

T.C.  
YILDIZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRK ÜZÜMÜNÜN ŞARTLANDIRILMIŞ HAVA İLE  
KURUTULMASI**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**KİM.MÜH.OSMAN İSMAİL**

İSTANBUL — 1991

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRK ÜZÜMÜNÜN ŞARTLANDIRILMIŞ  
HAVA İLE KURUTULMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİM.MÜH. Osman İSMAİL

Jüri Üyeleri:

Yrd.Doç.Dr. Eser KILIÇ

Prof.Dr. Mehmet PALA

Prof.Dr. Mahir ARIKOL

İSTANBUL-1991

## TEŞEKKÜR

Tez konusu almamı yönlendiren Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr.Salih DİNÇER'e, tez konumu veren ve çalışmalarım da yardımcı olan Sayın Yrd.Doç.Dr.Eser KILIÇ'a,

Araştırmalarım sırasında çeşitli aşamalarda destek sağlayan Sayın Prof.Dr.Mehmet PALA'ya, Tübitak'ta görevli Sayın Doç.Dr.Özgül EVRANUZ'a,

Araştırma görevlisi arkadaşlarım Serap KOCABIYIK'a, Semra KOŞUCUOĞLU'na ve Seyfullah KEYF'e, Kimya Mühendis adayı Faruk DEMİREL'e,

Ve eşim FATMA'ya

TEŞEKKÜR EDERİM.

## ÖZET

Gıda maddelerinin kurutma yöntemi ile uzun süre saklanması, gıda teknolojisinde önemli bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, çekirdeksiz yaş üzümün kurutulmasında, kurutmadan önce ürüne uygulanan çeşitli ön işlemlerin, kuruma hızına ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

Kurutma işlemi yatay hava akımlı bir kurutma cihazında yapılmıştır. Cihaz içindeki hava akımının hızı, ilk altı denemede 4,4 m/s, diğer dört denemede ise 5,6 m/s olarak ayarlanmıştır. Kurutmada kullanılan havanın bağıl nemi % 10-20 arasında değişmiştir.

Kurutma sırasında; üzümün ağırlıkları, yaş ve kuru termometre sıcaklıkları, 15-20 dakika ara ile, numuneler sabit tartıma gelinceye kadar ölçülmüştür.

Ölçülen değerler yardımıyla, su oranı ve kuruma hızı hesaplanmış, kuruma ve kuruma hızı eğrileri çizilmiştir. Çalışmalar sonucunda kullanılan numuneler için sağlanabilen en iyi yüzey kalitesi ve en kısa kuruma zamanı saptanmıştır.

Kurutmada, yüzey kalitesi ve kurutma zamanına etki eden faktörler olarak; ön işlem, havanın yaş ve kuru termometre sıcaklıkları farkı, kurutmada kullanılan havanın akış hızı ve kuru termometre sıcaklığı tespit edilmiştir.

## ABSTRACT

Preserving of food by drying, became an important subject in food industry.

The aim of this work was to determine the effect of pretreatment on the drying rate and quality degree of product in drying operation of Sultana.

Drying was done in a horizontal air flow drier. The air flow rate in the drier was 4,4 m/s in the first six experiments and 5,6 m/s in the other four experiments. The relative humidity of air used for drying was changing in the range of 10-20 % .

The weight of Sultana and the wet and dry bulk temperature values were recorded during drying at every 15-20 minutes until constant weight.

These values were used in calculating the moisture ratio and drying rate and in drawing the drying and drying rate curves. The good surface quality attainable for the samples used and the drying period were determined at the end of this work.

The pretreatment operation, the difference between wet and dry bulk temperature values of air, the flow rate of drying air and the dry thermometer temperature values were determined to be the factors affecting the surface quality and the drying period in drying operation.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR

ÖZET

ABSTRACT

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

SEMBOL LİSTESİ

1. GİRİŞ	.....	1
1.1. Konunun Önemi	.....	1
1.2. Türkiye'nin Bağ Alanı Bakımından Dünyadaki Yeri	.....	4
1.3. Bölgelere Göre Kurutmalık Üzümler ve Özellikleri	.....	6
2. KURUTMA	.....	9
2.1. Kurutma Teorisine Giriş	.....	9
2.2. Kurutmanın Termodinamiği	.....	10
2.2.1. Normal Atmosfer Havası	.....	10
2.2.2. Nemli Hava	.....	10
2.2.3. Nemli Havanın Isı Sığası	.....	11
2.2.4. Nemli Havanın Entalpisi	.....	12
2.2.5. Nemli Havanın Hacmi	.....	12
2.3. Rutubet	.....	13
2.3.1. Denge Rutubet Miktarı	.....	14

2.3.2. Bağlı, Bağısız ve Serbest Su	.....15
2.4. Kuruma Hızı Eğrileri	.....17
2.5. Adyabatik Bir Ortamda Bir Sıvı Kütle-	
sinin Buharlaştırılması	.....21
2.5.1. Yüzeyle Turbülans Akımla Kütle	
Transferi	.....22
2.5.2. Yaş Termometre Sıcaklığı	.....24
2.5.3. Psikometrik Diyagram	.....26
3. MATERYAL VE YÖNTEM	.....29
3.1. Deney Cihazının Tanıtımı	.....29
3.2. Deney Cihazının Çalışma Prensipleri	.....31
3.3. Kullanılan Maddeler	.....31
3.4. Kullanılan Maddelerin Hazırlanışı	.....31
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	.....35
4.1. İçerik	.....35
4.2. Yöntem	.....35
4.2.1. Örneğin Kurumaya Hazırlanması	.....35
4.2.2. Kuruma Hızının Saptanması	.....35
4.3. Grafikler	.....38
4.3.1. Kuruma Eğrilerinin Saptanması	
ve Değerlendirilmesi	.....38
4.3.2. Kuruma Hızı Eğrilerinin Saptan-	
ması ve Değerlendirilmesi	.....38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	.....71
KAYNAKLAR	.....73
ÖZGEÇMİŞ	.....75

## ABLO LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
1.1. En önemli memleketlerde bağ alanları .....	4
1.2. Bağ alanları ve yaş üzüm üretim miktarları .....	5
4.1. Üzümlerin kuruma özellikleri .....	37
4.2. 4,4 m/s hava hızında çalışılarak kurutulan üzümlerin deney sonuçları .....	50
4.3. 5,6 m/s hava hızında çalışılarak kurutulan üzümlerin deney sonuçları .....	63
4.4. %2 Oleik asit ve %2 oleik asit-%2 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> çözeltilerine daldırılarak 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin deney sonuçları .....	70



## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
2.1. Rutubet Çeşitleri .....	13
2.2. Bir sülfid hamurunun denge rutubet miktarı .....	15
2.3. Sabit temperatür ve rutubette ısıtılmış hava ile temasa getirilen nemli bir maddenin kuruma eğrileri .....	18
2.4. Yalıtılmış sistemde saf bir sıvı kütlesinin buharlaştırılması .....	21
2.5. Yaş termometre sıcaklığı .....	25
2.6. Psikrometrik diyagramın kullanılışını gösteren açıklama .....	27
2.7. Kurutma operasyonunda hava rutubetinin ve sıcaklığının değişimi .....	28
3.1. Deney cihazı .....	32
3.2. Deney cihazı .....	33
4.1.1. % 5 $K_2CO_3$ - % 0,5 Ziytinyağ çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi .....	39
4.1.2. % 5 $K_2CO_3$ - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrisi .....	40
4.2.1. % 5 $K_2CO_3$ çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi .....	41

- 4.2.2. % 5  $K_2CO_3$  çözeltisine daldırılarak,  
4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin  
kuruma hızı eğrisi ..... 42
- 4.3.1. % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine  
daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan  
üzümlerin kuruma hızı eğrisi ..... 43
- 4.3.2. % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine  
daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında  
kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrisi ... 44
- 4.4.1. Hiçbir işlem görmeden 4,4 m/s hava hızında  
kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi ..... 45
- 4.4.2. Hiçbir işlem görmeden, 4,4 m/s hava hızında  
kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrisi .... 46
- 4.5.1. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ, % 5  $K_2CO_3$ ,  
%2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ, çözeltilerine  
daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden, 4,4 m/s  
hava hızlarında kurutulan üzümlerin kuruma  
eğrileri .....47
- 4.5.2. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ, % 5  $K_2CO_3$   
%0,5 Zeytinyağ çözeltilerine daldırılarak  
ve hiçbir işlem görmeden, 4,4 m/s hava  
hızlarında kurutulan üzümlerin kuruma hızı  
eğrileri ..... 48
- 4.6.1. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine  
daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan  
üzümlerin kuruma eğrisi ..... 52

- 4.6.2. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrisi ..... 53
- 4.7.1. % 5  $K_2CO_3$  çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi ..... 54
- 4.7.2. % 5  $K_2CO_3$  çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrisi ..... 55
- 4.8.1. % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi .....:56
- 4.8.2. % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrisi ..... 57
- 4.9.1. Hiçbir işlem görmeden, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi ..... 58
- 4.9.2. Hiçbir işlem görmeden, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrisi ..... 59
- 4.10.1. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ, % 5  $K_2CO_3$ , %2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltilerine daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden, 5,6 m/s hava hızlarında kurutulan üzümlerin kuruma eğrileri ..... 60
- 4.10.2. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ, % 5  $K_2CO_3$  - % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltilerine

- daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden,  
5,6 m/s hava hızlarında kurutulan üzüm-  
lerin kuruma hızı eğrileri ..... 61
- 4.11.1. % 2 Oleik asit- % 2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisine  
daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan  
üzümlerin kuruma eğrisi ..... 64
- 4.11.2. % 2 Oleik asit- % 2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisine  
daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan  
üzümlerin kuruma hızı eğrisi ..... 65
- 4.12.1. % 2 Oleik asit çözeltisine daldırılarak,  
4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin  
kuruma eğrisi ..... 66
- 4.12.2. % 2 Oleik asit çözeltisine daldırılarak,  
4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin  
kuruma hızı eğrisi ..... 67
- 4.13.1. % 2 Oleik asit - % 2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, % 2 Oleik asit  
çözeltilerine daldırılarak, 4,4 m/s hava  
hızlarında kurutulan üzümlerin kuruma  
eğrileri ..... 68
- 4.13.2. % 2 Oleik asit - % 2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, % 2 Oleik asit  
çözeltilerine daldırılarak, 4,4 m/s hava  
hızlarında kurutulan üzümlerin kuruma hızı  
eğrileri ..... 69

## SEMBOL LİSTESİ

- A : Ara yüzey alanı  $m^2$
- $C_p$  : Sabit basınçta ısı kapasitesi  $kcal/kg^{\circ}C$
- D : Diffüzivite (Difüzyon katsayısı)  $m^2/h$
- $\frac{dW}{dt}$  : Kuruma hızı  $kgsu/kg.k.m.h$
- h : Isı transfer sayısı  $kcal/m^2.h K$
- Y : Üzgül nem
- H : Entalpi  $kcal/kg$
- $H_v$  : Buharlaştırma gizli ısısı  $kcal/kg$
- $J_D$  : Kütle transfer faktörü
- $J_H$  : Isı transfer faktörü
- $k_c$  : Kütle transfer sayısı ( İtici güç konsantrasyon esas alınarak ortalama)  $\frac{kmol}{m.h}$  ,  $\frac{kmol}{m^3}$
- $k_G$  : İtici güç kısmi basınç esas alınarak kütle transfer sayısı  $\frac{kmol}{m^2.h.atm}$
- k : Isıl iletkenlik katsayısı  $kcal/m.hK$
- Le : Lewis sayısı
- m : Su oranı  $gH_2O/gr.k.m$
- $P_w^0$  : Saf suyun buhar basıncı atm
- $P_{AG}^0$  : A bileşenin buhar basıncı atm
- $P_{AG}$  : Ortamdaki A komponentinin kısmi basıncı atm
- R : Gaz sabiti  $atm.m^3/(kmolK)$
- S : Isı kapasitesi  $kcal/kg.K$
- T : Kuru termometre sıcaklığı K
- $T_G$  : Ortam sıcaklığı K

- $T_i$  : i komponentinin sıcaklığı K  
 $T_w$  : Yaş termometre sıcaklığı K  
 $t$  : Zaman (sn)  
 $U$  : Ortalama hız m/s  
 $V$  : Hava hızı m/s  
 $V_H$  : Havanın hacmi  $m^3/kg$   
 $W$  : Kuru madde miktarı  
 $X_t$  : Herhangi bir t zamanında örnek ağırlığı  
 $X_1$  : Kurutulan örneğin ilk ağırlığı  
 $\rho$  : Yoğunluk  $kg/m^3$   
 $\mu$  : Viskozite  $kg/m.h$   
 $z$  : Bağıl nem

## GİRİŞ

### 1. KONUNUN ÖNEMİ

İnsanlık tarihi boyunca, gıda maddelerinin üretimi dönem nem tüketimi karşılayamamıştır. Buna karşın üretimin çok ol-  
ğu yıllarda tüketim fazlası gıda maddelerinin bozularak atıl-  
larına da engel olunamamıştır. Hızla artan nüfusun beslenme-  
, dünyanın ancak belirli bölgelerinde yetiştirilebilen sebze  
meyvelerin o bölgelere uzak yörelerde tüketimini sağlama  
tüketim fazlası ürünlerin üretimin yetersiz olduğu zamanla-  
saklama çabaları, çeşitli gıda saklama yöntemlerini ortaya  
karmıştır.

Gıda maddelerinin bozulmadan saklanmaları konusunda bili-  
en en eski yöntemlerden birisi kurutmadır. Asırlarca güneş ve  
üzgarın etkisiyle yapılan kurutma işlemi, ancak yirminci yüz-  
ülün ortalarında bir teknoloji dalı olarak önem kazanmıştır.  
ünümüzde gıda maddelerinin kurutulmasının nedeni yalnızca bo-  
ulmadan uzun süre saklanabilmelerini sağlamaya yönelik değil-  
ir. Gıda maddeleri kurutuldukları zaman, ağırlıkları da önem-  
i oranda azalır. Bilindiği gibi gıda maddeleri, genel olarak  
80-90 oranında su içerdiklerinden, kurutma işlemiyle, gıda  
maddesinde bu oranda bir ağırlık kaybı sağlanmaktadır. Ağırlık  
e hacimde gözlenen bu azalma, kurutulmuş ürünlerin taşıma ve  
aketleme maliyetlerinde ekonomi sağlar.

Bilindiği gibi ülkemizin, başlıca ihraç ürünlerinden biri-  
i de kurutulmuş üzümdür. Çekirdeksiz kuru üzüm ihracatından  
ürkiye'nin yıllık geliri 20-25 milyon dolar mertebesindedir.  
Ancak son yıllarda büyük önem taşıyan bu ürünümüzün ihracatında

önemli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunun başlıca nedeni aynı ürünle dünya pazarlarına giren diğer ülkelerle, dünyanın en iyi çekirdeksiz üzümlerini yetiştiren ülkemizin aynı standart ve kalitede mal üretememesidir. Son yıllarda batılı ülkelerinde, kurutma teknolojisinde meydana gelen gelişmelerin yanısıra ülkemizde kendini gösteren enflasyon, maliyet artırımlarındaki anormal çıkışlar, üzümçülüğümüze ağır bir darbe indirmiş, üretici ile devleti çok zor durumda bırakmıştır.

Konunun önemi böylece özetlendikten sonra nedenleri üzerinde de kısaca durmak yararlı olacaktır. Türkiye üzümçülüğündeki en önemli sorun kurutma yöntemlerindeki ilkelikten ileri gelmektedir. Yıllardır ülkemizde çekirdeksiz üzüm kurutulması, çoğu toprak ve beton sergilerde olmak üzere az bir kısımda kahverengi kağıtların üzerinde tamamen dış koşullara açık olarak yapılmaktadır. Kurutmanın, açık sergilerde dış etkilere açık yapılması kurutma olayının en büyük sorununu meydana getirmektedir. Şimdi biraz da bu dış etkenlerin neler olduğundan ve meydana getirdiği zararlardan bahsedelim.

a) Ürünün açık sergilerde kurutulması sırasında, yağmur yağması, ürünün büyük bir kısmının telef olmasına, kalanın da kalitesinin önemli ölçüde düşmesine neden olmaktadır.

b) Bilindiği gibi, kuruma olayı sırasında üzümde sürekli olarak katı madde oranı artmakta ve üzüm yüzeyinde gittikçe kıvamlılaşan bir sıvı oluşmaktadır. Bu sıvı üzerine kuruma sırasında, çevredeki hava akımlarına bağlı olarak, havada sürekli olarak asılı duran 200 mm'ye kadar toz taneciği bir daha kolaylıkla temizlenemeyecek biçimde gelip yapışmaktadır.



c) Sergilerin açık olması her türlü kümes ve çiftlik hayvanlarının sergilere girmesini ve bu hayvanların sergiye bıraktıkları her türlü yabancı maddelerin (dışkı, tüy gibi) ürünün üzerine yapışmasına neden olmaktadır.

d) Yine, üzümün büyük oranda glikoz içermesi tüm kurumlayıcı boyunca her türlü yürüyen ve uçan haşerenin sergilere bulaşmasına neden olmakta ve ürün daha sonra kolaylıkla temizlenemeyecek biçimde bu canlıların bıraktıkları yumurta, dışkı, kanat, kol, bacak gibi artıklarla kirlenmektedir.

e) Ülkemizden çekirdeksiz kuru üzüm ithal eden tüm gelişmiş batı ülkeleri, ithal ettikleri üzümün çok büyük yüzdesini pasta, kek, ekmek gibi çok yaygın tüketimi olan mamullere kullanmaktadırlar. Yine son yıllarda sözü edilen bu ülkeler halk sağlığını ilgilendiren konularda uygulamaya koydukları yönergelerle bu ürünümüzün ithali konusunda esnek olmayan kısıtlamalar koymuşlardır.

Bu koşullarda yapılması gereken, ülkemiz için hayati bir önem taşıyan çekirdeksiz üzüm üretiminden vazgeçilemeyeceğine göre, üzümün açık sergilerde kurutulmasının önüne geçerek, kurutmanın, yapay olarak petrol veya kömür gibi veya elektrik enerjisiyle ısıtılan sıcak havanın etkisiyle yapılmasıdır. Fakat, günümüzde enerji kaynaklarının fiyatlarında görülen artış, kurutma maliyetinin yükselmesine neden olduğundan, kurutma işlemlerinde havanın güneş enerjisiyle ısıtılması önemli bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmıştır.

## 2. TÜRKİYE'NİN BAĞ ALANI BAKIMINDAN DÜNYADA'KI YERİ

Araştırmada, kurutulma özellikleri incelenmek üzere züm materyalinin seçilmesinin nedeni, Türkiye'nin bağ alanı bakımından, büyük bağcı memleketler arasında dördüncü olarak yer almasıdır (tablo 1.1).

Tablo 1.1. En önemli memleketlerde bağ alanları

Memleketler	1987 (Hektar)	1988 (Hektar)
1- İtalya	1.743.000	1.744.700
2- Fransa	1.397.500	1.491.400
3- İspanya	1.394.300	1.555.900
4- Türkiye	589.000	585.000
5- Portekiz	354.260	358.040
6- Cezayir	342.900	360.400
7- S.S.C.B	420.000	420.000
8- B. Amerika	283.700	288.800
9- Yugoslavya	223.000	223.000
10- Romanya	206.450	206.830

Son senelerin istatistiklerine göre memleketimizin bağ alanı 589.000 hektardan daha yukarılara yükselmiştir. Karadeniz sahilleri ile Doğu Bölgesinin bir kısmı hariç, memleketin hemen her tarafında bağ yetiştirilmekte ise de, en kesif bağ bölgeleri özellikle Ege'de Manisa ve İzmir, Trakya'da Tekirdağ, Orta Anadolu'da Nevşehir ve Niğde, Güney Doğuda Gaziantep, Maraş bölgeleridir. Diğer iller arasında Urfa, Konya,

ayseri, Çanakkale, Bursa, Ankara, Yozgat, Tokat illeri de geniş bağ alanlarına sahiptirler.

Son istatistiklere göre (İstatistik Umum Müdürlüğü 1986-2 meyve istatistikleri, No.353,1984) bağ alanı ile yaş üzüm üretim miktarları tablo 1.2 de gösterilmiştir.

Tablo : 1.2. Bağ alanları ve yaş üzüm üretim miktarları

Sene	Alan (Hektar)	Üzüm (Ton)
1982	534102	1592227
1983	539735	734592
1984	535669	1331488
1985	555837	1750337
1986	561119	1399337

İstatistiklere göre, bağ alanı memleketimizde gittikçe yükselmektedir. Artış, eski senelere göre çok daha belirgin-ir.

Yaş üzüm üretimi tablo 1.2 de görüldüğü gibi son sene-erde 0,7 ile 1,7 milyon ton arasında oynamıştır. Yaş üzüm miktarının seneler arası fazla fark göstermesi, bazı seneler-e don, dolu ve diğer afetlerden ileri gelmektedir. Diğer ta-aftan, alan itibariyle memleketimiz dünya bağcılığında dör-üncülüğü almakla birlikte, üretim miktarı, yani randıman çok eridir. Bu da bağlarımızın verimsiz olduğunu gösterir. Ege

ölgesi ile Güneydoğu illerinden bazıları istisna edilirse, ir çok bölgelerde ve özellikle Orta Anadolu'da verim çok düşük olup çok defa dönüme 300 kilo kadar ve hatta daha aşağıdır (8).

### 3. BÖLGELERE GÖRE KURUTMALIK ÜZÜMLER VE ÖZELLİKLERİ

#### ) ÇEKİRDEKSİZ (Yuvarlak)

etiştiği Yerler : İzmir, Manisa, Aydın  
renk : Beyaz  
Olgunluk Zamanı : Temmuz sonu, Ağustos Başı  
Belirgin Özellikleri : Salkımlar kanatlı büyük pramidal, taneler açık sarı renkte, tane şekli yuvarlakça, tane kabuğu orta kalın, tane içi sulu, çok tatlı  
Kullanma Şekli : Kurutmalık, sofralık ve şaraplık  
Dayanıklılık : Kuvvetli, omca yarı diktir  
Kalite : Çok iyi  
Harvest Dönümü : Kasım.

#### ) ÇEKİRDEKSİZ (Sultaniye)

etiştiği Yerler : Hemen bütün Ege Bölgesinde özellikle Karaburun, Urla ve Kemalpaşa.  
renk : Beyaz  
Olgunluk Zamanı : Temmuz sonu, Ağustos başı  
Belirgin Özellikleri : Salkımlar koni şeklinde kanatlı normal sıklıkta taneler büyük, renkleri açık sarı, tane şekli o-

val, tane kabuğu normal kalınlıkta  
tadı çok tatlı sulu ve gevrek

İlanma Şekli : Kurutmalık, sofralık, son yıllarda  
şaraplık olarak da kullanılmaktadır.

yüme : Kuvvetli, omca dik

hsüldarlık : İyi

prak Dökümü : Kasım

### DİMİŞKİ

tiştiği Yerler : Gaziantep, Maraş

nk : Beyaz

gunluk Zamanı : Ağustos, Eylül

İlgin Özellikleri : Salkımlar orta büyüklükte salkım şek-  
li promidal kanatlı, taneler sık ve  
şekilleri ovaldır.

İlanma Şekli : Kurutmalık ve sofralık bir çeşittir.

yüme : İyi

hsüldarlık : Çok iyi

prak Dökümü : Kasım

### RUMİ

tiştiği Yerler : Gaziantep, Maraş

nk : Beyaz

gunluk Zamanı : Ağustos'un ilk haftası

İlgin Özellikleri : Salkımlar orta uzunlukta salkım şekli  
çoğunlukla basit ve kısmen de kanatlı  
konik sıkça eşit tanelidir. Tane şe-  
killeri uzunca yuvarlaktır. Tane kabu-

ğ u ince, tane içinden kolayca ayrıl-  
makta ve ağızda kolayca erimektedir.

Tane içi dolgun etli, çok sulu ve çok  
tatlı, kendine has bir kokusu vardır.

ullanma Şekli : Kurutmalık.

üyüme : Kuvvetli.

ahsüldarlık : İyi

Bunların dışında, Çalkarası(Ege Bölgesi), Dimrit(Akdeniz  
ölgesi), Kabarcık (Ege, Doğu ve Güney Doğu Anadolu), Razaki  
Ege Bölgesi), Besni(Bamba), Bandırma- Sergi karası(Güney  
oğu Anadolu) gibi kurutmaya elverişli üzümler mevcuttur (1).

## 2. KURUTMA

### 2.1. KURUTMA TEORİSİNE GİRİŞ

Herhangi bir gıda maddesinin içerdiği suyun kontrollü koşullarda buharlaştırılarak uzaklaştırılması işlemine "kurutma" veya "dehidratasyon" denir. Kurutma ve dehidratasyon terimleri aynı anlamda kullanılsa da genel olarak doğal koşullarda yapılan işlem için "kurutma", kapalı dolaplarda sıcak hava, vakum vs vasıtası ile yapılan işlem için de "dehidratasyon" terimleri kullanılır.

Gıda maddelerinin kurutulmasında kullanılan yöntemler aşağıdaki biçimde sınıflandırılabilir (2).

a) Isıtılmış hava ile kurutma : Bu yöntemde, gıda maddesi hareket halindeki sıcak hava ile temas eder, ısı transferi konveksiyon yolu ile olur.

b) Isıtılmış bir yüzey ile doğrudan temas suretiyle kurutma : Bu yöntemde ısı transferi kondüksiyon yolu ile olur.

c) Radyasyon, mikrodalga veya dielektrik kaynağı ile kurutma

d) Dondurarak kurutma : Bu yöntemde, gıda maddesinin içerdiği su dondurulduktan sonra düşük basınç altında buzun süblimleştirilmesi ile kurutma sağlanır.

Bu yöntemlerin çoğunda su buharı için taşıyıcı ortam hava olduğu için, kurutma işleminin teorik açıklaması kurutmanın ısıtılmış hava ile yapıldığı varsayımına dayanır.

## 2.2. KURUTMANIN TERMODİNAMIĞI

### 2.2.1- Normal Atmosfer Havası

Normal atmosfer havası su buharı ile kuru hava karışımıdır. Normal hava içinde belirli bir hava basıncında az ya da çok miktarda su buharı bulunur. 1 m<sup>3</sup> hava içinde bulunan buhar miktarı sıcaklık tarafından sınırlanır. Hava içinde bulunan en yüksek buhar miktarında, su buharının basıncı doyma basıncına eşittir. Maksimum su buharını içeren havaya doymuş, daha az su buharı bulunan havaya da doymamış hava denir. Doyma değerinden daha fazla su buharı gönderilirse, fazla gelen buhar sis halinde yağış şekline dönüşür ( 6 ).

### 2.2.2- Nemli Hava

a) Bağıl nem (Relatif nem) :

Havada bulunan su buharının kısmi basıncının, aynı koşullardaki saf suyun doymuş buhar basıncına oranı izafi bağıl nemle adlandırılır.

$$\phi = \frac{P_{AG}}{P_A^0} \quad (2.1)$$

b) Mutlak nem :

1 m<sup>3</sup> nemli havanın içerdiği su buharı kütlesine mutlak nem denir :



c) Özgül nem :

Nemli havanın içerdiği toplam nem kütesinin, kuru hava kütesine oranına özgül nem denir. Bu şekilde tanımlanan rutubet ya da özgül nem, hava içindeki su buharının kısmi basıncına ve toplam basınca bağlıdır (5).

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{m_{su}}{m_h} = \frac{\text{kg nem}}{\text{kg kuru hava}} = \frac{18 \cdot P_{A_G}}{29(1 - P_{A_G})} \\ &= 0,622 \frac{P_{A_G}}{P_G} \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$P_G = P - P_{A_G}$$

### 2.2. 3- Nemli Havanın Isı Sığası

1 kg kuru hava ve bu hava tarafından taşınan suyun, kcal/kg kuru hava.<sup>0</sup>C şeklindeki ısı sığası

$$S = c_{P_G} + c_{P_A} \cdot \gamma \quad (2.3)$$

şeklinde yazılabilir. 0-80 <sup>0</sup>C arasındaki kuru havanın ortalama ısı sığası,  $c_{P_G} = 0,24$  kcal/kg<sup>0</sup>C ve su buharının ortalama ısı sığası  $c_{P_A} = 0,466$  kcal/kg<sup>0</sup>C olduğundan, nemli havanın ısı sığası (kcal/kg kuru hava.<sup>0</sup>C) olarak ;

$$S = 0,240 + 0,466 \cdot \gamma \quad (2.4)$$

eşitliği ile verilir.

#### 2.2. 4- Nemli Havanın Entalpisi

1 kg kuru hava ve bu hava tarafından taşınan su buharının entalpisi (kcal/kg kuru hava olarak) ;

$$H = 0,240.T + \gamma(595 + 0,45.T) \quad (2.5)$$

esitliği ile verilir. Su buharı ve kuru hava için 0 °C ve 1 atm koşulları referans olarak kabul edilir.

#### 2.2. 5- Nemli Havanın Hacmi

1 kg kuru hava ile bu hava tarafından taşınan su buharının hacimleri toplamı (m<sup>3</sup>/kg kuru hava olarak) ;

$$V_H = \frac{22,4}{273} T \left( \frac{1}{28,97} + \frac{1}{18,02} \gamma \right) \quad (2.6)$$

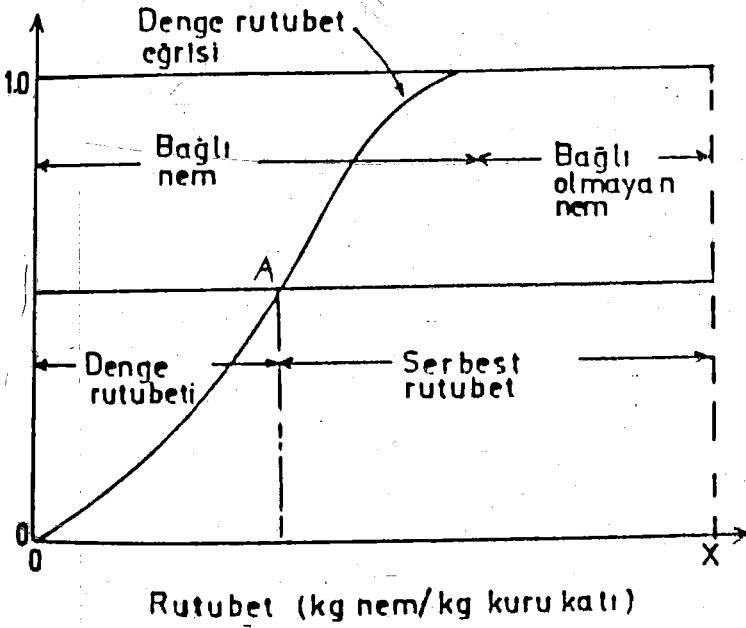
$$V_H = (2,83 \cdot 10^{-3} + 4,56 \cdot 10^{-3} \gamma) T \quad (2.7)$$

ifade edilir.

### 2.3. RUTUBET

Rutubet (nem) değeri, yaş madde esas alınarak kg nem/kg katı madde + kg nem veya kuru madde esas alınarak, kg nem/kg katı (nemsiz) belirtilebilir. Kuru madde esas alınarak yapılan hesaplamalar daha uygundur.

Rutubet içeriği  $X$  olan bir katı maddenin relatif nemi  $\phi$  olan bir gaz ile temas ettirilmiş durumu şekil 2.1'de görülmektedir. Bu eğride nemli katı bir maddede bulunan çeşitli rutubet miktarları gösterilmiştir (11).



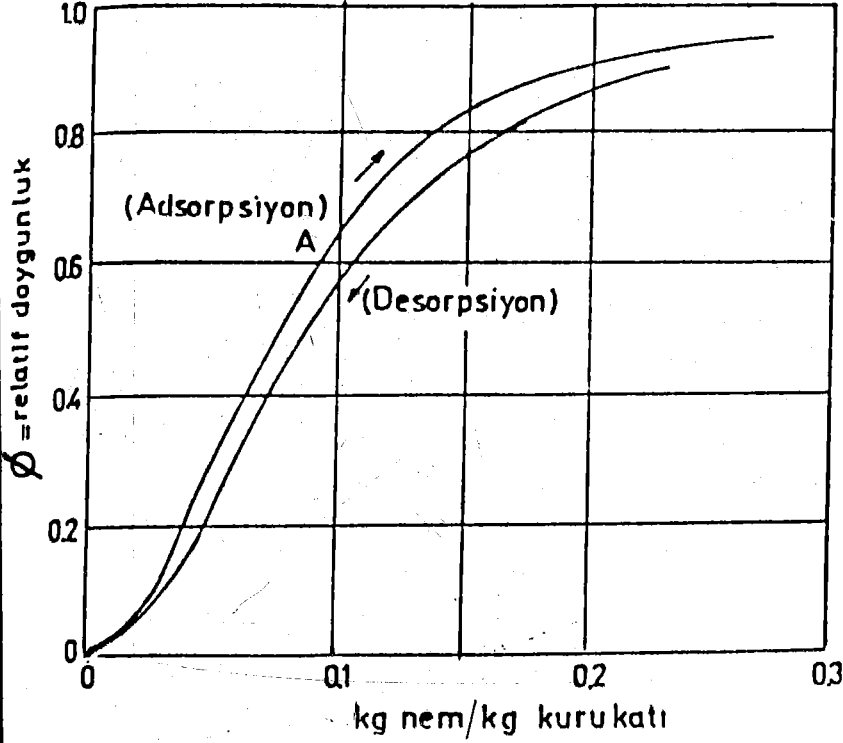
Şekil 2.1 Rutubet çeşitleri

### 2.3.1. Denge Rutubet Miktarı

Nemli bir katı veya sıvıdaki nem içeriğinin buhar basıncı katının yapısına, nemin yapısına ve sıcaklığa bağlıdır. Bu katı madde herhangi bir gaz akımı ile temas ettirilirse, gaz içerisindeki neme ait buharlaşma kısmi basıncının sabit bir değerine kadar ya buharlaşmayla rutubetini kaybedecektir ya da gazdan rutubet alacaktır. Belli bir süre sonra katı ve gaz dengeye ulaşacaktır. Buna, belirtilen şartlar altında maddenin denge rutubeti miktarı denir.

Rutubetli katı bir madde, sabit sıcaklık ve rutubete sahip bir hava akımı ile temas ettirilirse, bu madde belli bir denge rutubetine kadar kuruyacaktır. Örneğin; şekil 2.2. de 1 kg. tında 0,1 kg. nem içeren katı bir madde 0,55 relatif rutubette bir hava akımı ile kurutulsun. Katı maddenin nemi A noktasındaki denge konsantrasyonuna kadar buharlaşmayla uzaklaştırılacaktır. Katı madde belirli bir rutubet değerine erişir ve bu hava ile daha fazla temasta kalması, durumu değiştirmez. Daha düşük bağıl neme sahip hava ile kurutulursa katı maddenin nem içeriği ve dolayısıyla denge rutubet değeri azalacaktır. Ayrıca bu rutubetli katı madde bağıl nemi sıfır olan ideal bir hava akımı ile kurutulursa, rutubetin hepsi uzaklaşacak ve denge rutubet miktarı sıfır olacaktır.

Çoğu katılar, dengeye ister adsorbsiyonla, ister desorpsiyonla dengeye ulaşsın, denge rutubetinin karakteristiğine bağlı olarak denge rutubet eğrileri değişir. Tipik bir örnek şekil 2.2. de gösterilmiştir.



Şekil.2.2. Bir sülfite hamurunun denge rutubet miktarı

Kurutma operasyonlarında madde, denge miktarlarından fazla rutubete sahipse rutubeti desorpsiyon eğrisi tarafından gösterilen denge miktarına erişinceye kadar kurumaya devam eder. Diğer taraftan madde denge değerinden daha kuru olup, belirli sıcaklık ve rutubete sahip hava ile temasa getirilmekte ise adsorpsiyon eğrisi üzerindeki denge noktasına erişinceye kadar adsorbe eder (11).

### 2.3.2. Bağlı, Bağısız ve Serbest Su

Genel olarak bir gıda maddesinde su iki şekilde bulunur (13).

Bazı su, yüzey gerilimine bağlı olan fiziksel kuvvetlerin etkisiyle, maddenin gözenekleri ve dokuları arasındaki boşluklarda bulunabilir. Bu tip suya bağımsız su adı verilir. Gıda maddesindeki bağımsız su miktarı, gıda maddesinin kimyasal yapısından çok fiziksel yapısıyla ilgilidir.

Gıda maddesinde bulunan suyun bir kısmı da su moleküllerinin çok katmanlı bir tabaka oluşturmak için birbirlerine etki etmesiyle katı madde içinde tutulurlar. Bu tip su ise bağımlı su olarak isimlendirilir. Bağımlı su aynı sıcaklıkta bulunan sıvı sudan daha az buhar basıncına sahiptir. Gıda maddesinde bulunan bağımlı su, maddenin kimyasal yapısıyla ilgilidir.

Serbest rutubet (nem) miktarı, denge rutubet miktarından fazla olan rutubettir. Gıda maddesinde bulunan serbest nem, kurutma işlemleri sırasında üründen kaldırılabilir. Üründeki serbest nem ürünün tipine, havanın sıcaklık ve su buharı konsantrasyonuna bağlıdır.

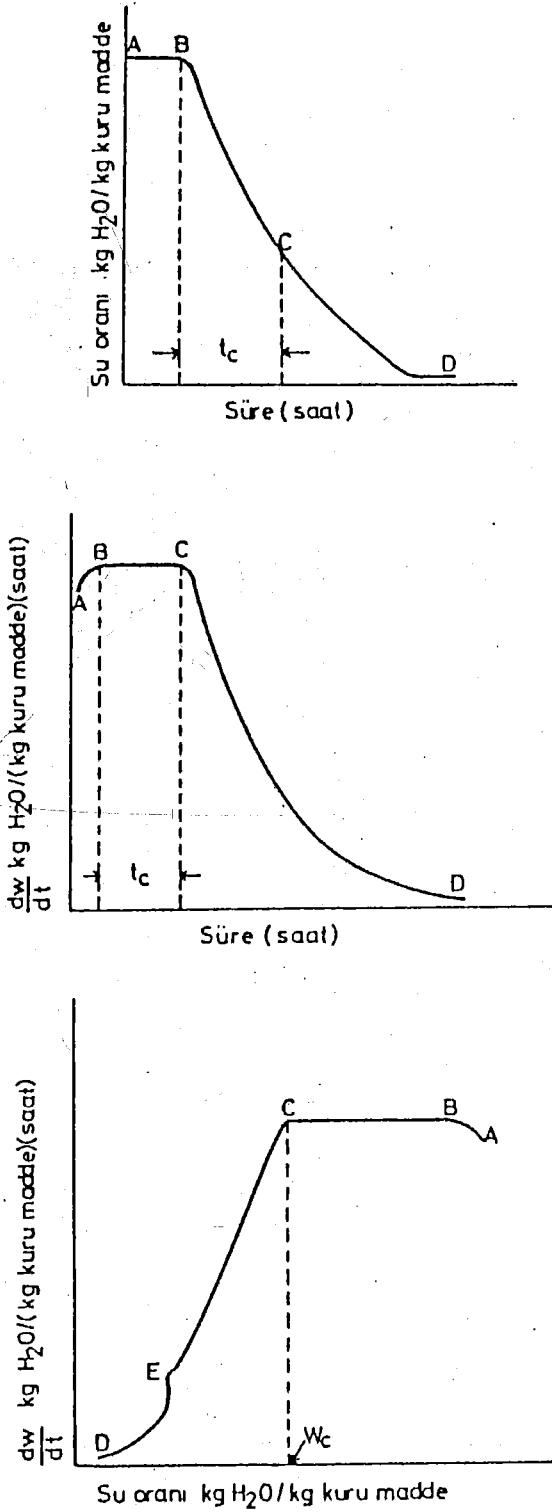
## 2.4. KURUMA HIZI EĞRİLERİ

Kurutma, bir ısı ve nem transferi işlemidir. Nemli bir maddenin ısıtılmış hava ile kurutulması sırasında hava, ortamdaki suyun buharlaşması için gerekli olan ısıyı sağlar ve buharlaşma yüzeyinde oluşan su buharını ortadan kaldırmak için taşıyıcı gaz rolünü oynar. Bu koşullar altında nemli bir madde, ısıtılmış havayla temas ettirilirse, madde kuruma yüzeyine paralel olarak akan ısıtılmış havanın etkisiyle kurumaya başlar. Kuruma için gerekli ısı maddeden konveksiyon yolu ile sağlanır ve bütün kuruma periyodu içinde kuruma yüzeyinin üzerindeki havanın sıcaklığı ve basıncı değişmektedir.

Maddenin nem miktarındaki değişimler bütün kuruma periyodu içinde kaydedilirse şekil 2.3'te gösterilen eğriler elde edilir.

Şekil 2.3'de gösterildiği gibi deney sonuçlarının grafik veya nümerik yoldan türevi kuruma debisini verir ve bu ya serbest rutubete ya da zamana karşıt olarak grafik kağıdına işlenir. Bunlar içerisinde en çok kullanılan kuruma yüzeyinin birim alanına isabet eden kuruma debisinin, serbest rutubet miktarına karşıt olarak gösterilmesidir.

Şekil 2.3'de gösterilen eğriler üzerinde inceleme yapılırsa, kuruma periyodu sırasında farklı bazı bölgelerin oluştuğu görülür (9).



Şekil 2.3. Sabit temperatur ve rutubette ısıtılmış hava ile temasa getirilen nemli bir maddenin kuruma eğrileri (1).



A-B Bölgesi: Katı yüzeyinin, kurutma havasıyla denge haline geldiği yerleşme bölgesi olarak belirtilir. Kurutma periyodlarında çoğunlukla ihmal edilmesine rağmen bazı durumlarda önemli olabilir.

B-C Bölgesi: Bu bölge, kurumanın sabit hız periyodu olarak bilinir. Sabit kuruma periyodu sırasında hava ile temasta bulunan katı taneciklere ait yüzeyin, tamamıyla ıslak durumda kaldığı genellikle kabul olunur. Sahip olduğu şartlar belli olan herhangi bir hava akımında buharlaşma hızı, katı maddeye bağlı değildir ve aynı şartlar altında bulunan sıvı yüzeyinde meydana gelen buharlaşma debisine eşittir. Katı yüzeyinde

Kuruma hızı, kuruma yüzeyine olan, ısı transfer hızına bağlıdır. Kütle transferi, ısı transferini dengeler ve böylece kuruma yüzeyinin temperaturü sabit kalır. Yüzey temperaturü, yağ termometre temperaturü ile karşılaştırılırsa, sabit yüzey temperaturünün, kurutma havasının yağ termometre temperaturüne uygunluk sağladığı görülür.

Yüzey tamamıyla ıslak kaldığı sürece kuruma olayı, rutubetin, katı maddenin iç kısımlarından yüzey tabakasına erişme mekanizmasına bağlı değildir. Sabit kuruma hızı periyodları sırasında, katı yüzeyden, hava akımı içine kütle transferi mevcut olup havadan katı maddeye ısı transferi, ıslak yüzeye kondüksiyon veya radyasyonla ısı transferi ihmal olunabilecek şekilde meydana gelir. Sabit hız periyodunda kuruma doyurulmuş

C-D Bölgesi: Kuruma ilerledikçe, gıda maddesinin iç kısımlarından yüzeye doğru nemin transfer hızı azalır ve yüzey kurumaya başlar. C noktasında, kuruma hızı azalmaya başlar ve azalan hız periyodu oluşur. C noktasında gıda maddesinin ihtiva ettiği nem, kritik nem ( $W_c$ ) olarak bilinir. C noktasından uzaklaştıkça, yüzey temperaturü artmaya başlar ve kuruma ilerledikçe bu artış devam eder. Yüzey temperaturü, temasta bulunduğu havanın kuru termometre sıcaklığına yaklaştıkça maddede kuruluğa yaklaşır. Şekil 23'de görüldüğü gibi genellikle azalan hız periyotları birinci (C-E bölgesi) ve ikinci (E-D bölgesi) azalan hız periyodu olmak üzere iki kısımdan oluşur.

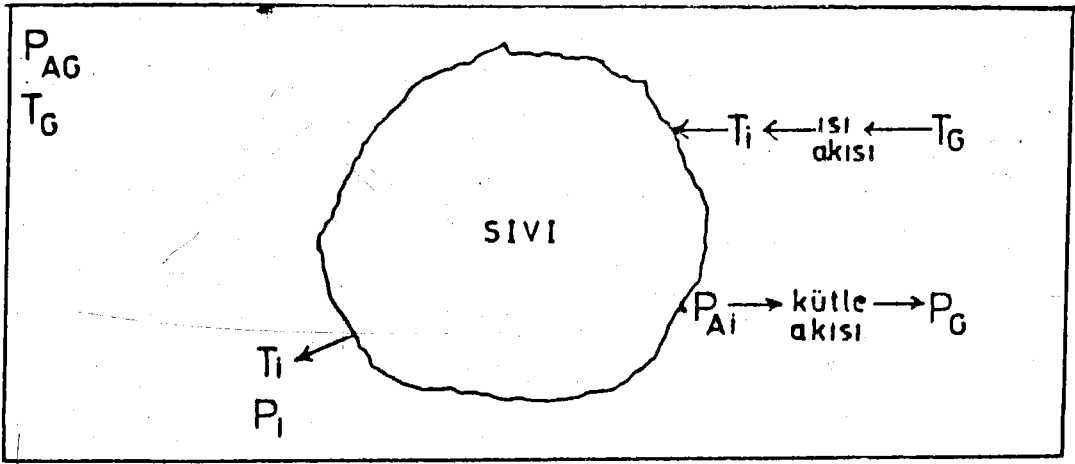
Birinci azalan hız periyodunda, yüzey kurumaya başlar ve kuruma hızı azalır. Evaporasyon hızı, havayla temasa gelen maddenin tüm yüzeyi esas alınarak hesaplandığı için, ıslak yüzeyin alanı azaldıkça hesaplanan hız da azalacaktır.

Birinci azalan hız periyodu sonunda, yüzey tamamıyla kuruluğa ulaştığından, buharlaşma maddenin iç kısımlarında olur. Gıda maddelerinin içerdiği su katı madde içinde buharlaşır ve maddeyi geçerek yüzeyden hava akımı içine karışır. Katı madde içinden yüzeye olan bu nem transferinin mekanizması konusunda literatürden pek çok görüşler belirtilmiştir (3,10,12).

Azalan hız periyotlarında maddeden uzaklaştırılan nem miktarı azdır. Buna karşın geçen zaman oldukça uzundur. Azalan hız periyotları, bütün kuruma işlemi sırasında önemli bir etkiye sahiptir.

## 2.5. ADYABATİK BİR ORTAMDA BİR SIVI KÜTLESİNİN BUHARLAŞTIRILMASI

Adyabatik ortam içerisinde bulunan saf bir sıvı kütlesinin cidarında meydana gelen ısı ve kütle transfer operasyonları Şekil 2.4.' de gösterilmiştir. Çevre sıcaklığı  $T_G$ 'nin sıvı kütlesi cidarı sıcaklığı  $T_i$ 'den büyük olması durumunu inceleyelim.



Şekil 2.4. Yalıtılmış sistemde saf bir sıvı kütlesinin buharlaştırılması.

Buharlaşan sıvıdan kütle transferi, sıvı yüzeyinden dışarıya doğru olacaktır. Bu nedenle, saf sıvı kütlesinin buhar basıncı  $P_{Ai}^0$ , gaz ortamda bulunan sıvı komponentinin kısmi basıncı  $P_{AG}$ ' den büyük olmalıdır. Yüzeyden sıvının buharlaşması, ortamdan sıvı kütlesine hissedilir ısı transferi ile olur. Kararlı hale ulaşıldığında verilen ısı, buharlaşmayla yok olan ısıya eşit olur.

$$h \cdot A (T_G - T_i) = \Delta H_v \cdot k_G \cdot A (P_{Ai}^0 - P_{AG}) \quad (2.8)$$

( 2.8 ) denklemini, düşük kütle transfer mertebelerinde geçerlidir. Yani kütle transferi yalnızca diffüzyonla olmaktadır. Daha yüksek kütle transfer mertebelerinde sınır tabaka, ısı ve kütle transfer sayılarının etkisiyle değişeceğinden her ikisi üzerindeki yüksek akışın etkisi hesaba katılmamıştır.

$T_i$ 'de, doğal diffüzyon hızlarından dolayı sıvının denge buhar basıncı  $P_{Ai}^0$  olacaktır.  $P_{Ai}^0$  buharlaşma basıncı gaz ortamda bulunan sıvı komponentin  $P_{AG}$  değerinden büyüktür. Bu denge buhar basıncı ile kısmi buhar basıncı arasındaki fark ne kadar çok ise kütle transfer miktarı o oranda çok olacaktır. Bu nedenle, sıvı kütlesi yüzey sıcaklığı  $T_G'$  ye eşit olsaydı kütle transfer miktarı daha çok artardı.  $T_i$  ve  $T_G$  arasındaki farkı yağ termometre sıcaklığı yardımıyla izlemek mümkündür. Aynı zamanda r gazı ile çevrili ortamın relatif nemini bulmak mümkündür (7).

$$\phi = \frac{P_{AG}}{P_W^0} \quad (2.9)$$

#### 2.5.1 Yüzeyle Turbulans Akımla Kütle Transferi.

Bir yüzeyden hareketli bir ortam içerisine kütle transferi, kütle transfer sayısı  $k_G$ ' nin, ısı transfer sayısı  $h$ 'a oranı ile bulunur. Bu oran kütle transfer faktörü  $J_D$  nin, ısı transfer faktörü  $J_H$  'a eşitlenmesiyle bulunur. Bu eşitlik aynı zamanda Chilton-Colburn eşitliği olarak da bilinir (7).

$$J_D = \frac{k_{c,av}}{u} \left( \frac{\mu}{g^D_{AB}} \right)^{2/3} \quad (2.10)$$

$$J_H = \frac{h}{c_p \rho u} \left( \frac{c_p \mu}{k} \right)^{2/3} \quad (2.11)$$

$$k_G = k_c / RT \quad (2.12)$$

( 2.10 ) , ( 2.11 ) ve ( 2.12 ) denklemlerinin birleştirilmesiyle  $J_H = J_p$  için

$$\frac{k_G}{h} = \frac{1}{RT c_p \rho} \left( \frac{D_{AB} c_p \rho}{k} \right)^{2/3} \quad (2.13)$$

Chilton-Colburn eşitliği elde edilir.

