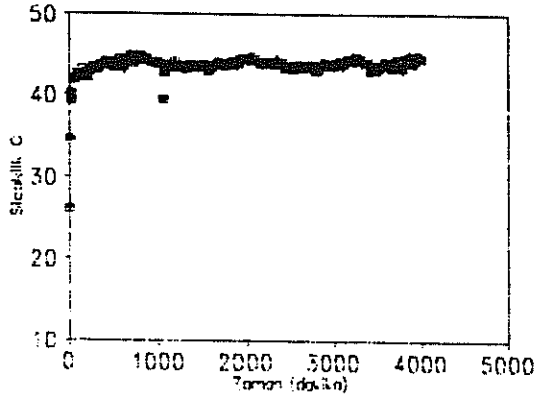
## 1.5. Fındık partilerindeki kurutma havası sıcaklık değişimi.



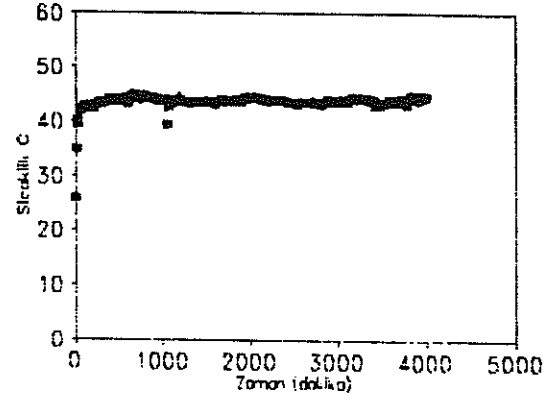
a) 3/9, 3/8, 3/7



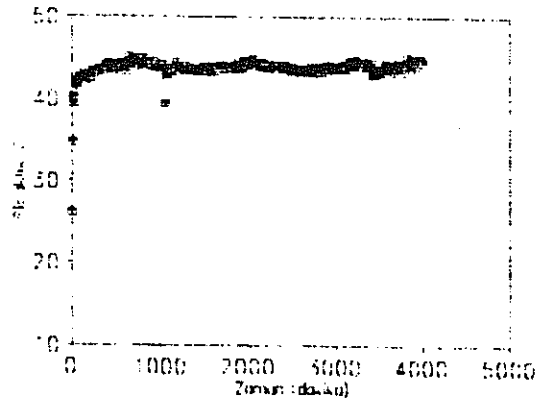
b) 3/6, 3/5, 3/4



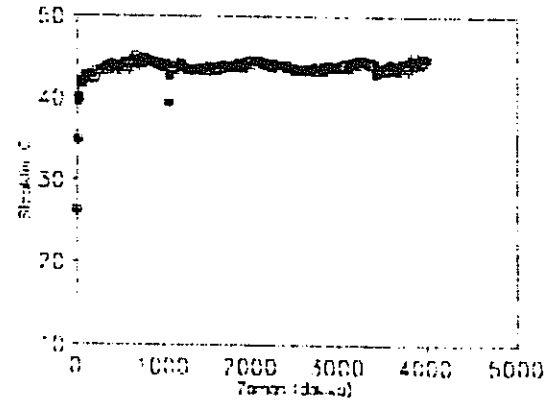
c) 3/3, 3/2, 3/1



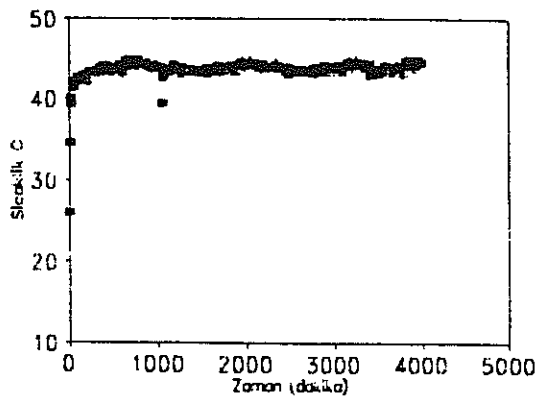
d) 4/9, 4/8



e) 4/7, 4/6, 4/5

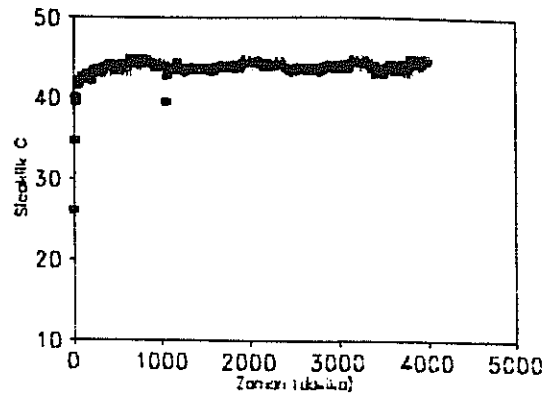


f) 4/4, 4/3, 4/2, 4/1



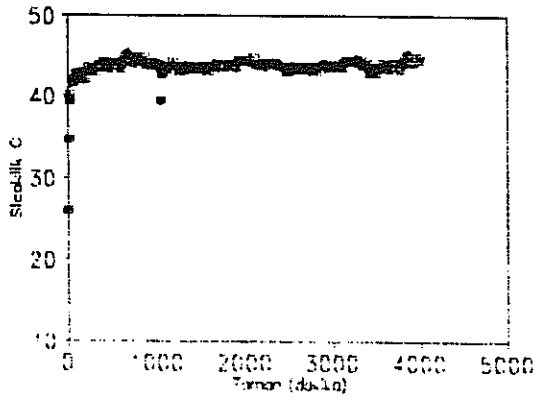
□ Fındık   ♦ Driam

g) 5/9, 5/8



□ Fındık   ♦ Driam

h) 5/7, 5/6, 5/5, 5/4



□ Fındık   ♦ Driam

i) 5/3, 5/2, 5/1

## BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU

1- Proje No: MISAG-11

2- Rapor Tarihi: 4.2.1994

3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 29.8.1991 - 31.1.1994

4- Projenin Adı: Doğu Karadeniz Bölgesinde Fındık ve Çay Ürünlerinin Güneş Enerjisinden de Yararlanarak Kurutma Teknolojisinin Geliştirilmesi.

5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Prof.Dr.Teoman AYHAN,  
Doç.Dr.Aydın BIYIKLIOĞLU, Dr.Kamil KAYGUSUZ, Mak.Yük.Müh.Hasan KARABAY6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Karadeniz Teknik Üniversitesi,  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 61080 TRABZON7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: K.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Makina Müh.Bölümü 61080 TRABZON

8- Öz (Abstract): Fındık kurutma şartlarının belirlenmesi ve yaş çayın soldurulması için yeni bir soldurma ünitesinin geliştirilmesi yanında, kurutma ve soldurma işlemini yapabilmek için gerekli enerjinin temininde, güneş destekli ve enerji depolu ısı pompası sistemi kullanılmıştır.