( 2.13 ) d enklemi ( 2.8 ) eşitliğine uygulanırsa

$$\frac{T_G - T_i}{P_{Ai}^0 - P_{AG}} = \frac{\Delta H_v}{RT c_p \rho} \left( \frac{D_{AB} c_p \rho}{k} \right)^{2/3} \quad (2.14)$$

elde edilir.

( 2.14 ) denklemi (  $\rho D_{AB} c_p / k$  )<sup>-1</sup> boyutsuz grubu Schmidt sayısının Prandtl sayısına oranıdır ve Lewis sayısı olarak bilinir. Lewis sayısı aynı zamanda ısıl diffüzivitenin kütlelesel diffüziviteye oranıdır. Lewis sayısı, gazların kinetik teorisinin temelidir ve bir gaz karışımı için kullanılabilir. Hava-su-buhar sistemi ile iyi bir şekilde ilişkili olması büyük kolaylık getirir ( 7 ).

( 2.14 ) eşitliğinde  $Le^{-2/3} = 1$  kabul edilirse, bu eşitlik bir hava-su sistemi için tanımlanmış  $T_{as}$  ad yabatik doygunluk sıcaklık eşitliğine benzer. Eğer Lewis sayısı ihmal edilir ve ( 2.14 ) de  $T_i$  yerine  $T_{as}$ ,  $P_{Ai}^0$  yerin  $P_{as}$  yerleştirilirse adyabatik doygunluk sıcaklığı denklemi elde edilir. Herhangi bir hava-su buharı karışımı içerisinde karışım ile aynı sıcaklıkta o-

lan su püskürtülürse, suyun buharlaşmasıyla karışım doyar. Bu durumdaki karışıma doymuş karışım ve bu sıcaklığa da adyabatik doygunluk sıcaklığı denir.

Adyabatik doygunluk sıcaklığı ve yaş termometre sıcaklığı eşit olursa psikrometrik diyagramda, ( 2.14 ) eşitliği ve su buharı basıncı arasındaki ilişki birlikte ifade edilebilir. Bazen psikrometrik diyagram, adyabatik, doygunluk sıcaklığı ve yaş termometre sıcaklığı için ayrı eğrilere sahiptir. (1).

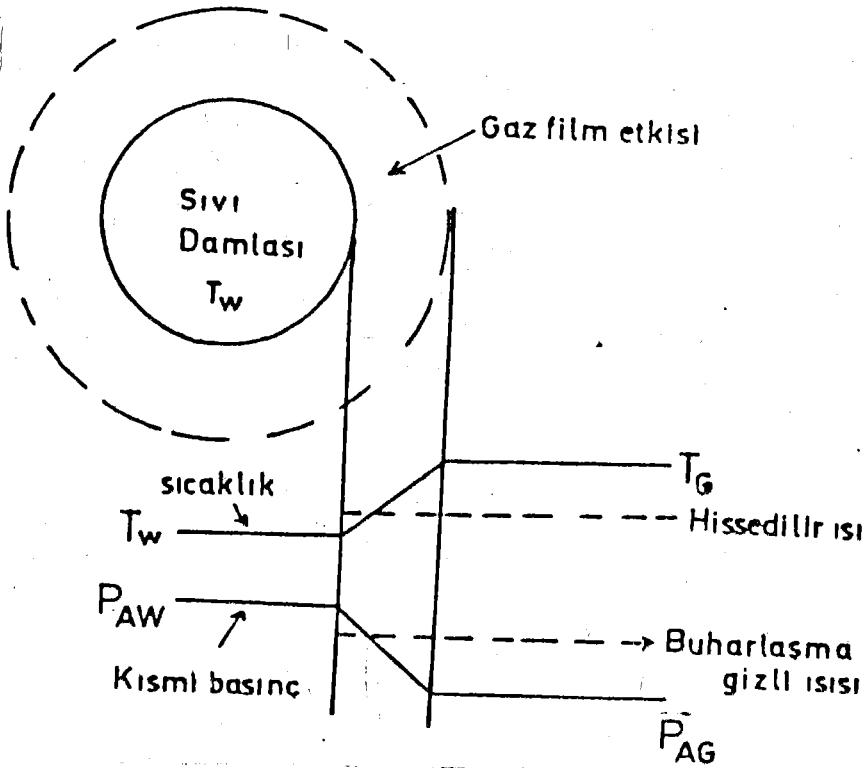
#### 2.5.2. Yaş Termometre Sıcaklığı

Yaş termometre sıcaklığı, doymamış buhar-gaz karışımının içine çok az miktarda sıvının buharlaştırılmasıyla kararlı hal sıcaklığına ulaştırılmasıdır. İyi kontrol edildiğinde karışımın nemini ölçmek için kullanılabilir. Bu maksatla termometrenin uç kısmı, sıvı ile ıslatılmış bir fitille sardırılmış şekilde, yüksek bir debiye sahip gaz karışımı içine daldırılır. Adyabatik şartlarda doymamış buhar gaz karışımının hızlı akan debisi içerisine batırılan sıvının bir damlası göz önüne alınsın. Bu sıvının sıcaklığı gazın şebnem noktasından daha yüksek ise, damla yüzeyinde sıvının buhar basıncı, gazdaki buharın kısmi basıncından daha yüksek olacaktır. Bu yüzden sıvı buharlaşacak ve gaz içine diffüze olacaktır. Buharlaşma için gerekli gizli ısı, ilk önce sıvı damlasının kendisinden sağlanacağı için sıvı damlasının sıcaklığı düşecektir. Sıvı sıcaklığı gazın kuru termometre sıcaklığının altına düşer düşmez ısı gazdan sıvıya geçecektir. Sıcaklık farkı büyüdükçe ısı debisi

artacaktır. ( 11).

Gazdan sıvıya geçen ısı transfer debisi, buharlaşma için gerekli ısı debisine eşit olacaktır ve sıvının sıcaklığı düşük bir değerde sabit kalacaktır. Bu değer yaş termometre sıcaklığı  $T_w$  dir. Yaş ve kuru termometre sıcaklıklarının ölçülmesinde gaz fazı tarafından taşınan buhar miktarının, hesaplanması prensibi her buhar-gaz karışımı için kullanılabilir. Pratikte bu metod daha ziyade hava-su buharı karışımı için uygulama alanı bulmuştur. Yaş ve kuru termometre sıcaklıklarının ölçülmesiyle hava rutubetinin hesaplanması işlemine higrometri veya psikrometri adları verilir.

Film teorisi, Şekil 2.5'de kabaca gösterilmiştir. Isı ve kütle transferi operasyonları aynı anda olur.



Şekil 2.5. Yaş termometre sıcaklığı..

### 2.5.3. Psikrometrik Diyagram.

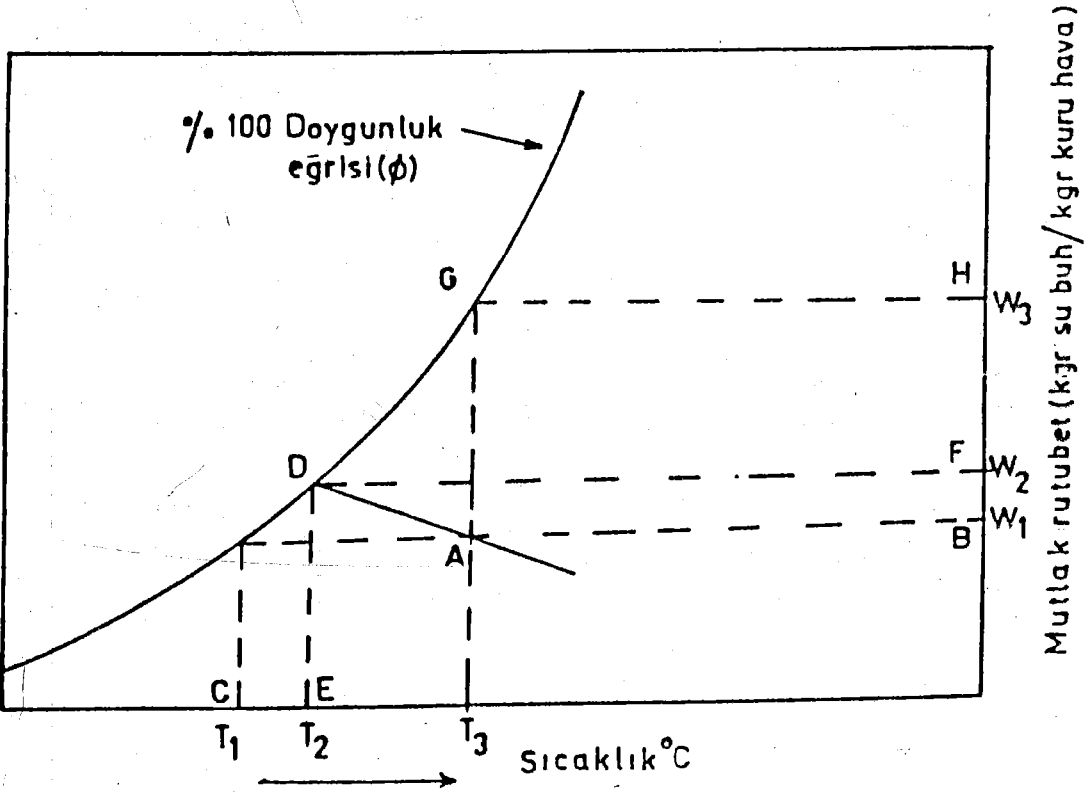
N.Ş.A.' da hava-su buharı karışımlarına ait özelliklerin pek çoğunu psikrometrik diyagram yardımıyla bulmak mümkündür. ( Şekil 2.6 ) Bu diyagramda rutubet değerleri (kg nem/kg.k. katı olarak) ordinat ekseninde ve sıcaklıklar ise ( $^{\circ}\text{C}$  olarak) absisde yer almıştır. Üstüne % 100 yazılı eğri, çeşitli sıcaklıklarda su buharının karışımını göstermektedir. Bu eğrinin altında yer alan eğriler de çeşitli yüzde rutubete sahip hava-su buharı karışımlarını göstermektedir.

Şekil 5.1' de bileşim ve sıcaklığı A noktası ile gösterilen hava-su buharı karışımını göz önüne alalım. Bu noktadan absis eksenine bir paralel çizilerek B noktası bulunur ve bu, karışımın rutubetini gösterir. Rutubet koordinatını takip ederek A noktasından sola doğru gidilecek olursa doymuşluk eğrisine ulaşılır ve  $T_1$  sıcaklığı bulunur. Bu sıcaklık havanın doymuş hale gelebilmesi için soğutulması gereken sıcaklıktır. Bu sıcaklığa şebnem sıcaklığı veya şebnem noktası adı verilir. Adyabatik çizgiyi takip ederek doymuşluk eğrisine kadar gidilecek olursa, D noktası ve buradan da aşağı doğru inildiğinde sıcaklık ekseninde E noktasına varılır. Bu  $T_2$  sıcaklığı adyabatik doyurma sıcaklığıdır ve yağ termometre sıcaklığına çok yakındır.

D noktasından sıcaklık eksenine çizdiğimiz paralel, rutubet eksenini F noktasında keser. Bu adyabatik doymuşluk sıcaklığında bulunan doymuş havanın rutubetidir. A noktasından sıcaklık eksenine bir dik çizip, bunu doymuşluk eksenini kesin-



ceye kadar uzatmakla G noktasını buluruz. Bu nokta, başlangıç sıcaklığında doymuş havanın bileşimini gösterir ve bu sıcaklığa tekabül eden rutubet H noktası ile gösterilmiştir.  $T_3$  sıcaklığına kuru termometre sıcaklığı denir.

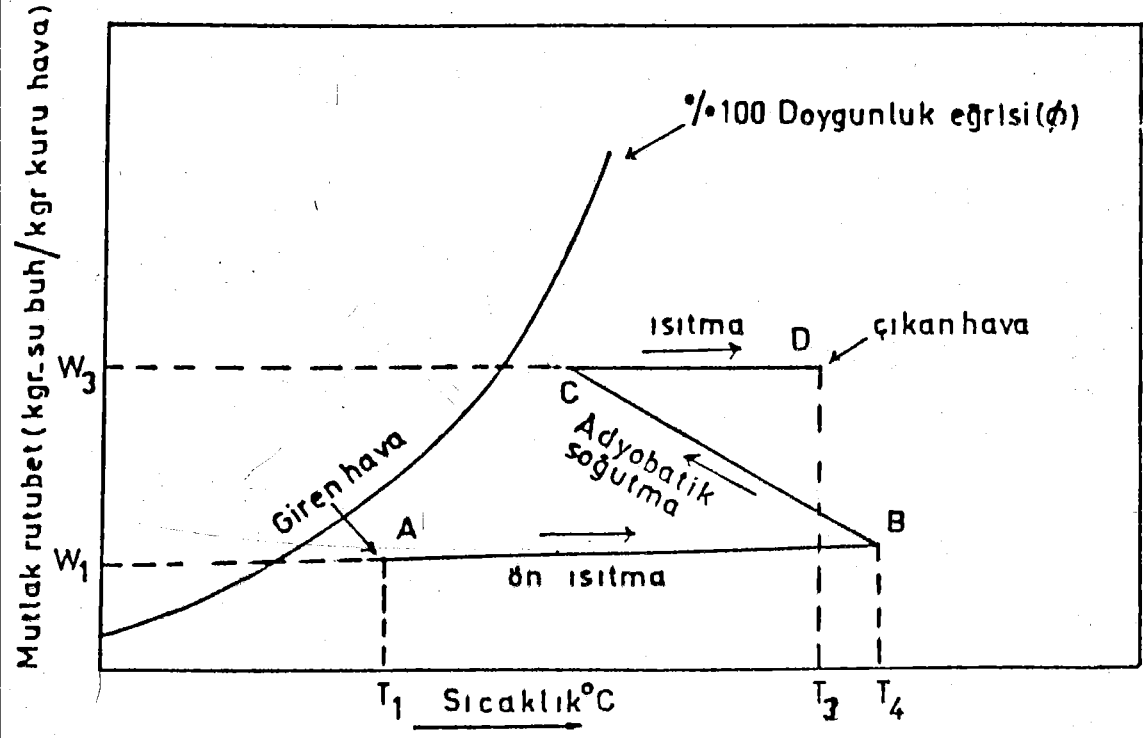


Şekil 2.6. Psikrometrik diyagramın kullanılılışını gösteren açıklama

Şekil 2.6'da A noktası kuru termometre sıcaklığı  $T_1$  ve rutubeti  $W_1$  olan havanın giriş durumunu göstermektedir. Bu durumdaki havanın, kuru termometre sıcaklığı  $T_3$  ve rutubeti  $W_3$  olacak şekilde (D noktası) bir değişmeye uğratılması istenilmiş olsun.

A noktasında bulunan hava önce bir ön ısıtıcıda  $T_{c1}$  sıcaklığına kadar ısıtılır, sonra adliabatik soğutma doğrusunu

takiben istenilen rutubet elde oluncaya kadar soğutulur. Daha önce yapıldığı gibi tekrar ısıtılır. Bütün bu işlemler şekil 2.6'da gösterilmiştir (4).



Şekil 2.7. Kurutma operasyonunda hava rutubetinin ve sıcaklığının değişimi

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. DENEY CİHAZININ TANITIMI

Deneysel çalışmalarda kullanılan cihaz, 250x50x50 cm. boyutlarında galveniz sactan yapılmış bir tünel kurutucusudur. Şekil 3.3 ve Şekil 3.3'de gösterilmiş olan bu cihaz şu ünitelerden oluşmaktadır.

##### A) Damper Ünitesi

Çevre sıcaklığı ve basıncında bulunan havanın tünel kurutucusuna beslendiği yerde bir adet damper ünitesi bulunmaktadır. Bu ünite kurutucuya giren taze hava hızını ayarlamak amacıyla kullanılır. Damper 30 x 10 cm<sup>2</sup> kesitinde dikdörtgen şeklinde küçük kapakçıklardan yapılmıştır. Bu kapakçıklar, damperin sağ alt kısmında bulunan bir kol vasıtasıyla istendiği zaman açılıp kapanabilmektedir. Kapakçıkların bu şekil ayarlanmasıyla istenilen hava hızı elde edilir.

##### B) Filtre Ünitesi

Filtre Ünitesi, içerisine cam yünü doldurulmuş 10x50x50 cm. boyutlarında bir adet çerçeveden yapılmıştır. Bu filtre havanın temizlenmesi amacıyla kullanılır. Filtre Ünitesi, damper Ünitesi ile ısıtma Ünitesi arasındadır.

##### C) Isıtma Ünitesi

Isıtma Ünitesi, istendiği zaman devreye sokulabilen ve her biri 700 Watt gücünde olan 7 adet kanatlı ısıtıcılardan oluşmaktadır.

Bu kanatlı ısıtıcılardan bir veya birkaçı devreye sokularak hava sıcaklığını istenilen sıcaklığa getirmek için kulla-

nılır. Ayrıca kanatlı ısıtıcılar havanın ısıtma ünitesi içinde homojen olarak dağılmasını sağlar.

#### D) Kurutma Odası

Kurutma odası, içerisinde çekirdeksiz yaş üzümün kurutulduğu yerdir. Çekirdeksiz yaş üzümler, altı elek biçiminde olan bir kutu içine yerleştirilir ve ısınmış hava alttan girerek üstten çıkar. Neticede üzümün kuruması sağlanır.

#### E) Kuru Termometreler

Kurutma prosesinde üç adet kuru termometre kullanılmıştır. Bu termometrelerden birincisi, kurutucuya girişteki hava sıcaklığını ölçmek için damper ünitesi ile filtre ünitesi arasında bulunmaktadır. İkincisi kurutma odası arasına koyulmuştur. Üçüncüsü ise, kurutma operasyonu yapıldıktan sonraki hava sıcaklığını ölçmek için kurutma odası ile fan arasına yerleştirilmiştir.

#### F) Yaş Termometreler

Yaş termometreler, kuru termometre ölçümleri alınan yerlere paralel olarak yerleştirilir ve bu bölümlerden geçen havanın yaş termometre sıcaklıklarını ölçmek için kullanılır. Bu termometreler, kuru termometrelerin uçlarına ıslak pamuk sarılmasıyla hazırlanırlar ve ölçümler sabit sıcaklıkta alınır.

#### G) Fan

Fan, 3000 d/dak ile çalışır ve kurutucunun arka kısmına monte edilmiştir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi fan taze havayı damper ünitesinin bulunduğu yerden emer. Bu hava tünel kurutucusunun içerisinden geçtikten sonra fanın bulunduğu yenden cihazı terkeder.

Ayrıca kurutma odası ile fan arasında, deney cihazının her iki tarafına 10 mm çapında hava delikleri delinmiştir. Bu hava delikleri üzümlerin aşırı hava akımına maruz kalmasını önler. Fan vasıtasıyla kurutucu içerisine emilen havanın bir kısmı bu hava deliklerinden alınarak kurutma odasına aşırı hava gidişi önlenmiş olur.

### 3.2. DENEY CİHAZININ ÇALIŞMA PRENSİBİ

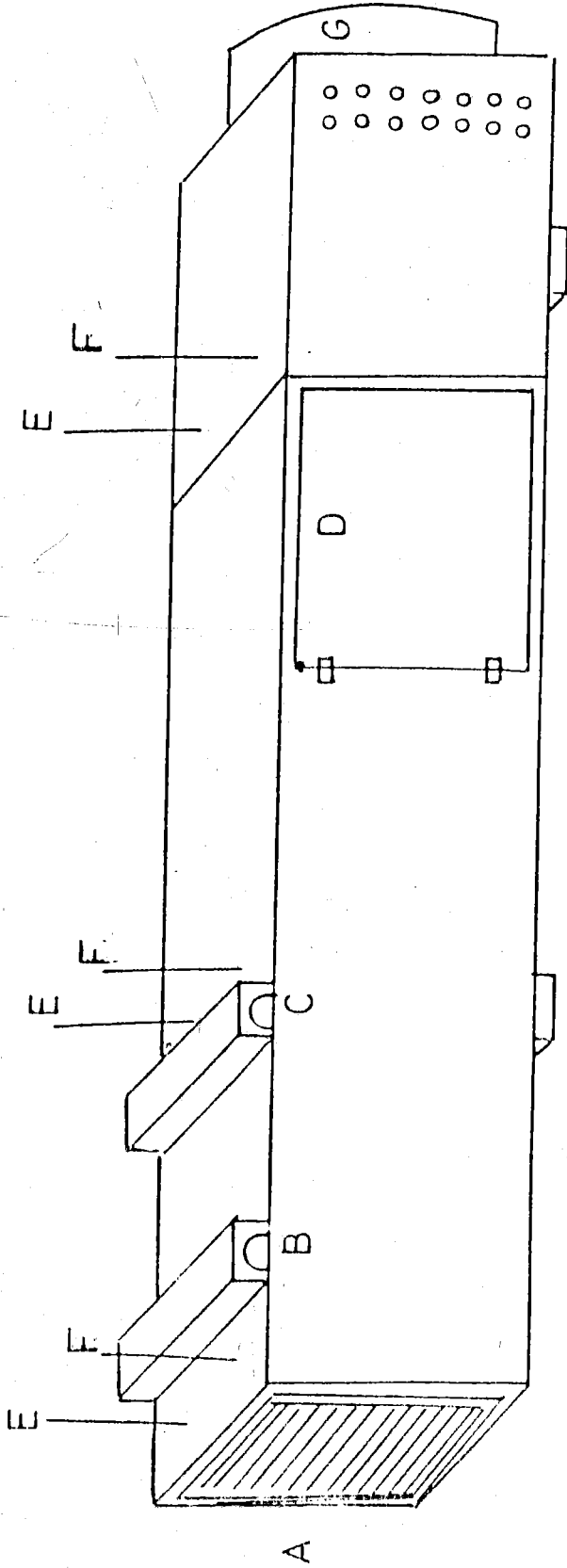
Kurutucu ortam olarak kullanılan hava, deney cihazına fan vasıtasıyla emilir. Hava hızı, kurutucunun ön kısmında bulunan damper ünitesi vasıtasıyla ayarlanır. Sonra hava filtre ünitesinden geçerek temizlenir. Temizlenen havanın kuru ve yaş termometre sıcaklıklarını değiştirmek, kurutucu içerisinde homojen olarak dağılımını sağlamak için istendiği zaman teker teker devreye sokulabilen kanatlı ısıtıcılar kullanılır. Daha sonra, belli bir hıza sahip olan hava, şartlandırılmış olarak kurutma odasına gönderilir. Kurutma odasında çekirdeksiz yaş üzümlerin kurutulması sağlanır ve hava, tünel kurutucusunu fanın bulunduğu yerden terkeder.

### 3.3. KULLANILAN MADDELER

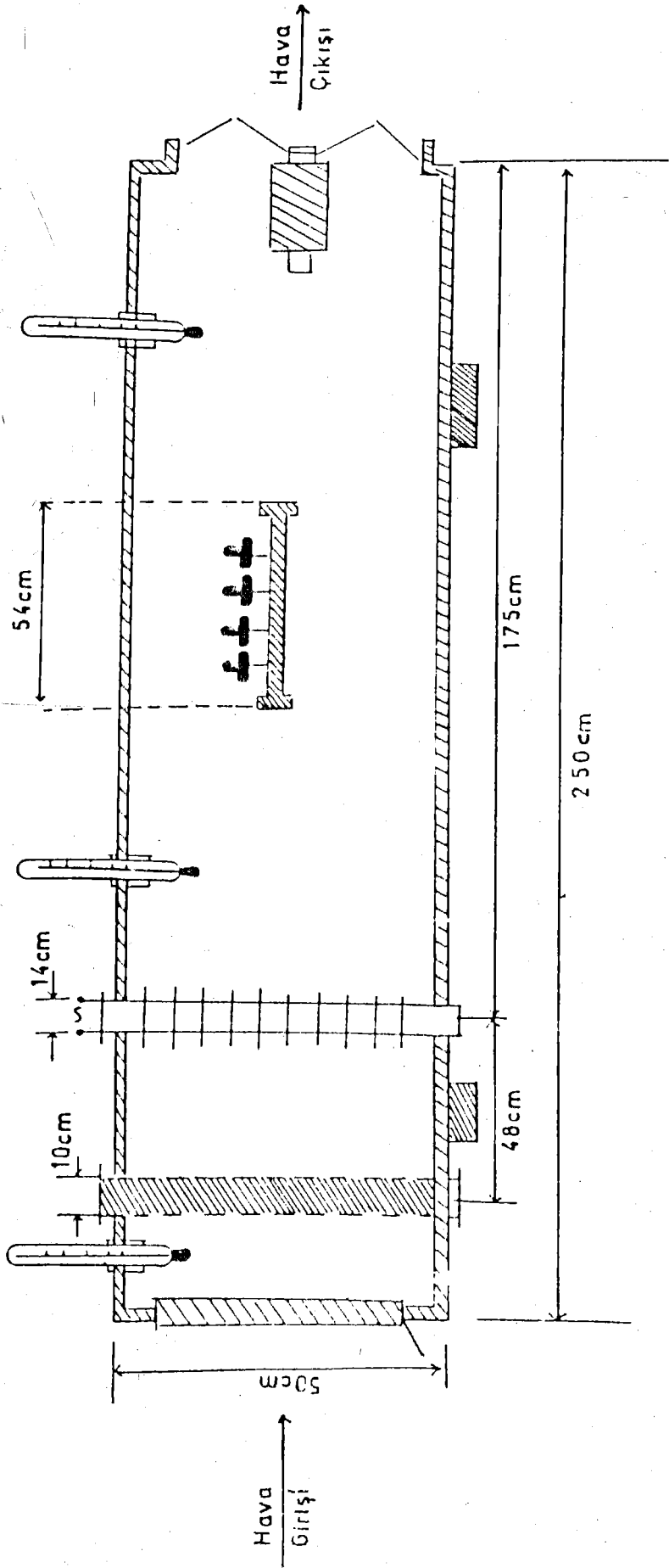
Bu çalışmada, çekirdeksiz yaş üzümlerin daha çabuk kurumasını sağlayan fakat üzümün kalitesine zarar vermeyen oleik asit, zeytin yağı, sodyum karbonat, potasyum karbonat gibi çözeltiler kullanılmıştır.

### 3.4. KULLANILAN MADDELERİN HAZIRLANIŞI

Çekirdeksiz yaş üzümler, yapılacak deneye göre, hazırlanan



Şekil 3.1. Deneysel cihaz



Şekil 3.2. Deneysel cihazı

çözelti banyosuna daldırıp çıkarma ile (5-10 sn) kurutmaya ön hazırlık yapılmıştır. Hazırlanan çözeltiler aşağıdaki gibidir.

- 1) %2 Oleik Asit  $P_H = 5,6$
- 2) %2 Oleik Asit-%2  $Na_2CO_3$   $P_H = 10$
- 3) %5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin yağı
- 4) %5  $K_2CO_3$
- 5) %2.5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin yağı



## DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### . İÇERİK

Yapılan bu tez çalışmasında, Manisa iline bağlı Alaşehir mesinin çekirdeksiz yaş üzümü kurutulmaya tabi tutulmuştur.

### . YÖNTEM

#### .1. Örneğin Kurumaya Hazırlanması

Özelliğine bağlı olarak ön işlemlerden geçirilen çekirdeksiz yaş üzümler, kurutma işlemlerine hazırlanmışlardır. kurutmadan önce uygulanan ön işlemler şunlardır.

- a. Hiçbir işlem uygulanmadan kurutulmuştur.
- b. %5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin Yağı çözeltisine daldırıldıktan sonra kurutulmuştur.
- c. %5  $K_2CO_3$  Çözeltisine daldırıldıktan sonra kurutulmuştur
- d. %2.5  $K_2CO_3$  - %0.5 Zeytin Yağı çözeltisine daldırıldıktan sonra kurutulmuştur.
- e. %2 Oleik Asit çözeltisine daldırıldıktan sonra kurutulmuştur.
- f. %2 Oleik Asit - %2  $Na_2CO_3$  çözeltisine daldırıldıktan sonra kurutulmuştur.

#### .2. Kuruma Hızının Saptanması

Örnekler Şekil 3.1. de gösterilen yatay hava akımlı, kurutma cihazında kurutulmuştur. Kurutma, iki farklı hava hızında yapılmıştır. Hava hızı, tünel kurutucusunda havanın beslendiği bölgede bulunan bir damper (A) (Şekil 3.1.) vasıtasıyla ayarlanmıştır. Hava akımının hızı, altı denemede 4,4 m/s, diğer dört

denemede 5,6 m/s olarak, flowmetre ile tesbit edilmiştir. Belli bir hıza getirilmiş olan hava, kanatlı ısıtıcılardan geçirilerek bağıl nemi düşürülmüştür. Bağıl nemi düşürülmüş hava, kurutma odasında (D) delikli bir kasaya yerleştirilmiş bulunan, çekirdeksiz yaş üzümün arasında konveksiyon yolu ile geçirelerek, kurutulması gerçekleştirildi. Bu kurutma işlemi sırasında, her 15-20 dakikada bir olmak üzere dışarıda bulunan bir terazide tartım alındı. Her tartım esnasında yaş ve kuru termometre sıcaklıkları okundu. Sabit tartım elde edilinceye kadar kurutma operasyonlarına devam edildi.

Kuru madde içeriği ayrıca saptanan örneklerde, kuruma süresince gözlenen ağırlık kaybının, buharlaştırılan suya eşdeğer olduğu varsayılarak su oranı ve kuruma hızı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.

$$m = \frac{X_t - (X_1)(W)}{(X_1)(W)} \quad \text{ve} \quad \frac{dW}{dt} = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

Burada,

$m$  : Su oranı,  $gH_2O/g$  kuru madde,

$\frac{dW}{dt}$  : Kuruma hızı,  $gH_2O/dak$  veya  $gH_2O/h$

$X_t$  : Herhangibir  $t$  zamanında örnek ağırlığı,

$X_1$  : Kurutulan örneğin ilk ağırlığı,

$W$  : Kuru madde oranı.

Kurumaya hazırlanan örneklerin, ilk başlangıç ağırlığı, kurutma sıcaklığı, bağıl nemi, kurutma süresi, uygulanan ön işlemler ve hızı Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Üzümlerin kuruma özellikleri

Ürün Adı ve ağırlığı	Kurutma Sıcaklığı (°C)	Kurutma Süresi (dak)	Bağıl Nem	Ön İşlemler	Hız m/s
Üzüm (995 gr)	41-62	1470	% 10-20	a	4,4
Üzüm (1000gr)	47-63	1635	% 9-20	b	4,4
Üzüm (1000gr)	41,5-67	1995	% 9-20	c	4,4
Üzüm (1000gr)	40-68	2805	% 9-20	d	4,4
Üzüm (1000gr)	46-65,5	1875	% 9-20	a	5,6
Üzüm (1000gr)	57-68	1890	% 5-15	b	5,6
Üzüm (825gr)	51-55	1650	% 7-10	c	5,6
Üzüm (1000gr)	51-67	1875	% 7-15	d	5,6
Üzüm (975gr)	48-69	945	% 4-10	e	4,4
Üzüm (1388gr)	46,5-65	2180	% 3-10	f	4,4

- a) % 5  $K_2CO_3$  - % 0.5 Zeytin Yağı çözeltisine daldırılmış.  
b) % 5  $K_2CO_3$  çözeltisine daldırılmış.  
c) % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 zeytin yağı çözeltisine daldırılmış  
d) Hiçbir işlem uygulanmamış  
e) % 2 Oleik asit çözeltisine daldırılmış  
f) % 2 Oleik asit- % 2  $Na_2CO_3$  çözeltisine daldırılmış

Gıda maddelerinin kurutulmasında kurutma hızını ve kurumuş üzüm yüzey kalitesini artırmak için bazı ön işlemler yapılır (14). Örneğin, zeytin yağı içine daldırılmış üzümün dış yüzeyi, kurutma prosesi sırasında gözeneklerini koruyarak difüzyonal kütle transferinin direncini azaltır. Sonuçta kütle transfer hızı artar, fakat kurumuş üzüm yüzeyinde istenen sarı renk yerine lekeli yüzeyler oluşur. Yüzey kalitesini iyileştirmek için tablo 4.1'de verilen ve insan sağlığına zarar vermeyen karbonat türü katkı maddeleri kullanılmıştır.

#### 4.3. GRAFİKLER

10 değişik işleme muamele edilen çekirdeksiz yaş üzümle-  
rin her biri için kuruma ve kuruma hızı eğrileri çıkarılmıştır.

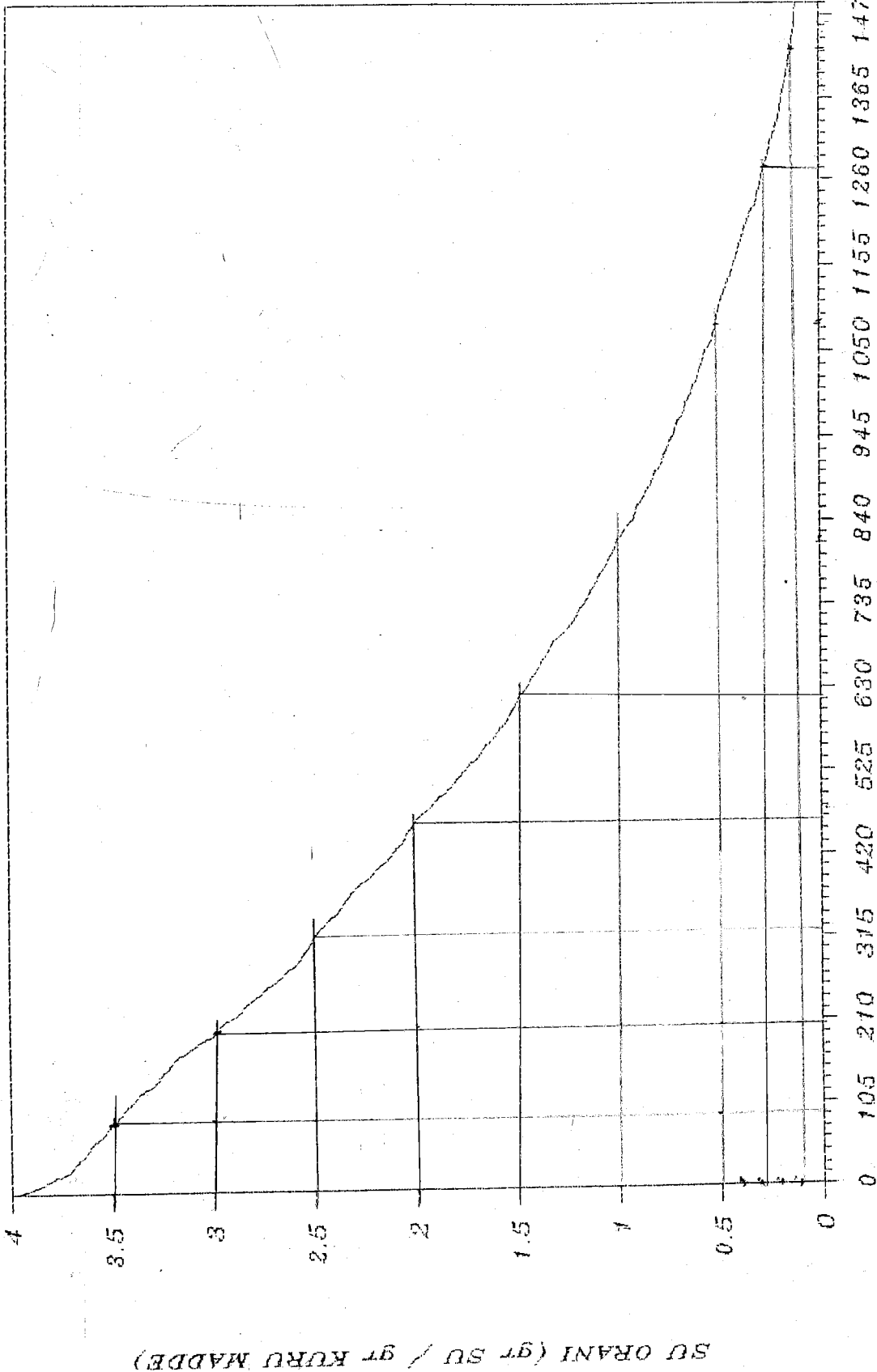
##### 4.3.1. Kuruma Eğrilerinin Saptanması

Çekirdeksiz yaş üzümde, su oranının zamanla nasıl değiştiğini, su oranı ile zaman arasında çizilen eğriler göstermektedir.

##### 4.3.2. Kuruma Hızı Eğrilerinin Saptanması

Çekirdeksiz yaş üzümün, kurutulması esnasında sabit debi periyodundan azalan debi periyoduna geçişi ve kritik nem içeriğini incelemek amacıyla bu eğriler çizildi.

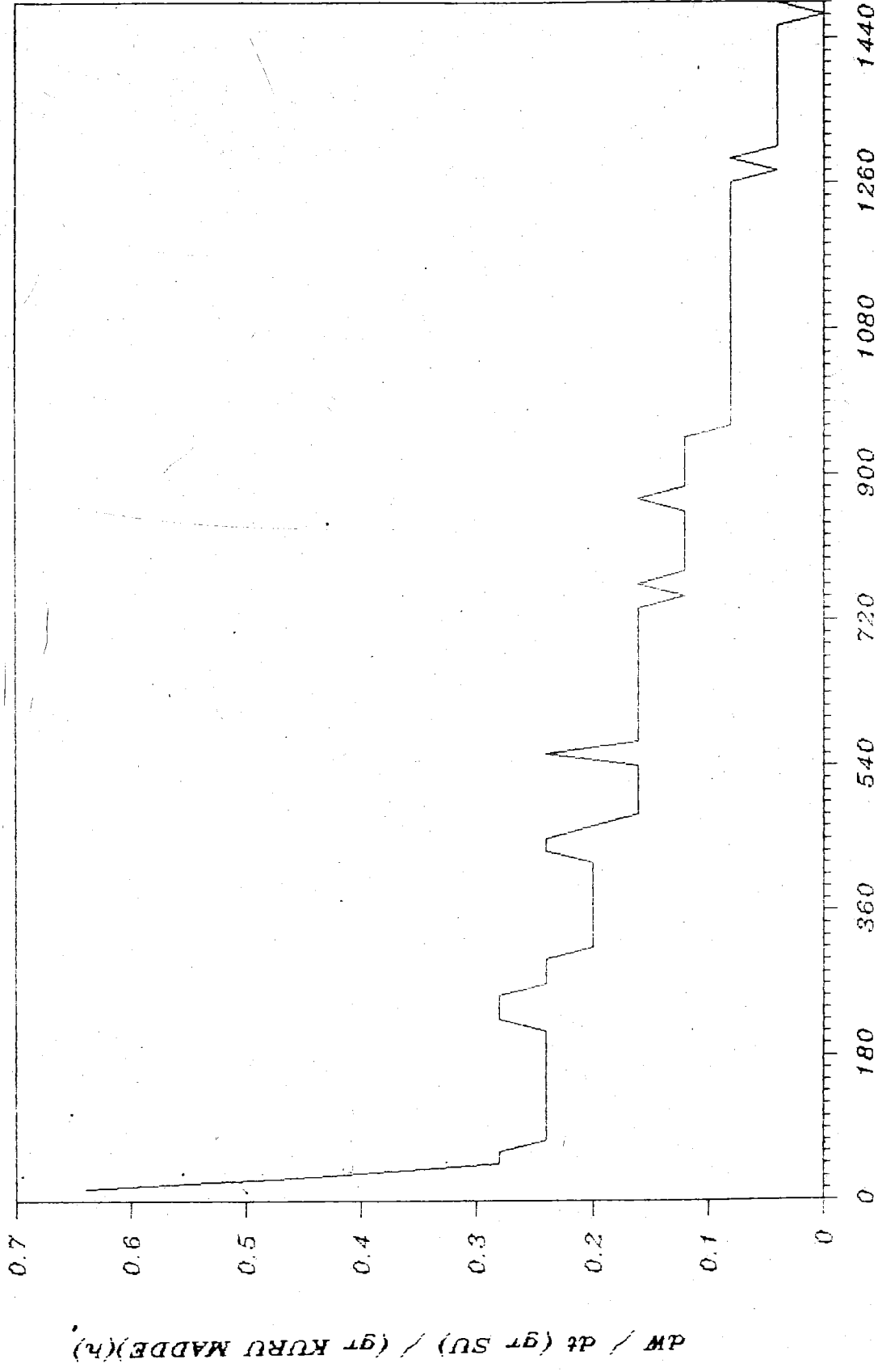
Kritik nem, sabit debi periyodunun bitim, azalan debi periyodunun başlangıç noktasıdır.



ZAMAN (dak)

Şekil 4.1.1. %5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin yağ çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma eğrisi

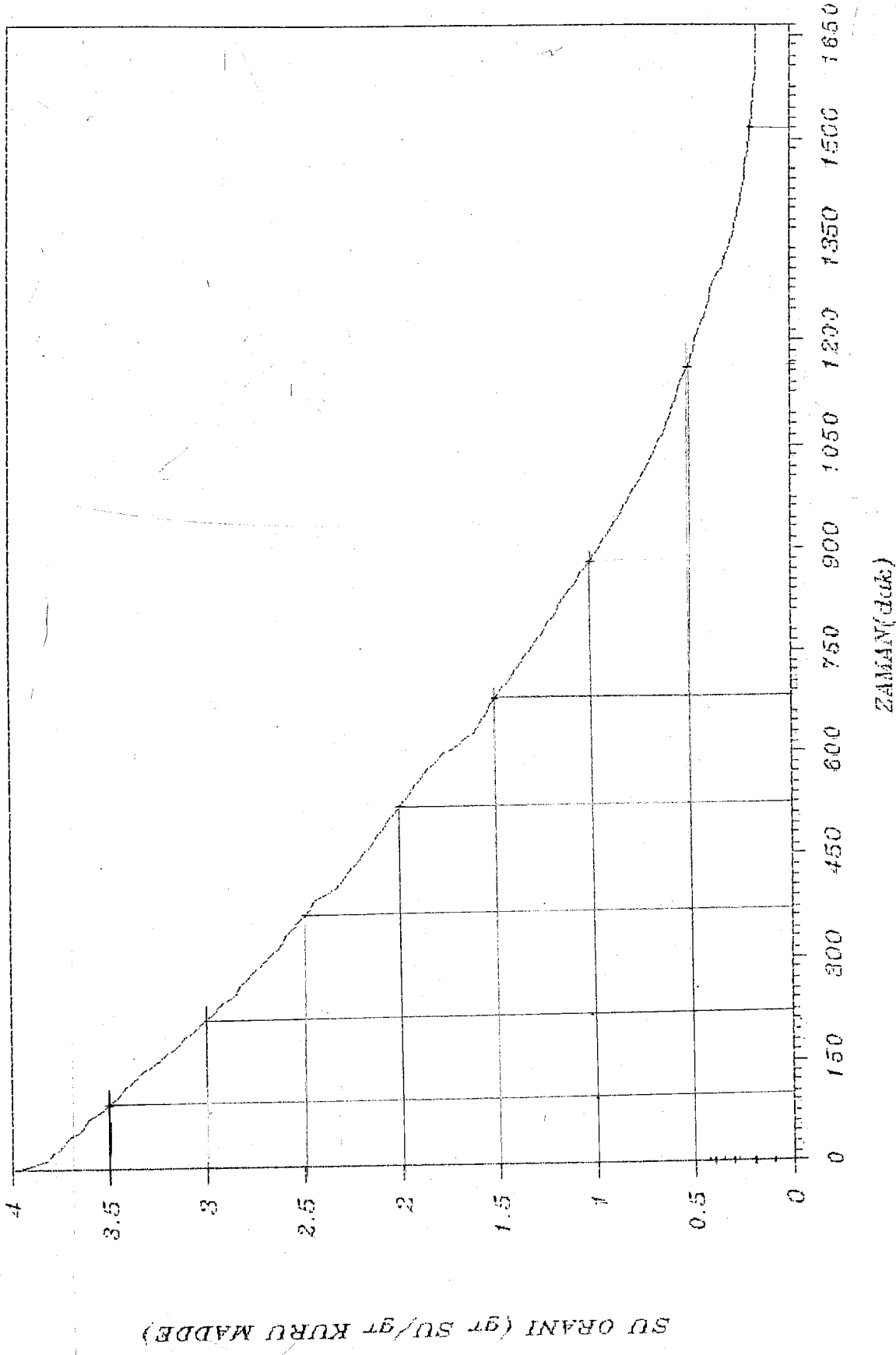
UZUMUN KURUMA HIZI EGRISI



ZAMAN (dak)

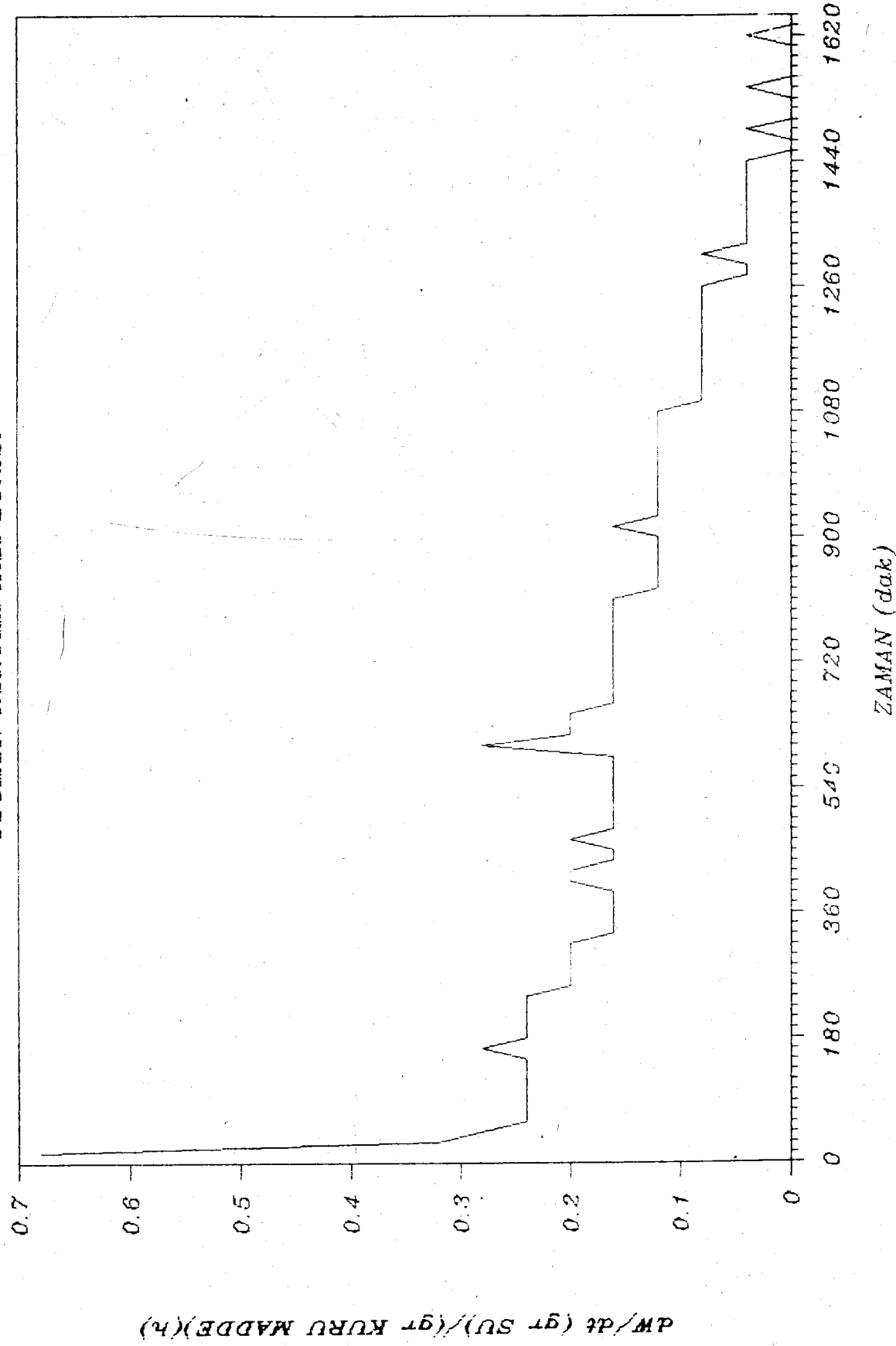
Şekil 4.1.2. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.

UZUMUN KURUMA EGRISI



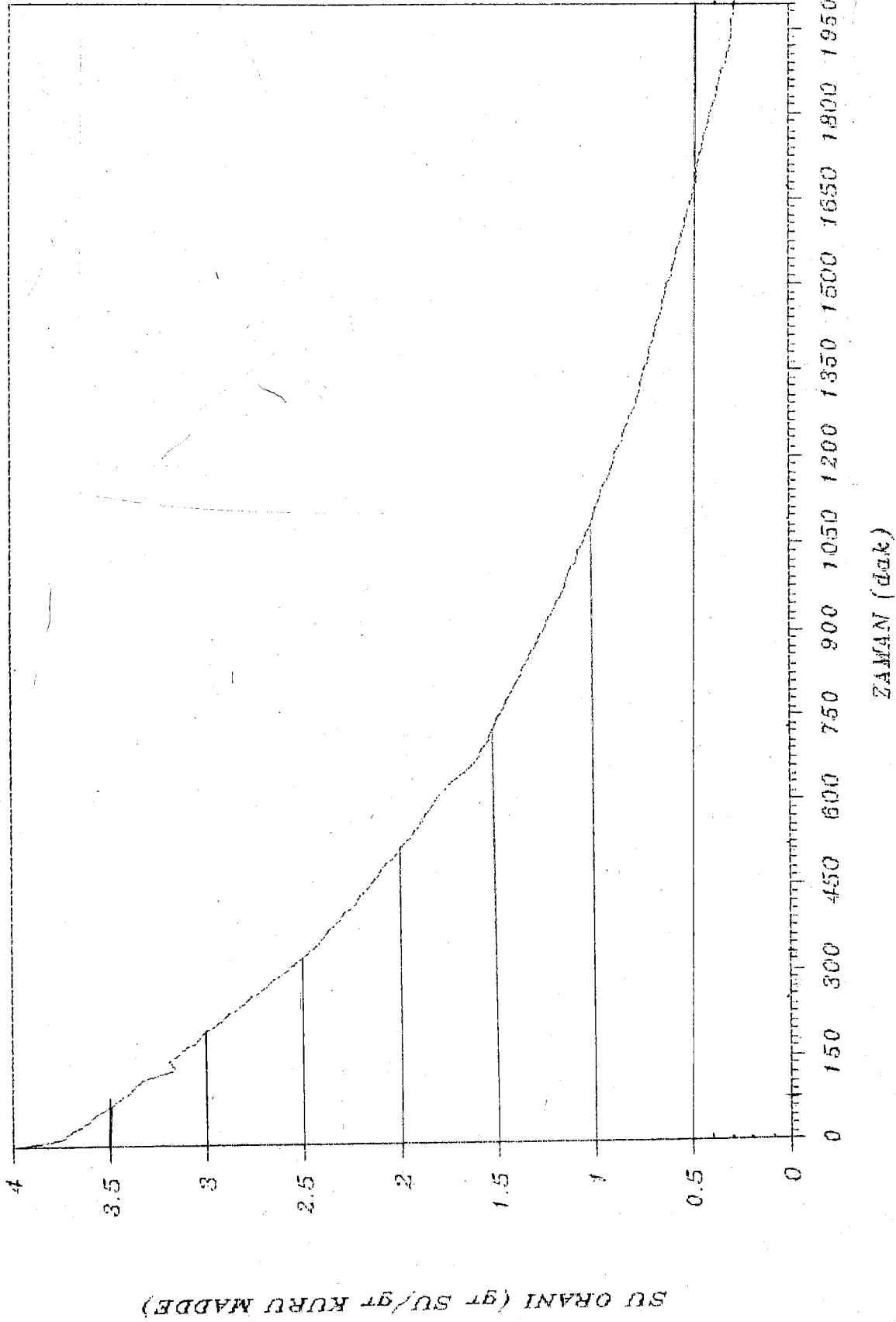
ZAMAN(dak)

Şekil 4.2.1 % 5  $K_2CO_3$  çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulmuş üzüm-lerin kuruma eğrisi.



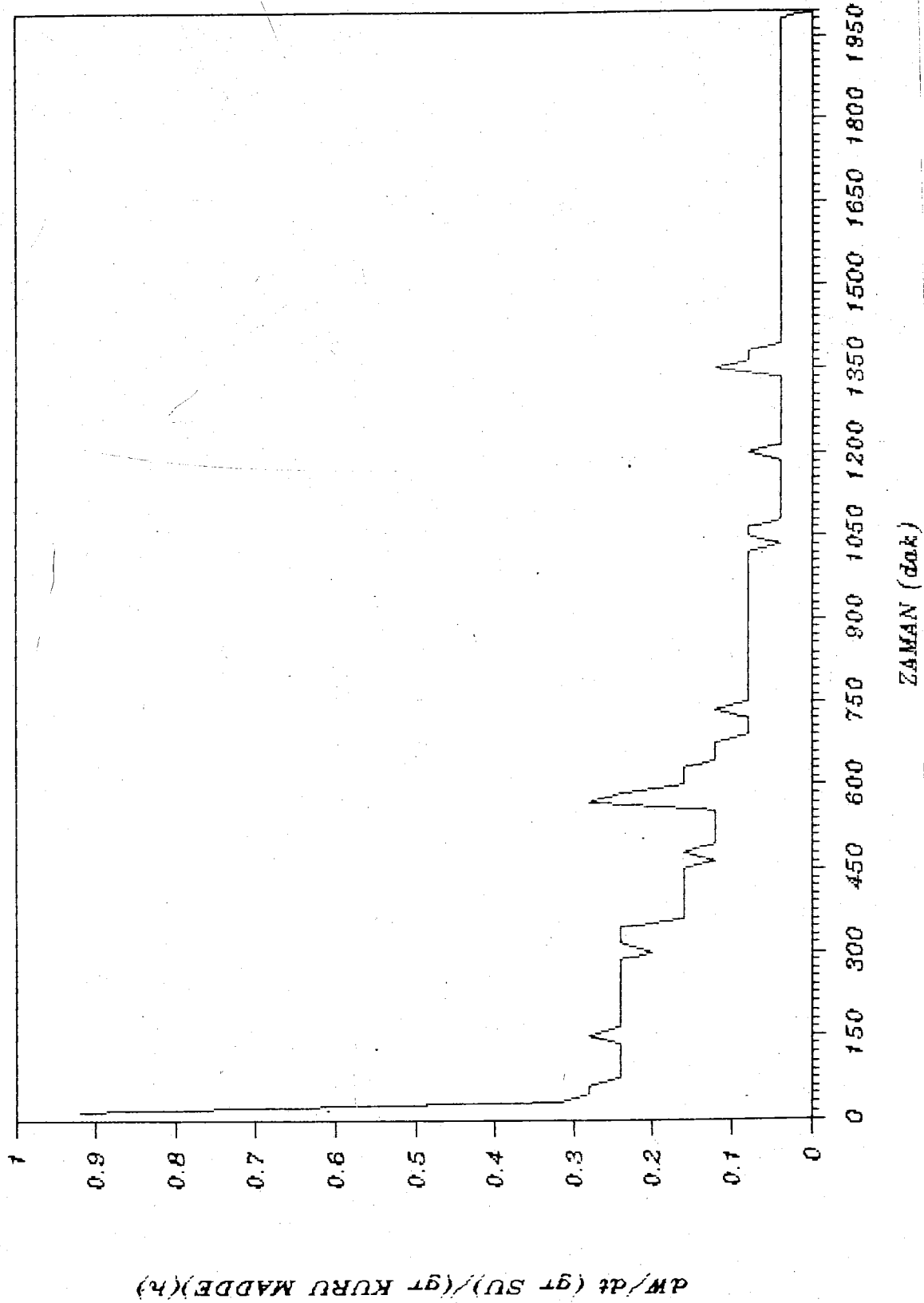
Şekil 4.2.2. % 5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> gözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzüm-lerin kuruma hızı eğrisi.





Şekil 4.3.1. % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma eğrisi.

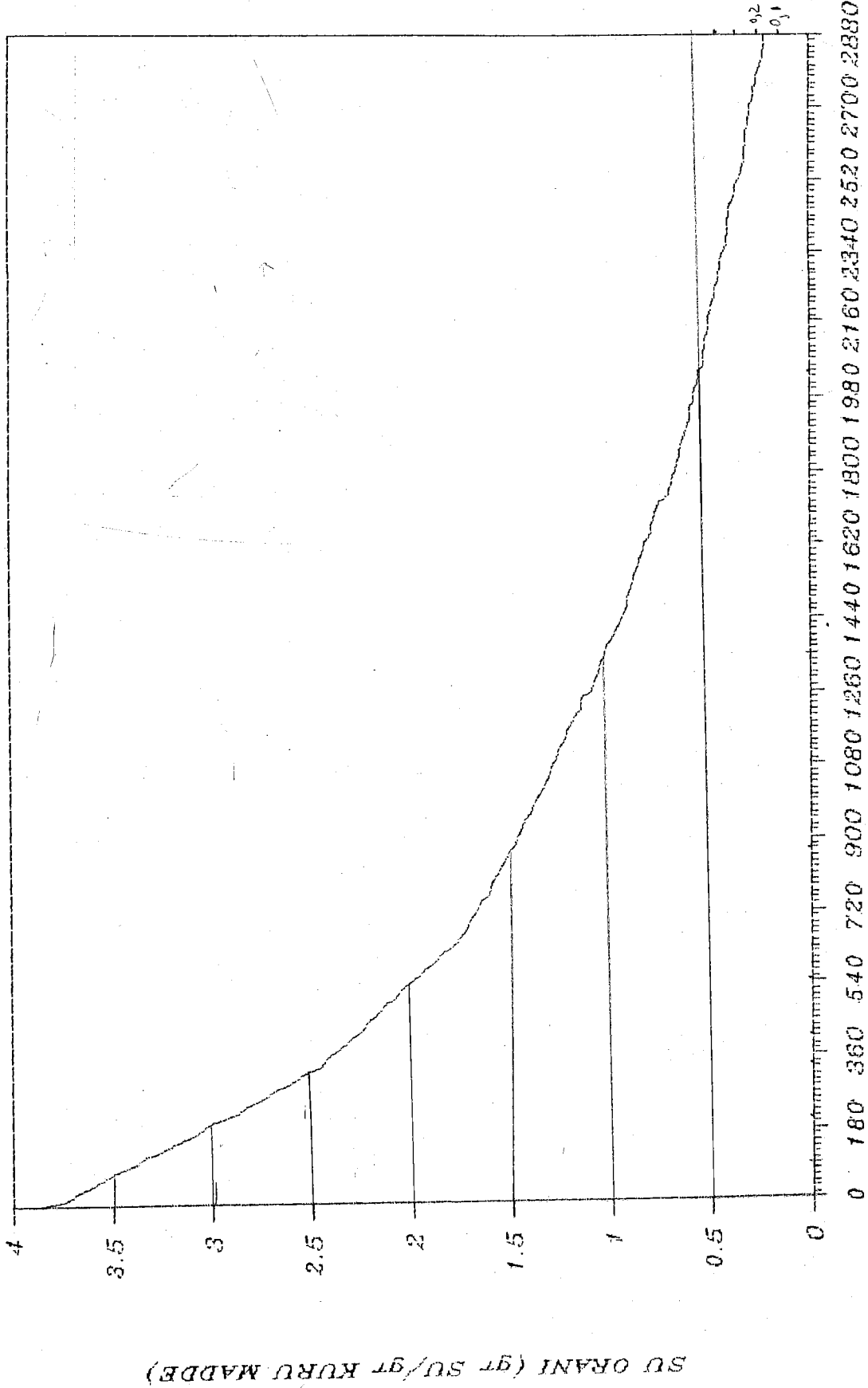
UZUMUN KURUMA HIZI EGRISI



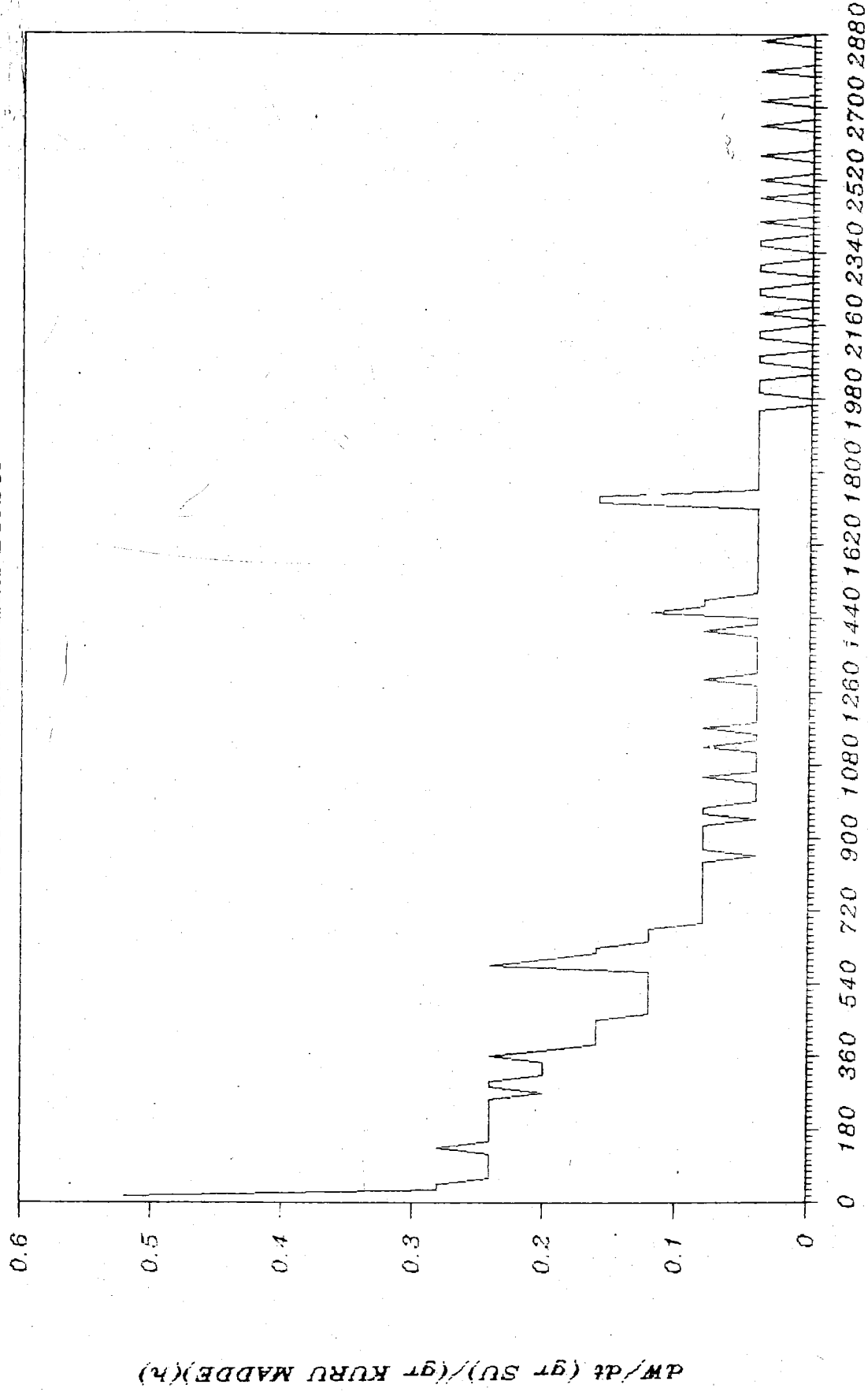
ZAMAN (dak)

Şekil 4.3.2. % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.

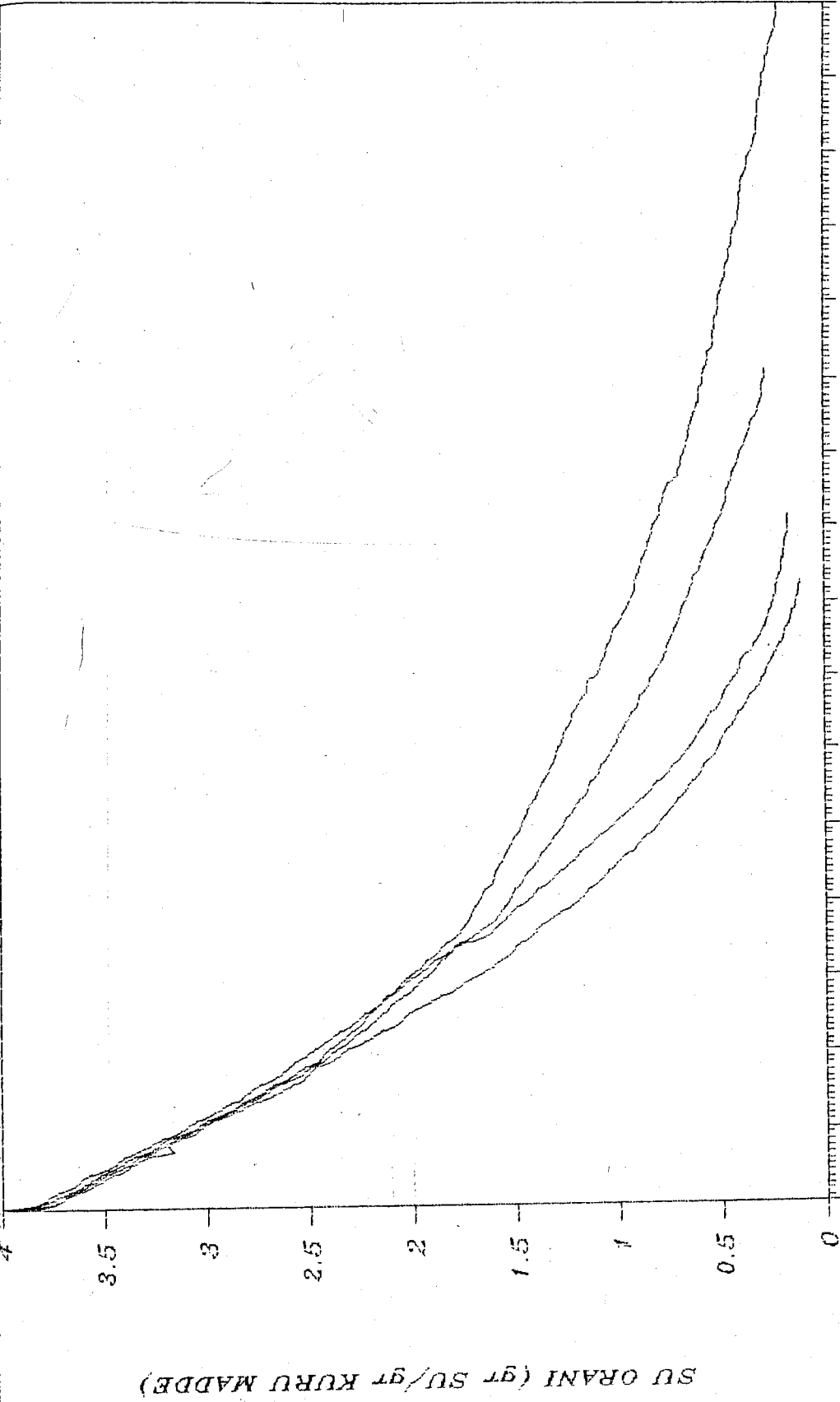
# UZUMUN KURUMA EGRISI



Şekil 4.4.1. Hiçbir işlem görmeden, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma eğrisi.



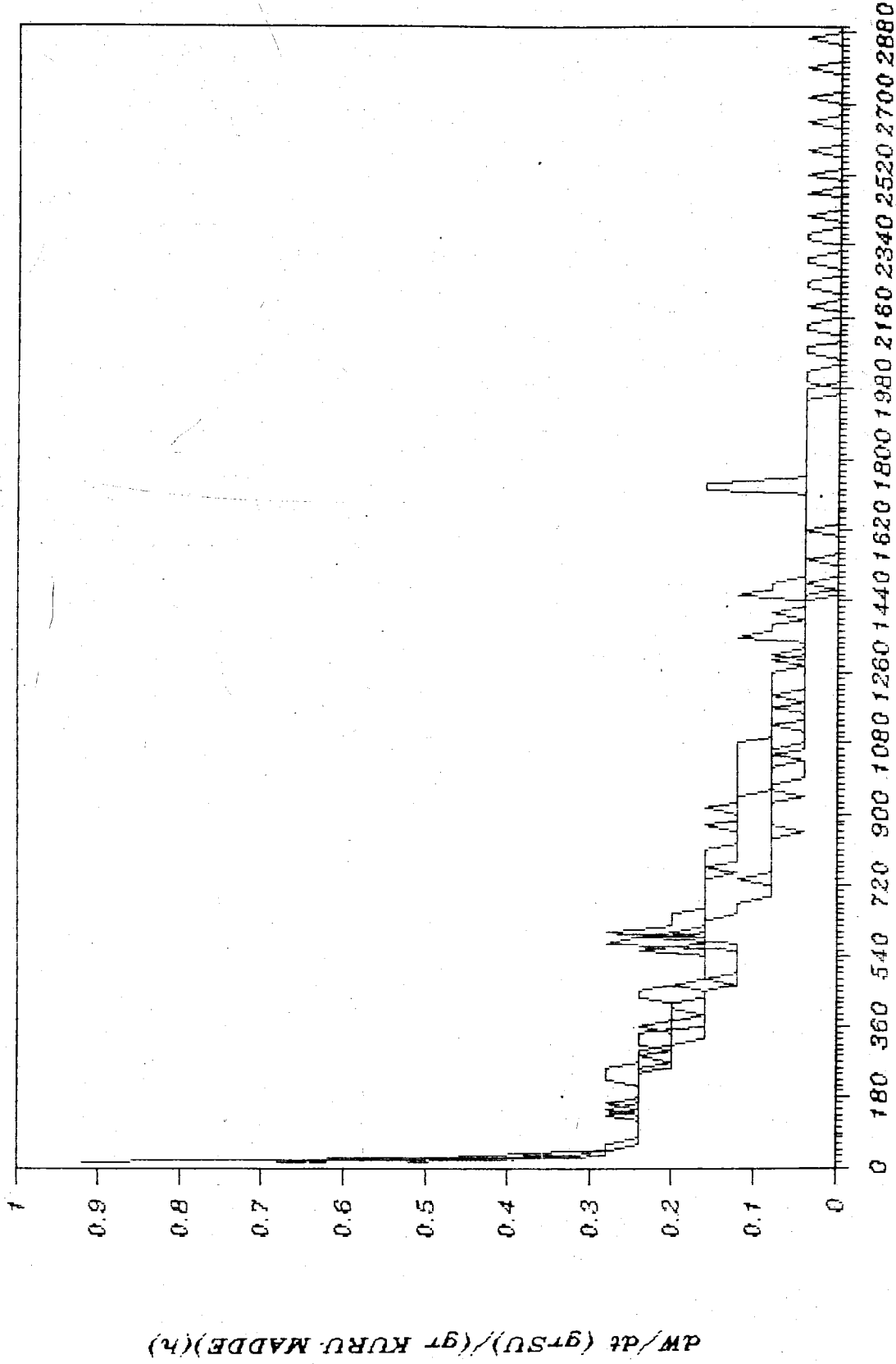
Şekil 4.4.2. Hiçbir işlem görmeden, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.



ZAMAN (dak)

Şekil 4.5.1. % 5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - % 0,5 Zeytinyağ, % 5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, % 2,5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - % 0,5 Zeytinyağ çözeltilerine daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden 4,4 m/s hava hızlarında kurutulan üzümün kuruma eğrileri.

# UZUMUN KURUMA HIZI EGRISI



ZAMAN (dak)

Şekil 4.5.2. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ, % 5  $K_2CO_3$ , % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltilerine daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden, 4,4 m/s hava hızlarında kurutulan üzümlerin kuruma hızı eğrileri.

Şekil.4.5.1 de hiçbir işlem görmemiş, % 5  $K_2CO_3$ - % 0,5 Zeytinyağı, % 5  $K_2CO_3$  , % 2,5  $K_2CO_3$ - % 0,5 Zeytinyağı çözeltilerine daldırılarak 4,4 m/sn hava hızıyla kurutulan üzümle-  
rin, kuruma eğrileri görülmektedir.

Şekil 4.5.1'de görüldüğü gibi başlangıçta birbirlerine çok yakın oranlarda su ihtiva eden üzümler, değişik zaman aralıklarında sabit tartıma ulaşmaktadırlar.

Grafiği inceleyecek olursak; 360 dakika sonunda % 2,5  $K_2CO_3$ - % 0,5 Zeytinyağa daldırılmış üzümlerin su oranınının 2,5 olmasına karşın, diğer üçünün su oranlarınının 2,4 olduğu görülmektedir. 525'nci dakika göz önüne alınırsa; hiçbir işlem görmemiş ve % 5  $K_2CO_3$  çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümlerin su oranınının 2,1 olmasına karşın, % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltilisine daldırılmış üzümün 1,9 su % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümün 1,8 su oranına ulaştığı görülmektedir. 645'nci dakikada ise % 5  $K_2CO_3$  ile % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümlerin 1,8 su oranına sahip olmalarına karşılık, hiçbir işlem yapılmadan kurutulan üzümlerin 1,9, % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağına daldırılarak kurutulan üzümlerin 1,45 su oranına sahip olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, kuruma zamanına göre 4 değişik işleme kurutulmuş üzümler incelenirse;

% 5  $K_2CO_3$ -% 0,5 Zeytin Yağ çözeltisiyle muamele edilmiş üzümler  
%5  $K_2CO_3$  çözeltisiyle muamele edilmiş üzümler  
%2,5  $K_2CO_3$ -%0,5 Zeytin Yağ çözeltisiyle muamele edilmiş üzümler  
Hiçbir işlem yapılmamış üzümler.



Kuruma zamanı artıyor.

### Kuruma Hızı Eğrileri

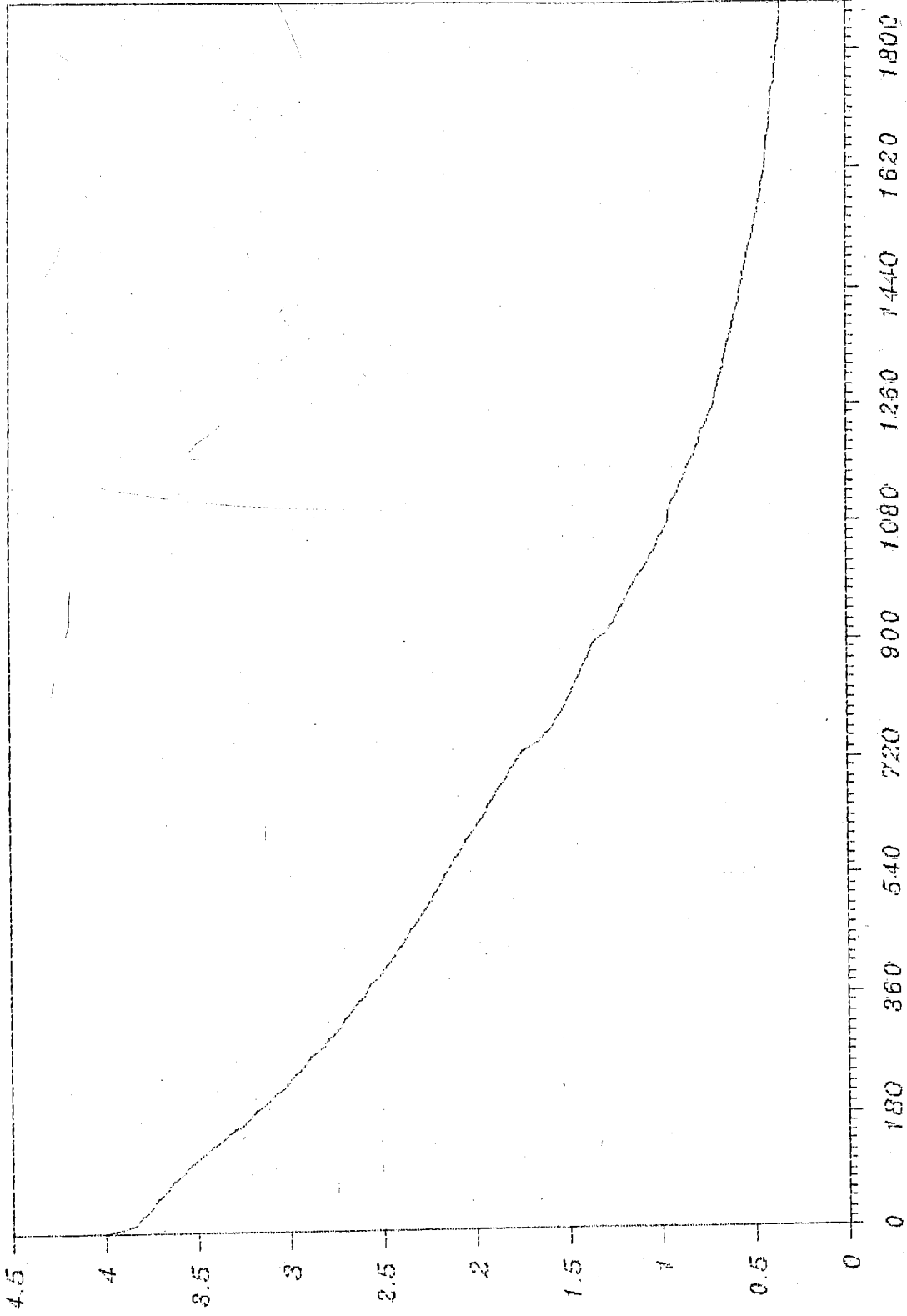
4 değişik işlemle, 4,4 m/s hava hızıyla kurutulmuş üzümle-  
rin kuruma hızı eğrileri incelendiğinde, bu işlemler sonucu ula-  
şılan kritik nem miktarları ve kurumanın başlangıcından bu noksa-  
taya kadar geçen süre tablo şeklinde gösterilmiştir.

Tablo 4.2. 4,4m/s hava hızında çalışılarak kurutulan üzüm-  
lerin deney sonuçları

İşlem Metodları	Kritik Nem ( $grH_2O/gr.k.m$ )	Süre (dakika)
%5 $K_2CO_3$ -%0.5 Zeytin Yağ çözeltisine daldırılarak kurutulmuş	2,95	210
%5 $K_2CO_3$ çözeltisine daldırılarak kurutulmuş	3,26	155
%2,5 $K_2CO_3$ -%0,5 Zeytin Yağ çözeltisine daldı- rılarak kurutulmuş	3,16	135
Hiçbir işlem yapılmamış dan kurutulmuş	3,34	120



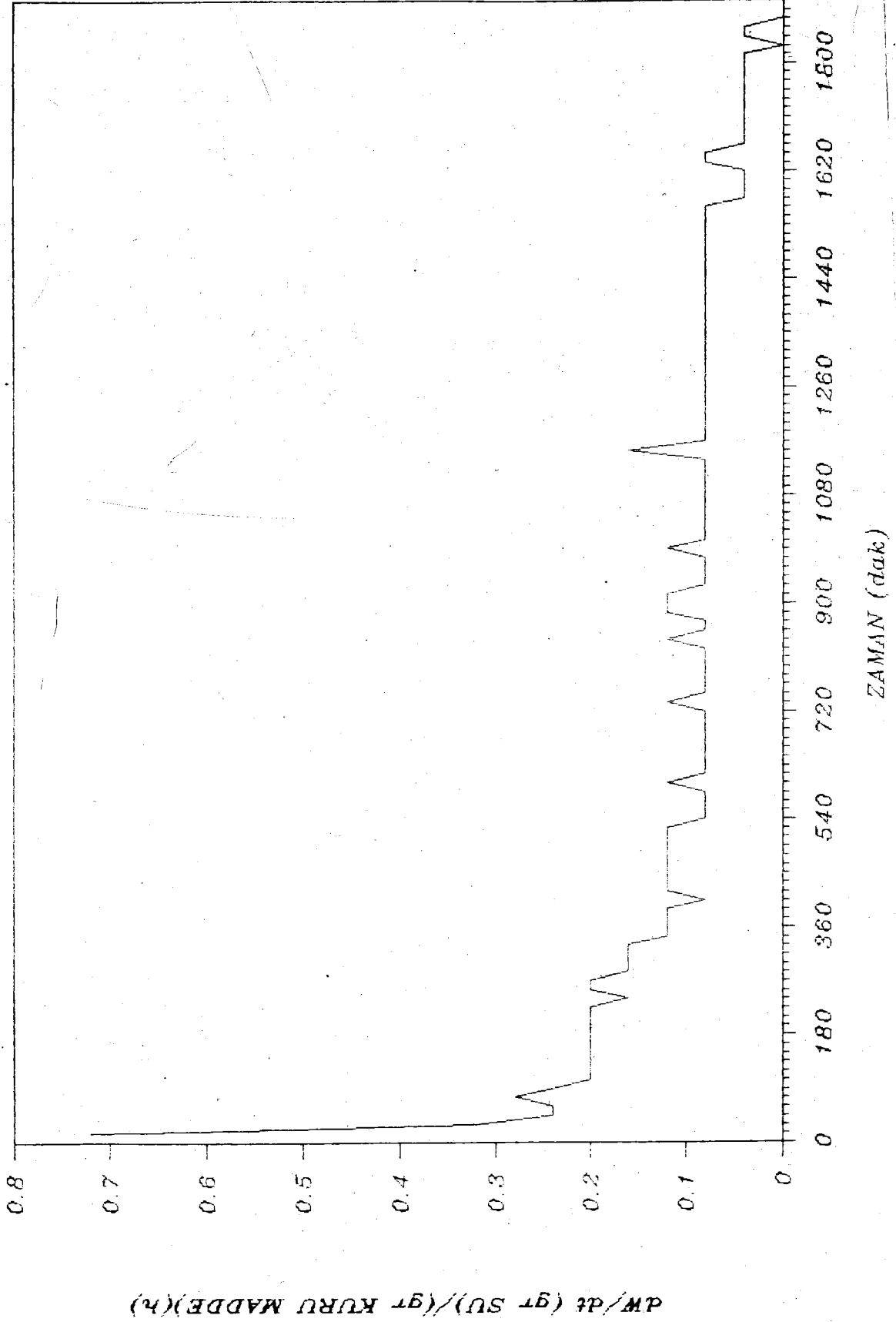
Kritik noktalardan sonra, eğriler sabit, azalan ve artan debi periyodu şeklinde devam etmektedir. Birinci azalan hız periyodu sonunda, yüzey kısmen kuruluğa ulaşmakta ve buharlaşma özümün iç kısımlarından olmaktadır. Azalan hız periyodlarında, özümünden uzaklaştırılan nem miktarı azalmaktadır. Buna karşın geçen zaman oldukça uzundur. Artan hız periyodlarında ise özümünden uzaklaştırılan nem miktarı artmaktadır. Sonuçta azalan hız periyodlarının bütün kuruma işlemi sırasında önemli bir etkisi olduğu görülmüştür.



ZAMAN (dak.)

Şekil 4.6.1. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma eğrisi.

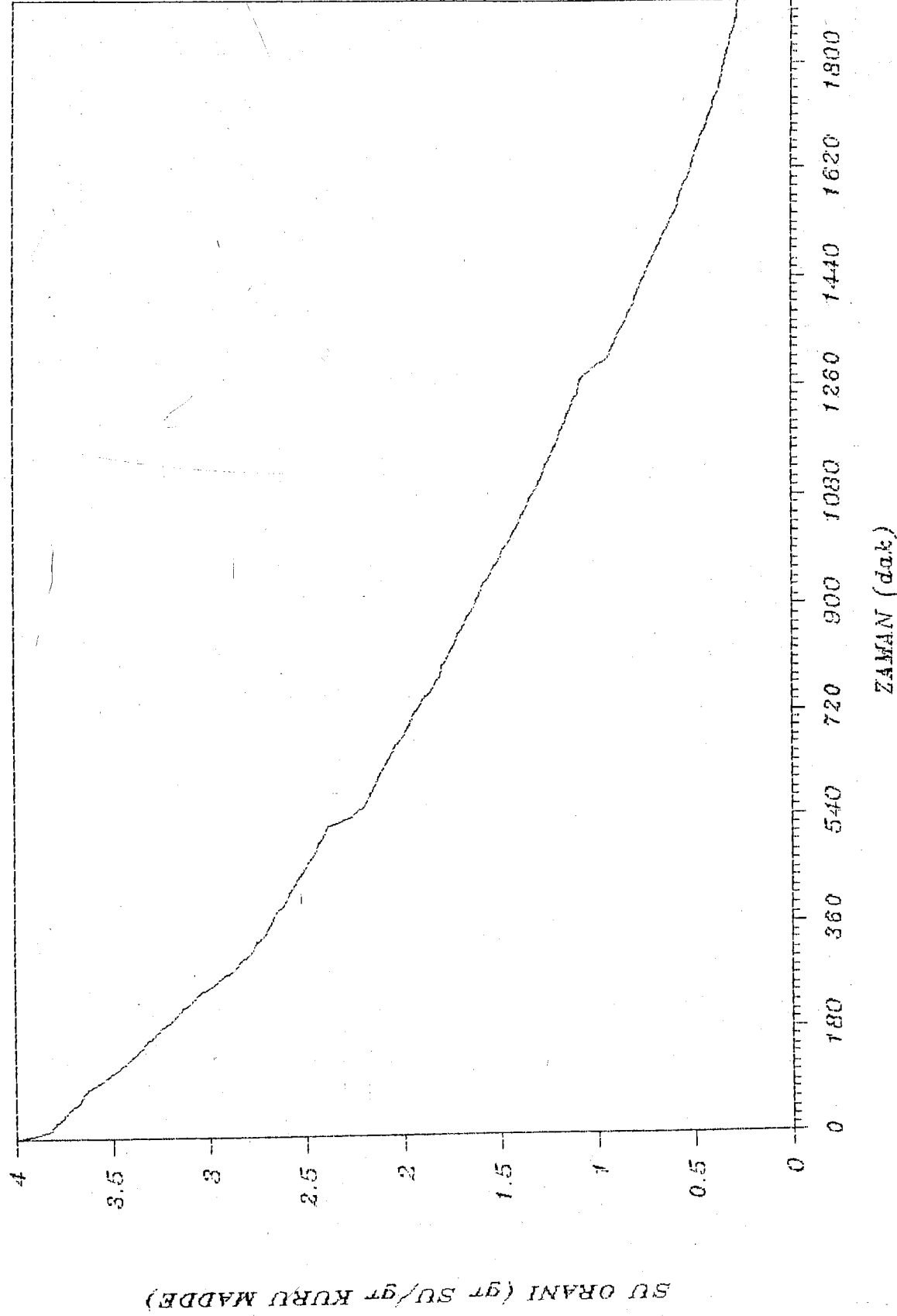
UZUMUN KURUMA HIZI EGRISI



ZAMAN (dak)

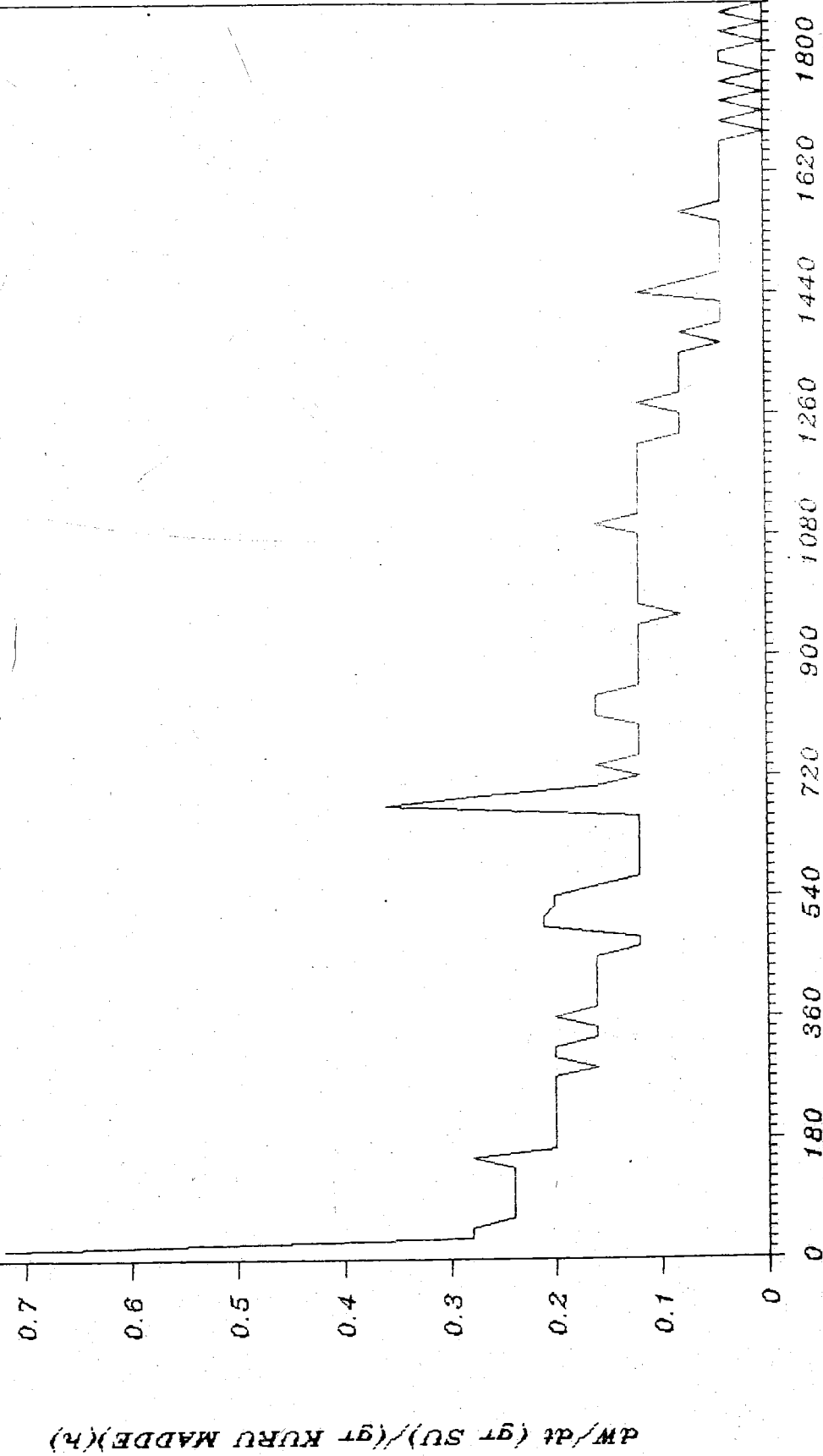
Şekil 4.6.2. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.

ÜZÜMLERİN KURUMA EĞRİSİ



ZAMAN (dak)

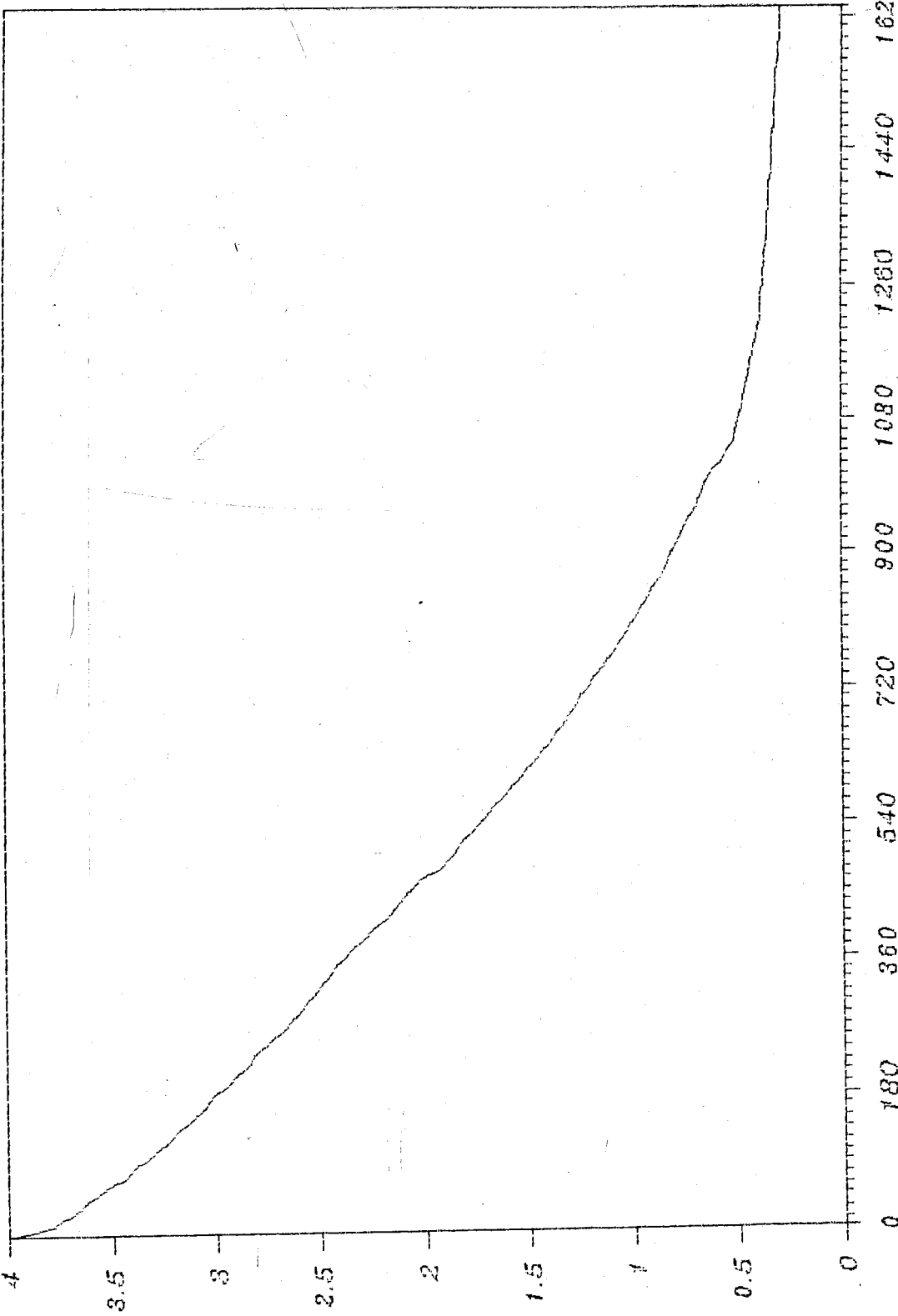
Şekil 4.7.1. : 5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma eğrisi.



ZAMAN (dak)

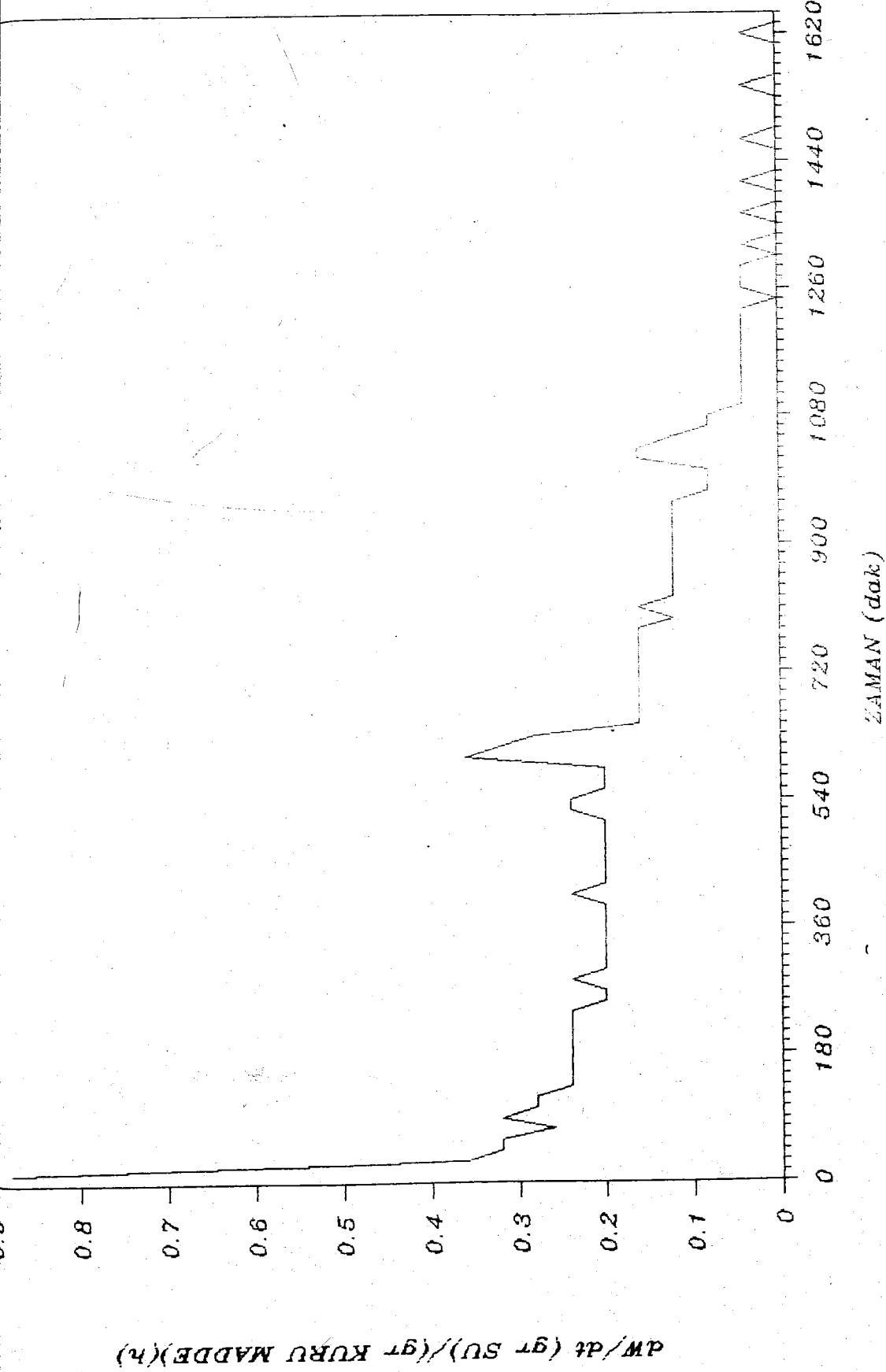
Şekil 4.7.2. % 5  $K_2CO_3$  çözeltilisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzüm-lerin kuruma hızı eğrisi.

SU ORANI (gT SU/gT KURU MADDE)



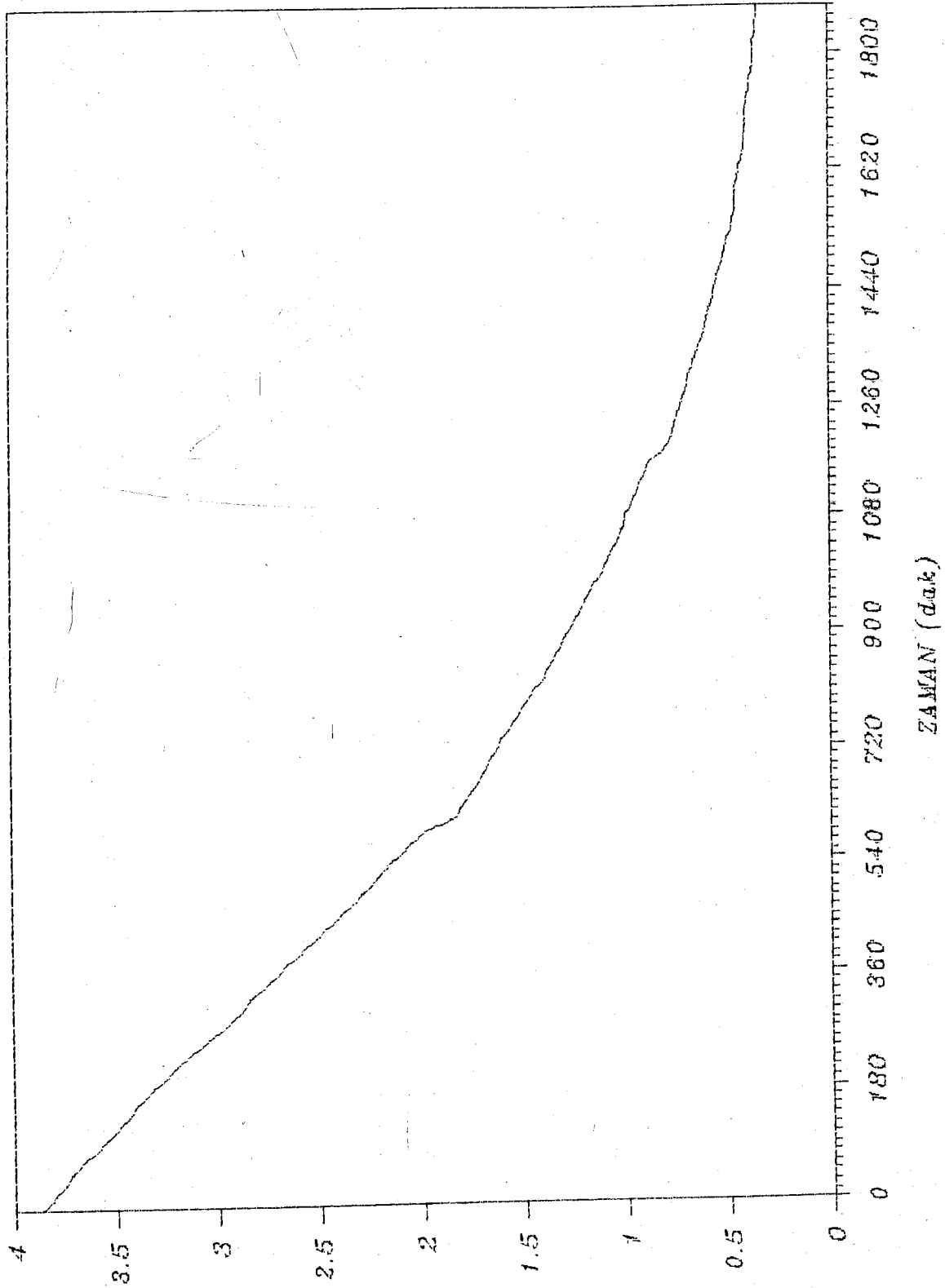
ZAMAN (dak)

Şekil 4.8.1. % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi.



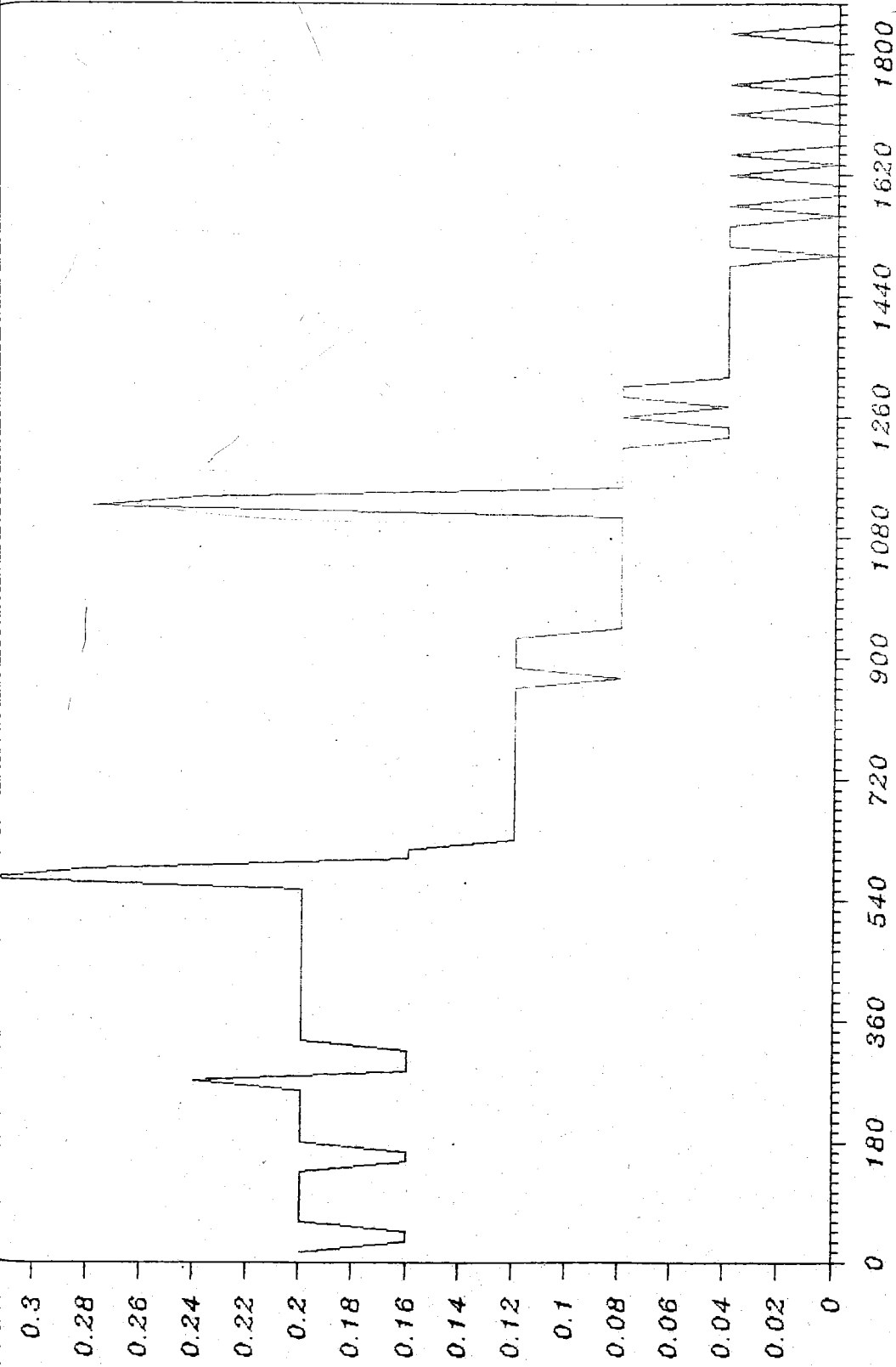
Şekil 4.8.2. % K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - % 0,5 Zeytinyağ çözeltisine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.

SU ORANI (gT SU/gT KURU MADDE)



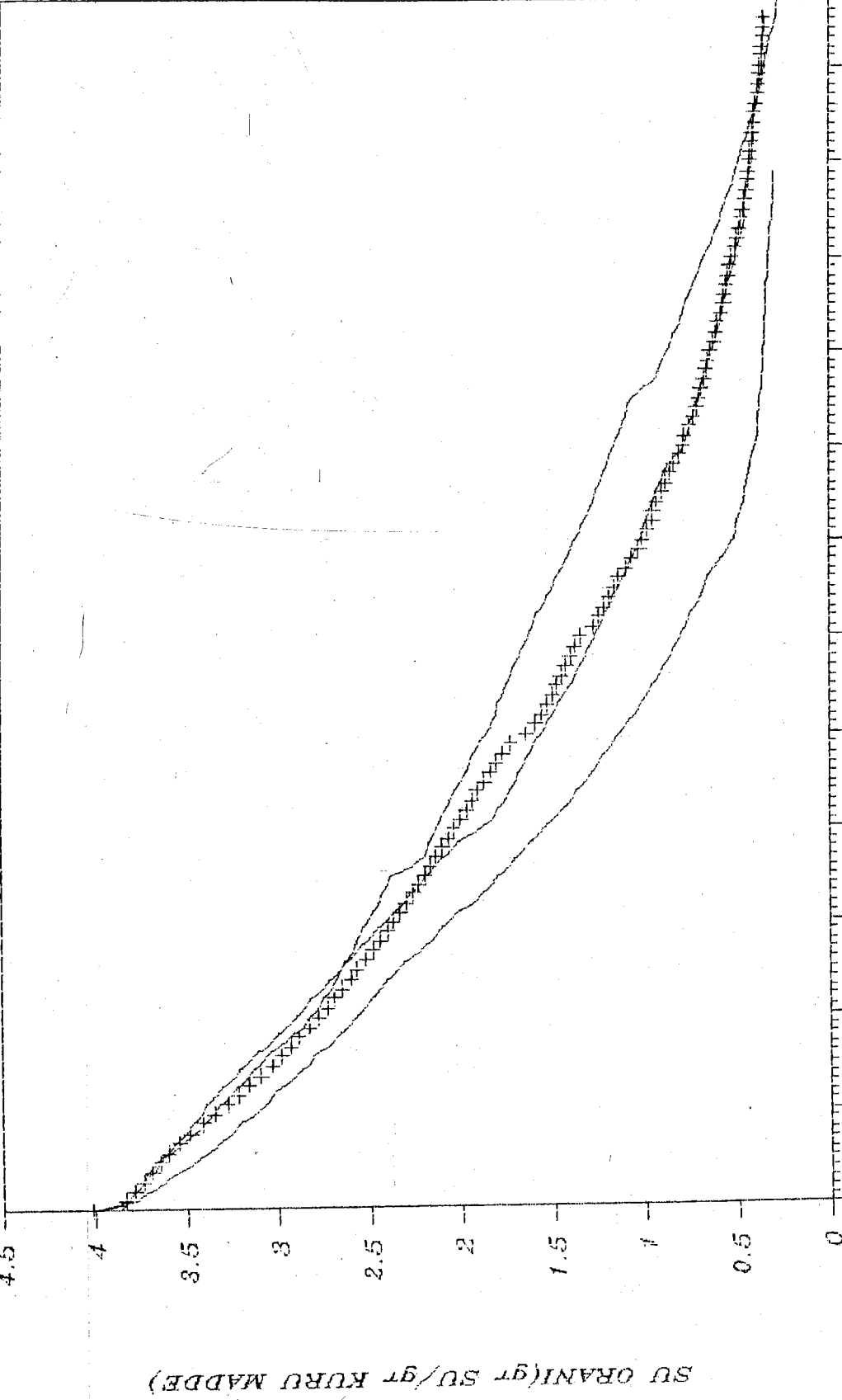
Şekil 4.9.1. Hiçbir işlem görmeden, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi.





ZAMAN (dak)

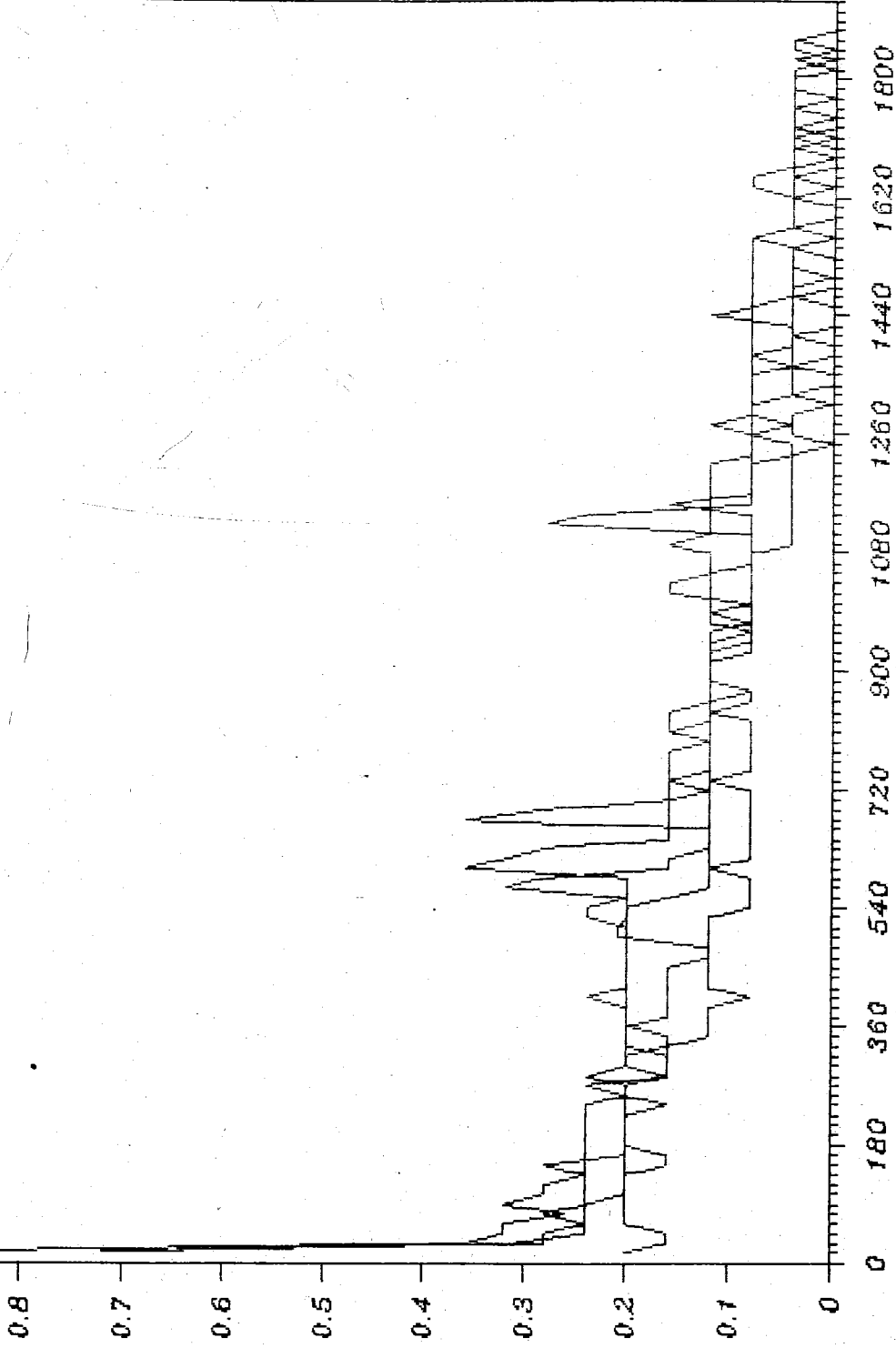
Şekil 4.9.2. Hiçbir işlem görmeden, 5,6 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.



0.00 150.00300.00450.00600.00750.00900.001050.001200.001350.001500.001650.001800.00

ZAMAN(dak.)

Şekil 4.10.1. %5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-%0,5 zeytinyağı, %5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, %2,5 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-%0,5 zeytinyağı çözeltile-  
rine daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden, 5,6 m/s hava hızlarında kurutulan üzümle-  
rin kuruma eğrileri.



ZAMAN(dak)

Şekil 4.10.2. % 5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ, % 5  $K_2CO_3$ , % 2,5  $K_2CO_3$  - % 0,5 Zeytinyağ gö-zeltilerine daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden, 5,6 m/s hava hızlarında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrileri.

Şekil 4.10.1 dehiçbir işlem görmemiş, %5  $K_2CO_3$ -%0,5 zeytin yağı %5  $K_2CO_3$  , %2,5  $K_2CO_3$  Zeytin Yağı çözeltilerine daldırılarak, 5,6 m/s hava hızıyla kurutulan üzümlerin, kuruma eğrileri görülmektedir.

Şekil 4.10.1 de görüldüğü gibi yaklaşık 1875 dakika sonra değişik işleme kurutulan üzümler sabit tartıma ulaşmaktadır. %2,5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin Yağı çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümler 1650 nci dakikada sabit tartıma ulaşmaktadır ki bunun nedeni başlangıç üzüm ağırlığının diğerlerine göre 175 gr daha az olmasıdır.

%5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin Yağı, %5  $K_2CO_3$ , çözeltilerine daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden kurutulan üzümler 480 nci dakikaya kadar birbirlerine çok yakın oranlarda su ihtiva ederken, %2,5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin Yağı çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümler diğer üçüne göre çok daha az miktarda su ihtiva etmektedirler ki bu sabit tartıma kadar devam etmektedir.

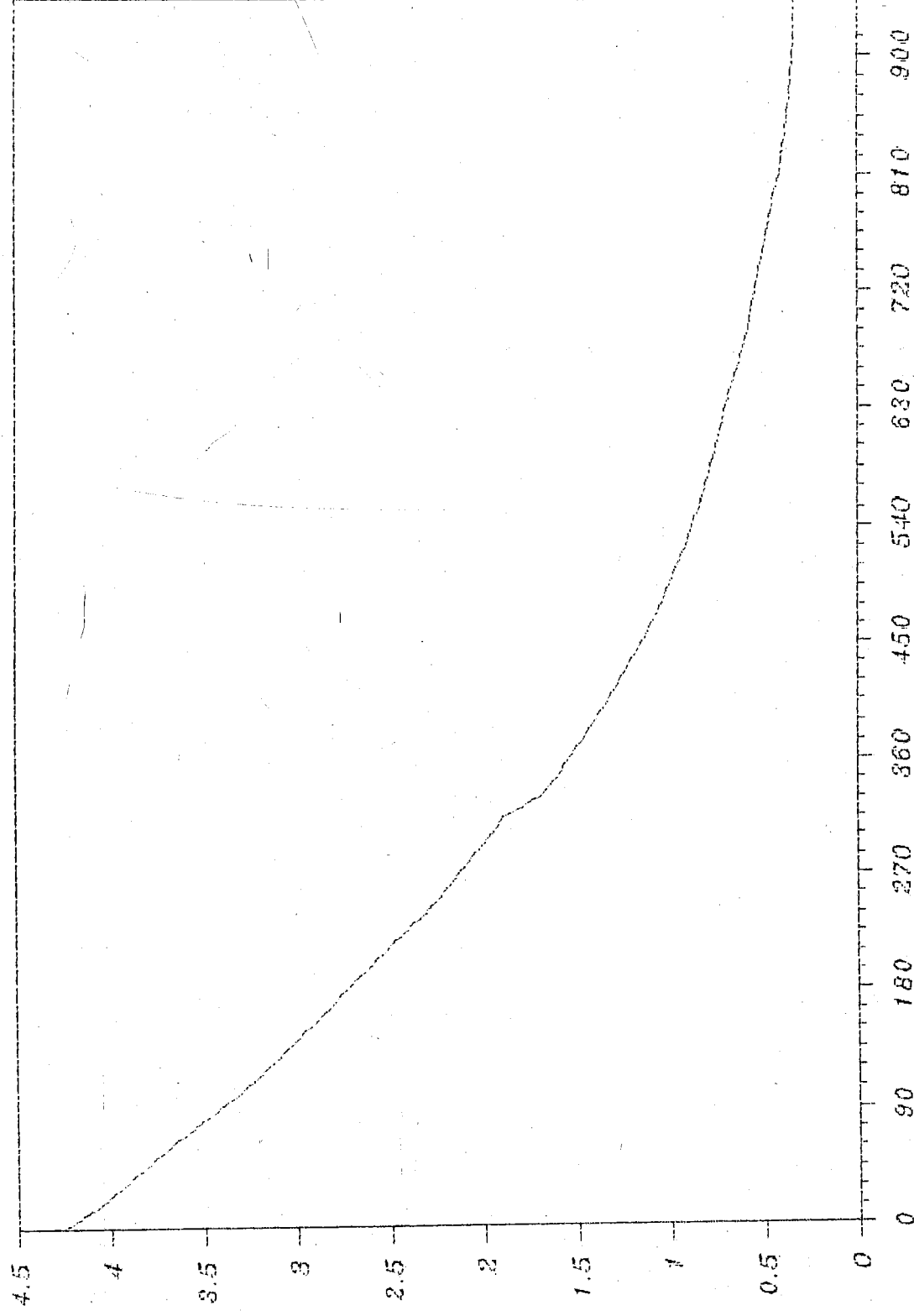
750-1800 aralığında %5  $K_2CO_3$  çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümler, %5  $K_2CO_3$  - %0,5 Zeytin Yağı çözeltilisine daldırılarak ve hiçbir işlem görmeden kurutulan üzümlere göre çok daha fazla su ihtiva etmektedirler.

Kuruma Hızı Eğrileri.

4 değişik işlemle, 5,6 m/s hava hızıyla kurutulmuş üzüm-lerin kuruma hızı eğrileri incelendiğinde; bu işlemler sonucu ulaşılan kritik nem miktarları ve kurumanın başlangıcından bu noktaya kadar geçen süre tablo şeklinde gösterilmiştir.

Tablo 4.3. 5,6 m/s hava hızında çalışılarak kurutulan üzümlerin deney sonuçları.

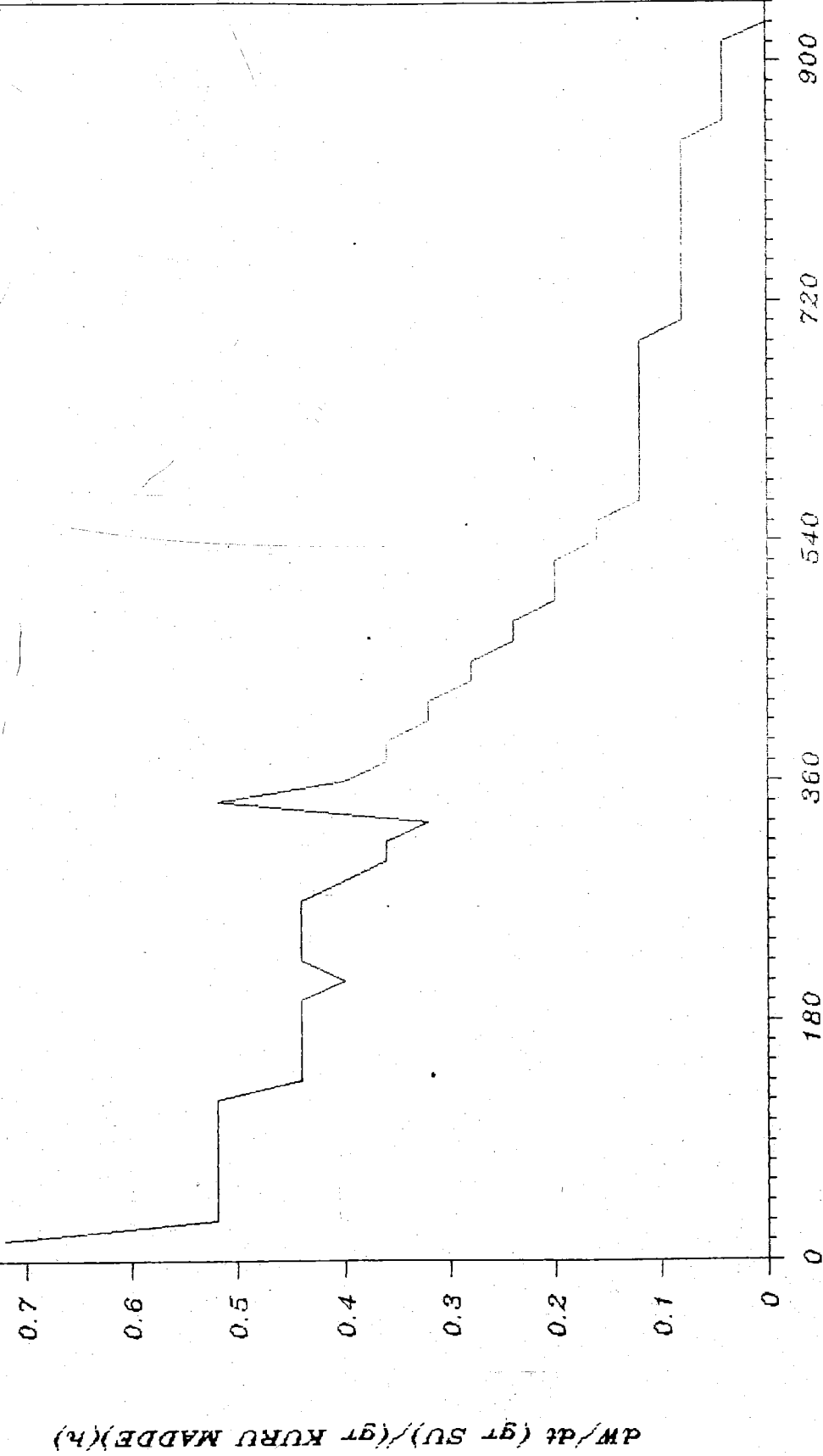
İşlem Metodları	Kritik nem (grH <sub>2</sub> O/gr.k.m)	Süre (dakika)
%5K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -%0,5 Zeytin Yağ çözeltisine daldırılarak kurutulmuş	3,03	225
%5K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Çözeltisine dal- dırılarak kurutulmuş	3,38	140
%2,5K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -%0,5 Zeytin Yağ Çözeltisine daldırı- larak kurutulmuş	2,8	240
Hiçbir işlem yapılmı - dan kurutulmuş	3,46	135



ZAMAN (dak)

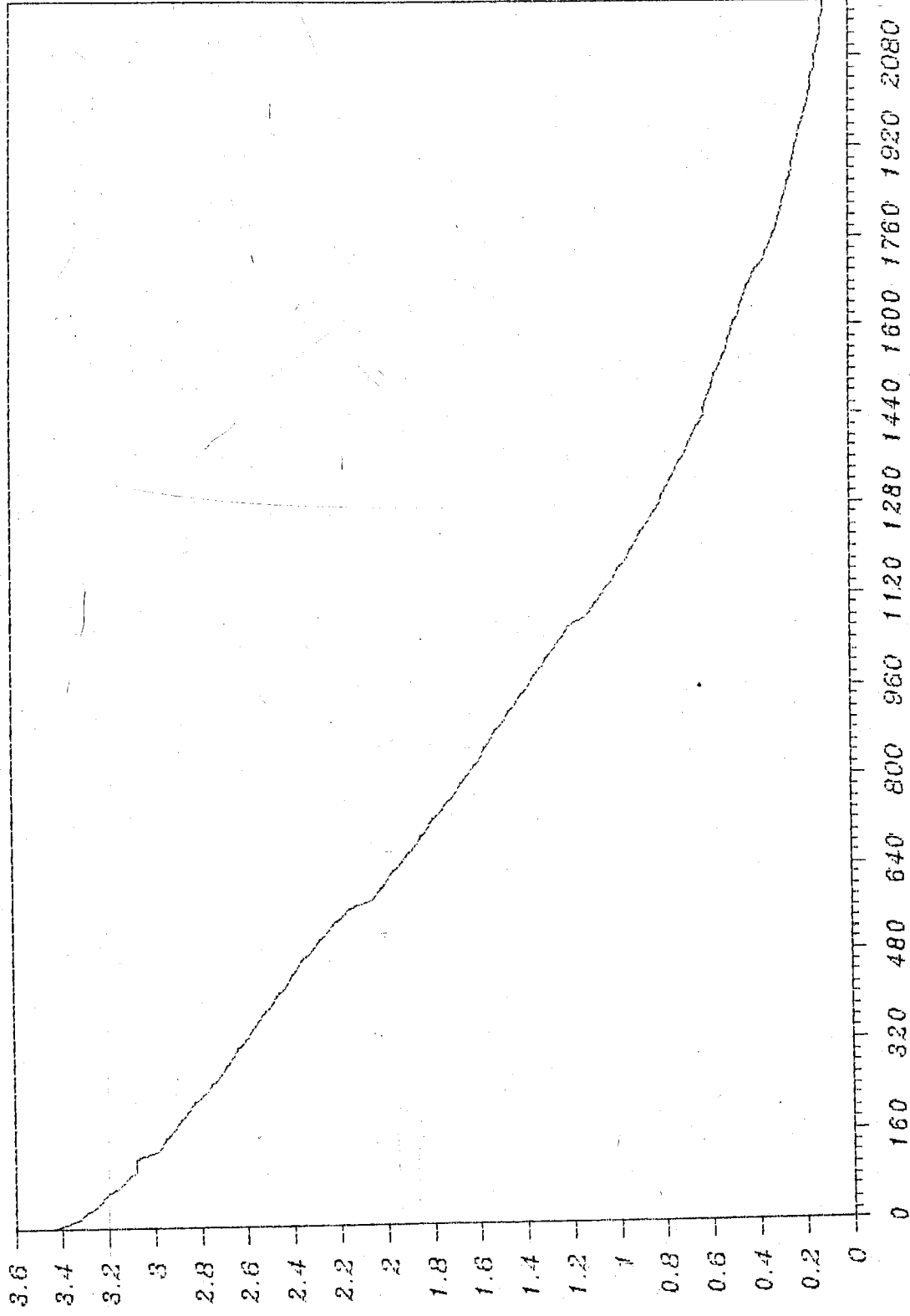
Şekil 4.11.1. %2 Oleik asit-%2  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi.

SU ORANI (gr su/gr KURU MADDE)



ZAMAN (dak)

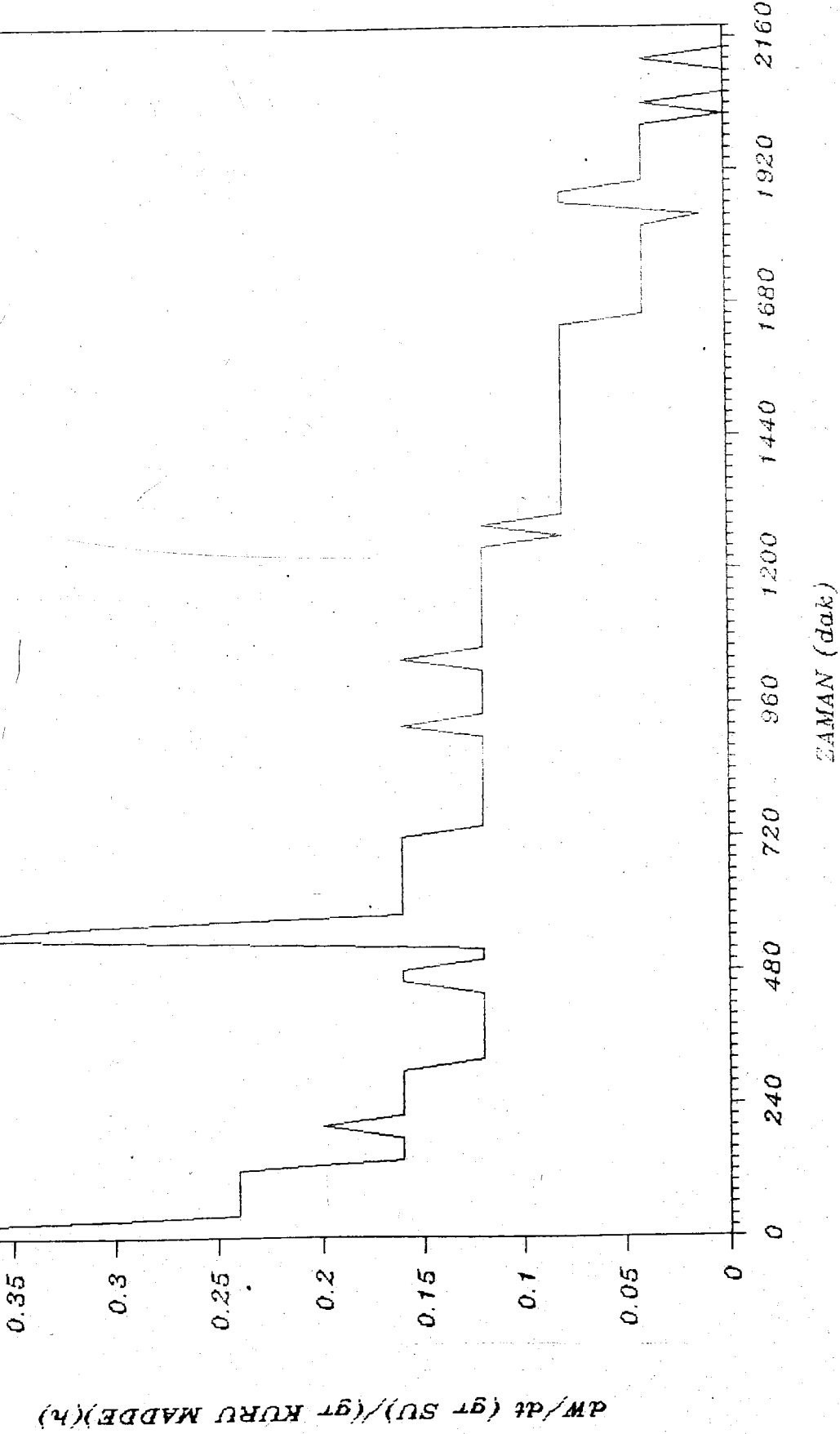
Şekil 4.11.2. %2 Oleik asit- %2  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  çözeltilerine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.



ZAMAN (dak)

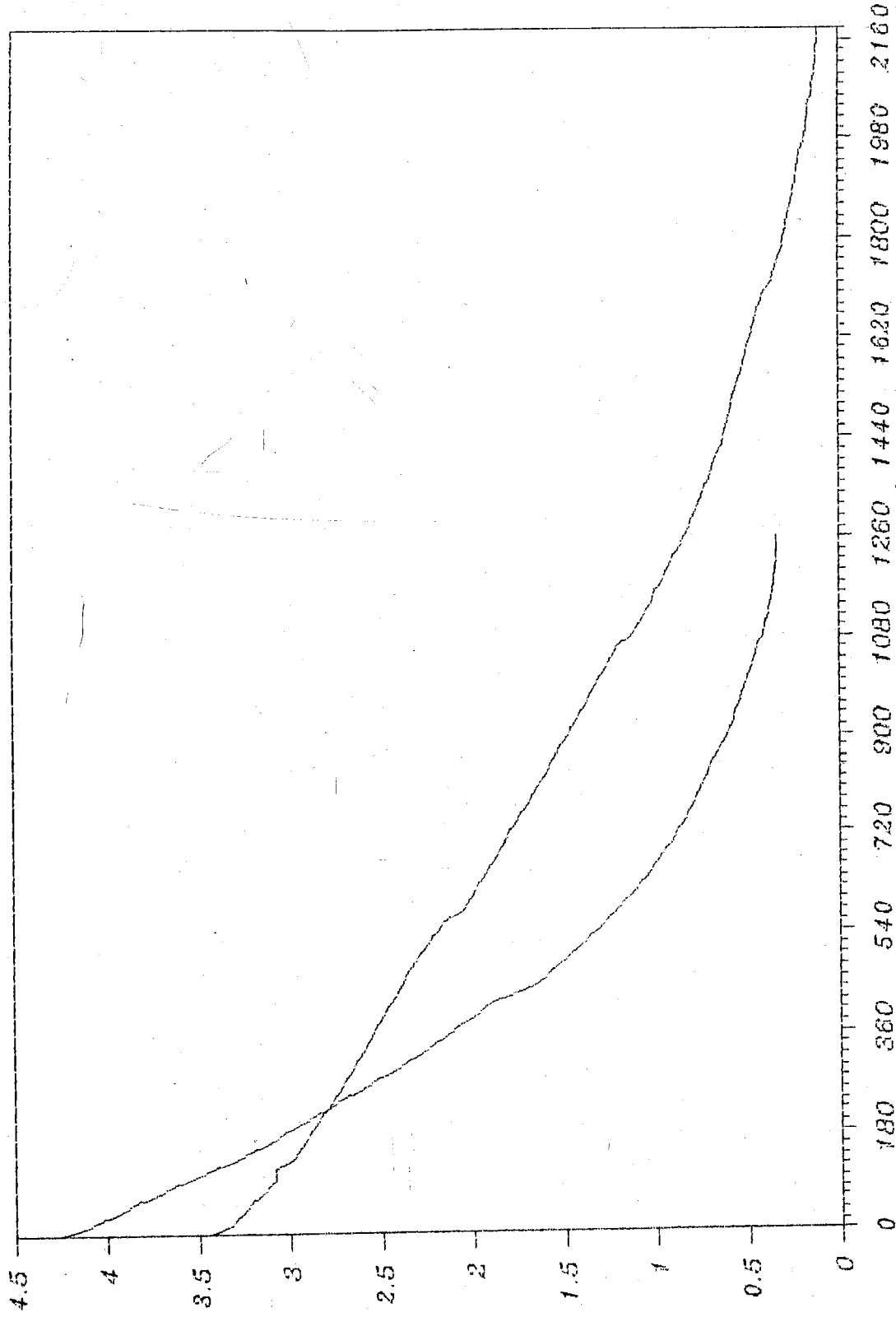
Şekil 4.12.1. %2 Oleik asit çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma eğrisi.





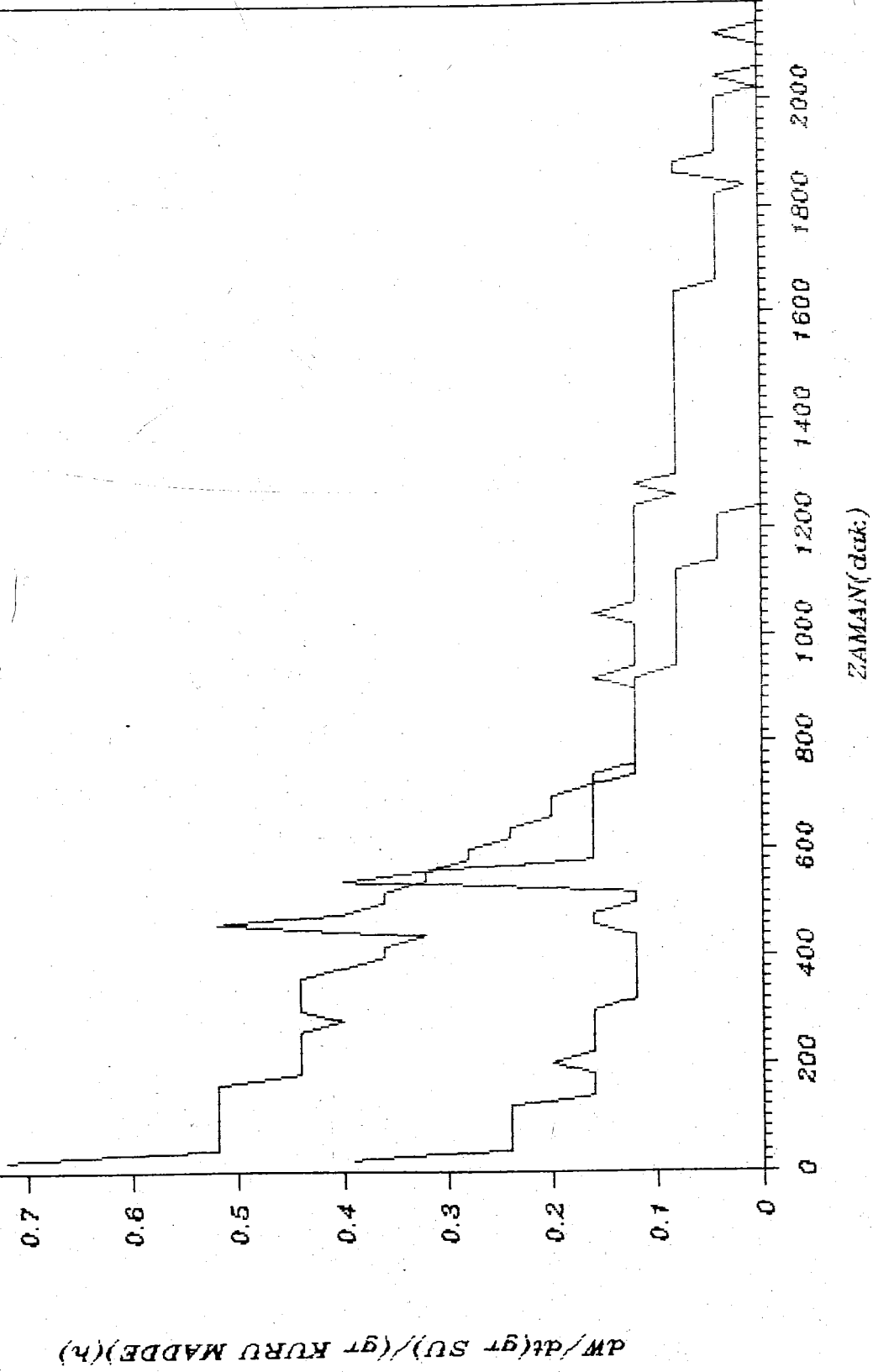
Şekil 4.12.2. %2 Oleik asit çözeltisine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrisi.

SU ORANI(gt SU/gTKURU MADDE)



ZAMAN (dak)

Şekil 4.13.1. %2 Oleik asit- %2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, %2 Oleik asit çözeltilerine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma eğrileri.



Şekil 4.13.2. %2 Oleik asit-%2  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , %2 Oleik asit çözeltilerine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümün kuruma hızı eğrileri

Şekil 4.13.1'de %2 oleik asit ve %2 oleik asit-%2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltilerine daldırılarak, 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin, kuruma eğrileri görülmektedir.

Şekil 4.13.1'de görüldüğü gibi %2 oleik asit-%2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümler oldukça hızlı bir kuruma göstermelerine rağmen %2 oleik asit çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümlerin yavaş kuruma gösterdikleri gözlenmiştir.

Başlangıçta farklı oranlarda su içeren üzümler, 240. dakikada aynı oranda su içermektedirler. Bu noktadan sonra yine su oranları farklı olup, değişik zaman aralıklarında sabit tartıma ulaşmaktadırlar.

#### Kuruma Hızı Eğrileri

İki değişik işleme, 4,4 m/s hava hızıyla kurutulmuş üzümlerin kuruma hızı eğrileri incelendiğinde; bu işlemler sonucu ulaşılan kritik nem miktarları ve kurumanın başlangıcından bu noktaya kadar geçen süre tablo şeklinde gösterilmiştir.

Tablo 4.4. %2 Oleik asit ve %2 oleik asit-%2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltilerine daldırılarak 4,4 m/s hava hızında kurutulan üzümlerin deney sonuçları

İşlem Metodları	Kritik nem (gr H <sub>2</sub> O/gr k.m)	Süre (dak.)
%2 Oleik asit-%2 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> çözeltilisine daldırılarak kurutulmuş	3,17	120
%2 Oleik asit çözeltilisine daldırılarak kurutulmuş	3,02	130

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hidrodinamik ve termik karakteristiği çok komplike olan bu tür kurutma proseslerinin kuramsal olarak analizleri taşıma alan denklemlerinin bir bütün olarak ele alınması ile mümkündür. Bu denklemlerin çözümünde; madde fiziki değerleri ve sınır koşulları proses esnasında devamlı değiştiğinden nümerik yöntemler kullanılır. Bu esaslar dahilinde hazırlanan deneysel prosedür ve deney cihazından elde edilen veriler değerlendirilerek ürün kalitesine ve kurutma hızına etki eden faktörler aşağıda sıralanmıştır.

1) Ürün kalitesini korumak için kurutma prosesine başlamadan önce ürüne bir ön işlem yapmanın faydalı olduğu görüldü. Örneğin hiçbir işlem görmeden ve %5  $K_2CO_3$  çözeltisine daldırılarak kurutulan üzümün, kuruma süresinin diğerlerine göre uzamasına karşın kaliteli ürün elde edilmiştir.

2) Kurutma prosesinde kullanılan havanın kuru ve yaş termometre arasındaki fark arttıkça kuruma zamanının buna paralel olarak azaldığı görülmüştür. Bu olay, kurutma başlangıcında çok belirgindir. Fakat, konveksiyonla kuruma periyodu bittikten sonra bu etki önemini yitirmektedir. Çünkü kurumanın ileri aşamalarında kuruma hızını sınırlayan faktör; iç tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonunun zor olmasıdır.

3) Kuruma prosesi esnasında hava hızının artması konveksiyonel kurutmayı hızlandırmakta netice olarak yüzey çabuk kuruyarak difüzyonel kurutmaya direnç teşkil etmektedir. En uygun hız 4,4 m/s civarı olarak tespit edildi.

4. Kuru termometre sıcaklığının artması kurutma zamanını azaltmakta fakat yüzey kalitesini bozmaktadır. Tavsiye edilen en uygun kurutma sıcaklık aralığı 20-50 °C dir.

Köy, kasaba ve şehirlerimizde halkımız çekirdeksiz yaş üzümleri ilkel olarak doğal şartlarda kurutmaktadırlar. Tekniğine uygun olarak yapılmayan bu kurutma ve uygun olmayan koşullarda depolanarak saklanan kurutulmuş üzümlerde kısa sürede bozulmalar görülmektedir.

Türkiye'de, kurutma yöntemiyle gıda maddelerinin dayanıklılıklarının arttırılması yöntemine dayanan kurutma sanayi yeterince gelişmemiştir.

T.B.T.A.K. Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Beslenme ve Gıda Teknolojisi Ünitesinde, bazı gıda maddelerinin teknik yöntemlerle kurutulmaları incelenmekte ve kurutma sanayinin Türkiye'de kurulması konusunda gerekli araştırmalar yapılmaktadır.

Buna ilaveten Türkiye ekonomisine büyük etkisi olan ihraç maddelerinin başlıcalarından tütün, fındık, çay, üzüm, incir, v.b. maddelerin tekniğine uygun olarak kurutulması, depolanması ve muhafaza yöntemlerinin kurulmasının Türkiye ekonomisine büyük katkılarda bulunacağı kanısındayım.

Türkiye'de çekirdeksiz yaş üzümün kurutulmasında tekniğine uygun olarak yapılmayan kurutma işleminin ilkel olarak kaldığı, gerekli olan teknolojinin geliştirilmediği ve bu nedenle çekirdeksiz yaş üzüm kurutma sanayinin kurulmadığı görülmüştür. Büyük ölçüde üretim kapasitesi olan çekirdeksiz yaş üzümün tekniğine uygun olarak kurutulup, iç ve dış tüketim pazarlarına sevk edilmesinin, ekonomik açıdan büyük yararlar getireceği inancındayım.

## YAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S., "Türkiye Bağ Bölgelerinin Karakterleri ve Bu Bölgelerde Mevcut Olan Başlıca Sofralık, Kurutmalık ve Şaraplık Üzüm Çeşitleri", 1967 -Teksir Notları
- Brennan, J.G.,Butters, J.R., Cowell, N.D., Lilly, A.E.V., "Food Engineering Operations", Vol.2, 313-369
- Charm, S.E., "The Fundamentals of Food Engineering", 2nd ed. (AVI:1971)
- Çataltaş, İ., "Kimya Mühendisliğine Giriş 1-2", İnkilap ve Aka Basımevi, İstanbul, 1975
- Geankoplis, C.O., "Transport Processes and Unit Operations", Second Edition, Allyn and Bacon, Inc., Colorado, 1983
- Gülensoy, H., " Kimya Mühendisliği Stokiyometrisi", İ.Ü.Yayınları, İstanbul, 1982
- King, C.J., "Seperation Process", Mc Graw-Hill Book Co, New York, 1982
- Oraman, N., "Türkiye Bağcılığı" (Modern Bağcılık), Ankara,1965
- Pala,M., Saygı, B., "Su Aktivitesi ve Gıda İşlemedeki Rolü", Gıda Teknolojisi Yayın Organı I, 33-39, 1983
- Perry, R.H., Chilton, C.H., "Chemical Engineering Handbook", 5th ed., Mc Graw-Hill, 1973
- Treybal, R.E., "Mass Transfer Operations"- Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York, 1968
- Van Arsdel, W.B., Copley, M.J., Morgan, Jr.A.I., "Food Dehydration", 2nd ed., vol.I.,Drying Methods and Phenomena (AVI:1973)

3. Wenzel, L., White, R.R., Ind. Eng. Chem., 43:1829-1837,  
1951

4. McBean, D.M., "Temperature and Dipping Treatment Effects  
on Drying Times of Grapes", Food Technology, vol.24,  
Australia, 1970-85



## ÖZGEÇMİŞ

1962 yılı Yunanistan doğumluyum. Güvendik İlkokulunu, Celal Bayar Ortaokulunu ve İstanbul Rıfat Canayakın Lisesini bitirdim. 1983-1988 Yıldız Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünü mezunuyum. Aynı yıl Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği yüksek lisans öğrenimine başladım. 1989 yılından beri araştırma görevlisi olarak çalışmaktayım.