Fındık kurutma işleminde, fındığın ince ve kalın sergi halinde kurutma şartları deneysel olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi bittikten sonra, fındık numuneleri kimyasal analizlere ve duysal (tad, koku) değerlendirme testlerine tabi tutularak, kurutulan fındıkların tüketiciye sunulabileceği belirlenmiştir.

Tanıtılan güneş destekli ve enerji depolu ısı pompası sistemi, yaz mevsiminde fındık kurutma ve çay soldurma işlemi için uygun olduğu deneysel olarak tesbit edilmiştir. Ayrıca kış mevsiminde, yörenin iklim şartlarına bağlı olarak aynı ısı pompası sisteminin binaların ısıtılmasında alternatif ısıtma sistemi olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

Geliştirilen çay soldurma ünitesinin performans özellikleri deneysel olarak belirlenerek, şu anda piyasada kullanılan soldurma ünitelerine göre daha kısa zamanda ve homojen bir şekilde soldurma işlemini yapabildiği deneysel olarak gösterilmiştir. Bu tasarım şekli ile cihazın endüstriye uygulanabilirliği takdir edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındık, çay, kurutma, soldurma, ısı pompası, güneş enerjisi

9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler

Ekte sunulmuştur

10- Bilim Dalı:

Doçentlik B. Dalı Kodu: TERMODİNAMİK ISIC Kodu:  
Uzmanlık Alanı Kodu: Isı ve kütle transferi11- Dağıtım (\*):  Sınırlı Sınırsız

12- Raporun Gizlilik Durumu :

 Gizli Gizli Değil

\*) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz