

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

79087

**ÜZÜM VE KAHRAMANMARAŞ BİBERİNİN
KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Kimya Yük. Müh. İbrahim DOYMAZ

**F.B.E. Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

79087

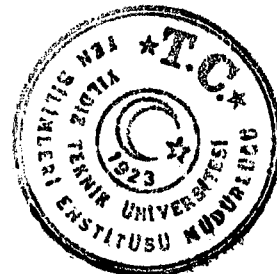
**Tez Savunma Tarihi
Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri**

**: 20 / 04 / 1998
: Prof. Dr. Mehmet PALA (YTÜ)
: Prof. Dr. Özgül EVRANUZ (İTÜ)
: Prof. Dr. Dilek HEPERKAN (İTÜ)**

M. Pala
Ö. Evranuz
D. Hepar

İSTANBUL, NİSAN 1998

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN MERKEZİ**





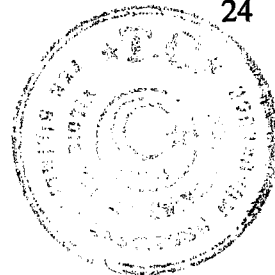
*** Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu
(YUAF 92-B-07-01-01) tarafından desteklenmiştir.**



İÇİNDEKİLER

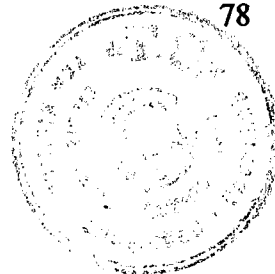
Sayfa No

İÇİNDEKİLER	i
SEMBOL LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	viii
TEŞEKKÜR	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURUTMA	6
2.1. Kurutma İşlemi	6
2.2. Kurutmada Meydana Gelen Olaylar	10
2.2.1. Gıda İşlemede Suyun Önemi	10
2.2.2. Suyun Yüzeyden Buharlaşması	11
2.2.3. Nem (Rutubet) Miktarı	11
2.2.4. Su Aktivitesi ve Denge Nemi	11
2.3. Kuruma Hızı Eğrileri	12
2.4. Kuru Gıdalarda Kalite Değişimleri	15
2.5. Kurutmada Meydana Gelen Değişmeler	16
2.5.1. Gıda Maddelerinin Büzülmesi	16
2.5.2. Gıda Maddelerinde Görülen Esmerleşme ve Isı Zararı	16
2.5.3. Esmerleşmeyi Önlemek Amacıyla Kükürtdioksit Kullanımı	17
2.5.4. Kurutulmuş Gıda Maddelerinin Tekrar Su Alma Yeteneklerindeki Kayıplar	17
3. ÜZÜM KURUTMA	19
4. BİBER KURUTMA	23
4.1. Biber Kurutma Çalışmaları	24



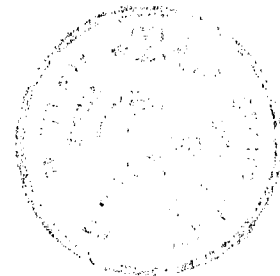
Sayfa No

4.2. Kahramanmaraş Biberinin Kurutma Çalışmaları	26
5. MATERYAL VE YÖNTEM	30
5.1. Materyal	30
5.2. Yöntemler	30
5.2.1. Kurutma Sistemi	30
5.2.2. Kurutulan Üründe Ağırlık Kaybı Ölçümleri ve Elde Edilen Verilerin Kayıt Edilmesi	32
5.2.3. Kuru Madde Tayini	32
5.2.4. Sıcaklık Ölçümleri	33
5.2.5. Hava Akış Hızı	33
5.2.6. Renk Ölçümleri	33
5.3. Kurutma Denemeleri	35
5.3.1. Üzüm Kurutma Denemeleri	35
5.3.2. Kahramanmaraş Biberinin Kurutulması	37
5.4. Matematiksel Modelleme	39
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	41
6.1. Üzüm	41
6.1.1. Kritik Nem Değerlerinin Hesaplanması	42
6.1.2. Renk Analizi	44
6.1.3. Korelasyon Katsayılarının Hesaplanması	45
6.1.4. Difüzyon Katsayılarının Belirlenmesi	46
6.1.5. Sıcaklık Değişimleri	47
6.1.6. Üzüm Kurutma Sonuçlarının Değerlendirilmesi	64
6.2. Kahramanmaraş Biberi	67
6.2.1. Kritik Nem Değerlerinin Hesaplanması	70
6.2.2. Renk Analizi	73
6.2.3. Korelasyon Katsayılarının Hesaplanması	76
6.2.4. Difüzyon Katsayılarının Belirlenmesi	78



Sayfa No

6.2.5. Kahramanmaraş Biberi Kurutma Sonuçlarının Değerlendirilmesi	97
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	111



SEMBOL LİSTESİ

K	: Sabit, boyutsuz.
M	: Ortalama nem miktarı, kg su/kg kuru madde
R	: Yarıçap, m.
M_e	: Denge nem miktarı, kg su/kg kuru madde
M_o	: Başlangıç nem miktarı, kg su/kg kuru madde
D_{eff}	: Difüzyon katsayısı, m^2/s .
c	: Empirik sabit.
t	: Süre, dak.
x	: Sabit, boyutsuz.
y	: Sabit, boyutsuz.
a_w	: Su aktivitesi.



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Sabit sıcaklık ve nemde elde edilen kuru madde diyagramları	13
Şekil 5.1. Üzüm ve Kahramanmaraş biberinin kurutulmasında kullanılan kurutucu ve otomatik terazi düzeneği	31
Şekil 5.2. Üzüm ve Kahramanmaraş biberinin kurutulmasında kullanılan kurutucunun genel görünüşü	31
Şekil 5.3. Hunter Lab renk sisteminin 3 boyutlu koordinat sisteminde gösterimi	34
Şekil 5.4. Üzümlerin kurutma akış diyagramı	36
Şekil 5.5. Kahramanmaraş kırmızı biberlerinin kurutma akış diyagramı	38
Şekil 6.1. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 50°C’de kurutulan üzümlerin kuruma eğrileri	49
Şekil 6.2. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 55°C’de kurutulan üzümlerin kuruma eğrileri	50
Şekil 6.3. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 60°C’de kurutulan üzümlerin kuruma eğrileri	51
Şekil 6.4. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 70°C’de kurutulan üzümlerin kuruma eğrileri	52
Şekil 6.5. AEEO çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan üzümlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri	53
Şekil 6.6. POTAS çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan üzümlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri	54
Şekil 6.7. Naturel halde kurutulan üzümlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri	55
Şekil 6.8. AEEO çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan üzümlerin 60°C’deki kuruma eğrisi	56



Şekil 6.9. AEEO çözeltilisine daldırılıp 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	57
Şekil 6.10. POTAS çözeltilisine daldırılıp 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	58
Şekil 6.11. Naturel halde 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	59
Şekil 6.12. AEEO çözeltilisine daldırılıp 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümün kuruma eğrisi	60
Şekil 6.13. AEEO çözeltilisine daldırılıp değişik sıcaklıklarda kurutulan üzümün ürün sıcaklıklarının kuruma süresi ile değişimi	61
Şekil 6.14. POTAS çözeltilisine daldırılıp değişik sıcaklıklarda kurutulan üzümün ürün sıcaklıklarının kuruma süresi ile değişimi	62
Şekil 6.15. 70°C hava sıcaklığında naturel olarak kurutulan üzümün ürün sıcaklığının kuruma süresi ile değişimi	63
Şekil 6.16. Değişik ön işleme tabi tutulup 50°C’de kurutulan biberlerin kuruma eğrileri	81
Şekil 6.17. Değişik ön işleme tabi tutulup 55°C’de kurutulan biberlerin kuruma eğrileri	82
Şekil 6.18. Değişik ön işleme tabi tutulup kurutulan biberlerin 60°C sıcaklıktaki kuruma eğrileri	83
Şekil 6.19. Değişik ön işleme tabi tutulup 70°C’de kurutulan biberlerin kuruma eğrileri	84
Şekil 6.20. AEEO4 kodlu biberlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri	85
Şekil 6.21. AEEO5 kodlu biberlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri	86
Şekil 6.22. AEEO6 kodlu biberlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri	87
Şekil 6.23. NAT kodlu biberlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri	88
Şekil 6.24. Aşamalı biber kurutma denemelerinin kuruma eğrileri	89
Şekil 6.25. 60°C’de kurutulan parçalanmış biberlerin kuruma eğrileri	90

Sayfa No

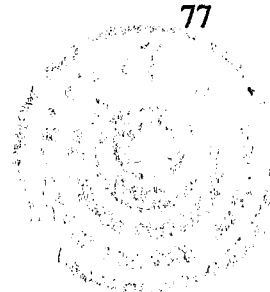
Şekil 6.26. AEEO5 kodlu biberlerin 70°C'deki kuruma eğrisi	91
Şekil 6.27. 50°C'de kurutulan AEEO5 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	92
Şekil 6.28. 55°C'de kurutulan AEEO5 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	93
Şekil 6.29. 60°C'de kurutulan AEEO5 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	94
Şekil 6.30. 70°C'de kurutulan AEEO5 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	95
Şekil 6.31. 70°C hava sıcaklığında kurutulan AEEO5 kodlu biberlerin kuruma eğrisi	96



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Türkiye'nin yıllar itibariyle kuru üzüm ihracatı	1
Tablo 1.2. Türkiye'nin kuru üzüm ihracatının önemli ülkeler itibariyle dağılımı	2
Tablo 1.3. Türkiye'nin kırmızı biber ihracatı	4
Tablo 1.4. Türkiye'nin kırmızı biber ihracatının önemli ülkeler itibariyle dağılımı	4
Tablo 2.1. Kurutma prosesleri esas alınarak kurutucuların sınıflandırılması	9
Tablo 4.1. Kahramanmaraş biberinin hasat zamanı ve kuruma süreleri	27
Tablo 4.2. Kırmızı biber grup ve sınıflarının fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
Tablo 6.1. Üzüm kurutma denemelerine ait kuruma süreleri, taze ve kuru ürünlerdeki nem miktarları	41
Tablo 6.2. Üzüm kurutma denemelerine ait kritik nem değerleri	43
Tablo 6.3. Kurutulmuş üzümlerin renk analiz sonuçları	45
Tablo 6.4. Matematiksel modeller kullanılarak hesaplanan korelasyon katsayıları	46
Tablo 6.5. Üzüm kurutma denemelerine ait adım adım ve ortalama difüzyon katsayıları	48
Tablo 6.6. Kahramanmaraş biberi kurutma denemeleri ve kod numaraları	67
Tablo 6.7. Parçalanmamış Kahramanmaraş biberinin kuruma süreleri	68
Tablo 6.8. Parçalanmış Kahramanmaraş biberinin kuruma süreleri	68
Tablo 6.9. Kurutulmuş Kahramanmaraş biberinin kritik nem değerleri	71
Tablo 6.10. Taze Kahramanmaraş biberinin renk analiz sonuçları	73
Tablo 6.11. Taze ve kurutulmuş Kahramanmaraş biberinin renk analiz sonuçları	74
Tablo 6.12. Matematiksel modeller kullanılarak hesaplanan korelasyon katsayıları	77



Tablo 6.13. Kurutulmuş Kahramanmaraş biberine ait adım adım ve ortalama difüzyon katsayıları

78

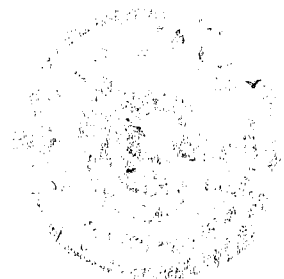


TEŞEKKÜR

Beni sürekli destekleyerek çalışmalarımı yönlendiren değerli tez hocam Prof. Dr. Mehmet PALA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmaya mali destek sağlayan Yıldız Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu'na (YUAF 92-B-07-01-01), gösterdiği her türlü anlayış ve desteklerinden dolayı Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Salih DİNÇER'e, Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Selahattin GÖKMEN'e ve Doç. Dr. Esen Bolat'a, zaman zaman görüşlerinden faydalandığım Kimya Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine, biber örnekleri sağlanmasında bana yardımcı olan Kahramanmaraş Biberciler Derneği Başkanı Sayın Mehmet GÖDE'ye, çalışmalarım sırasında ilgi ve desteğini gördüğüm Arş. Gör. Fuat DOYMAZ'a, bana yardımcı olan arkadaşlarıma ve bölüm çalışanlarına sonsuz teşekkür ederim.

Doktora tez aşamasında gösterdiği sabır ve destekten dolayı eşime ve yakınlarıma en içten teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.



ÖZET

Ülkemiz, önemli bir meyve ve sebze üretim potansiyeline sahiptir. Özellikle üzüm ve biber gibi ürünler gerek iç ticarete ve gerekse ihracatta büyük önem taşımaktadır. Ancak bu ürünlerin kuruma ve kalite sorunları henüz çözümlenmemiştir. Bu nedenle kaliteli ürün üretimi için en önemli aşama olan kurutma işlemi bu araştırmanın konusu olarak seçilmiştir.

Türkiye’de normal koşullarda üzüm ve biber güneş altında kurutulmakta ve bu işlem genelde 7-8 gün kadar sürmektedir. Bu süre içerisinde ürünler dış etkenlere açık olduklarından kum, toprak ve diğer dış maddelerle kirlenmektedir. Bu çalışmada üzüm ve biberlerin sıcak hava ile kurutulmasında değişik daldırma çözeltileri ile kalitesini yükseltmek amaçlanmıştır. Bu çerçevede her iki ürüne yönelik olarak kuruma karakteristikleri incelenmiştir.

Çekirdeksiz üzüm ve kırmızı biberin kurutma denemeleri API & PASILAC firmasından sağlanan kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Üzüm kurutmalarında Etiloleat (AEEO) ve POTAS çözeltileri kullanıldı. Her iki çözeltiye daldırılan üzümler daha sonra 50, 55, 60 ve 70°C’deki hava ile kurutulmuşlardır. Bunun yanında kuruma süresini karşılaştırmak amacıyla aynı ürün naturel olarak 60 ve 70°C’deki hava ile kurutulmuştur. AEEO çözeltisine daldırılan üzümler, gerek POTAS çözeltisine daldırılıp kurutulanlara ve gerekse naturel olarak kurutulanlara göre daha kısa sürede kuruduğu saptanmıştır.

Kurutulmuş üzümlerin renk analizleri yapılmış ve en iyi sonucu AEEO çözeltisine daldırıldıktan sonra 60°C hava ile kurutulan üzümlerde elde edilmiştir.

Biber kurutma denemelerinde, Kahramanmaraş yöresinde yetişen kırmızı biberler kullanılmıştır. Bu denemelerde ilk kez AEEO daldırma çözeltisi kullanılmıştır. Daldırma çözeltisinin bileşiminin etkisini incelemek için çeşitli bileşimindeki çözeltiler hazırlanmış ve kullanılmıştır. Bu çözeltilerden %2 AEEO + %5 K₂CO₃ içeren çözelti, kuruma hızını en fazla artıran çözelti olduğu saptanmıştır. Değişik çözeltilere daldırılmış biberler 50, 55, 60 ve 70°C’de kurutulmuştur. Düşük sıcaklıkta kurutulan ürünün kalitesi yüksek olmakla birlikte kuruma süresinin uzun olduğu gözlenmiştir. Aynı sıcaklıklarda biberler naturel

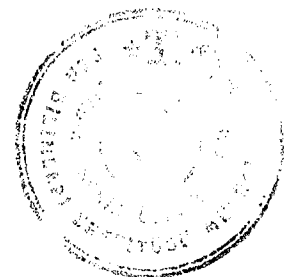


halde de kurutulmuştur. Daldırma çözeltilerine tabi tutulduktan sonra kurutulmuş biberlerin kuruma süresi naturel olarak kurutulan biberlere göre daha kısadır. Aşamalı kurutmanın etkisini incelemek amacıyla %2 AEEO + %5 K₂CO₃ çözeltisine daldırılan bir kısım biber, ilk 4 saati (kritik nem değerine ulaşma süresi) 70°C, daha sonra hava sıcaklığı 50°C'ye düşürülerek kurutulmuştur. İkinci bir deney ise aynı başlangıç koşullarında fakat daha sonra 55°C'deki hava ile yapılmıştır. Bunun yanısıra biberler 1 cm boyunda parçalandıktan sonra %2 AEEO + %5 K₂CO₃ çözeltisine daldırılarak 60°C'deki hava ile kurutulmuştur. İkinci bir deneyde ise parçalanmış biberler herhangi bir çözeltiye daldırılmadan doğrudan ve aynı sıcaklıkta kurutulmuştur.

Renk analizi yapıldığında, AEEO'ya daldırılan örneklerdeki kırmızı rengin, naturel olarak kurutulan örneklerle göre daha parlak olduğu saptanmıştır. Bu durum parçalanmış biberlerde de gözlenmiştir.

Etiloleat, işlem sonucunda üzüm ve biberlerin renginin daha parlak ve kalitesinin daha iyi duruma gelmesini sağlamıştır. Etiloleat, üzüm ve biberin yüzeyinde bulunan mum tabakasını uzaklaştırmakta ve böylece kuruma sırasında biberdeki suyun kolayca biber yüzeyinden difüzyonuna olanak sağlamaktadır. Etiloleat kullanılarak kurutulan üzüm ve biberlerin kalitesi ve aynı zamanda kurutucu verimi yükselmektedir.

Üzüm ve biberin deneysel verileri yardımıyla Page ve Exponential denklemler kullanılarak kurutma eğrileri çizilmiş ve ayrıca korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Page denkleminin korelasyon katsayıları Exponential denkleminin korelasyon katsayılarından daha yüksek olduğu saptanmıştır.



ABSTRACT

Turkey has a high potential of fruit and vegetables production. Crops, mainly grape and red pepper are important export items as well as in national market. However, problems encountered during drying of these foodstuffs, in particular to quality retention, have not been resolved yet. Therefore, drying which is the most essential process for obtaining a good product quality is chosen as the main focus of this research.

Traditionally, in Turkey grapes and peppers are dehydrated in open atmosphere by exposing them to the sun shine, and this process usually takes 7-8 days. During this time, the products may get contaminated due to soil, sand particles and other matters exist in drying environment. In this study, our aim to improve the quality of grapes and peppers by using hot air and various pretreating solutions. Therefore, drying characteristics of both products are studied.

For seedless grapes and red peppers, drying experiments were carried out in a drier obtained from API (PASILAC Inc. We used potassium carbonate and alkali emulsion of ethyl oleate (AEEO) for pretreatment of grapes prior to drying. Grapes, then, are dried with air at different temperatures (50, 55, 60 and 70°C). We also dried grapes with air at 60 and 70°C without pretreatment with any solution in order to compare the drying time. It is observed that grapes pretreated with AEEO solution got dried faster than the grapes pretreated with potassium carbonate, and the ones dried naturally.

Colour analysis of grapes showed that the best results are obtained in grapes which were pretreated with AEEO and dried with air at 60°C.

In peppers drying experiments, red peppers grown in Kahramanmaraş region are used. In this experiments, solution of AEEO pretreatment was used, firstly. In order to determine the effect of the composition of pretreating solution, various solutions were prepared and used. Among these solutions, 2% AEEO + 5% K₂CO₃ solution has led to the fastest drying rate. Peppers pretreated with various solutions are dried with air at 50, 55, 60 and 70°C. A better quality is obtained at lower air temperatures but with longer



drying time. Peppers are also dried without pretreatment (i.e. naturally). Pretreated peppers got dried faster than the ones dried naturally. Peppers pretreated with 2% AEEO + 5% K_2CO_3 solution are first dried with air 70°C for 4 hours (time to reach critical moisture content) and then with cooler air at 50°C in order to see the effect of gradual drying. In another experiment, same starting conditions are maintained but in the second step air at 55°C is utilized. Peppers are also sliced into 1 cm in length. These peppers are dried at 60°C: 1- naturally, 2- by pretreating with 2% AEEO + 5% K_2CO_3 solution.

Colour analysis showed that red color is preserved better in peppers pretreated with AEEO solution than those dried naturally. In sliced peppers similar results are obtained.

This study showed that AEEO solution helps to preserve and condition both the quality and appearance of the grapes and peppers. Wax layer on grapes and peppers are destructed by AEEO leading to diffusion of water towards the surface of the product easily. Consequently, the quality of the product and the performance of the drier are increased using AEEO.

From the data obtained, drying curves of grapes and peppers are plotted using Page and Exponential equations. Coefficients of determination (r^2) of these equations are also given, r^2 of Page equation is higher than r^2 of Exponential equation.



1. GİRİŞ

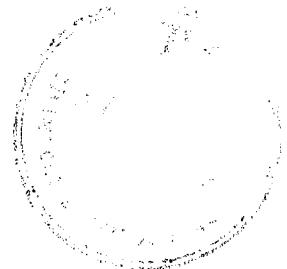
Ülkemiz önemli bir meyve ve sebze üretim potansiyeline sahiptir. Özellikle üzüm, kayısı ve biber gibi ürünler gerek iç ticaretle ve gerekse ihracatta büyük önem taşımaktadır. Ancak bu ürünlerin kurutulması ve bunun sonucu olarak da kalite sorunları henüz çözümlenmiş değildir. Üretiminin %60-70'i ihracata konu olan çekirdeksiz kuru üzüm, geleneksel ihraç ürünlerimizdendir. Bu ürün ana besin maddesi olmamasına karşın doğal beslenmenin insan sağlığındaki önemine bağlı olarak tüketilmektedir. Bunun yanında, tüketiciler her geçen gün daha çok kaliteli ürünlere yönelim göstermektedir.

Çekirdeksiz kuru üzüm yetiştiriciliğinde giderek modern sistemler uygulanmaya başlanmıştır. Buna paralel olarak da verim giderek artmaktadır. Bağ alanları 500 000 dekardan 700 000 dekara kadar artmış ve buna bağlı olarak üretim de 100 000 tondan 180 000 tona kadar yükselmiştir (Tablo 1.1.)

Tablo 1.1. Türkiye'nin yıllar itibariyle kuru üzüm ihracatı (*)

Yıllar	Üretim Miktarı (ton)	İhracat Miktarı (ton)	Değer (1000 \$)
1990	135 000	123 088	150 684
1991	135 000	123 456	144 176
1992	140 000	111 791	128 508
1993	157 487	122 851	134 271
1994	150 000	173 246	176 189
1995	179 000	169 701	189 933
1996	169 000	171 868	188 322

* : İGEME İhracatı Geliştirme Merkezi



ABD'den sonra en büyük üretici konumunda olan ülkemiz, aynı zamanda en büyük ihracatçı konumundadır. 1995 verilerine göre en çok ihracat Hollanda'ya yapılmıştır. Daha sonra, sırası ile İngiltere, Almanya, İtalya ve Kanada üzüm ihraç ettiğimiz ülkelerin başında gelmektedir (Tablo 1.2.). Türkiye 1996 yılında 171 868 bin ton kuru üzüm ihraç etmiş ve karşılığında da 188 milyon dolar gelir sağlamıştır.

Tablo 1.2. Türkiye'nin kuru üzüm ihracatının önemli ülkeler itibariyle dağılımı (*)

M: Miktar (ton) D: Değer (1000 \$)

Ülkeler	1993		1994		1995	
	M	D	M	D	M	D
İngiltere	31 426	36 776	31 849	35 780	31 072	36 718
Hollanda	25 309	26 837	28 761	28 437	32 522	35 667
Almanya	11 419	13 529	26 884	29 283	24 877	29 783
İtalya	16 007	17 797	15 898	17 004	17 371	19 094
Bel-Lük	4 067	3 980	8 565	9 446	10 058	11 994
Kanada	6 204	5 747	13 467	11 496	11 865	11 534
Fransa	4 666	4 976	7 921	7 917	8 298	9 115
İrlanda	5 675	6 663	4 028	4 641	4 509	5 481
İspanya	6 411	3 419	3 379	3 099	4 922	5 357
Avustralya	2 216	2 156	4 553	3 936	4 281	4 445
Y. Zelanda	744	693	3 138	2 674	3 494	3 605
ABD	1 912	2 060	2 341	2 285	2 218	2 363
İsviçre	1 782	1 835	2 766	2 686	1 979	2 250
Avusturya	886	887	2 278	1 856	873	948
Yunanistan	509	503	2 305	1 902	870	940
Rusya Fed.	268	298	1 638	1 622	680	719

* : İGEME İhracatı Geliştirme Merkezi



Dünya çekirdeksiz kuru üzüm ihracatında %70'lik pay ile Avrupa Birliği (AB), önde gelmektedir. Yunanistan'ın AB üyesi olması nedeniyle sağladığı avantajlar, Avustralya'nın temizlik ve hijyen avantajları ve İran'ın ucuz fiyat politikası Türkiye'nin önüne çıkan zorluklardır. Bu sebeple son yıllarda kuru üzümün ihraç fiyatı 1000 \$/ton civarındadır.

Tüketici isteklerine uygun, dış pazarlarda artan standartlara ve gittikçe azalan toleransları karşılayabilecek kalitede ve özellikle temiz ve hijyenik koşullara uygun ürün eldesinin sağlanması gerekmektedir.

Çekirdeksiz kuru üzüm yüksek enerji sağlayan, mineral maddeler ve vitaminler (A, B1, B2, B3 ve B6) içermektedir. Bu da insan sağlığı açısından önemli bir işleve sahip olduğunun belirtisidir. Kuru üzümün çerez, kek, pasta, dondurma gibi gıdalarda kullanılarak, tüketimi artırmaya çalışılmaktadır.

Türkiye'de artan nüfusa karşılık kişi başına tüketim gittikçe düşmektedir. Bu nedenle gittikçe kuru üzüm üretimi dış pazarlara dayalı hale gelmektedir (Düzbastılar, 1996).

Kırmızı biber, ülkemizde gerek iç tüketim ve gerekse ihracat açısından önemli ürünler arasındadır. Türkiye'nin bir çok bölgesinde üretilmekle birlikte en yoğun üretim merkezi Kahramanmaraş'tır. Kırmızı biber Kahramanmaraş'ta 75 yıldan beri üretilmektedir.

Biber, Solonaceae (patlıcangiller) familyasının Capsicum cinsine mensuptur. Kırmızı bibere renk veren madde Capsantin, acılık veren madde Capsaicin'dir. Capsaicin iştah açıcı olduğu gibi sindirim sistemini dezenfekte edici özelliği vardır ve ilaç olarak da kullanılır. Biberdeki C vitamini ve karoten miktarı da yüksektir.

Kahramanmaraş'ta yıllık kırmızı biber üretimi 10 000 ton'u bulmaktadır. Ancak üretim ve ihracat istenilen seviyede değildir. Tablo 1.3.'de Kırmızı biber ihracat verileri toplanmıştır.



Tablo 1.3. Türkiye'nin kırmızı biber ihracatı (*)

Yıl	Miktar (ton)	Değer (1000 US \$)
1992	3 705	4 615
1993	926	1 527
1994	2 522	2 298
1995	1 174	1 291

Buradan da görüldüğü gibi, biber ihracatımızda belirli bir stabilite olmamaktadır. 1994 yılında 2 522 ton biber ihraç edilirken 1 yıl sonra 1995'de yalnızca 1 174 ton biber yabancı ülkelere ihraç edilmiştir.

Tablo 1.4. Türkiye'nin kırmızı biber ihracatının önemli ülkeler itibariyle dağılımı, 1995 yılı (**)

Ülkeler	Miktar (ton)
Pakistan	223
Romanya	209
Dubai	178
Abudabi	129
ABD	102
Hollanda	54
Almanya	53
Bel-Lük	35
Fransa	34
Bulgaristan	25
Rusya Fed.	12

*, ** : İGEME İhracatı Geliştirme Merkezi



Kırmızı biber 1995 yılında 42 değişik ülkeye ihraç edilmiştir. En çok ihracat 223 ton ile Pakistan'a yapılmıştır. Daha sonra, sırası ile Romanya, Arap Emirlikleri, ABD, Hollanda ve Almanya biber ihraç ettiğimiz ülkelerin başında gelmektedir (Tablo 1.4.).

Türkiye, dünya kırmızı biber ticaretinde ancak %5'lik bir pay almaktadır. Bu pay, Türkiye'nin gerçek potansiyelini yansıtmamaktadır. Bunun nedeni kuru biber üretiminin kaliteli olarak yapılamamasıdır. Biberlerin kurutulması sırasında yeterli düzeyde temizlik koşullarının sağlanamamaktadır. Biber dış ortamın etkisine açık olduğundan istenmeyen yabancı maddeler, ürünün istenilen özelliklerde elde edilmesine engel olmaktadır. Bu nedenle kırmızı biberin dış pazar değeri olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bu çalışmada, gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre saklanabilmesi amacıyla uygulanan koruma yöntemleri arasında en önemli yeri tutan kurutma işleminin üzüm ve biberler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. AEEO ve POTAS gibi daldırma çözeltileriyle muamele edilen üzüm ve kırmızı biberlerin, ısıtılmış hava ile çalışan kurutucuda kurutma işlemine tabi tutulması sonucunda kuruma hızı ve zamanı, son ürünün rengi ve kurutma işleminin ürün üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bunun yanında, naturel olarak herhangi bir daldırma çözeltiyle muamele edilmeden üzüm ve biberler kurutulmuş ve sözü edilen daldırma çözeltileriyle kurutulanlarla karşılaştırılmıştır. Ayrıca deneysel verilerden hareket edilerek modelleme çalışmaları yapılması amaçlanmıştır.



2. KURUTMA

2.1. Kurutma İşlemi

Kurutma, meyve ve sebzelerin su niceliğini azaltarak, su aktivitesini düşürmek ve böylece biyokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları minimize etmek amacıyla ısıtılmış hava ile endüstriyel ölçekte uygulanan bir koruma metodu olarak tanımlanmaktadır. Kurutma işleminin gıda maddelerine uygulanmasındaki başlıca amaçlar (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Saldamlı ve Saldamlı, 1990):

- Uzun süreli depolamalarda ürünün bozulmasını önlemek. Bu amaca, ürünün nemini mikrobiyal gelişme veya diğer reaksiyonları sınırlamaya yeterli düzeye düşürmek suretiyle ulaşılır.
- Nem miktarının düşürülmesiyle aroma ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin muhafazasını sağlamak.
- Daha az belirgin olan amaç da, kullanımı kolay ürün geliştirmek veya üretmektir.

Kurutma işlemi iki ana kola ayrılır. Bunlar;

- 1) **Doğal Kurutma:** Güneş enerjisinden yararlanılarak ürünün yapısındaki su oranının azaltılması için uygulanan basit yöntemdir.
- 2) **Yapay Kurutma:** Kurutma işleminin kapalı alanlarda ve kontrollü koşullar altında yapılmasına denir. Bu işlem için daha çok dehidrasyon terimi kullanılır.

Ürün dehidrasyonu terimi, yapıdaki suyun tamamının ya da tamamına yakın bir bölümünün ürünün özelliklerinde değişiklik yapmaksızın, kontrol edilebilir koşullar



altında üründen uzaklaştırılması anlamında kullanılmaktadır. Dehidrasyon ürünlerindeki başlıca kriter, bunların yapılarına suyun tekrar verilmesi (Rehidrasyon) halinde, eski durumlarına çok yakın, ya da eski durum ile rehidre durum arasındaki farkın farkedilemeyecek kadar önemsiz olması halinin korunmuş olmasıdır.

Gıdaları dehidrasyon yöntemiyle işlemede diğer yöntemlere göre bazı üstünlükler vardır. Bunları şöyle özetlemek mümkündür:

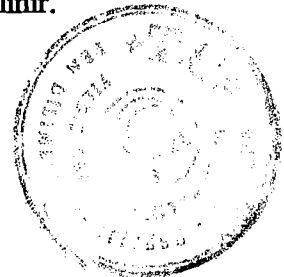
- Kuru madde artışı
- Kullanıma uygunluk
- Dayanma süresinde artış
- Kitle yoğunluğunda olumlu değişiklik

Gıdaları dehidrasyon yöntemiyle işlemede, dehidrasyon koşulları ve sistemlerinin yanlış seçimi ve uygulaması sonucu oluşan olumsuz yönler ise şöyle özetlenebilir:

- Kabuk bağlama
- Renk esmerleşmesi
- Kitle yoğunluğunda olumsuz değişiklik
- Beslenme değerinde meydana gelen kayıplar
- Mikroflorada olumsuz değişiklik.

Kurutma yöntemini yapay ve doğal olarak iki gruba ayırmakla birlikte, bunun çeşitli açılardan ayrıca gruplandırılması da olanaklıdır. Bunlardan birisi, kurutulacak maddedeki suyun uzaklaştırılması amacıyla gerekli ısıнын buraya taşınma yöntemine dayanmaktadır. Buna göre ise, “Konveksiyon Kurutma”, “Kontakt Kurutma”, “Radyasyon Kurutma” ve “Dondurarak Kurutma” olmak üzere başlıca dört farklı kurutma yöntemi söz konusu olmaktadır.

1- Konveksiyon Kurutma: Burada ısı, bir gaz tarafından yani çoğunlukla uygulandığı gibi hava tarafından taşınır. Sıcak gaz (hava) kurutulacak maddenin içinden, üzerinden ve arasından geçirilir. Bu yöntem “Sıcak hava ile kurutma tekniği” olarak bilinir.



2- Kontakt Kurutma: Bu yöntemde ise buharlaşma için gerekli ısı kondüksiyonla taşınır. Yani kurutulacak madde hareketsiz kalırken veya hareket ederken, bu sırada temas ettiği sıcak yüzeyden maddeye ısı taşınır.

3- Radyasyonla Kurutma: Kurutulacak maddeye ısı, herhangi bir maddi taşıyıcı gerekmeksizin civardaki bir radyasyon alanından ulaştırılır. Bu yöntem gıdaların kurutulmasında yaygın değildir.

4- Dondurarak Kurutma: Bu yöntem, yukarıda açıklanmış bulunan kurutma yöntemlerdekinden tamamen farklı ilkelere dayanmaktadır. Gıdaların muhafazasında en modern işleme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle gıdaların doğal yapısı bozulmamakta ve besin içeriği korunmaktadır. Kurutma yöntemleri içerisinde en iyi olanıdır.

Bu yöntemde kurutulacak ürün önce dondurulmakta ve böylece gıdadaki su bulunduğu yerde buz halinde bağlanmakta, daha sonra buz uygun koşullar altında (0°C, 6.11 mbar) süblimasyonla, doğrudan buhar haline geçerek ortamdan uzaklaştırılmaktadır (Brennan et.al., 1976; Jayaraman and Gupta, 1995; Liapis and Bruttini, 1995).

Bu yöntemlere ek olarak “Dielektrik Kurutma” ve “Diskontinü Vakum Kurutma” yöntemleri vardır. Dielektrik kurutmada ısı, yüksek frekanslı alternatif alanda bulunan materyal içinde gelişen sürtünme ile oluşmaktadır. Diskontinü vakum kurutmada ise ısı, madde içindeki saklı enerjinin ortaya çıkarılmasıyla sağlanır. Bu amaçla ürün, basıncı gittikçe düşen (vakum altında) bir hücrede tutulur ve bu sırada ayrıca ısıtmaya gerek kalmaksızın suyun kolayca buharlaşması sağlanır.

Kurutulacak materyale hangi kurutma yönteminin ve hatta bu yöntem içinde hangi tip cihazın uygulanacağı, materyalin nitelikleri ve kurutulmuş ürünün kullanılma alanı v.b. gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu hususta maddenin özellikle sıvı, katı veya yarı katı gibi fiziksel niteliği çok önemlidir. Diğer taraftan, yüksek sıcaklık dereceleri gıda maddelerinin niteliklerinde önemli değişikliklere neden olduğundan, herhangi bir gıdanın kurutulmasında uygulanan yöntem bu açıdan dikkatle seçilmelidir (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Saldamlı ve Saldamlı, 1990).



Tablo 2.1. Kurutma prosesleri esas alınarak kurutucuların sınıflandırılması (Dittman, 1977; Evranuz ve Çataltaş, 1989).

ADYABATİK PROSESLER

Buharlaştırma ısı, kurutulan maddeye temas eden gazın ısınma ısı tarafından sağlanır.

PARTİKÜL (TANECİK) KURUTMA	Gaz çok küçük partiküller arasında geçmektedir. Kurutucu tipleri: Püskürtmeli, aralıklı püskürtmeli (flaş), akışkan yatak, hareketli yatak ve döner silindir kurutuculardır.
LEVHA VEYA YATAK KURUTMA	Gaz kurutulan maddenin yüzeyi üstünden geçmektedir. Kurutucu tipleri: Tünel, vagon, tepsili, rafli ve bant kurutuculardır.

ADYABATİK OLMAYAN PROSESLER

Buharlaştırma ısı, radyasyonla yayılan ısıdan veya kurutulan maddeyle temas eden ıslak duvardan transfer olan ısıdan sağlanır.

VAKUM KURUTMA	Nem difüzyonu vakum tarafından sağlanır ve oluşan buhar uzaklaştırılır. Kurutucu tipleri: Rafli, döner, konik kurutucular ve dondurarak kurutma sistemleridir.
KURUTUCU GAZLA KURUTMA	Su buharı, kurutulan madde içinden veya maddeye paralel yönde hareket eden gazla uzaklaştırılır. Kurutucu tipleri: Vidalı taşıyıcı, ceketli, titreşimli, sürekli döner, sürekli tepsili, buhar borulu ve silindir kurutuculardır.
RADYASYONLU KURUTMA	Elektromanyetik ısıyla buharlaştırılan su, bir gazla uzaklaştırılır. Kurutucular infrared veya dielektrik kurutucular olarak tanımlanır.



2.2. Kurutmada Meydana Gelen Olaylar

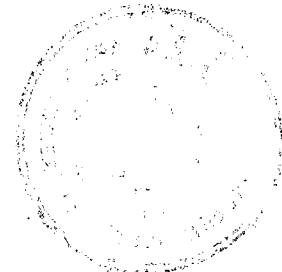
2.2.1. Gıda İşlemede Suyun Önemi

Gıdaların uzun süre bozulmadan korunmaları için değişik saklama yöntemleri uygulanmaktadır. Bu saklama yöntemleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç grupta toplanır. Kurutma, dondurma, konsantre etme ve sterilizasyon gibi işleme teknikleri fiziksel yöntemleri oluşturmakta ve sanayide en çok uygulama alanı bulan yöntemlerin başında gelmektedirler. Gıdalara kimyasal koruyucu maddelerin katılması, tuzlama ve şekerleme ise kimyasal saklama yöntemleri arasında sayılabilir. Enzimatik ve mikrobiyolojik asitlendirme ise biyolojik saklama yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Pala, 1987).

Gıda maddelerinin içerdikleri suyun büyük bir bölümünün kontrollü koşullarda ısı uygulanarak ya da süblimasyon yolu ile uzaklaştırılması işlemi kurutma olarak tanımlanabilir. Kurutma sonucu gıdalarda nem düzeyi düşürülmekte ve bunun sonucu olarak da gıdalar uzun süre bozulmadan korunabilmektedir. Su, gıdaların bozulmasında en önemli etmen olarak değerlendirilmektedir.

Bilindiği gibi tüm gıdalar su içermekte ve özellikle yüksek oranda su içeren gıdalarda biyolojik ve kimyasal bozulmalar daha kolay olmaktadır. Su ile gıdaların öteki içerik maddeleri arasındaki karşılıklı etkileşim değişik şekillerde olmaktadır. Tuz, şeker ve organik asitler suda çözünür durumda bulunurken, proteinler, kolloidler ve yağlar çözünmez durumdadırlar. Bir çok gıda maddesi, suyu değişik şekillerde adsorbe ederler. Bu bakımdan gıdaların bozulmalarının önlenmesinde ve dayanıklı duruma getirilmesinde suyun büyük önemi bulunmaktadır. Beslenme fizyolojisi açısından gıdalardaki önemli içerik maddelerinin korunması, işleme ve depolama koşullarına bağlıdır. İşleme ve depolamada özellikle suyun fiziksel ve kimyasal durumu gıdaların kalitelerini etkilemektedir.

Gıdaların stabilitelerinde su ile ilgili parametreler, su niceliği ve kurumadde niceliği, gıdalarda bulunan suyun özellikleri ve gıda üzerindeki etkisinin tanımlanmasında yeterli olmamaktadır. Gıdalardaki reaksiyonların hızına etkili olan suyun ölçütü olarak



değişik parametreler kullanılmaktadır. Son yıllarda bu parametreler arasında suyun kimyasal aktivitesi üzerinde araştırmalar yoğunlaşmaktadır (Labuza, 1980; Bolin, 1980; Pala ve Saygı, 1983; Yiğit, 1983; Pala ve Evranuz 1990; Pazır ve Wolf, 1991; Özay ve diğerleri, 1993; Lewicki and Wolf, 1995). Gıda içerisinde oluşan su ile ilgili değişimlerin, mikrobiyolojik gelişmelerle, enzimatik etkilere ve su aktivitesine bağlı olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan gıdalarda niteliği bozucu etkilerde su aktivitesinin önemi yadsınamaz.

2.2.2. Suyun Yüzeyden Buharlaşması

Bir gıda maddesinin yüzeyinden suyun buharlaşma hızını saptayan faktörlerin incelenmesi üzerinde birçok araştırma yapılmış olup, bu araştırmalarda suyun buharlaşmasına etki eden şu faktörler tesbit edilmiştir: Sıcaklık derecesi, kurutucu havanın nemi ve hızı, üründe maksimum yüzey alanı sağlayan geometrik şekil (parça büyüklüğü, şekli, kalınlığı), kurutma ortamının basıncı (atmosferik, vakum) gibi fiziksel faktörler ile ürünün kendine özgü diğer özellikleridir (Saldamlı ve Saldamlı, 1990). Gıda maddelerinin kurutulması üzerine yapılan ilk çalışmalar, esas itibariyle saf suyun buharlaşmasını ele almaktadır .

2.2.3. Nem (Rutubet) Miktarı

Bir maddenin nem miktarı, yaş veya kuru maddenin birim kütlesindeki su miktarı olarak açıklanabilir. Kurutma hesaplarında kuru maddeyi esas alan yöntem daha çok kullanılır (Perry, 1973; Brennan et.al., 1976).

2.2.4. Su Aktivitesi ve Denge Nemi

Su aktivitesi, gıda maddeleri tarafından tutulan suyun özelliğini gösteren bir terimdir ve gıda maddesinin içerdiği suyun buhar basıncının (p), aynı sıcaklıkta saf suyun buhar basıncına (p_1) oranı olarak tanımlanır. Nem içeriği belli bir gıda maddesi, sıcaklığı



ve bağıl nemi sabit bir ortamda yeterli bir süre bekletilirse, havadaki su buharı basıncıyla gıda maddesi tarafından tutulan suyun buhar basıncı arasındaki farka bağlı olarak, gıda maddesi nem alır veya nem verir. Denge halinde, gıda maddesinde gözlenen ağırlık değişimi durur. Bu durumda gıda maddesi tarafından tutulan suyun buhar basıncı, havadaki su buharı basıncına eşittir. İçinde bulunduğu havayla denge halinde bulunan gıda maddesinin içerdiği nem miktarına **denge nemi**, denge halindeki gıda maddesini çevreleyen havanın bağıl nemine de **denge bağıl nemi** denir.

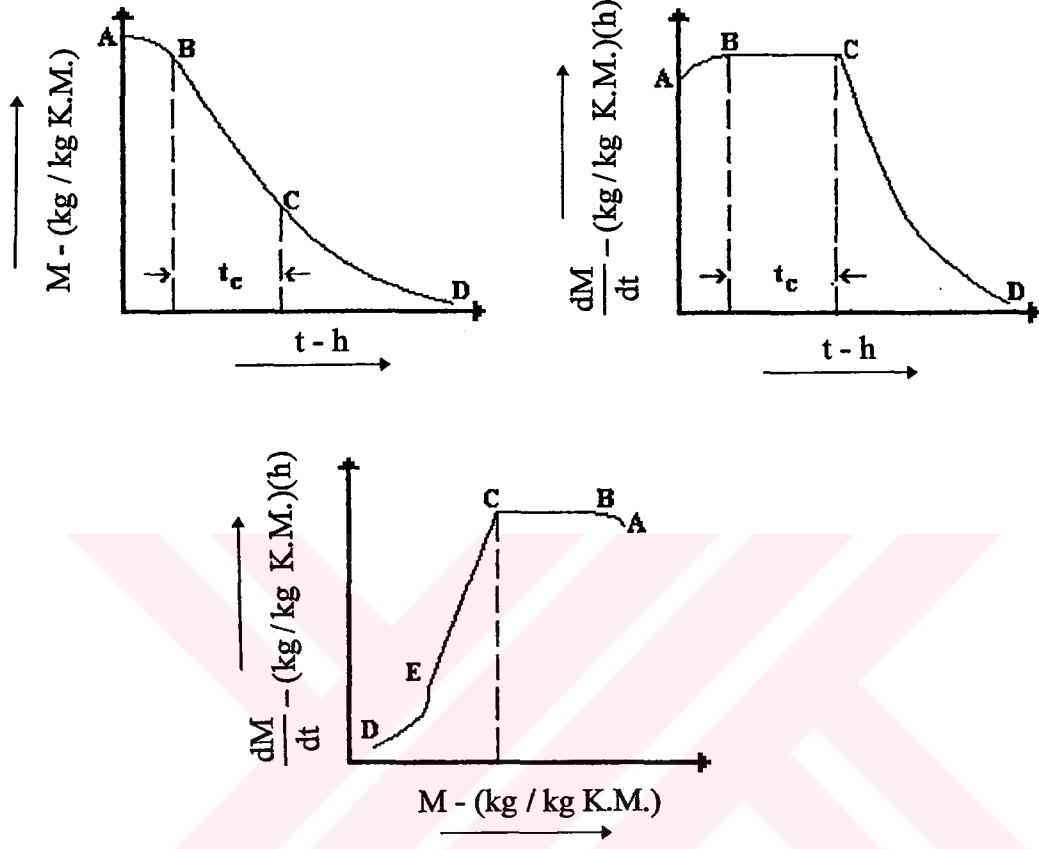
$$a_w = \frac{p}{p_1} = \frac{\text{Havanın denge bağıl nemi}}{100} \quad (2.1)$$

Kurutma işlemi sırasında denge nemi, kurutma sıcaklığına ve kurutmada kullanılan havanın bağıl nemine bağlı olarak kuru ürünün içerebileceği en az su miktarını gösterir (Pala ve Saygi, 1983; Evranuz, 1988).

2.3. Kuruma Hızı Eğrileri

Kurutma, bir ısı ve nem transferi işlemidir. Kurutma sırasında, gıda maddesine sıcak hava temas ettiği zaman suyun buharlaşması için gerekli ısı verilir. Ayrıca hava, buharlaşmış olan suyun gıda yüzeyinden ayrılmasını sağlar. Isının, hareketli hava ile gıdaya ulaştırılması konveksiyon yoluyla olmaktadır. Kurutulmakta olan bir gıda maddesinin nem düzeyi ile kuruma süresi arasındaki ilişki kuruma eğrileri ile belirlenebilir. Şekil 2.1’de kuruma eğrileri görülmektedir (Brennan et.al., 1976; Heldman and Singh, 1981; Sokhansanj and Jayas, 1987, 1995; Molnar, 1995).





Şekil 2.1. Sabit sıcaklık ve nemde elde edilen kuru madde diyagramları

Bu kuruma diyagramlarından da kolayca anlaşılacağı gibi kurumada üç önemli aşama meydana gelmektedir.

A - B Bölgesi: Gıda maddesinin yüzey koşullarının sıcaklık ile dengeye gelmesidir. Genel olarak bu bölümde kuruma hızında bir artma görülmekle birlikte tüm kuruma işleminin çok az bir bölümünü oluşturduğundan gözönüne alınmayabilir.

B - C Bölgesi: Bu bölge, kurumanın sabit kuruma bölgesi olarak bilinir. Sabit kuruma periyodu sırasında kurutulacak maddeye 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 yüzeyin sahip olduğu pürüzlülüğün artması ile birlikte katı yüzeye ait buharlaşma hızı, sıvı yüzeyine ait olandan daha büyük değer alabilir.

Bu aşamada kuruma hızı, sıcak hava ile kuruma yüzeyi arasındaki ısı transferine bağlıdır. Kuruma sırasındaki kütle transferi ile ısı transferi belli bir denge oluşturur. Bu nedenle de kuruma yüzeyi sıcaklığı sabit kalır. Sabit yüzey sıcaklığı bu durumda yaşı termometre sıcaklığına eşdeğerdir.

Gıdanın yüzeyi tamamıyla ıslak kaldığı sürece kuruma olayı, nemin maddenin iç kısımlarından yüzey tabakasına erişme mekanizmasına bağlı değildir. Sabit kuruma hızı periyodları sırasında, katı yüzeyden hava akımı içine kütle transferi mevcut olup havadan maddeye ısı transferi, ıslak yüzeye kondüksiyon veya radyasyonla olan ısı transferi ihmal edilebilecek şekilde meydana gelir. Sabit hız periyodunda kuruma, doyurulmuş yüzeyden kurutma havası içine, durgun bir şekilde hava filminin transferiyle meydana gelir (Brennan et.al., 1976).

C - D Bölgesi: Gıda maddesinin yüzeyinin tamamen kuruması ile yani başka bir tanımlama ile, kuruma hızının gıda içerisinden gelen suyun difüzyon hızını aşması durumunda kuruma hızı düşmeye başlar. İşte bu noktadan itibaren kuruma hızı düşmeye başlamaktadır ve bu noktadaki nem içeriği de **kritik nem** olarak tanımlanmaktadır. Kritik nem, her gıda maddesi için farklı düzeyde olup, o gıda maddesinin bileşimiyle ilişkili bir değerdir. Ancak bir genelleme yapılırsa, birçok gıda maddesinin kritik nemi, bu gıdanın %50 - 60 bağıl nemli hava ile dengeye eriştiği zaman içerdiği su miktarına eşittir. Kritik nemden itibaren yüzey sıcaklığı yükselmekte ve kuruma durumuna göre kuru termometre sıcaklığına doğru yaklaşmaktadır. Şekil 2.1.'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. Buharlaşma yüzeyi, havayla temas eden 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 maddesinin içerdiği su maddenin içerisinde buharlaşır ve maddeyi geçerek yüzeyden hava akımı içine karışır. Azalan hız periyodundaki kuruma hızı esas olarak nemin gıda maddesi içerisindeki hareketinden etkilenir. Özellikle hava hızı gibi dış etkenlerin ikinci azalan hız periyodunda önemi azalır.

Azalan hız periyodlarında maddeden uzaklaştırılan nem miktarı azdır. Buna karşın geçen zaman oldukça uzundur. Azalan hız periyotları, bütün kuruma işlemi sırasında önemli bir etkiye sahiptir (Charm, 1971; Van Arsdel et.al., 1973; Brennan et.al. 1976; Suzuki, 1980; Pala, 1987).

2.4. Kuru Gıdalarda Kalite Değişimleri

Kurutulmuş gıda maddesinde büzülme, tekrar su alma yeteneğinin azalması, kuru madde kaybı ve sertleşme, kurutma sırasında sebze ve meyvelerin dokularında meydana gelen değişimlerdir.

Mikrobiyolojik değişim, kurutma işlemlerinde çok önemlidir. Taze gıda maddesinde bulunan mikroorganizmalar kurutma ile inaktive edilmezse, kurutulmuş ürün su alıp, tekrar eski haline döndüğünde madde üzerinde etkilerini devam ettirirler.

Kurutma işleminden önce gıda maddelerinin haşlanması veya kükürtlenmesi suretiyle kurutma ve depolama sırasında meydana gelebilecek enzimatik değişimler önlenabilir (Abdelhaq and Labuza, 1987).

Enzimatik olmayan reaksiyonlar (esmerleşme, vitamin kaybı, lipid oksidasyonu) ve su sorpsiyon olayı gıda maddelerinin besleyici değerlerinin bozulmasına etki eden önemli faktörlerdendir. Kurutma işlemlerinde bu reaksiyonların meydana gelmesi, gıda maddesinin nem içeriği, su aktivitesi ve sorpsiyon izotermi ile kontrol edilebilir.



Depolama koşullarında, oksijenin kısmi basıncı ve ışığın şiddeti, kimyasal değişimlerin kontrol edilmesini sağlar (Bolin, 1980; Labuza, 1980; Pala ve Saygı, 1983).

2.5. Kurutmada Meydana Gelen Değişmeler

2.5.1. Gıda Maddelerinin Büzülmesi

Yaşayan hücresel bitki dokusunun bir kısmı “turgor” özelliği gösterir. Bu, her bir hücrenin, içerdiği sıvı tarafından şişirilmesi ve dolayısıyla şişirilmiş bir oyuncak balon gibi yapısal bir katılık alması demektir. Hücre duvarları gerilim, hücre içerikleri ise tazyik altındadır. Hücre duvarının yapısı kuvvetli ve esnektir. Fakat gerilme zoru belli bir değerin üstüne çıktığı zaman yapı, bazı kısımlarında geriye dönmek üzere esnekliğini kaybeder. Zorlama kalktığı zaman gerilen madde orijinal boyutlarına geri dönmez. Bu çeşit plastik deformasyon, birçok kurutulmuş sebze dokularında görülür.

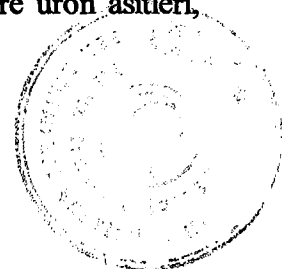
Hücreli doku, haşlama işlemiyle öldürülürse, hücre duvarları daha geçirgen olur, turgorların bir kısmı kaybolur ve sürekli deformasyon kuruma işlemi boyunca gittikçe fazlaşır. Dokunun parçalanma ve ezilmesi gibi birçok zararlı etkenler sonucu, hacim azalması meydana gelir (Brennan et.al., 1976; Alvarez and Legues, 1986).

Büzülme gıda maddesi üzerine başlıca üç şekilde etki eder (Çataltaş, 1975):

- Gıda maddelerinin birim ağırlığının yüzeyini değiştirir.
- Büzülme sonucu, yüzeyde sert bir kabuk oluşarak, gıda maddesinin içerdiği nemin geçişi engellenir. Kabuk teşekkülü, kurumayı büyük ölçüde yavaşlatır.
- Büzülme sonucu gıda maddesinde yarıma, çatlamlar oluşur.

2.5.2. Gıda Maddelerinde Görülen Esmerleşme ve Isı Zararı

Esmerleşme, meyve ve sebzelerde çarpma, kesme, kabuk soyma, dilimleme v.b. gibi mekaniksel zedelenmelerle veya ısı zararı sonucu oluşan renk değişimleridir. Esmerleşmeye neden olan birçok kimyasal reaksiyon Maillard reaksiyonları olarak bilinir. Bu reaksiyonlar, öncelikle indirgen şekerler ve amino asitler olmak üzere üron asitleri,



askorbik asit, aminler ve diğer birçok bileşiklerin dahil olduğu reaksiyonlardır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Sıcaklığın artışı ile beraber gıda maddelerinde görülen esmerleşme artar. Belli bir kritik sıcaklığa ulaşıncaya, esmerleşme reaksiyonlarının hızı artar ve gıda maddesinde aşırı ölçüde renk değişimine neden olur (Artık, 1988).

Esmerleşme reaksiyonlarının hızı aynı zamanda gıda maddesinin içerdiği nem miktarıyla da yakından ilgilidir. Kuruma sırasında, orta nem miktarlarında esmerleşme hızı bir maksimuma ulaşır. Genelde bu nem miktarı %15-20 arasındadır. Gıda maddesi tamamen kuruluğa ulaşınca esmerleşme hızı giderek azalır. Nem miktarları %1-2'ye kadar düşürülmüş gıda maddeleri uzun zaman dayanıklı olurlar (Van Arsdell et.al., 1973; Evranuz, 1988).

2.5.3. Esmerleşmeyi Önlemek Amacıyla Kükürtdioksit Kullanımı

Kurutulacak meyveler genellikle haşlanmadığından, enzimler aktif kalmakta ve kuruma sıcaklığı çoğu kez bunları inaktif hale getirememektedir. Bu nedenle meyvelerde kurutma sırasında enzimatik reaksiyonlar sonucunda renkte esmerleşme meydana gelmektedir. Bu esmerleşme reaksiyonlarını önlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan madde kükürtdioksit olmaktadır. Kükürtdioksit ile muamele edilen meyvelerde renk değişimi gözlenmediği gibi kayıslarda ve üzümlerde renk açıcı bir özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Abdelhaq and Labuza, 1987; Wedzicha, 1987; Rosello et. al., 1993; Mahmutoğlu et.al., 1995).

2.5.4. Kurutulmuş Gıda Maddelerinin Tekrar Su Alma Yeteneklerindeki Kayıplar

Kurutulmuş bir üründe aranılan en önemli özelliklerden birisi de, kullanılması sırasında verilen su ile eski haline dönüşebilme özelliğidir. Kurutulmuş gıda maddesi su içerisinde bırakıldığı zaman, taze olduğunda bünyesinde bulundurduğu su kadar su absorplarsa ve eski durumuna dönerse mükemmel nitelikte olduğu kabul edilir. Bu durum, dondurularak kurutulan ürünlerde geçerli olsa da, sıcak hava ile kurutmalarda bu



Özellik önemli ölçüde kaybolur. Çünkü, gıda maddelerinin kurutma sırasında bazı özelliklerinin değişmesiyle beraber aynı zamanda suyun tekrar absorbe edilmesiyle yüzeyde meydana gelen şişkinlik, yumuşamış olan tabakaya şiddetli baskı yaparak, gıda maddesinin ezilmesine, parçalanmasına neden olur ve orijinal yapısına dönmesi mümkün olmaz (Van Arsdel et.al., 1973; Mazza and Lemaquer, 1980).



3. ÜZÜM KURUTMA

Bir tarım ülkesi olan Türkiye gerek ekolojik şartları ve gerekse coğrafik konumu nedeniyle önemli ölçüde meyve ve sebze üretim potansiyeline sahiptir. Yüksek oranda nem içeriğine sahip bu taze meyve ve sebzelerin kalitelerinin uzun süre korunması ve bozulmalarının önlenmesi için yaygın olarak hem kurutma hem de soğukta depolama yöntemleri kullanılmaktadır. Geleneksel ihraç ürünlerimizden olan çekirdeksiz kuru üzüm, kuru incir, kuru kayısı ve kırmızı biber gibi ürünler açık havada güneş altında kurutulmuş olarak elde edilmektedir. Doğal kurutma dediğimiz bu kurutma yönteminde ürünler direkt olarak doğa koşullarına açıktır. Ürünler yağmura, toza, toprağa, haşare hücumuna maruz kaldıklarından kaliteleri çok düşük olmakta, ihraç değerleri düşmektedir (Fagrell,1990 yılında, değişik kuru üzüm türlerinin kalite değerlerinin karşılaştırılmasında, Türkiye’de üretilen üzümlerde sap, kıl ve taş gibi dış maddelerin, diğer ülkelerde üretilen kuru üzümlere göre çok yüksek miktarda olduğu belirtmiştir). Ayrıca bu tür ürünler kuruduktan sonra, paketleme aşamasına kadar birçok işlemde geçmektedir. Örnek olarak üzüm ve kayısıda olduğu gibi dışarıda doğa şartlarına açık olarak kurutulduktan sonra dış etkenlerden etkilenmiş ve kirlenmiş ürünün yıkanıp, temizlenip kurutulması verilebilir. Her ne kadar ürün kurutulurken bir fatura ödenmiyorsa da, temizleme sırasında yüksek bir işçilik ve işletme gideri olmaktadır.

Doğal kurutma dışında fabrikasyon sistemi ile (suni kurutma) kurutma ise çok pahalı olmaktadır. Bunun en büyük nedeni ise meyvelerin hasat edildikten hemen sonra kurutma işleminin yapılması gerekliliğidir. Hasat zamanı en fazla 15-20 gün olduğu için bir yörede bulunan bütün meyvelerin bu süre içinde kurutulması gerekir. Böylece çok yüksek kapasiteli tesislere ihtiyaç vardır. Bunun diğer bir sakıncası ise sistemin çalışma periyodunun kısa olmasıdır. Bu nedenlerden dolayı, bu tesisler çok yüksek ilk yatırım ve işletme maliyeti getirmektedir.

Türkiye, Sultana ve Thompson çekirdeksiz üzüm çeşitleriyle dünyada sayılı ülkeler arasında yer almaktadır. Sözü edilen üzümler Ege bölgesinde yetişmektedir. Bu bölge, üzüm kurutma için uygun bir yerdir. Türkiye’de ticari değeri olan üzümler, beton



üzerinde ya da kurutma işlemi için özel yapılmış raflar üzerinde veyahutta yatay bir şekilde serilmiş olan tellere salkımların asılmasıyla güneş altında kurutulmaktadır. Genellikle daldırma çözeltisi olarak içerisinde %1.5 oranında zeytinyağı bulunan %5-6'lık K_2CO_3 çözeltisi kullanılmakta ve kurutulmadan önce üzümler bu çözeltiye yaklaşık 1 dakika daldırılmaktadır.

Güneş enerjisi, gıdalardaki suyu uzaklaştırmak için ucuz ve sınırsız bir ısı kaynağıdır, fakat yüksek oranda kurutulan ürünlerde hijyen sağlamada zorluk ve kötü hava koşulları nedeniyle kayıplara neden olmaktadır. Son zamanlarda, özel gıdaların gerektirdiği kurutma şekline göre yapılmış olan güneş enerjisiyle çalışan kurutucuların ortaya çıkması, doğrudan doğruya güneş altında kurutma problemlerinin bazılarını ortadan kaldırmıştır. Gıdaların kurutulmasında birkaç güneş kurutma modeli başarıyla uygulanmıştır (Atagündüz ve Gürses, 1979; Ateş, 1991; Kahveci ve diğerleri, 1992; Pala et.al., 1993; Eissen et.al., 1995).

Bir kısım araştırmacılar, çeşitli gıda maddelerinin kalite parametreleri ve kuruma hızları üzerinde daldırma çözeltilerinin etkilerini araştırmışlardır. Bunların arasında Bolin et.al. (1975); Guadagoni and Stafford (1979); Raouzeos and Saravacos (1986); Riva and Peri (1986a); Riva et.al. (1986b); Aguilera et.al. (1987); Masi and Riva (1988); Saravacos and Marousis (1988); Pala et.al. (1990, 1991, 1993 and 1995); Kostaropoulos and Saravacos (1995) üzüm üzerinde çalışmalar yapan bazı araştırmacılar. Sülfür, kostik, etil veya metil oleat çözeltileri gibi kullanılan kimyasal maddeler veya sıcak su ile muamele, üzüm kurutmada geniş bir şekilde uygulanan ön işlemlerdir. Bu daldırma çözeltilerinin kullanılmasındaki amaç, kuruma hızlarını artırmak ve son ürünü istenilen kalitede elde etmektir. Bu incelemelerde oleatla muamele edilen üzümlerin hızlı bir şekilde kuruduğu (Bolin et.al., 1975; Masi ve Riva, 1988; Pala et.al., 1996), fakat sülfürlemenin ise kuruma hızına ters bir etki gösterdiği görülmüştür (Aguilera et.al., 1987). Bununla birlikte, oleat çözeltisine daldırma işlemi, üzümlerin kuruma hızını artırmak için yapılır. Bunun yanında son ürünün lezzetinde bir etki yapmayacak ve yeteri kadar düşük bir artık konsantrasyon bırakması istenir (Bolin et.al., 1975). Etil oleat, üzümün dış yüzeyinde bulunan ve nem transferine yüksek bir direnç gösteren vaks (mum) tabakasını çözerek etkiler, fakat yüksek alkali konsantrasyonlar ve

uzun daldırma süreleri kuru üzümün kalitesinde değişikliklere neden olmaktadır (Saravacos and Marousis, 1988).

Kurutma işlemi, eşzamanlı ısı ve kütle transferini içeren bir prosestir (Maroulis et.al., 1995). Buhar fazın, sıvı faza göre ısı miktarı daha büyük olduğundan suyun buharlaşması için herhangi bir miktarda ısı sağlanması gereklidir. Isı kaynağı doğrudan temas, konveksiyon ya da radyasyon yoluyla olabilir. Bir katı yüzeyinden suyun buharlaşması ile kurutma meydana gelirken, su katının iç kısımlarından yüzeye doğru hareket eder. Hareket mekanizması ya sıvı difüzyonu ile ya da kapiler hareketi ile olabilir. Genel olarak, kapiler hareket gözenekli katılarda meydana gelirken, sıvı difüzyonu gözeneksiz katılarda oluşur (Geankoplis, 1983).

Kurutulan gıdalardaki eş zamanlı ısı ve kütle transferi karmaşık, irreversibl bir prosesi gösterir. Eğer gıdalardaki sıcaklık ve nem dağılımları zamana göre tam olarak tahmin edilirse, istenmeyen etkiler minimize edilebilir ve kurutma işlemi daha iyi kontrol edilebilir (Balaban and Pigott, 1988). Kurutma prosesinin bir optimizasyon problemini gerçekleştirmek için onun matematiksel modelini ve etkili parametrelerini bilmek gerekir. Kurutma süresince oluşan nem dağılımının (Vaccarezza and Chirife, 1978; Aguerre et.al., 1985; Raouzes and Saravacos, 1986; Saravacos and Marousis, 1988; Masi and Riva, 1988; Shepherd and Bhardwaj, 1988; Riva and Peri, 1986a; Riva et.al., 1986b; Rahman and Lamb, 1991; Tolaba and Suarez, 1988; Tolaba et.al., 1991; Pala et.al., 1996) ve sıcaklık dağılımının (Alzamora et.al., 1979; Kallel et.al., 1993) kinetiğini ilgilendiren birçok araştırma yapılmıştır. Sıcaklık ve nem dağılımını önceden tahmin etmek için literatürdeki mevcut modellerin çoğunda büzülmenin ihmal edilebilir olduğu kabul edilir. Fakat, taze iken fazla miktarda serbest su içeren meyveler ve sebzeler için büzülme, suyun buharlaşmasına göre önemli özelliktir. Bazı araştırmacılar, gıdaların kuruması süresince büzülmeyi incelemişlerdir (Balaban, 1989; Bowser and Wilhelm, 1995). Büzülmenin yanında, gıda maddesi çok yüksek bir sıcaklıkta kurutulursa, kabuk sertleşme olayı meydana gelmektedir. Eğer kabuk sertleşme olayı gözlenirse, nemin taşınımına bir engel teşkil eder ve bu da kuruma hızını yavaşlatır (Brennan et.al., 1976).

Son ürünün nem içeriği, tekstürel özelliklere, kimyasal reaksiyonlara ve mikrobiyal bozunmalara etki eden önemli bir parametredir. Nem transferi, yüksek nemli

bileşenden daha düşük nem içeren bileşene doğru gerçekleşir. Dengede ise bütün bileşenler aynı su düzeyine sahiptir. Bu olay özellikle kurutulmuş gıdaların depolanmasında önem taşır. Havanın nemi, kurutma sonucu ulaşılan son veya denge nem içeriğine etki eder. Depolama koşullarının belirlenmesinde ürünün sorpsiyon izotermi kullanılmaktadır (Tsami et.al., 1990) .



4. BİBER KURUTMA

Biber, patlıcangiller (Solanaceae) familyasının *Capsicum* cinsinden, meyveleri sebze ve baharat olarak kullanılan bitkilere, özellikle *Capsicum annuum* türüne verilen addır. Biberin anayurdu Güney Meksika ve Orta Amerika olarak bilinmektedir. Peru'daki tarih öncesi kalıntılarda varlığına rastlanan biber, 1493'te tohumları İspanya'ya götürülmüş ve oradan da tüm Avrupa'ya yayılmıştır (Van Arsdel et.al., 1973). Ülkemizde genel olarak her bölgede yetişmekle birlikte kuzey ve güney bölgeleri diye ayrılabilir. Kuzey (serin) biberleri tatlı, güney (sıcak) biberleri acıdır.

Biberler, ya tohumların doğrudan doğruya toprağa ekilmesiyle ya da seralarda ve sıcak yastıklarda yetiştirilen altı-on haftalık fidelerin şaşırtılması ile üretilir. Ortalama sıcaklık gereksinimi 20-30°C'dir; sıcaklığın yanısıra ı ışık ve nemden hoşlanır.

Ülkemizde olduğu gibi diğer dünya ülkelerinde de biber insan gıdası olarak çeşitli yemeklerde kullanılır. A.B.D.'de pizza gibi özel baharatlı gıda maddelerinde ve Japonya'da ise balık sosu üretiminde kullanılır. Türkiye'de ise taze olarak kullanıldığı gibi zeytinyağlı ve etli yemeklerde kullanılır. Biberden, salça yapılarak yemeklere tad ve renk verilir. Ayrıca turşu, konserve, acı sos, derin dondurma ve kurutma amacıyla ülkemizde biber üretimi yapılmaktadır. Kurutma amaçlı biber yetiştiriciliği Kahramanmaraş'ta yaygın biçimde yapılmaktadır (Abak ve Pakyürek, 1995).

Biber, A ve C vitamini bakımından zengin bir gıdadır. Acı biberlere bu acı ve yakıcı tadı veren, meyvenin iç bölümlerinde yoğunlaşmış olan Capsaicin maddesidir. İlk kez 1876'da ayrılıp tanımlanan bu alkaloid mide salgısını artırır; fazla kullanıldığında ise sindirim yollarında iltihaplanmaya yol açar.

Biberin kalitesini belirleyen maddeler dört ayrı grupta toplanabilir:

- 1) Aroma maddeleri (koku veren maddeler)
 - 2) Capsaicinoid (Acılık veren maddeler)
 - 3) Carotenoid (Renk veren maddeler)
 - 4) Kaliteye etkili diğer içerik maddeleri (Vitaminler, mineral maddeler, şekerler, .. v.b.)
- (Yao et.al., 1994; Minguez-Mosquera et.al., 1994a)



Biber, çiğ ve pişmiş sebze olarak yendiği gibi, salça, turşu ve pastırma çemeni yapımında da yaygın olarak kullanılır. Acı biberlerin kurutulup toz haline getirilmesi ile elde edilen kırmızı toz ya da pul biber gıda üretim sanayiinde renk verici madde olarak kullanılmakta ve ayrıca kozmetik sanayinde de uygulama alanı bulmaktadır. Biber, iştah açıcı, idrar artırıcı, uyarıcı etkisi ve ayrıca sürüldüğünde romatizma ağrılarına karşı etkisi nedeniyle hekimlikte de kullanılmaktadır (Bosland, 1994).

Türkiye’de biberin uzun yeşil, uzun sarı, çarliston, domates biberi, dolmalık sarı, dolmalık yeşil ve iri kırmızı biber gibi çeşitleri ünlüdür. Türkiye’nin hemen her yerinde biber yetiştirilmekle birlikte, Kahramanmaraş ilimizin özel bir konumu vardır. Kahramanmaraş’ta biber yetiştiriciliği kırmızı kuru biber üretimi için yapılmaktadır (Anon, 1986).

4.1. Biber Kurutma Çalışmaları

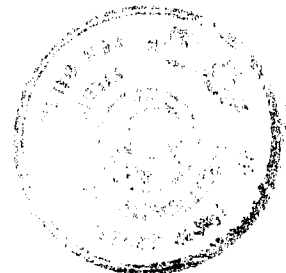
Hem tatlı ve hem de acı biberler kurutulsa da dünya ticaretinde daha çok acı biberler önemlidir. En yaygın olarak da ince uzun acı biberler kurutulmakta olup, bunlar ticarete Chili biberi olarak bilinir.

Biberler tam anlamıyla olgunlaşıp kızardıktan sonra toplanırlar. Bu nedenle birinci hasatta tam olgunlaşmamış olanlar bitki üzerinde bırakılarak ikinci bir hasat daha yapılır.

Biberler iyice yıkandıktan sonra ya bütün olarak veya 2-3 cm kalınlıkta kıyıldıktan sonra kerevetlere yerleştirilip 65-70°C’de sıcak hava akımında kurutulurlar.

Biberler parçalanmışsa 6 saat, bütün halde ise 12 saat sürede kururlar. Genellikle son nem oranı %7-8’e erişince kurutmaya son verilip öğütülürler. Fakat bazı uygulamalarda, %12-15 nem oranında kurutmaya son vererek 0°C civarında soğuk depolarda saklanıp, piyasaya verilmeden önce %7-8 neme kadar kurutulduktan sonra öğütmek tercih edilmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Van Arsdell et.al., 1973).

Trenning (1971), Kahramanmaraş biberlerini, güneş altında yere sererek kurutma yöntemine bazı değişiklikler uygulayarak kurutmuş ve kurutulan biber örneklerine kimyasal analizler yapmıştır.



Yavuzcan (1974), değişik kurutma yöntemleri ve depolama koşullarının bazı kırmızı biber çeşitlerinin kalite faktörlerine etkisini incelemiştir.

Chun et.al. (1974), biberleri keserek kurutmuş ve kesilmiş biberlerde birinci ve ikinci azalan debi periyotları oluştuğunu belirlemiştir.

Atagündüz ve Karagülle (1977), güneş kolektörleriyle çalışan bir kurutma evi tasarlayarak kırmızı biber kurutma denemeleri yapmışlardır.

Kiranoudis et.al. (1992), yeşil biber ve soğanın kurutma çalışmalarını yapmışlar ve elde ettikleri veriler yardımıyla ağırlık kaybının zamanla değişimini veren matematiksel modelleme üzerine çalışmalar yürütmüşlerdir. Biber ve soğan örneklerini düzenli bir şekilde keserek, dilim kalınlıklarını boyut karakteristikleri olarak kabul etmişlerdir. Enzimatik kararmayı önlemek amacıyla, örnekler 5 dakika 80°C sıcak suda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler bir filtre kağıdı ile kurulanmışlardır. 60, 65, 70, 75 ve 80°C sıcaklıklarda 3, 4 ve 5 m/s hava hızında denemeler gerçekleştirilmiştir. Örneklerin 3-7 saat arasında kuruduğunu saptamışlardır.

Başka bir çalışmada da, endüstriyel iki kurutma işleminde (tahta yakarak yavaş kurutma ve ısıtılmış hava kullanarak hızlı kurutma) Bola çeşidi biberler kurutulmuş ve bu iki kurutma işleminin biberin carotenoid içeriğine etkisi incelenmiştir (Minguez-Mosquera et. al., 1994a).

Paprika ve Bola biberlerin kurutulması sırasında carotenoid değerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Genellikle, İspanya'da biberler güneş altında kurutulurlar. Bu şekilde kurutma yavaş (1-2 hafta) ve pahalıdır. Ayrıca kurutma için geniş kurutma alanlarına gereksinim vardır. Buna karşılık endüstriyel kurutma proseslerinde biberler daha hızlı, daha uniform ve daha hijyenik bir şekilde kurumaktadır. Genelde sıcaklık 50-60°C'i ve kurutma periyodu 20 saati aşmamalıdır (Minguez-Mosquera et. al., 1994b).

Patil (1989), güneş altında, polietilen güneş kolektörleriyle kurutma ve güneş kolektörü ile çalışan kabin kurutucularda olmak üzere üç kurutma yöntemini biber kurutma performansları açısından karşılaştırmıştır. Güneş kolektörlerinin kullanımı ile hızlı kurutma sağlanmış, iyi kalite biber üretimi gerçekleştirilmiştir. Biberler, güneş kolektörlü kabin kurutucularda 4 günde kururken, güneş altında ise 5 günde kurumuştur.



Değişik Alman biber çeşitlerinde sıcak hava ile kurutma işleminin, buharlaşabilen ve buharlaşmayan tat bileşenleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kurutmadan sonra glikoz, fruktoz, askorbik, sitrik ve okzalik asit miktarının önemli bir şekilde düştüğü, buna karşılık sakkaroz, malik ve fumarik asit miktarlarının ise arttığı saptanmıştır (Luning et.al. 1995).

Laul et.al. (1980), kırmızı biberlerin kurutma mekanizmasını çeşitli sıcaklıklarda ve hava hızlarında, 30 cm çapında bir akışkan yatak kurutucuda belirlemeye çalışmışlardır.

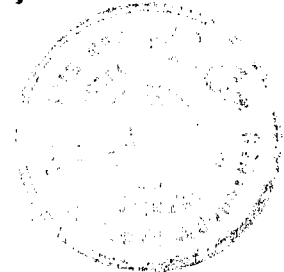
Yapılan analizlerde kırmızı biberlerde: Laurik, miristik, palmitik, stearik, oleik, linoleik ve linolenik asitler saptanmıştır. Kantitatif analizler sonucunda toplam asidin %80'ini, linoleik, linolenik ve palmitik asitlerin oluşturduğu belirlenmiştir. Kırmızı biber 60, 70, 80 ve 90°C sıcaklıkta kurutulmuş ve 6 ay süreyle depolanmıştır. Bu biberlerden alınan örneklerin kantitatif analizleri sonucunda, artan sıcaklığa bağlı olarak bütün yağ asitlerinin miktarlarında azalma belirlenmiştir (Malchev et.al., 1989).

Trim et.al. (1982), kırmızı biberleri güneş altında ve güneş enerjisi ile çalışan kurutucularda kurutmuşlardır. Elde edilen verilerden yararlanarak her iki kurutma yöntemini karşılaştırmışlar ve güneş enerjisi ile çalışan kurutucularda kurutulan biberlerin, güneş altında kurutulan biberlere göre %65 oranında daha kısa sürede kuruduklarını saptamışlardır.

Kim et.al. (1982), biberleri güneş altında ve güneş enerjisiyle çalışan kurutucularda kurutarak her iki yöntemi karşılaştırmışlardır. Güneş enerjisiyle çalışan kurutucularda kurutulan biberlerin renginin diğer yolla kurutulan biberlere göre daha parlak ve homojen olduğu tespit edilmiştir. Kırmızı biberlerin renginin, kurutma ve öğütme sırasında değiştiğini belirtmişlerdir.

4.2. Kahramanmaraş Biberinin Kurutma Çalışmaları

Türkiye'de biber, diğer ülkelerde olduğu gibi taze tüketilmek üzere bütün bölgelerimizde yetiştirilmektedir. Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizde biber tarımı turşu, konserve, acı sos, salça ve kurutma için biber tarımı



yapılmaktadır. Kahramanmaraş'ta biber yetiştiriciliği kuru kırmızı biber üretimi için yapılmaktadır. Üretilen bu biber iç tüketimi karşılamakta, bunun yanısıra dış ülkere ihracatı yapılmaktadır.

Kahramanmaraş'ta biber toplama işlemi Ağustos, Eylül, Ekim ortaları ve Ekim sonunda olmak üzere dört defa yapılmaktadır (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1. Kahramanmaraş biberinin hasat zamanı ve kuruma süreleri

Toplama	Gün	Kuruma Süresi	
		En az	En çok
Birinci ürün	15 Ağustos	5 gün	10 gün
İkinci ürün	15 Eylül	15 gün	20 gün
Üçüncü ürün	10 Ekim	Olanaksız	-
Dördüncü ürün	30 Ekim	Olanaksız	-

Ağustos ayında biberler, istenilen olgunluğa ulaşınca hasat edilir. Toplanan biberler haral adı verilen çuvallara doldurularak kurutma yerlerine taşınır.

Çuvallarla kurutma yerlerine taşınan taze biberler, özel hazırlanmış alanlarda güneş altında serilerek kurutulur. Kurumuş biberler nem almaması için akşam toplanır ve üzeri örtü ile örtülür. Ertesi gün tekrar serilir. Bu işleme, biberler kuruyuncaya kadar devam edilir. Hava durumuna bağlı olarak birinci ürün biberler 8-10 gün içerisinde kuruyabilir (Trenning, 1971; Tunçer, 1995).

Biberlerin uzun süre ambarlarda depolanması için çok iyi kuruması gerekmektedir. Aksi halde kurumuş biberlerle birlikte depolanan kurumamış biberler kısa süre içerisinde kızışma yaparak ambardaki biberlerin bozulmasına sebep olur.

Birinci ürün toplandıktan 15-20 gün sonra olgunlaşmış biberler toplanır. Toplanan bu biberlere ikinci ürün adı verilir. Toplanan bu biberler, kurutma yerlerine getirilerek kurutulur. Birinci ürüne göre, ikinci ürün daha uzun sürede kurur. Çünkü Kahramanmaraş'ta havalar soğumuş ve güneşin etkisi azalmıştır.



Üçüncü ürün ve dördüncü ürün hasadı Ekim ve Kasım aylarına rastladığından ve bu aylarda havalar soğumaya ve yağmurlar yağmaya başladığından kurutma imkansızlaşır.

Kurutulan biberler toplanarak beton depolarda saklanmaktadır. Satıldıkları zaman depolardan çıkarılıp sap ve yeşil kısımları ayrılıp dilimlendikten sonra taş değirmenlerde öğütülmektedir. Toz biberler 25 kg'lık polietilen astarlı kenevir çuvallarda ambalajlanırlar (Trenning, 1971).

Kırmızı biberin kalitesine kurutma ve depolama şartları etki etmektedir. Optimum kurutma ve depolama koşulları için yapılan araştırma sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Biberin kuruma hızı zamanla azalmaktadır. Kuruma hızına madde içerisindeki sıvı suyun difüzyon hızı etki etmektedir. Chun'a (1974) göre kesilmiş biberlerde birinci ve ikinci azalan hız periyotları görülmektedir. Düşük kurutma sıcaklıklarında birinci azalan hız periyodu, sabit hız periyoduna yaklaşmaktadır. Kesilmiş biberlerde kuruma daha hızlı olmakta ve tek hız düşme periyodu görülmektedir.

Trenning (1971) ve Yavuzcan'a (1974) göre kesilmiş biberler tepsili kurutucularda 5-10 saatte kururken kesilmemiş biberler 15-30 saatte kurumaktadır. Kesilmiş biberler güneşte 5-6, kesilmemiş biberler ise 8-10 günde kurumaktadır. Eylül ayında kuruma 15-20 günde olmaktadır. Ekim ayında yağışlı günlerde ise kuruma imkansız hale gelmektedir.

Depolama sırasında havanın sıcaklığı, bağıl nemi ve ışık bozunmaya etki eder. Bağıl neme bağlı olarak kuru biberin denge nemi değişir. %50-60 bağıl nemli havada denge nemi %10-12 değerindedir. Işık ve sıcaklığın yükselmesi C vitamini ve karoten kaybına sebep olur. Biberlerin 10°C sıcaklıkta ve karanlıkta depolanması uygundur (Trenning, 1971).

Kırmızı biberin güneşte yere serilerek kurutulması, ürün kalitesi açısından önerilen bir yöntem değildir. Bu yöntemle biberlerin kuruması 10 gün gibi uzun bir süre almaktadır. İkinci ve üçüncü aşamada hasat edilen biberlerin kuruma süresi 20 güne kadar çıkabilmektedir. Açıkta kurutulan biberler toz, toprak, kuş ve diğer hayvanların etkisi altında bulunmaktadır. Bu nedenle doğrudan güneş altında kurutulan biberlerde



aflatoksin, kirlilik ve hijyen sorunu da ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ısıtılmış hava ile çalışan kurutuculardan yararlanmak kaçınılmaz görülmektedir.

TSE 2419'a göre öğütülmüş kırmızı biberin özellikleri Tablo 4.2.'de verilmiştir. Kırmızı biberler, grubuna has renk, tat ve aromada olmalı, bayatlamış, küflenmiş, bozulmuş ve yabancı tat ve koku almış olmamalı; böcek veya kalıntıları görülmemeli; nişasta ve benzeri maddeler katılmış olmamalıdır.

Yabancı madde, kırmızı biberler içinde bulunan sap, tohum, yaprak parçaları ve diğer bitkisel parçalar, taş, toprak, toz gibi kırmızı biberden başka her türlü maddelerdir.

Tablo 4.2. Kırmızı biber grup ve sınıflarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Ağırlıkça, %)

Özellikler	Tatlı		Acı	
	I. Sınıf	II. Sınıf	I. Sınıf	II. Sınıf
Yabancı madde, en çok	0.02	0.03	0.02	0.03
Nem, en çok	11.0	11.0	11.0	11.0
Toplam kül, kuru maddede en çok	7.0	8.5	8.5	10.0
Hidroklorik asitte çözülmeyen kül, kuru maddede en çok	0.5	1.0	1.0	1.6
Eter ekstraktı, kuru maddede en az	15.0	15.0	15.0	15.0
Uçucu yağlar, kuru maddede en az , ml/100 g	1.15	1.35	1.35	1.35
Selüloz, kuru maddede en çok	25	25	25	30

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Materyal

Kurutma deneylerinde Sultana (*Vitis vinifera* L.) çekirdeksiz üzüm ve Kahramanmaraş yöresinde yetişen *Capsicum annuum* L. türüne giren biber kullanılmıştır.

5.2. Yöntemler

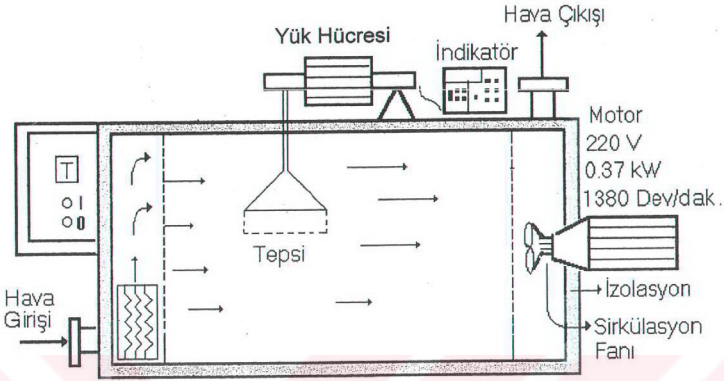
5.2.1. Kurutma Sistemi

Üzüm ve Kahramanmaraş kırmızı biberinin kurutulması, bölümümüzde bulunan, APV & PASILAC firması yapımı kurutma kabiniinde gerçekleştirilmiştir.

Kurutma kabini, delikli bir tepsi içerisinde, çeşitli maddelerin kurutulmasına uygun, istenilen sıcaklıkta hava akımı sağlayabilen pilot ölçekli bir kurutucudur. Kabinin ana kurutma bölümündeki delikli tepsi 30x30x10 cm boyutlarındadır. Kurutucu çelikten imal edilmiş olup 50 mm kalınlığında yarı rijit yassı izolasyon maddesi ile kaplanmıştır. Kabin içerisinde sirkülasyon halinde bulunan havanın debisi ise, hızı değiştirilebilen sirkülasyon fanı tarafından kontrol edilebilmektedir. Kabin içerisinde sirkülasyon halinde bulunan havanın debisi, bir anemometre kullanılarak ölçülmüştür. Sirkülasyon fanı 0.37 kW gücünde bir elektrik motoruyla çalışmaktadır.

Kullanılacak olan havanın ısıtılması ise, sirkülasyon fanının karşısında bulunan 14 adet şerit halindeki ısıtıcılar ile sağlanmaktadır. Kurutucuda, 200°C sıcaklığa kadar çalışmak mümkündür. İstenen sıcaklık ayarları, cihaz üzerinde bulunan kontrol panelindeki dijital sıcaklık göstergesinden ayarlanabilmektedir.

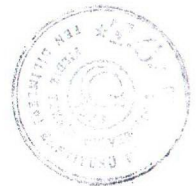




Şekil 5.1. Üzüm ve Kahramanmaraş biberinin kurutulmasında kullanılan kurutucu ve otomatik terazi düzeneği



Şekil 5.2. Üzüm ve Kahramanmaraş biberinin kurutulmasında kullanılan kurutucunun genel görünüşü



5.2.2. Kurutulan Üründe Ağırlık Kaybı Ölçümleri ve Elde Edilen Verilerin Kayıt Edilmesi

Kurutulan üründe ağırlık ölçümleri REVERE marka (SHBxM) CC model yük hücreleri ile yapılmıştır. Bu yük hücresi 20 kg'a kadar olan ağırlıkları 0.05 g hassaslıkla ölçebilmekte ve -40°C ile 80°C sıcaklıklar arasında çalışabilmektedir. Yük hücresi, üçgen ayaklar ile kurutma kabininin üstüne vidalar ile sabitleştirilmiş ve kabin içinde, ürünlerin içine yerleştirildiği delikli tepsiye çelik bir çubuk ile bağlanmıştır.

Yük hücresi tarafından ağırlık kaybı nedeniyle meydana gelen değişimler algılanmakta ve yük hücresinin set değerinde meydana gelen sapmalar hücre tarafından sinyallere dönüştürülüp, elde edilen sinyaller ESİT marka dijital indikatörün ekranına aktarılmaktadır. Deneyler sırasında, ağırlık tartım değerleri belirli zaman periyotlarında kaydedilmiştir.

5.2.3. Kuru Madde Tayini

Örneklerin kurumadde miktarlarının belirlenmesinde AOAC, 920.151 (Anon, 1990) yöntemi uygulanmıştır. Darası önceden belirlenmiş örnek kabında 5 g dolayında tartılan küçük parçalar halinde kesilmiş örnekler 60°C'a ayarlanmış EV 018 Nüve marka vakum fırınında sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Etüvden alınan örnekler desikatörde yarım saat bekletildikten sonra tartularak, örneklerin kuru madde miktarları % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kurumadde} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100 \quad (5.1)$$

m_0 : Örnek kabın boş ağırlığı (g)

m_1 : Örnek kabın ve örneğin kuruma öncesi ağırlıkları toplamı (g)

m_2 : Örnek kabın ve örneğin kuruma sonrası ağırlıkları toplamı (g)



5.2.4. Sıcaklık Ölçümleri

Ürün sıcaklık değerleri, Meter Elektronik Fe-Konstant 0-600°C arasında çalışabilen 8 kanallı ve taramalı dijital termometre tarafından ölçülmüştür.

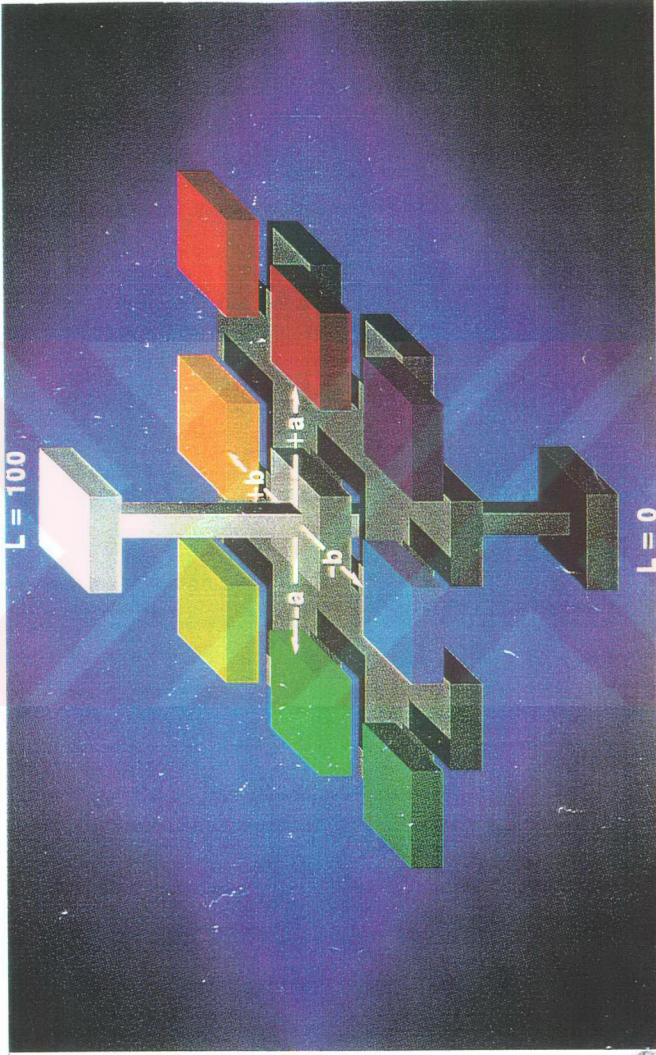
5.2.5. Hava Akış Hızı

Kurutma denemeleri sırasında havanın akış hızı TESTO 440 Vane probe Anemometre ile ölçülmüştür. Anemometre, 0,2-40 m/s ölçme aralığı ve 0-60 °C sıcaklık aralığında çalışma özelliğine sahiptir. Üzüm ve biber kurutma denemelerini gerçekleştirdiğimiz kurutucudaki havanın hızı 1.2 m/s olarak ölçülmüştür.

5.2.6. Renk Ölçümleri

Renk ölçümleri Hunter Lab Color D 25 D2P modeli ile yapılmıştır (Minolta, Chroma - Meter - Cr - 300, Instruction Manual). Üzüm örneklerinde ölçümler 5 kez, biber örneklerde ise 15 kez tekrarlanmış ve ölçülen değerlerin ortalaması alınmıştır. Şekil 5.3.'de görüldüğü gibi L, a, b değerleri 3 boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve koordinat sisteminde " L" değeri dikey eksenle parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken, "+a" kırmızılığa, "-a" yeşillige, "+b" sarılığa, ve "-b" ise maviliğe gidişi göstermektedir.





Şekil 5.3. Hunter Lab renk sisteminin 3 boyutlu koordinat sisteminde gösterimi



5.3. Kurutma Denemeleri

5.3.1. Üzüm Kurutma Denemeleri

Türkiye’de üzümler hasat edildikten ve potas çözeltilisine daldırıldıktan sonra kurutulurlar. Genellikle kurutma işlemi, güneş altında yapılır. Üzümler, bir örtü veya beton üzerine serilerek kurutulurlar. Avustralya’daki kurutma işlemi ise yatay şekilde serilmiş tellere salkımların bağlanmasıyla gerçekleştirilmektedir.

Kurutma deneylerinde Sultana (*Vitis vinifera* L.) çekirdeksiz üzüm çeşidi kullanılmıştır. Üzümlerin kuru madde analizleri sonucunda %19.5-22.7 arasında kuru madde içerdiği belirlenmiştir.

Bir çok meyve ve sebze olduğu gibi üzümlerin de doğal yapıları gereği yüzeyi ince bir vaks (mum) tabakası ile kaplanmıştır. Bu tabaka, kurutma işlemi sırasında suyun taşınımını engellemekte ve böylece kuruma süresi çok uzun olmaktadır. Bu nedenle üzümler genellikle çeşitli çözeltilere daldırılarak vaks tabakasının bu etkisinin azaltılmasına çalışılır. Bu işlemin sonucunda üzümler daha kısa bir sürede kurumakta ve ürünün rengi daha tatmin edici olmaktadır.

Denemelerde iki farklı çözelti kullanılmıştır:

a) Potas (K_2CO_3) Çözeltisi:

10 litre suda 0.5 kg K_2CO_3 çözülmüş ve bu çözeltiye 0.05 litre zeytinyağı ilave edilmesiyle hazırlanmıştır.

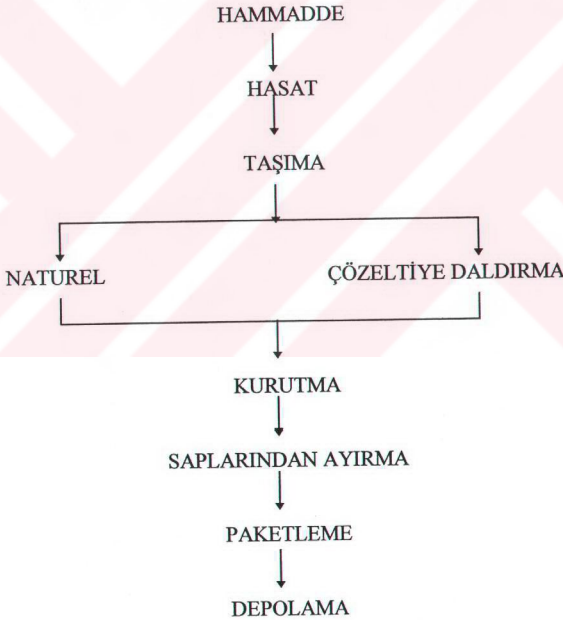
b) Alkali Etil Oleat Çözeltisi (AEEO):

10 litre suda 0.5 kg K_2CO_3 çözülerek hazırlanmış ve bu çözeltiye 0.2 kg etil oleat ilave edilmiştir.

Üzümler, her iki çözeltiye 1 dakika süre ile daldırılmış ve daha sonra kurutulmuşlardır. Her kurutma deneyinde 1 kg yaş üzüm kullanılmıştır.



Sultana tipi çekirdeksiz üzüm, hazırlanmış olan AEEO ve POTAS çözeltilerine yaklaşık 1 dakika daldırılmış ve kabin kurutucuda tek katmanlı olarak %20 nem içeriğine kadar olarak kurutulmuşlardır. 50, 55, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ağırlık kaybı değerleri, kurutucuya monte edilen yük hücresinden gönderilen sinyallerin ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Ürünün merkez sıcaklıkları ise bir termokupul yardımıyla ölçülmüştür. Kurutmadan sonra üzümler soğumaya bırakılmış ve daha sonra saplarından ayrılmıştır. Ürün, 60 µm kalınlığındaki LDPE (düşük yoğunluklu polietilen) torbalara doldurulduktan sonra ısısal yöntemle torbaların ağzı kapatılarak muhafazaya alınmıştır. Üzümlerin kurutma akış diyagramı Şekil 5.4.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Üzümlerin kurutma akış diyagramı



5.3.2. Kahramanmaraş Biberinin Kurutulması

Kahramanmaraş Biberçiler Derneği'nden sağlanan Kahramanmaraş biberi örnekleri gece otobüsle İstanbul'a getirilmiş ve +4°C'de çalışan buzdolabına konmuştur. Biberlerin kuru madde analizleri sonucunda %18.1 oranında kuru madde içerdiği belirlenmiştir.

Biberlerin kuruma süresini, hava sıcaklığını ve hızını artırarak kısaltmak mümkündür. Ayrıca, bibere uygulanan belli bir ön işlemle de kuruma süresini kısaltmak söz konusudur. Bu amaçla, daha önce denenmemiş bir yöntem uygulanarak biberler daldırma çözeltisine daldırıldıktan sonra kurutulmuşlardır.

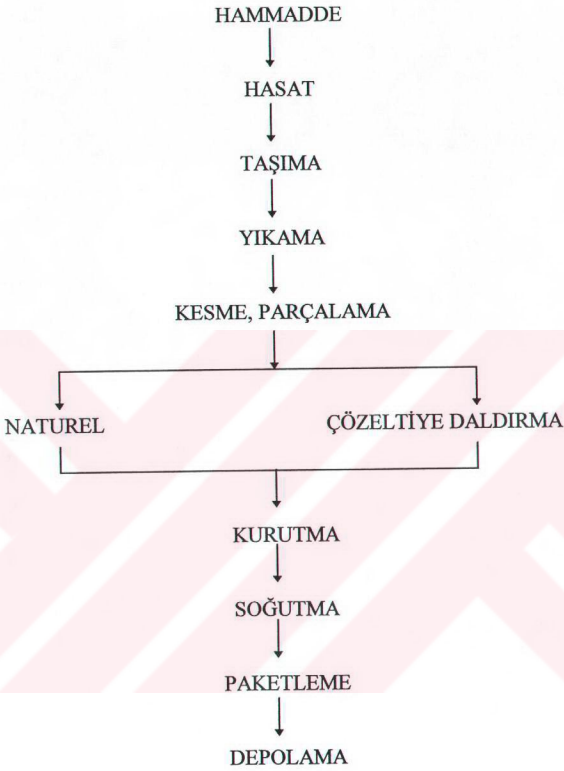
Üç değişik bileşimde daldırma çözeltisi hazırlanarak kullanılmıştır. Bunlar:

- a) %2 AEEO + %4 K₂CO₃
- b) %2 AEEO + %5 K₂CO₃
- c) %2 AEEO + %6 K₂CO₃

Kurutulacak biberler yıkanarak üzerlerinde bulunan ilaç ve çamur artıklarından temizlenmiş ve yüzeylerinde bulunan suyun giderilmesi amacıyla kurulanmışlardır. Biberler parçalanmadan AEEO çözeltilerine 1 dakika süre ile daldırıldıktan sonra 50, 55, 60 ve 70°C hava sıcaklıklarında kurutulmuştur. Aynı sıcaklıklarda biberler naturel halde de kurutulmuştur. Ayrıca %2 AEEO + %5 K₂CO₃ çözeltisine daldırılan bir kısım biber, ilk 4 saati 70°C, daha sonra kurutma hava sıcaklığı 50 ve 55°C'de kurutulmuştur. Bunun yanı sıra biberler, 1 cm boyunda parçalandıktan sonra, %2 AEEO + %5 K₂CO₃ çözeltisine daldırılarak ve etil oleat çözeltisine daldırılmadan yani naturel halde 60°C'de kurutulmuştur. Her denemede 300 g biber kullanılmıştır.

Kurutulan ürünlerde nem içeriği %11'e (TSE 2419) inince kurutma işlemine son verilmiştir. Kurutmadan sonra ürün 10-15 dakika süre ile soğutulmuş ve daha sonra 60 µm kalınlığındaki LDPE torbalara doldurularak ısısal yöntemle torbaların ağzı kapatılmıştır. Kırmızı biberin kurutma akış diyagramı Şekil 5.5.'de görülmektedir.





Şekil 5.5. Kahramanmaraş kırmızı biberlerinin kurutma akış diyagramı



5.4. Matematiksel Modelleme

Üzüm ve biberlerin kurutulmasındaki ilk kütle transfer mekanizmasının sıvı ya da buhar difüzyonu olabileceği varsayılmıştır. Çeşitli gıdaların ince tabaka kurutma işleminde geniş bir araştırma olanağı bulmuş olan teorik model, Fick'in ikinci yasasının çözümüdür (Hutchinson and Otten, 1983):

$$\frac{\delta M}{\delta t} = \nabla \cdot (D_{\text{eff}} \cdot \nabla M) \quad (5.2)$$

Kabuller:

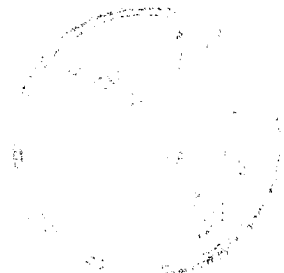
- i) Kütle transferi için başlıca itici gücü, iç nem gradyentidir.
- ii) Materyalin iç sıcaklığı sabittir.
- iii) Sıvı ya da buhar evrelerinin ikisinden biri hakimdir (Hutchinson ve Otten, 1983).

(5.2) eşitliği difüzyon katsayısı sabit alınarak çözümlü küresel koordinatlar için uygun sınır koşulları ile basitleştirme yapılırsa;

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_k \frac{1}{n^2} \exp\left(-n^2 \cdot \pi^2 \frac{D_{\text{eff}} t}{R^2}\right) \quad (5.3)$$

Burada D_{eff} : Nem difüzivitesi (m^2/s), R : Kürenin yarıçapı ve t : Zaman (s). (5.3) eşitliğinin çözüm serisinin ilk terimi kullanılab ilir. Neticede eşitlik (5.2), bir doğru denklemine dönüşür.

$$\ln\left(\frac{M - M_e}{M_0 - M_e}\right) = \ln\left(\frac{6}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{R^2}\right) \quad (5.4)$$



Eşitlik (5.4), daha genel bir ifade ile yazıldığı zaman, Exponential denklemine döndürür:

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = K \exp(-ct) \quad (5.5)$$

İnce tabaka kurutmanın analizine alternatif bir yaklaşım için, empirik eşitliklerden yararlanılabilir. İnce tabaka kurutma çalışmalarında geniş bir şekilde kullanılan eşitliklerden birisi de Page eşitliğidir (Hutchinson ve Otten, 1983).

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-xt^y) \quad (5.6)$$

Denge nem içeriği M_e , M veya M_0 ile karşılaştırıldığında çok küçüktür. Böylece $(M - M_e)/(M_0 - M_e)$ terimi M/M_0 olarak basitleştirilir (Diamante ve Munro, 1993). (5.5) ve (5.6) eşitlikleri şu şekle döndürür:

$$\frac{M}{M_0} = K \exp(-ct) \quad (5.7)$$

$$\frac{M}{M_0} = \exp(-xt^y) \quad (5.8)$$

$\log(M/M_0)$ ile t arasında çizilen eğrilerin eğimlerinden D_{eff} hesaplanmıştır (Lomauro et.al., 1985; Uddin et.al., 1990; Tütüncü and Labuza, 1996).

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

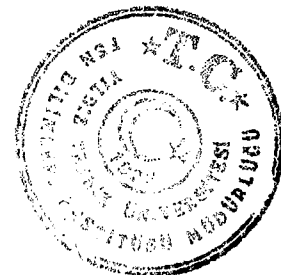
6.1. Üzüm

Üzüm kurutma denemelerinin kuruma süreleri, taze ve kuru ürünlerdeki nem içerik değerleri Tablo 6.1.'de görülmektedir.

Tablo 6.1. Üzüm kurutma denemelerine ait kuruma süreleri, taze ve kuru ürünlerdeki nem miktarları

Kodu	Sıcaklık (°C)	Kuruma Süresi (dak.)	Nem (%)	
			Taze	Kuru
AEEO(%2AEEO+%5K ₂ CO ₃)	50	2040	77.3	20.06
	55	1740	80.0	20.00
	60	1230	79.7	20.07
	70	810	78.8	20.30
POTAS(%5K ₂ CO ₃ +%0.5 Z.Yağı)	50	2430	79.7	20.07
	55	1830	80.5	20.08
	60	1320	79.95	19.80
	70	870	78.8	20.30
NAT(NATUREL)	60	2880	79.92	20.08
	70	1080	79.97	20.07

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerden yararlanarak üzümün nem içeriğinin zamanla değişimini göstermek amacıyla kuruma eğrileri çizilmiştir. Şekil 6.1., 6.2., 6.3. , 6.4., 6.5., 6.6. ve 6.7.'de kuruma eğrileri gösterilmektedir.



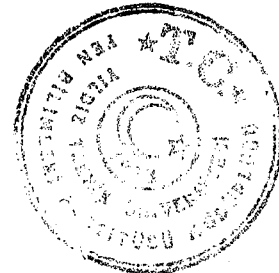
Tablo 6.1.'de görüldüğü gibi, AEEO ile ön işleme tabi tutularak kurutulan üzümlerin kuruma süresinin her bir sıcaklık için diğer yöntemlerle kurutulanlara göre daha kısa olduğu saptanmıştır. 60°C hava sıcaklığında AEEO çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan üzümlerin 1230 dakikada, POTAS çözeltisine tabi tutulan üzümlerin 1320 dakikada ve NAT kodlu üzümlerin ise 2880 dakikada kurudukları saptanmıştır. AEEO kodlu üzümlerin, POTAS kodlu üzümlere göre %7.3 ve NAT kodlu üzümlere göre de %134.1 oranında zamandan tasarruf sağlandığı görülmektedir. 60°C'de POTAS çözeltisine daldırılan üzümlerin kuruma süresi, NAT kodlu üzümlere göre %118.2 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir.

NAT kodlu üzümlere bakıldığında, 60°C'de kuruma süresi 2880 dakika olduğu halde, 70°C'de bu süre 1080 dakikadır. Buradan da görülmektedir ki, 10°C sıcaklık artışı ile %166.6 oranında zamandan tasarruf sağlanmaktadır.

Sonuç olarak, AEEO çözeltisine daldırılan üzümlerin, POTAS çözeltisine daldırılan üzümlere ve naturel halde kurutulan üzümlere göre daha kısa sürede kuruduğu görülmüştür. AEEO çözeltisinin POTAS çözeltisine göre üzüm kurutmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

6.1.1. Kritik Nem Değerlerinin Hesaplanması

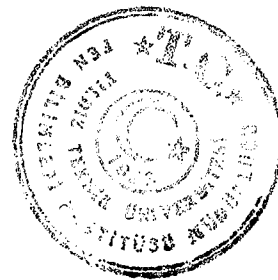
AEEO ve POTAS çözeltileriyle ön işleme tabi tutulan ve naturel olarak kurutulan üzümlerin kritik nem değerleri belirlemek için $\log (M/M_0) - t$ eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerden birisi Şekil 6.8.'de görülmektedir. Bu eğrilerin eğimlerinden kritik nem içerikleri belirlenmeye çalışılmış ve elde edilen değerler Tablo 6.2.'de gösterilmiştir. Örneğin, 60°C için kritik nem değerleri şöyledir: AEEO ile ön işleme tabi tutulan üzümlerin 0.51 kg/kg , POTAS çözeltisine daldırılan üzümlerin 0.54 kg/kg ve NAT kodlu üzümlerin ise 0.57 kg/kg olarak bulunmuştur. Kritik nem, sabit debi periyodunun sonu, azalan debi periyodunun başlangıç nem değeridir. Kritik nem içeriği, deneysel veriler esas alınarak belirlenmektedir. Verilen nem içerik değerleri, bir prosesin dizayn hesaplamalarında kolaylık ve büyük bir avantaj sağlar (Suzuki, 1990). Görülüyor ki, AEEO ve POTAS gibi çözeltiler kullanıldığı zaman gıdanın yüzeyindeki direnç düşmekte



ve bunun sonucu olarak maddenin içinden yüzeye suyun taşınımı artmaktadır. Sabit debi periyodu sırasında verilen ısı, maddenin yüzeyinden nemin buharlaşması için harcanır. Bundan dolayı kritik nem değerin tespit edilmesi gerekmektedir. Sabit debi periyodu sonunda, yüzeydeki nem konsantrasyonunun azalmasıyla birlikte buharlaşma, maddenin iç katmanlarında olmaktadır. Bu sırada ürün yüzey sıcaklığı artmaya başlar. Bu nedenle, kritik nem içeriğinden itibaren kurutma havasının sıcaklığının düşürülmesi gerekir. Bu işlem yapılmadığı takdirde ürün yüzeyinde sıcaklığın artışıyla birlikte enzimatik olmayan bir renk esmerleşmesi meydana gelir. Azalan kuruma hızı aşamasında, kuruma difüzyonel mekanizma tarafından kontrol edilir.

Tablo 6.2. Üzüm kurutma denemelerine ait kritik nem değerleri

Kodu	Sıcaklık (°C)	Kritik Nem (kg/kg)
AEEO	50	0.43
	55	0.48
	60	0.51
	70	0.57
POTAS	50	0.49
	55	0.52
	60	0.54
	70	0.58
NAT	60	0.57
	70	0.61



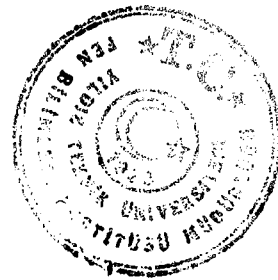
6.1.2. Renk Analizi

Renk, genel olarak gıdaların üretimi ve ticaretinde önemli bir kalite kriteri olarak tanımlanmaktadır. Üzümlerin boyutlarının ve yabancı madde içeriğinin yanında renk, kalite numaralarının belirlenmesinde önemli rol oynar.

Kurutma sonrası her örnek için Minolta CR-300 Chroma-Meter cihaz ile ürün üzerinde 5 ayrı noktada ölçüm alınmış, elde edilen verilerin minimum, maksimum ve ortalama L, +a ve +b değerlerinden Hunter Lab skalasına göre renk değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen değerler Tablo 6.3.'de verilmiştir.

Daldırma çözeltileri, Tablo 6.3.'de görüldüğü gibi kuru ürünlerin kalite parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. AEEO çözeltilisine daldırılıp kurutulan üzümlerin L (açıklık) ve a/b (kırmızılık/sarılık) oranlarına bakıldığında genelde daha iyi bir renk elde edildiği görülmüştür. İstenilen renk özellikleri yüksek L ve düşük a/b değerleridir. Tablo 6.3.'de görüldüğü gibi en yüksek L değerleri AEEO ile muamele edilmiş ürünlerde görülmektedir. Örneğin, 60°C'deki değerler: AEEO'lu üzüm için 21.03, POTAS kodlu üzüm için 20.29 ve NAT kodlu üzüm için 17.74 bulunmuştur. a/b oranları ise sırasıyla 0.74, 0.81 ve 1.05'dir. Bu duruma göre, bu sıcaklıkta AEEO kodlu üzümlerin, NAT kodlu üzümlere göre %18.54, POTAS kodlu üzümlerin de NAT kodlu üzümlere göre de %14.3 oranında daha açık ve parlak olduğu görülmüştür.

Tablo 6.3'de görülen başka bir bulgu, sıcaklık arttıkça L değerlerinin de arttığıdır. Buna karşılık a/b değerleri daha değişik bir seyir göstermektedir. AEEO kodlu üzümlerin en düşük a/b değeri, 60°C'de kurutulan üzümlerde görülmektedir. Aynı bulguyu POTAS çözeltilisine daldırılan ve 60°C'de kurutulan üzümlerde de görmek mümkündür.

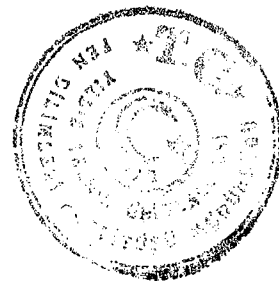


Tablo 6.3. Kurutulmuş üzümlerin renk analiz sonuçları

Kodu	T (°C)	L	+a	+ b	a/b
AEEO	50	18.95	3.04	3.84	0.79
	55	19.30	3.99	4.80	0.83
	60	21.03	5.08	6.84	0.74
	70	22.75	5.23	6.65	0.78
POTAS	50	17.57	3.84	4.28	0.89
	55	19.56	3.97	4.32	0.91
	60	20.29	4.55	5.57	0.81
	70	22.31	4.53	5.29	0.86
NAT	60	17.74	2.29	2.18	1.05
	70	19.55	4.74	5.43	0.87

6.1.3. Korelasyon Katsayılarının Hesaplanması

Teorik olan Page ve Exponential denklemleri uygulanarak korelasyon katsayıları (r^2) hesaplanmış ve Tablo 6.4.'de verilmiştir. Gözlemlenen durum, bu denklemlerin r^2 değerleri arasındaki fark küçük olmakla birlikte, Page denkleminin r^2 değerlerinin daha yüksek olmasıdır (Tablo 6.4.). Teorik modeller ile deney sonuçları iyi bir uyum göstermektedir. 60°C'de yapılan denemelerden elde edilen verilerden yararlanarak deneysel, teorik Page ve Exponential denklemlerden hesaplanan nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi Şekil 6.9., 6.10. ve 6.11.'de verilmektedir.



Tablo 6.4. Matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış korelasyon katsayıları

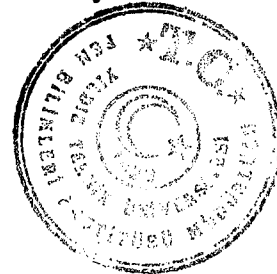
Kodu	Sıcaklık (°C)	r ² (Page)	r ² (Exp.)
AEEO	50	0.996	0.975
	55	0.997	0.985
	60	0.997	0.985
	70	0.999	0.995
POTAS	50	0.995	0.973
	55	0.995	0.973
	60	0.998	0.991
	70	0.995	0.990
NAT	60	0.997	0.987
	70	0.995	0.993

Exponential model : $M/M_0 = K \exp(-ct)$

Page model : $M/M_0 = \exp(-xt^y)$

6.1.4. Difüzyon Katsayılarının Belirlenmesi

Difüzyon katsayılarını (D_{eff}) hesaplamak için $\log(M/M_0) - t$ arasında eğriler çizilmiştir. Bu eğrilerden birisi Şekil 6.12'de verilmiştir. D_{eff} çizilen bu eğrilerin eğimlerinden yararlanarak hesaplanmıştır. Bu eğrilerde lineer bir ilişki görülmekle birlikte eğimler bazı kırılma noktalarında değişmektedir. Bu durum D_{eff} 'in bazı nem içeriklerinde değiştiğini göstermektedir. $\log(M/M_0) - t$ eğrilerinin her lineer kısmı için sonuçlar hesaplanmıştır ve Tablo 6.5.'de gösterilmiş, ayrıca toplam D_{eff} sonuçları da verilmiştir. Tablo incelediğinde AEEO ile muamele edilmiş üzümün difüzyon katsayısı, 60°C için $2.01 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, POTAS çözeltisiyle muamele edilen üzümün difüzyon katsayısı $1.82 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ve NAT kodlu üzümün difüzyon katsayısı ise $9.10 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olduğu görülmüştür. AEEO ile muamele edilmiş üzümün D_{eff} 'i diğerlerine göre daha büyüktür.



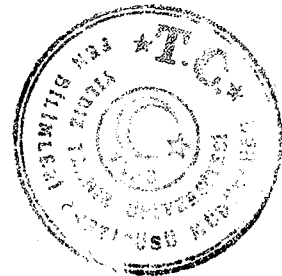
Etiloleat içeren çözeltilere daldırılarak yapılan bütün kurutma denemelerinde, yüksek kuruma hızlarına sahip olunmasının nedeni, etiloleatın kütle transferi sırasında yüzeydeki mum katmanının direncini yok etmesi ve difüzyon katsayısını artırmasıdır ki bu durum Tablo 6.5.'deki sonuçlarla da doğrulanmaktadır.

6.1.5. Sıcaklık Değişimleri

Üzüm denemeleri yapılırken, bir yandan da ürün sıcaklık değişimini gözlemek amacıyla sıcaklık değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen verilerden yararlanarak AEEO ve POTAS çözeltilerine daldırılan üzümlerle Naturel olarak (70°C'de) kurutulan üzümlerin ürün sıcaklık değerlerinin kuruma süresi ile değişimi Şekil 6.13., 6.14. ve 6.15.'de verilmiştir.

50°C, 55°C ve 60°C hava sıcaklıklarında yapılan kurutma işlemlerinde kritik nem değerlerinden (Tablo 6.2.) sonra sıcaklığın artmadığı saptanmıştır. Buna karşılık 70°C hava sıcaklığında yapılan kurutma işlemlerinde ise Tablo 6.2.'de görüldüğü gibi, AEEO çözeltilisine daldırılıp kurutulan üzümlerin kritik nem değerinde (0.57 kg/kg - 210 dak.) ürün sıcaklığı 63°C, POTAS çözeltilisine daldırılıp kurutulan üzümlerin kritik nem değerinde (0.58 kg/kg - 240 dak.) ürün sıcaklığı 65°C ve Naturel olarak kurutulan üzümlerin ise de kritik nem miktarında (0.61 kg/kg - 270 dak.) ürün sıcaklığı 64°C olduğu saptanmıştır (Şekil 6.13., 6.14. ve 6.15.). Buna göre, 70°C'de hava sıcaklığında kurutulan ürünlerde kritik nem değerinden sonra, ürün sıcaklığında bir artma olduğu görülmektedir.

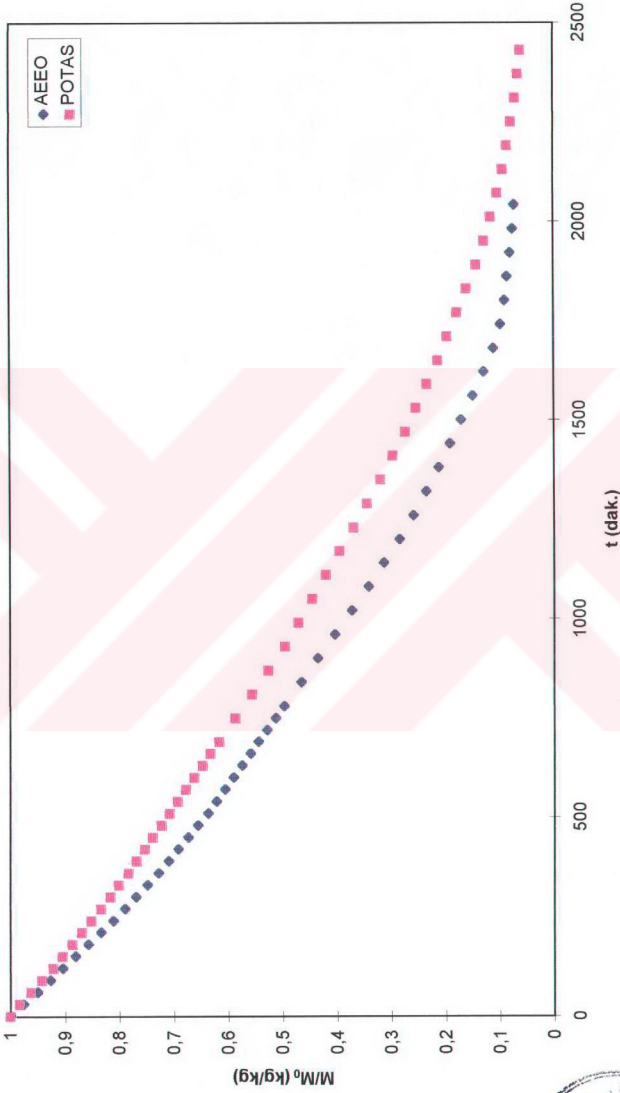
70°C'de kurutulan ürünlerde kuruma süreleri diğer sıcaklıklardaki kurutulan ürünlerin kuruma sürelerine göre kısa olmasına rağmen, renk analizi sonuçlarını (a/b oranı) birbirlerine yakındır. Buna karşın 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümlerin a/b oranının en düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.3.). 70°C hava sıcaklığında kurutulan üzümlerde ürün sıcaklığının kritik nemden sonra artması ürünün renginin esmerleşmesine neden olduğu saptanmıştır.



Tablo 6.5. Üzüm kurutma denemelerine ait adım adım ve ortalama difüzyon katsayıları

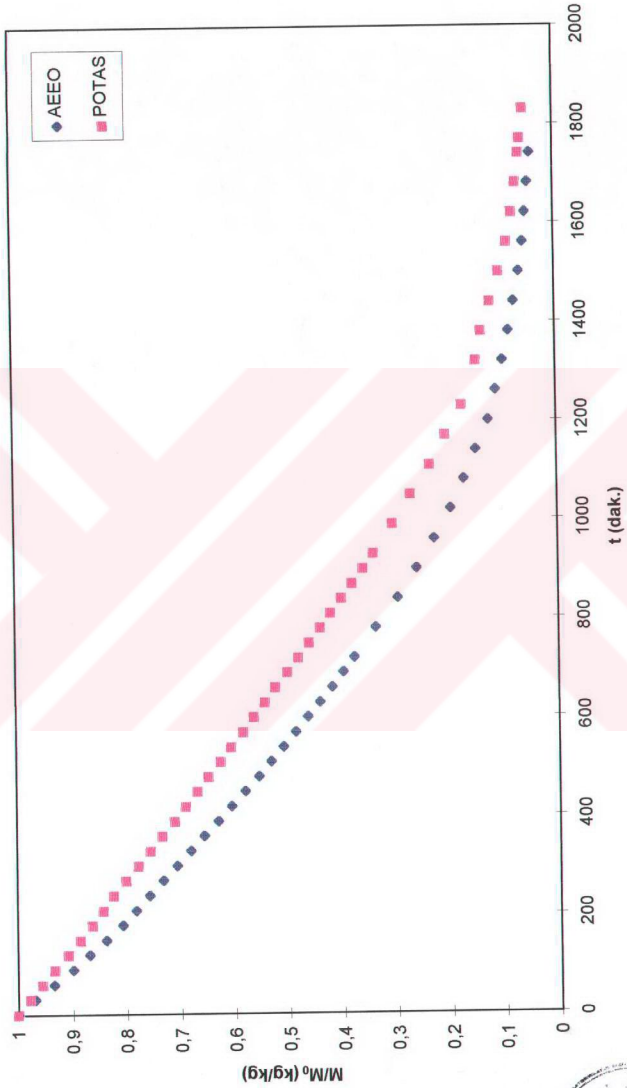
Kodu	Sıcaklık (°C)	D_{eff} (m ² /s)	M (kg su/kg K.M.)	Ortalama D_{eff} (m ² /s)
AEEO	50	1.25×10^{-9}	3.3956 - 1.4601	8.49×10^{-10}
		9.05×10^{-10}	1.4601 - 0.6527	
		3.93×10^{-10}	0.6527 - 0.2483	
	55	2.21×10^{-9}	4.0 - 1.92	1.32×10^{-9}
		1.35×10^{-9}	1.92 - 0.47	
		4.11×10^{-10}	0.47 - 0.25	
	60	3.40×10^{-9}	3.9261 - 2.0023	2.01×10^{-9}
		1.90×10^{-9}	2.0023 - 0.5199	
		7.43×10^{-10}	0.5199 - 0.2512	
POTAS	50	6.04×10^{-9}	3.7169 - 2.1186	3.50×10^{-9}
		9.60×10^{-10}	2.1186 - 0.2547	
	55	1.13×10^{-9}	3.9261 - 1.9237	7.91×10^{-10}
		8.63×10^{-10}	1.9237 - 0.9029	
		3.82×10^{-10}	0.9029 - 0.2512	
	60	1.56×10^{-9}	4.1282 - 2.1466	1.19×10^{-9}
		1.41×10^{-9}	2.1466 - 1.1330	
		6.08×10^{-10}	1.1330 - 0.2512	
NAT	60	3.11×10^{-9}	3.9875 - 2.1532	1.82×10^{-9}
		1.94×10^{-9}	2.1532 - 0.4090	
		4.34×10^{-10}	0.4090 - 0.2547	
	70	4.28×10^{-9}	3.7169 - 2.1558	2.54×10^{-9}
		2.23×10^{-9}	2.1558 - 0.3773	
		1.13×10^{-9}	0.3773 - 0.2547	
	70	1.43×10^{-9}	3.9800 - 2.2686	9.10×10^{-10}
		9.29×10^{-10}	2.2686 - 0.8824	
		3.72×10^{-10}	0.8824 - 0.2400	
	70	3.94×10^{-9}	3.9260 - 2.3948	1.92×10^{-9}
		1.52×10^{-9}	2.3948 - 0.5763	
		3.04×10^{-10}	0.5763 - 0.2512	





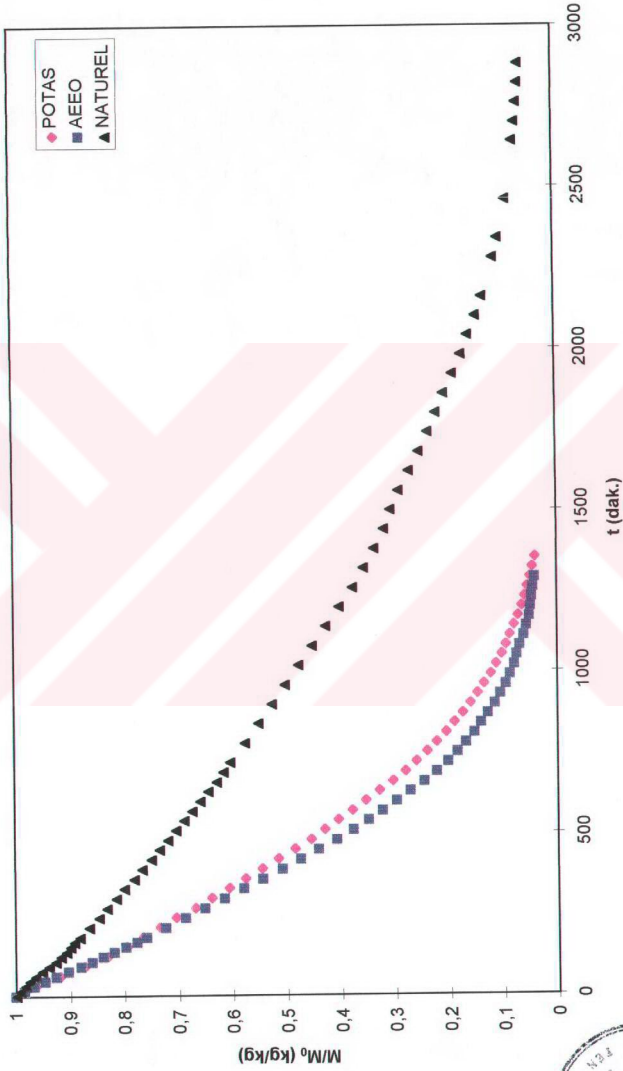
Şekil 6.1. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 50°C'de kurutulan üzümün kuruma eğrileri





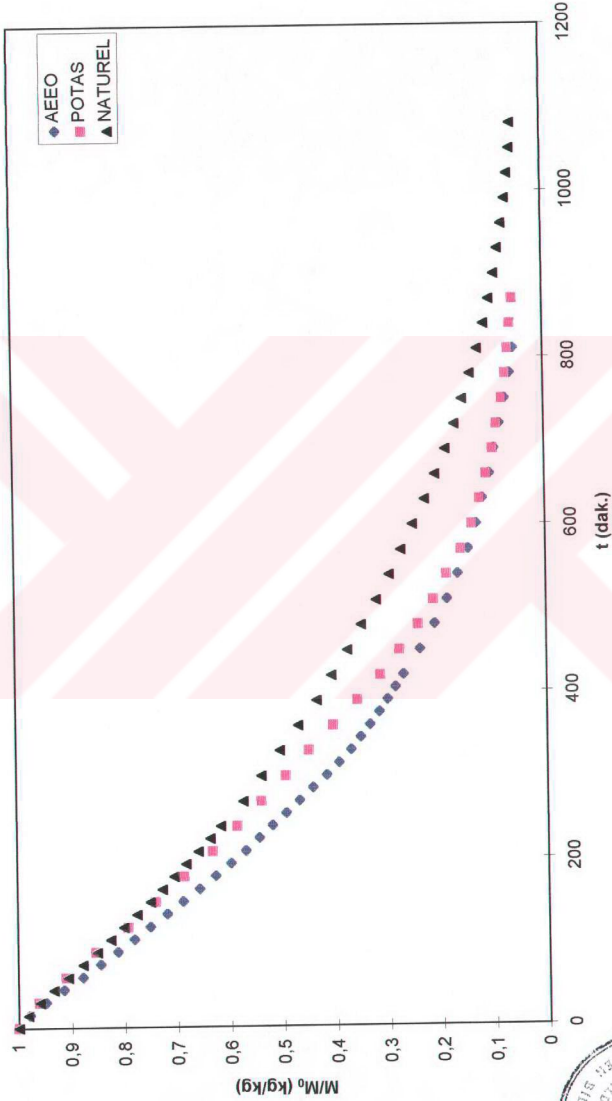
Şekil 6.2. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 55°C'de kurutulan üzümün kuruma eğrileri





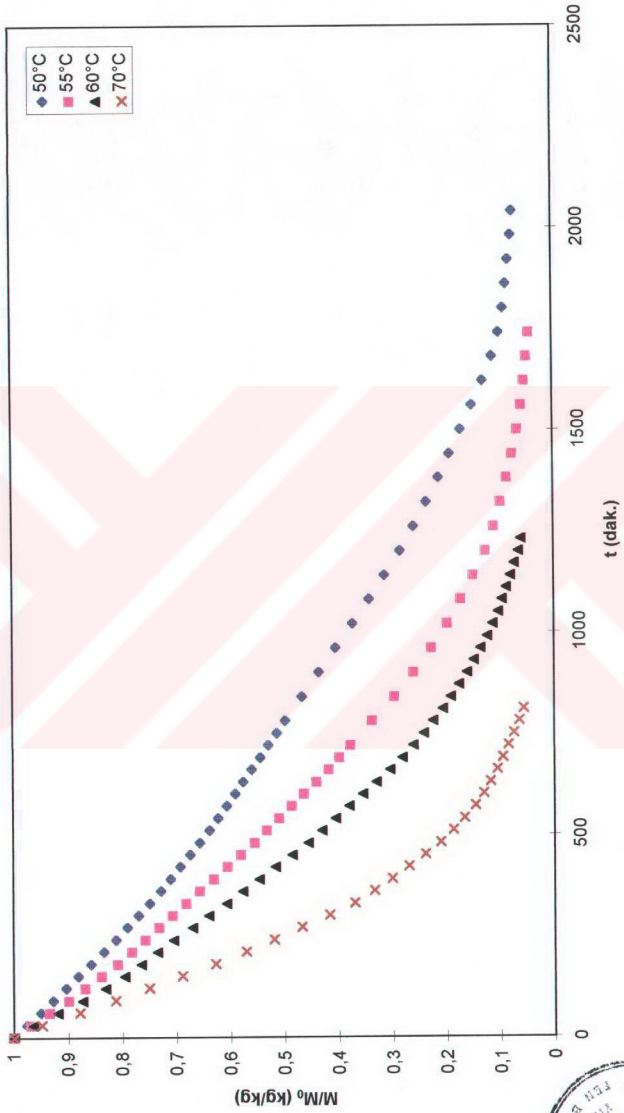
Şekil 6.3. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 60°C'de kurutulan üzümün kuruma eğrileri





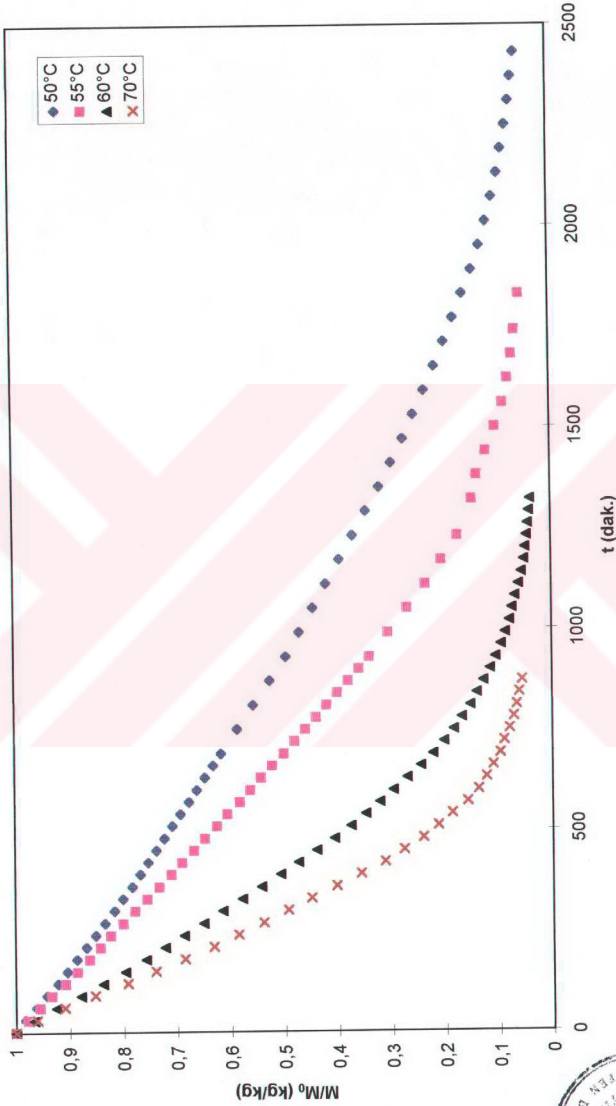
Şekil 6.4. Değişik ön işlemlere tabi tutulup 70°C'de kurutulan üzümün kuruma eğrileri



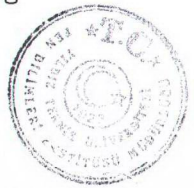


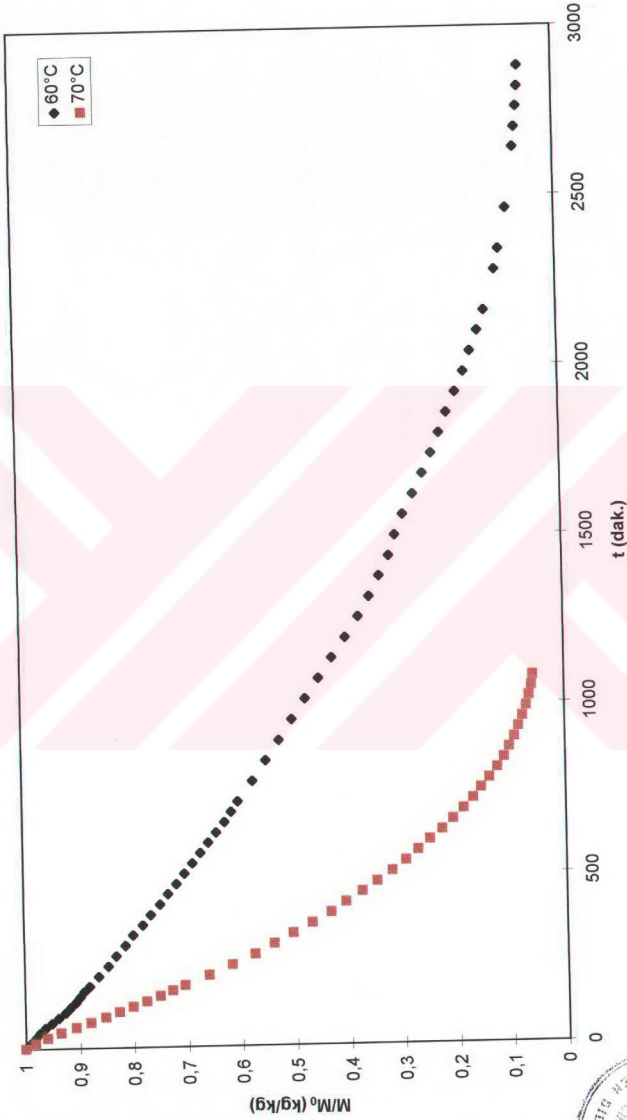
Şekil 6.5. AEEO çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan üzümün değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri



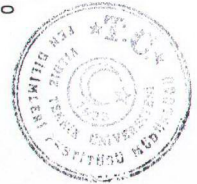


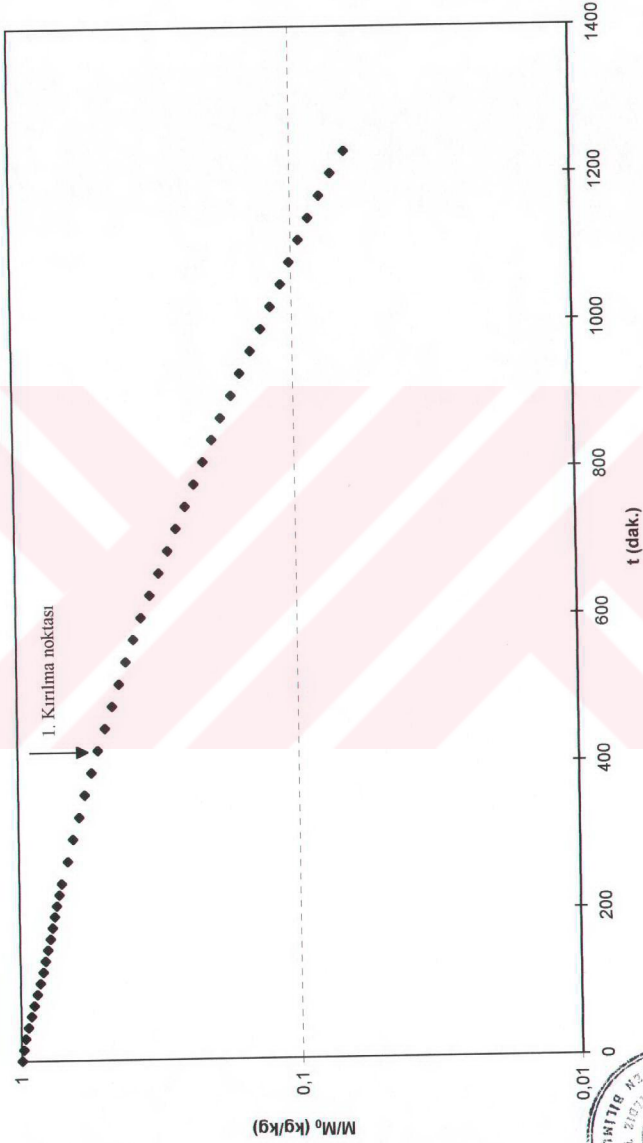
Şekil 6.6. POTAS çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan üzümün değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri



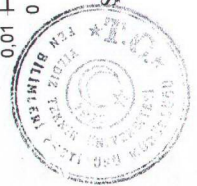


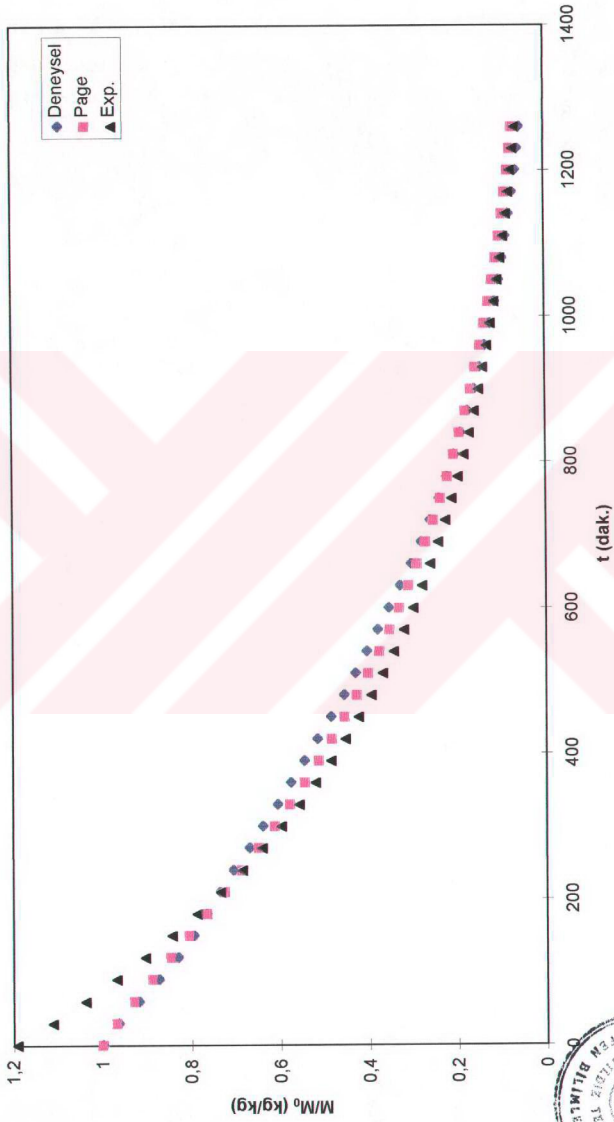
Şekil 6.7. Naturel halde kurutulan üzümün değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri



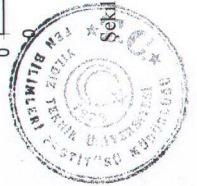


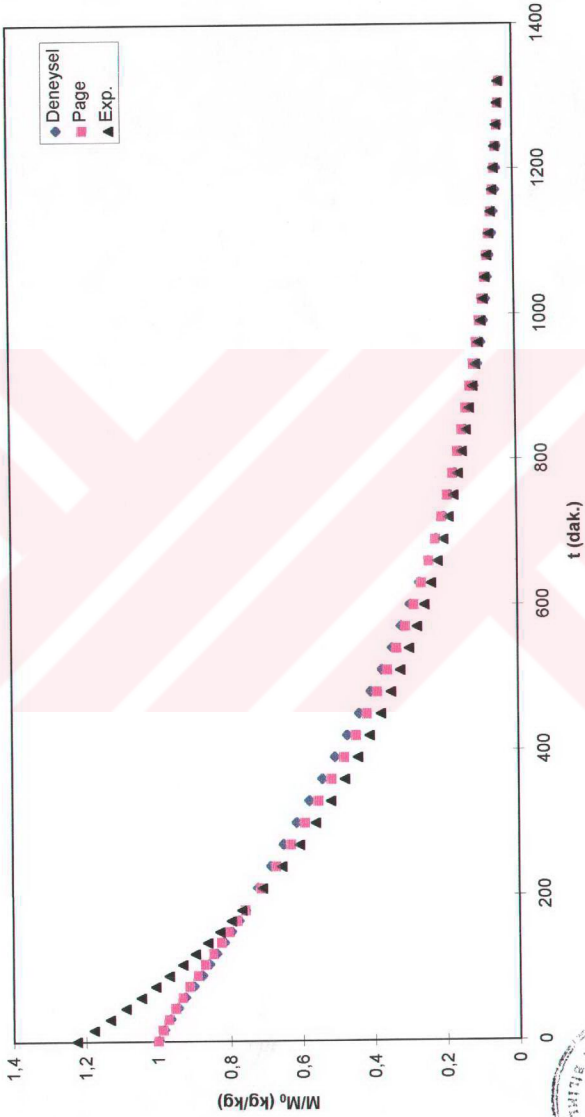
Şekil 6.8. AEEO çözeltisi ile ön işleme tabi tutulan üzümün 60°C'deki kuruma eğrisi



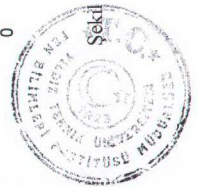


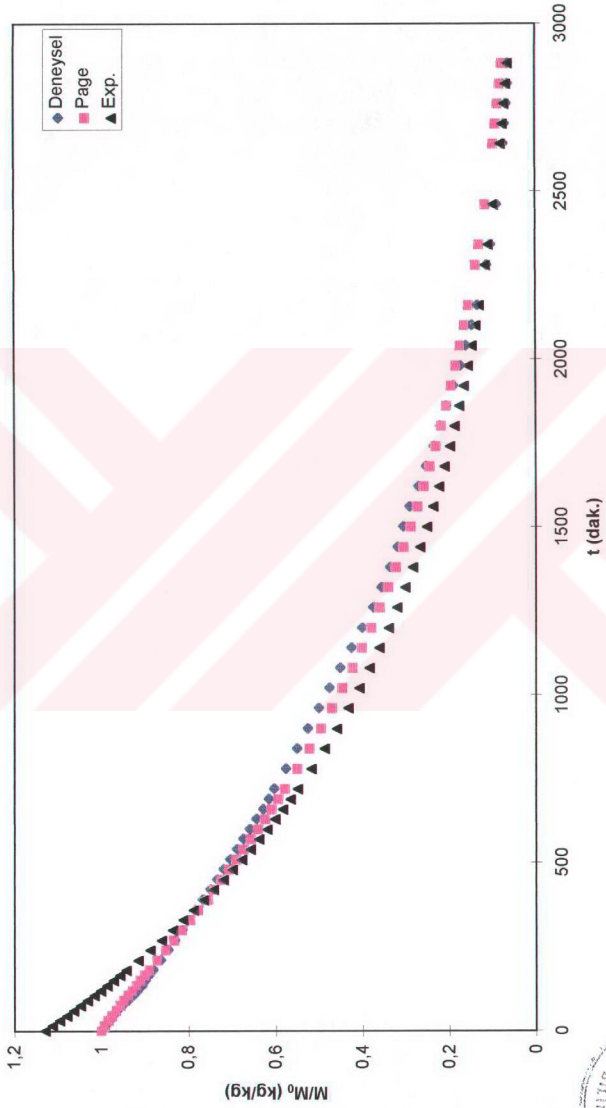
Şekil 6.9. AEEO çözeltisine daldırılıp 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi



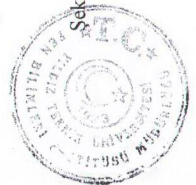


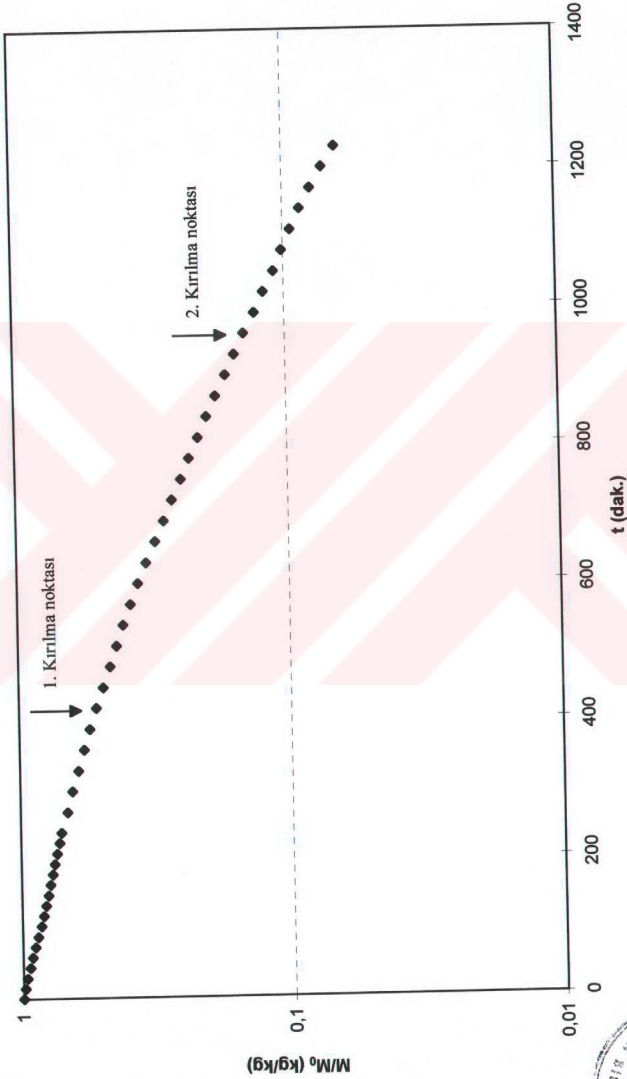
Şekil 6.10. POTAS çözeltisine daldırılıp 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümlerin nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi





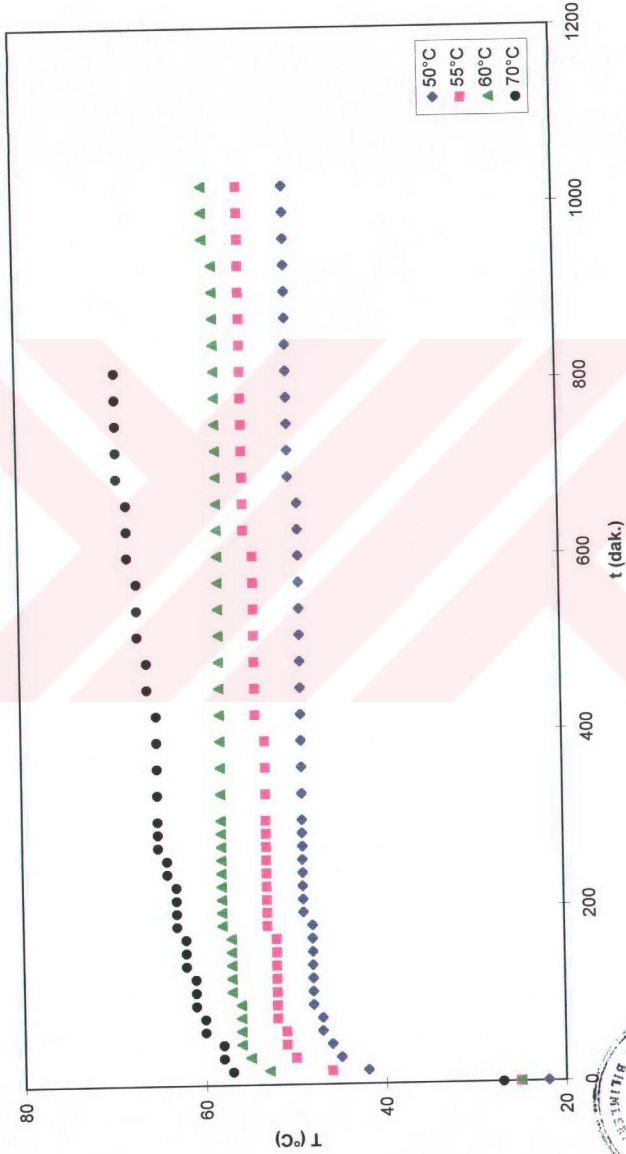
Şekil 6.11. Naturel halde 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümlerin nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi



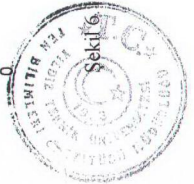


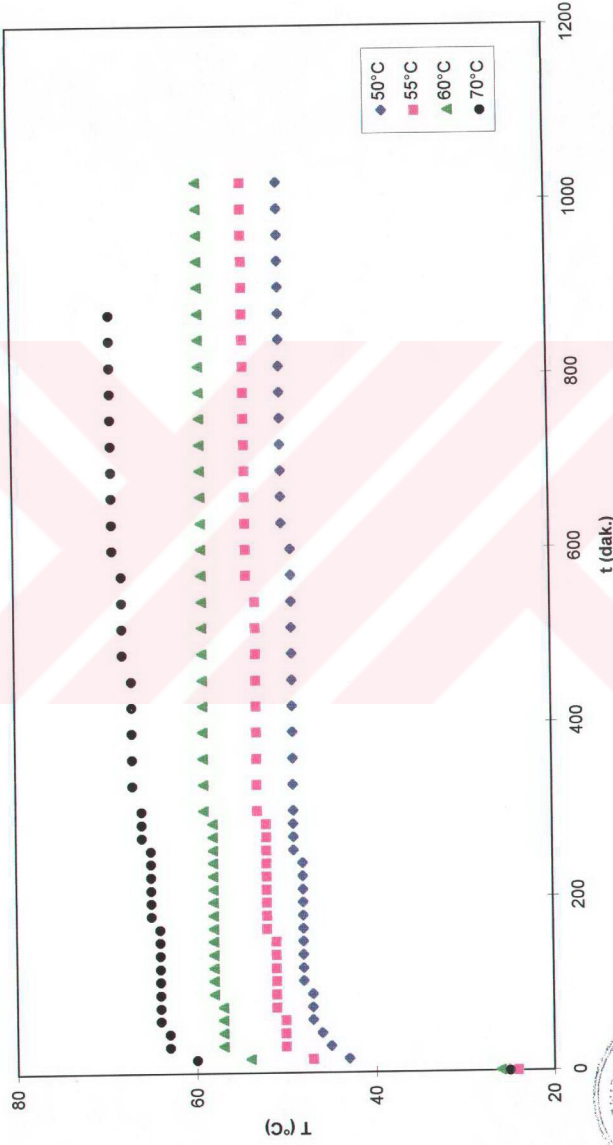
Şekil 12. AEEO çözeltisine daldırılıp 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümlerin kuruma eğrisi



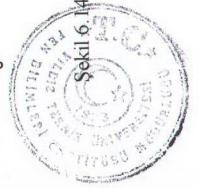


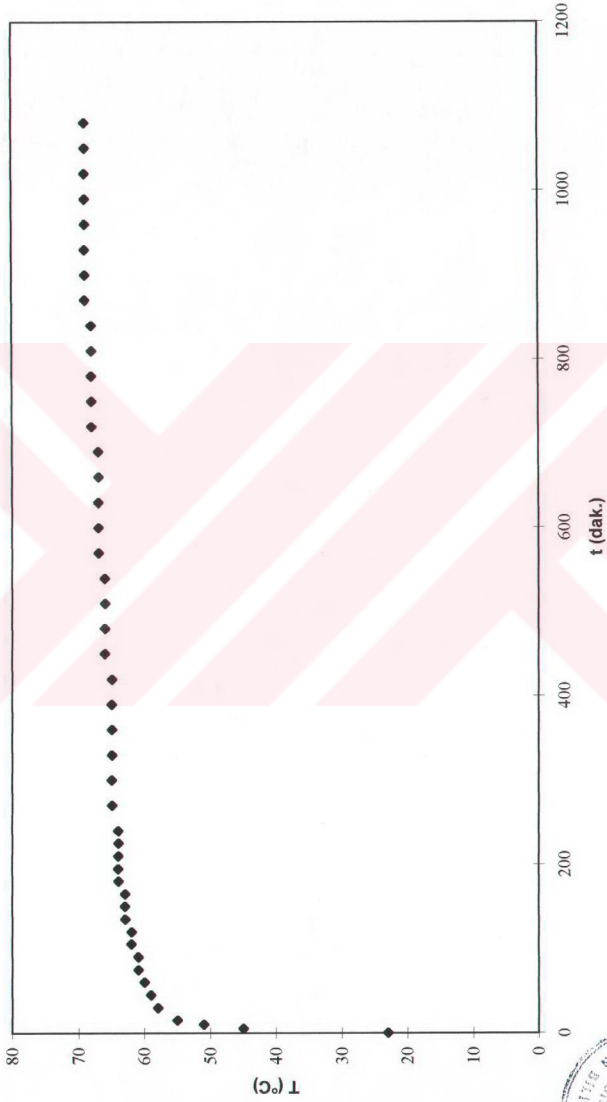
Şekil 6. AEEO çözeltisine daldırılıp değişik sıcaklıklarda kurutulan üzümün ürün sıcaklığının kuruma süresi ile değişimi



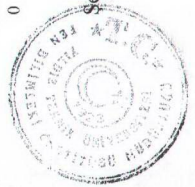


Şekil 6. 14. POTAS çözeltisine daldırılıp değişik sıcaklıklarda kurutulan üzümlerin ürün sıcaklıklarının kuruma süresi ile değişimi





Sekil 6.15. 70°C hava sıcaklığında naturel olarak kurutulan üzümlerin ürün sıcaklığının kuruma süresi ile değişimi



6.1.6. Üzüm Kurutma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

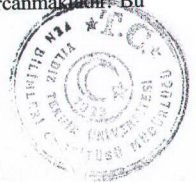
1) AEEO çözeltisine daldırılıp kurutulan üzümlerin kuruma süreleri, POTAS çözeltisine daldırılarak ve naturel olarak (NAT kodlu) kurutulan üzümlere göre daha kısadır. Örneğin 60°C'de için sonuçları inceleyelim: AEEO çözeltisine daldırılarak yapılan kurutma işlemi ile, POTAS çözeltisiyle muamele edilen üzümlere göre %7.3, NAT üzümlere göre %134.1 oranında kuruma süresini azaltmaktadır.

Üzüm kurutma verilerinden tespit edilen önemli bir bulgu şudur: AEEO çözeltisine daldırılıp 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümlerin daha kısa sürede kuruduğu ve düşük a/b (kırmızılık/sarıklık) oranı yönünden en iyi sonucu verdiği saptanmıştır. 70°C hava sıcaklığında AEEO çözeltisine daldırılıp kurutulan üzümlerin, 60°C hava sıcaklığında kurutulan üzümlere göre daha kısa sürede kurumasına rağmen a/b oranı daha yüksek çıkmıştır. Diğer sıcaklıklarda kurutulan üzümlere de bakıldığında aynı dezavantajlar olduğu görülmektedir (Tablo 6.1. ve Tablo 6.3.).

Riva and Peri (1986), Riva et.al. (1986b), Pala et.al. (1990, 1991 ve 1995), Kostaropoulos and Saravacos (1995), Mahmutoğlu et.al. (1996), Eissen et.al. (1995), üzümleri güneşte ve güneş kolektörlü kurutucularda değişik bileşimindeki AEEO ve POTAS içeren daldırma çözeltilerine daldırılarak kurutmuşlardır. AEEO çözeltisine daldırılan üzümlerin POTAS çözeltisine daldırılan üzümlere göre daha kısa kuruduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuç çalışmalarımızla uyum göstermektedir.

Tulasidas et. al. (1996), daldırma çözeltilerine daldırılan üzümleri mikrodalga ile çalışan bir fırında kurutmuşlardır. Denemelerde değişik daldırma çözeltileri denemişler ve kuru üzüm kalitesi ve kurutma zamanı bakımından en iyi sonucun %2 AEEO+%5 NaOH çözeltisine daldırılan üzümlerde elde edildiğini tespit etmişlerdir.

2) Sabit hız periyodu boyunca kurutma havasının sıcaklığı yüksek olabilir. Bu periyod süresince verilen ısı, maddenin yüzeyindeki nemin buharlaşması için harcanmaktadır. Bu



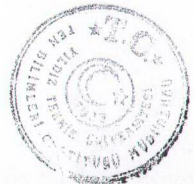
periyodun sonunda yüzeyde nem konsantrasyonu düşer ve yüzey sıcaklığı artmaya başlar. Bu andaki neme kritik nem denir. Kritik nem değerleri belirlenerek, bu nemden sonraki kurutma havası sıcaklığının düşürülmesi gerekir.

3) Gıdalarda renk, önemli bir kalite kriteridir. Üzümlerin boyutlarının ve yabancı madde içeriğinin yanında renk kalite numaralarının belirlenmesi de önemli rol oynar. AEEO çözeltilisine daldırılarak kurutulan üzümlerin L ve a/b oranlarına bakıldığında genelde iyi bir renk elde edildiği görülmüştür. Yüksek L ve düşük a/b değerinin üzümde daha iyi renk değerini belirtir. AEEO ile ön işleme tabi tutulan üzümlerin L değerleri örneğin 60°C için 21.03 olduğu halde, POTAS çözeltilisine ön işleme tabi tutulan üzümlerin 20.29; NAT üzümler için 17.74'tür. a/b oranları ise sırasıyla 0.74, 0.81 ve 1.05 olarak belirlenmiştir (Tablo 6.3.). En iyi renk değerleri AEEO ile ön işleme tabi tutulan üzümlerin verdiği saptanmıştır.

4) Deneysel verilerden yararlanarak nem içeriği ile kuruma süresi arasında bir ilişki sağlanması amacıyla her deneme için Page ve Exponential denklemler test edilmiştir. Korelasyon katsayıları hesaplanmış, Page denkleminde elde edilen değerler, Exponential denkleminde elde edilen değerlere göre daha yüksek bulunmuştur. Page denkleminin r^2 değerlerinin 0.995-0.996 arasında, Exponential denklemin ise 0.973-0.995 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Pala et.al. (1995 ve 1996), kayısıları güneşte ve güneş enerjisi ile çalışan kurutucularda kurutmuşlardır. Elde ettikleri veriler yardımıyla nem içeriği ile zaman arasında bir ilişki sağlanması amacıyla Page ve Exponential denklemleri test ederek korelasyon katsayılarını hesap etmişlerdir. Page denkleminin r^2 değerlerinin 0.97-0.99 arasında değiştiği ve Exponential denklemine göre daha yüksek bir değerde olduğunu rapor etmişlerdir. Bu sonuç, bizim çalışmalarımızla uyum göstermektedir.

Diamante and Munro (1993), güneş kurutucularda patatesi kurutmuşlar ve elde ettikleri verilerden yararlanarak nem içeriğinin zamanla değişimini belirlemek amacıyla

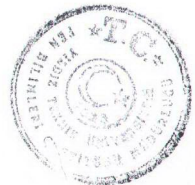


Page denklemi uygulamışlar ve korelasyon katsayılarını 0.962-0.999 arasında olduğunu saptamışlardır. Bu sonuç da çalışmalarımızla uyum göstermektedir.

Mahmutoğlu et.al. (1996), üzümleri değişik daldırma çözeltilere daldırıldıktan sonra güneşte ve güneş kolektörlü kurutucularda kurutmuşlardır. Elde edilen verilerden yararlanarak empirik Page ve Exponential denklemlerini uygulayarak korelasyon katsayıları hesaplanmış ve kuruma eğrileri çizmişlerdir. Page denkleminin r^2 değerlerinin, Exponential denkleme göre daha yüksek olduğunu bulgulanmıştır.

Simal et. al. (1996) tarafından yapılan üzüm kurutma çalışmalarında değişik bileşimde daldırma çözeltileri kullanarak, bu deneylerden elde edilen verileri Fick'in II. denkleminde uygulayarak r^2 değerlerini hesaplamışlar ve bunların %99 düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir.

5) AEEO çözeltilisine daldırılan üzümlerin D_{eff} katsayıları, POTAS çözeltilisine daldırılıp kurutulan üzümlere ve naturel kurutulan üzümlere göre yüksektir. Örneğin 60°C'deki AEEO'ya daldırılan üzümün D_{eff} değeri $2.01 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, POTAS çözeltilisine daldırılan üzümün D_{eff} değeri 1.82×10^{-9} ve NAT kodlu üzümün D_{eff} değeri $9.10 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Bu da, AEEO çözeltilisine daldırılan üzümlerin kuruma hızlarının, diğerlerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

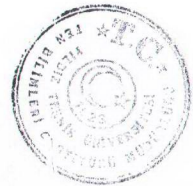


6.2. Kahramanmaraş Biberi

Kuruma işlemlerinden sonra (Tablo 6.6., Tablo 6.7. ve Tablo 6.8.), her ürün (%11 oranında nem içermekte) için elde edilen verilerden, ürüne ait kuruma eğrileri MICROSOFT EXCEL 5.0 grafik programı yardımı ile çizilmiştir. Bu şekilde her sıcaklıktaki kurutulan ürün için $M/M_0 - t$ arasında eğriler çizilip ürünün kurumasının zamanla değişimi incelenmiştir (Şekil 6.16. - Şekil 6.25.).

Tablo 6.6. Kahramanmaraş biberi kurutma denemeleri ve kod numaraları

Kod Numaraları	Kullanılan Çözelti
AEE04	%2 AEE0+%4 K_2CO_3
AEE05	%2 AEE0+%5 K_2CO_3
AEE06	%2 AEE0+%6 K_2CO_3
NAT	Naturel
PAR. NAT	Biberler parçalanmış ve Naturel
PAR. AEE0	Biberler parçalanmış ve %2 AEE0+%5 K_2CO_3 çözeltisine daldırılmış.
KAD1	%2 AEE0+%5 K_2CO_3 çözeltisine daldırılmış ve kurumanın ilk 4 saati 70°C, daha sonra 50°C'de devam edilmiştir.
KAD2	%2 AEE0+%5 K_2CO_3 çözeltisine daldırılmış ve kurumanın ilk 4 saati 70°C, daha sonra 55°C'de devam edilmiştir.



Tablo 6.7. Parçalanmamış Kahramanmaraş biberinin kuruma süreleri

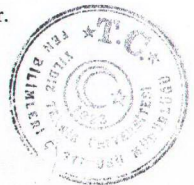
Sıcaklık (°C)	Kuruma Süresi (dak.)			
	AEE04	AEE05	AEE06	NAT
50	1590	1500	1560	1890
55	1440	1350	1380	1650
60	1260	1140	1230	1350
70	900	840	870	1020
70 (4 saat) + 50	-	1080	-	-
70 (4 saat) + 55	-	960	-	-

Tablo 6.8. Parçalanmış Kahramanmaraş biberinin kuruma süreleri

Sıcaklık (°C)	Kuruma Süresi (dak.)	
	PARÇ.AEEO	PARÇ.NAT
60	200	260

AEE0 çözeltilerine daldırılarak kurutulan biberlerin kuruma sürelerinin önemli ölçüde kısaldığı saptanmıştır.

AEE0 çözeltisine daldırılarak kurutulan biberlerin, naturel olarak kurutulan biberlere göre daha kısa sürede kurudukları görülmüştür. Örneğin; 50°C sıcaklıkta AEE04 kodlu biberin kuruma süresi 1590 dakika, AEE05 kodlu biberin 1500 dakika ve AEE06 kodlu biberler ise 1560 dakikada kurumasına karşılık NAT kodlu biberlerin 1890 dakikada kuruduğu saptanmıştır. Bu da AEE05 kodlu bibere %26, AEE06 kodlu bibere %23 ve AEE04 kodlu bibere göre %18.85 fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durumu diğer sıcaklıklarda kurutulan biberlerde de görmek mümkündür.



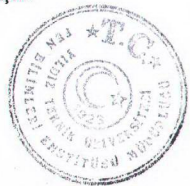
AEE0 çözeltilerine daldırılan biberlerin, 55°C sıcaklıkta kuruma süreleri ile NAT kodlu biberlerin kuruma süreleri karşılaştırıldığında; AEE04 kodlu biberlerde %14.58, AEE05 kodlu biberlerde %22.22, AEE06 kodlu biberlerde %19.56 oranında; 60°C'de kurutulan biberlerde ise AEE04 kodlu biberlerde %7.14, AEE05 kodlu biberlerde %18.4 ve AEE06 kodlu biberlerde ise %9.75 ve 70°C'de AEE04 kodlu biberlerde %13.33, AEE05 kodlu biberlerde %21.4 ve AEE06 kodlu biberlerde %17 oranında kuruma süresinin kısaldığı tesbit edilmiştir.

AEE0 çözeltilerine daldırılarak kurutulan biberlerin, çözeltilerin bileşiminde bulunan K_2CO_3 konsantrasyonuna bağlı olarak kuruma sürelerinde farklılık gözlenmiştir. Bu çözeltilerde AEE0 miktarı (%2) sabit tutulmuş, fakat K_2CO_3 miktarı değişmektedir.

AEE0 çözeltilisine daldırılıp 50°C'de kurutulan biberlerin kuruma süreleri bakımından en hızlı kuruyanı AEE05 kodlu biberlerdir. Diğer bir ifade ile, AEE05 kodlu biberlerin AEE04 kodlu biberlere göre %6 ve AEE06 kodlu biberlere göre %4 oranında daha kısa sürede kuruduğu ortaya çıkmıştır. Tablo 6.7'de görüldüğü gibi %5 K_2CO_3 içeren çözeltiliye daldırılan biberlerin, %6 K_2CO_3 ve %4 K_2CO_3 içeren çözeltilere daldırılan biberlere göre daha kısa kurudukları belirlenmiştir. Buna dayanarak kuruma süresi veya kuruma hızı üzerine en etkili çözeltinin %2AEE0+%5 K_2CO_3 çözeltisi olduğu söylenebilir.

55°C'de AEE05 kodlu biberlerin, AEE04 kodlu biberlere göre %6.66, AEE06 kodlu biberlere göre de %2.22; 60°C'de AEE04 kodlu biberlere göre %10.52, AEE06 kodlu biberlere göre de %17.9 ve 70°C'de AEE04 kodlu biberlere göre %7.14 ve AEE06 kodlu biberlere göre de %3.57 oranında kuruma süresi kısalmıştır.

Biberlerin, kurutulmadan önce parçalanırsa çok kısa sürede kuruyacağı bilinmektedir. Bu nedenle bunu gözlemek amacıyla biberler 1 cm boyunda parçalanmıştır. Burada iki deneme gerçekleştirilmiştir. Birinci deneme, parçalanmış biberler %2AEE0+%5 K_2CO_3 (PARÇ.AEE0 kodlu) çözeltisine 1 dakika süre ile daldırılmış ve kurutulmuştur. Tablo 6.7 incelediğinde, bütün sıcaklıklarda en kısa sürede kuruyan biberlerin %2AEE0+%5 K_2CO_3 çözeltisine daldırılan biberler olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu denemede sözü edilen çözelti kullanılmıştır.



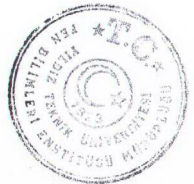
İkinci bir deneyde; parçalanmış biberler herhangi bir çözeltiye daldırılmadan doğrudan kurutmaya alınmıştır. Bu deneylerin sonucunda Tablo 6.8'de görüleceği gibi 60°C'de PARÇ.AEEO kodlu biberler 200 dakikada, PARÇ.NAT kodlu biberlerin ise 260 dakikada kuruduğu görülmüştür. Açıkça görülüyor ki, PARÇ.AEEO kodlu biberler, PARÇ.NAT kodlu biberlere göre çok daha kısa sürede kurumaktadır. Parçalanmış biberleri, AEEO çözeltisine daldırmakla %30 oranında kuruma zamanından tasarruf sağlanmış olduğu saptanmıştır.

60°C'de PARÇ.AEEO kodlu biberler ile aynı sıcaklıkta AEEO5 kodlu biberlerle karşılaştırıldığında ise PARÇ.AEEO kodlu biberler 200 dakikada kurumasına karşın AEEO5 kodlu biberlerin (parçalanmamış) 1140 dakikada kuruduğu tespit edilmiştir. Buna göre, parçalanmış biberlerin parçalanmamış biberlere göre %470 oranında daha kısa bir sürede kuruduğu tespit edilmiştir. PARÇ.NAT kodlu biberlerle NAT kodlu biberlere aynı karşılaştırmayı yaptığımızda (aynı sıcaklıkta-60°C), PARÇ.NAT kodlu biberlerin NAT kodlu biberlere göre %419 oranında daha kısa bir sürede kuruduğu gözlemlenmiştir.

Bu verilere dayanarak kırmızı biberler parçalanmadan kurutulacaksa naturel kurutmaya nazaran %2AEEO+%5K₂CO₃ çözeltisine daldırılarak kurutulması daha uygundur. Fakat kırmızı biberlerin hem parçalanarak hem de AEEO çözeltisine daldırılarak daha kısa sürede kuruduğundan kurutucunun kapasitesi artırılmış olur. Bunun yanında büyük bir enerji kazanımı da sağlanmış olur.

6.2.1. Kritik Nem Değerlerinin Hesaplanması

Değişik ön işlemlere tabi tutulan kırmızı biberler kurutulduktan sonra bu biberlerin kuruma sıcaklık programını çıkartmak için kritik nem değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle her deneme için $\log(M/M_0) - t$ eğrileri çizilmiştir. Örneğin bu eğrilerden AEEO5 kodlu biberlerin 70°C'de kuruma eğrisi Şekil 6.26'da görülmektedir. Bu eğriler incelediğinde lineer bir ilişki görülmekle birlikte eğimler bazı kırılma noktalarında değişmektedir. İlk kırılma noktası, o denemenin kritik nem noktasıdır. Bu yöntemle tespit edilen kritik nem değerleri Tablo 6.9.'da verilmiştir.



Tablo 6.9. incelediğinde, AEEO4 kodlu biberlerin 50°C'de kritik nem değeri 0.479 kg/kg, AEEO5 kodlu biberlerin 0.430 kg/kg, AEEO6 kodlu biberlerin 0.438 kg/kg ve NAT kodlu biberlerin ise 0.527 kg/kg olduğu belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak 50°C'de kurutmada, AEEO5 kodlu biberlerin en düşük kritik nem değerine sahip olduğu, dolayısıyla en yüksek kuruma hızına sahip olduğu saptanmıştır.

Tablo 6.9. Kurutulmuş Kahramanmaraş biberinin kritik nem değerleri

Kod	Sıcaklık (°C)	Kritik Nem (kg/kg)
AEEO4	50	0.479
	55	0.438
	60	0.422
	70	0.405
AEEO5	50	0.430
	55	0.413
	60	0.413
	70	0.397
AEEO6	50	0.438
	55	0.430
	60	0.413
	70	0.340
NAT	50	0.527
	55	0.495
	60	0.470
	70	0.422
PAR.AEEO	60	0.292
PAR.NAT	60	0.373
KAD1	70-50	0.430
KAD2	70-55	0.373



Kritik nem, kurutma işlemlerinde sabit debi periyodunun son nem değeri, azalan debi periyodunun ise başlangıç nem değeridir. Görülüyor ki, AEEO ve K_2CO_3 gibi çözeltiler kurutma işlemlerinde kullanıldığı zaman gıdanın yüzeyindeki suyun buharlaşmasına karşı direnç düşmekte ve bunun sonucu olarak maddenin içerisinden yüzeyine doğru suyun taşınımı artmaktadır.

Kurutma işlemlerinde sabit debi periyodu sırasında buharlaşma, maddenin yüzeyinden olmakta ve maddenin yüzey sıcaklığı sabit kalmaktadır. Bu periyod sırasında verilen ısı enerjisi, yüzeydeki nemin buharlaşmasını sağlar. Sabit debi periyodu sonunda, yüzeydeki nemin tamamen uzaklaşması nedeniyle buharlaşma maddenin iç katmanlarında olmaktadır. Bu nedenle maddenin yüzeyindeki sıcaklık artmaya başlar. Bundan dolayı sabit debi periyodu sonunda yani kritik nem değerine ulaşıldığında kuruma havasının sıcaklığının düşürülmesi gerekmektedir. Aksi halde maddenin yüzeyinde sıcaklığın artışıyla birlikte enzimatik olmayan renk esmerleşmesi meydana gelmekte, esmerleşmiş renkte ürünün ticari değeri ise azalmaktadır.

AEEO5 kodlu biberinin, 70°C'deki kuruma verilerinden yararlanarak, bu sıcaklıktaki kritik nem değerini tespit etmek için Şekil 6.26'da görülen eğriden yararlanılmış ve kritik nem değerinin 0.397 kg/kg olduğu saptanmıştır. Bu kritik nem değerine, 240 dakikada ulaşıldığı belirlenerek, aşamalı kurutma denemeleri yapılmıştır. KAD1'de kurumanın ilk 4 saatinde (240 dakika) kuruma sıcaklığı 70°C'de (sabit debi periyodu süresince) tutulmuş, daha sonra 50°C'ye düşürülerek kurutma işlemine devam edilmiştir. KAD2'de ise kurumanın ilk 4 saatinde kuruma sıcaklığı 70°C'de tutulmuş, daha sonrada 55°C'ye düşürülerek kurutma işlemine devam edilmiştir. KAD1 kodlu biberlerin toplam 1080 dakikada, KAD2 kodlu biberlerin ise toplam 960 dakikada kuruduğu saptanmıştır. Buna göre, 50°C'de kurutulan AEEO5 kodlu biberler ile KAD1 kodlu biberler karşılaştırıldığında, %38.88; 55°C'de kurutulan AEEO5 kodlu biberler ile KAD2 kodlu biberler karşılaştırıldığında ise %40.62 oranında daha kısa sürede kuruduğu tespit edilmiştir.

KAD1 kodlu biberlerin, 50°C'de NAT kodlu biberlere göre de %75, KAD2 kodlu biberlerin, 55°C'de NAT kodlu biberlere göre de %71.87 oranında daha kısa sürede kuruduğu belirlenmiştir.



6.2.2. Renk Analizi

Gıdalarda en önemli kalite kriterlerinden biri de renktir. Gıdanın rengindeki olumsuz değişim, kalite düzeyinin düşmesine ve pazarlanabilme şansının azalmasına neden olmaktadır. Tablo 6.10. ve Tablo 6.11.'de taze ve kurutulmuş biberlerinde yapılan renk analizlerinde ölçüt olarak alınan L, a ve b değerlerin ölçümleri verilmiştir.

Renk ölçümleri Hunterlab Color D 25 D2P modeli ile yapılmıştır. Her örnekten 15 kez ölçüm yapılarak ortalaması alınmıştır. Burada L açıklığı, a kırmızılığı ve b ise sarılığı ifade etmektedir.

Tablo 6.10. Taze Kahramanmaraş biberinin renk analiz sonuçları

Parametre	Değer
L	28.85
+a	30.47
+b	10.28

Elde edilen veriler çerçevesinde 50°C'de AEEO5 kodlu biberlerin L değeri 26.20, AEEO4 24.70, AEEO6 24.86 olmasına karşılık NAT kodlu biberlerin L değeri 22.59'dur. Bu durumu diğer sıcaklıklarda kurutulan örneklerde de görmek mümkündür. 55°C'de kurutulan biberlerin L değerlerinin AEEO5 24.56, AEEO4 24.00, AEEO6 23.85 ve NAT kodlu üründe ise 21.86 olduğu görülmektedir. Bu da, AEEO çözeltisine daldırılan biberinin, naturel olarak kurutulan biberlere göre renginin daha açık ve parlak olduğunun bir ifadesidir.

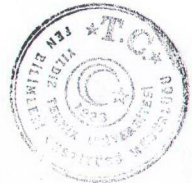
Buna karşılık kırmızı rengin ölçüsü olan +a değerleri açısından örnekler karşılaştırıldığında, 50°C'de AEEO5 kodlu biberlerde bu değer 20.09, AEEO4 kodlu biberlerde 15.42, AEEO6 kodlu biberlerde ise 14.46 ölçülmüştür. Aynı sıcaklıkta kalmak koşuluyla NAT kodlu biberlerin +a değeri 11.11'dir. Kurutulan biberlerin +a değerleri arasında şöyle bir sıralama yapmak mümkün olur (50°C): AEEO5 > AEEO4 > AEEO6 >



NAT. Bu sonuca göre, AEEO çözeltisine daldırılarak kurutulan biberlerin kırmızı renginin naturel olarak kurutulan biberlere göre daha yoğun olduğu görülmektedir.

Tablo 6.11. Taze ve Kurutulmuş Kahramanmaraş biberinin renk analiz sonuçları

Kod	Sıcaklık (°C)	L	+a	+b
AEEO4	50	24.70	15.42	5.89
	55	24.00	13.52	5.36
	60	22.92	11.73	5.07
	70	22.69	10.10	3.72
AEEO5	50	26.20	20.09	7.62
	55	24.56	13.25	5.17
	60	24.38	11.73	5.36
	70	23.12	9.45	4.26
AEEO6	50	24.86	16.52	5.76
	55	23.85	14.46	5.56
	60	23.70	12.69	4.90
	70	21.93	8.76	3.92
NAT	50	22.59	11.11	4.29
	55	21.86	8.94	3.48
	60	21.83	8.18	3.33
	70	20.72	6.12	2.70
PAR.AEEO	60	31.12	23.04	10.02
PAR.NAT	60	28.49	22.18	7.82
KAD1	70-50	23.78	13.52	5.43
KAD2	70-55	22.99	11.79	4.56
TAZE BİBER	-	28.85	30.47	10.28



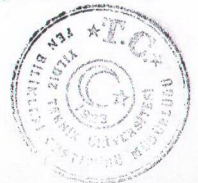
Tablo 6.11.'de görüldüğü gibi, 55°C'de kurutulan biberlerin renk analizi sonuçlarını karşılaştıralım: Parlaklığı ifade eden L değerleri AEEO5 kodlu biberlerin 24.56, AEEO4 kodlu biberlerin 24.00, AEEO6 kodlu biberlerin 23.85 ve NAT kodlu biberlerin ise 21.86'dır. Buna göre bu sıcaklıkta kurutulan biberlerde en açık ve parlak olanı AEEO5 kodlu biberlerde gerçekleştiği görülmektedir. Kırmızı renk bakımından bir karşılaştırma yapıldığında da en iyi sonucu AEEO6 kodlu biberlerde gerçekleştiği ortaya çıkmaktadır. AEEO6 kodlu biberlerin AEEO4 kodlu biberlere göre %6.95, AEEO5 kodlu biberlere göre %9.13 ve NAT biberlere göre de %61.7 oranında daha yoğun kırmızı renkte olduğu ortaya çıkmaktadır. AEEO kodlu biberler arasındaki +a değerleri arasındaki fark düşük olmasına karşılık, AEEO kodlu biberlerle NAT kodlu biberler arasında +a değerleri arasındaki fark çok büyüktür.

60°C'de kurutulan biberlerde (Tablo 6.11.'de görüldüğü gibi), L değerleri AEEO5 kodlu biberlerin 24.38, AEEO4 kodlu biberlerin 22.92, AEEO6 kodlu biberlerin 23.70 ve NAT kodlu biberlerin ise 21.83'tür. Buna göre, bu sıcaklıkta kurutulan biberlerde en açık ve parlak renkte olan biberler, yine de AEEO5 kodlu biberler olduğu ortaya çıkmaktadır. +a değerleri bakımından ise de, bir karşılaştırma yapıldığında AEEO6 kodlu biberler > AEEO5 ve AEEO4 kodlu biberler > NAT kodlu biberler şeklinde sıralamaktadır.

70°C'de kurutulan biberlerde de L değerleri bakımından incelendiğinde AEEO5 kodlu biberlerin 23.12, AEEO4 kodlu biberlerin 22.69, AEEO6 kodlu biberlerin 21.93 ve NAT kodlu biberlerin ise 20.72 olduğu Tablo 6.11'de görülmektedir. Bu verilere göre en açık ve parlak olanı AEEO5 kodlu biberler olduğu ortaya çıkmaktadır. Kırmızı renk (+a) bakımından incelendiğinde ise, AEEO4 kodlu biberlerin, diğer kodlu biberlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca taze biberlerin renk analiz sonuçları ile kurutulmuş AEEO5 kodlu biberler ile NAT kodlu biberlerin renk analiz sonuçlarının karşılaştırıldığında; 50°C'de AEEO5 kodlu biberlerin L, +a değerlerinin, NAT kodlu biberlerin L ve +a değerlerine kıyasla taze biberlerin L ve +a değerlerine daha yakın bir değerde olduğu saptanmıştır.

60°C'de PAR.AEEO kodlu biberinin AEEO4, AEEO5, AEEO6 kodlu biberlere göre L ve +a değerleri daha yüksektir. PAR.AEEO kodlu biberlerin, PAR.NAT kodlu



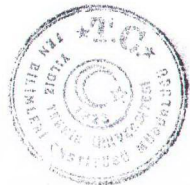
biberlere göre L ve +a değerleri yüksektir. Bunun yanısıra PAR.NAT kodlu biberlerin L değeri 28.49, NAT kodlu biberlerin L değeri 21.86'dır. PAR.NAT biberinin +a değeri 22.18, NAT biberinin +a değeri 8.18'dir. Bunun sonucunda kuruma süresi düşmesiyle birlikte biberlerin renklerinde koyulaşma meydana geldiği belirlenmiştir.

Ayrıca PAR.AEEO kodlu biberinin, taze bibere göre L ve +a değerlerini kıyasladığımızda, PAR.AEEO biberinin L değeri 31.12 olmasına karşın taze biberinin L değeri 28.85'dir. PAR.AEEO biberinin +a değeri 23.04, PAR.NAT biberinin +a değeri 22.18 ve taze biberinin +a değeri ise 30.47'dir. Bu verilere göre taze biberin +a değeri, PAR.AEEO ve PAR.NAT değerlerine göre yüksektir.

Sonuç olarak, renk açısından değerlendirme yapıldığında, AEEO'ya daldırılan örneklerde kırmızı rengin, naturel olarak kurutulan örneklerle göre daha yoğun olduğu saptanmıştır. Parçalanmış biberlerde ise AEEO çözeltisine daldırılan biberlerin renk değerlerinin, naturel halde kurutulan biberlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. PAR.AEEO biberlerin L değeri dışında parçalanmış ve parçalanmamış biberlerin, taze biberlere göre renk değerlerinin ise daha düşük olduğu saptanmıştır.

6.2.3. Korelasyon Katsayılarının Hesaplanması

Nem içeriği ile zaman arasında bir ilişki kurmak amacıyla, Page ve Exponential denklemleri tüm denemeler için test edilmiş ve denklemlerin korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Page denkleminin r^2 değerleri, 0.979-0.999 arasında, Exponential denklemin r^2 değerleri 0.976-0.999 arasında değişmektedir (Tablo 6.12). Başka bir gözlem, bu denklemlerin r^2 değerleri arasında fark küçük olmasına karşın Page denkleminin r^2 değerlerinin yüksek olduğudur. DeneySEL ve teorik (Page ve Exponential denklemleri kullanılarak hesaplanan) nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi AEEO5 kodlu biberler için Şekil 6.27., 6.28., 6.29. ve 6.30.'da görülmektedir.

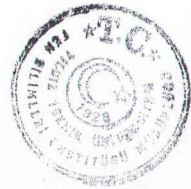


Tablo 6.12. Matematiksel modeller kullanılarak hesaplanan korelasyon katsayıları

Kod	Sıcaklık (°C)	r ² (Page)	r ² (Exp.)
AEEO4	50	0.999	0.987
	55	0.997	0.997
	60	0.996	0.998
	70	0.998	0.996
AEEO5	50	0.988	0.976
	55	0.999	0.996
	60	0.998	0.996
	70	0.996	0.998
AEEO6	50	0.997	0.984
	55	0.998	0.997
	60	0.994	0.998
	70	0.989	0.987
NAT	50	0.997	0.986
	55	0.998	0.996
	60	0.998	0.997
	70	0.989	0.985
PAR.AEEO	60	0.999	0.997
PAR.NAT	60	0.998	0.982
KAD1	70-50	0.979	0.978
KAD2	70-55	0.988	0.990

Exponential model: $M/M_0 = K \exp(-ct)$

Page model: $M/M_0 = \exp(-xt^y)$

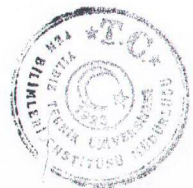


6.2.4. Difüzyon Katsayılarının Belirlenmesi

Difüzyon katsayılarını (D_{eff}) hesaplamak için $\log(M/M_0) - t$ arasında eğriler çizilmiştir. Bu eğrilerden birisi Şekil 6.31’de görülmektedir. D_{eff} , çizilen bu eğrilerin eğimlerinden yararlanarak hesaplanmıştır. Bu eğrilerde lineer bir ilişki görülmekle birlikte eğimler bazı kırılma noktalarında değişmektedir. Bu gözleme dayanarak difüzyon katsayısının bazı nem içeriklerinde değiştiği saptanmıştır. $\log(M/M_0) - t$ eğrilerinin her lineer kısmı için D_{eff} sonuçları hesaplanmış ve Tablo 6.13’ de gösterilmiştir.

Tablo 6.13. Kurutulmuş Kahramanmaraş biberine ait adım adım ve ortalama difüzyon katsayıları

Kod	Sıcaklık (°C)	M (kg Su/kg K.M.)	D_{eff} (m ² /s)	Ortalama D_{eff} (m ² /s)
AEEO4	50	4.5248-2.1675	6.19×10^{-9}	3.39×10^{-9}
		2.1675-0.4364	2.85×10^{-9}	
		0.4364-0.1418	1.15×10^{-9}	
	55	4.5248-1.9834	8.54×10^{-9}	4.26×10^{-9}
		1.9834-0.4732	3.30×10^{-9}	
		0.4732-0.1418	9.65×10^{-10}	
	60	4.5248-1.909	1.01×10^{-8}	5.21×10^{-9}
		1.909-0.4917	3.82×10^{-9}	
		0.4917-0.1418	1.73×10^{-9}	
	70	4.5248-1.836	1.43×10^{-8}	6.83×10^{-9}
		1.836-0.3996	5.09×10^{-9}	
		0.3996-0.1418	1.10×10^{-9}	



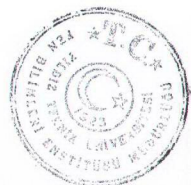
Tablo 6.13. (Devamı)

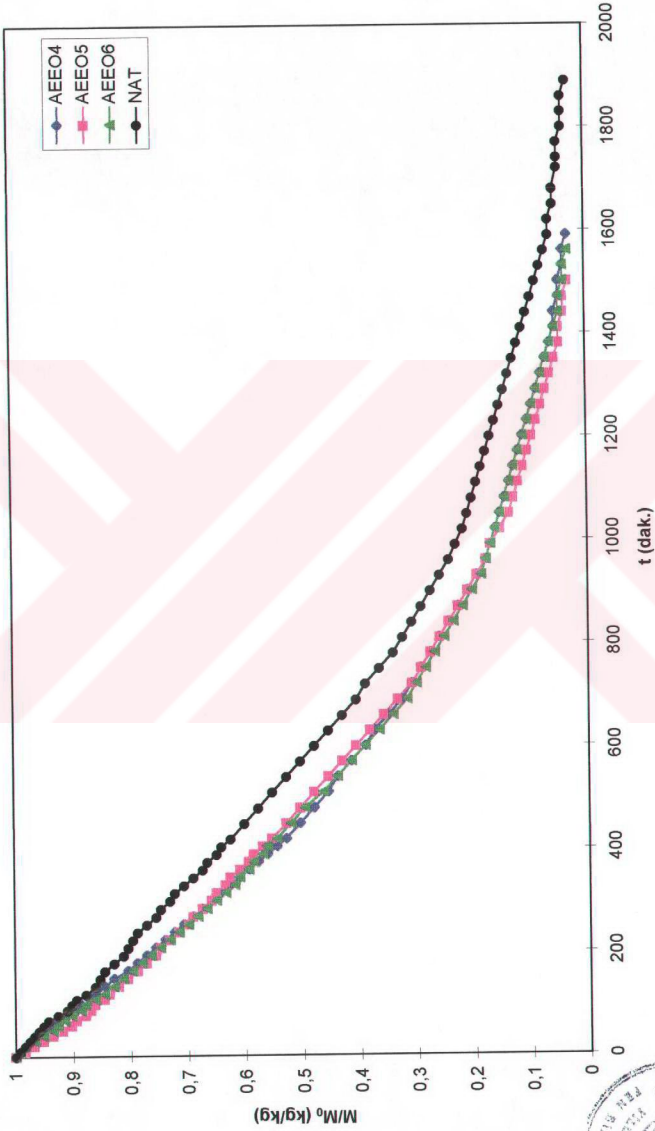
AEEO5	50	4.5248-1.9465	6.23×10^{-9}	3.71×10^{-9}
		1.9465-0.5469	3.21×10^{-9}	
		0.5469-0.1418	1.69×10^{-9}	
	55	4.5248-1.8729	8.66×10^{-9}	4.46×10^{-9}
		1.8729-0.5837	3.44×10^{-9}	
		0.5837-0.1418	1.30×10^{-9}	
	60	4.5248-1.8729	1.30×10^{-8}	6.09×10^{-9}
		1.8729-0.4917	3.72×10^{-9}	
		0.4917-0.1418	1.56×10^{-9}	
	70	4.5248-1.7992	1.46×10^{-8}	7.54×10^{-9}
		1.7992-0.6574	6.19×10^{-9}	
		0.6574-0.1418	1.85×10^{-9}	
AEEO6	50	4.5248-1.9834	6.14×10^{-9}	3.41×10^{-9}
		1.9834-0.4364	2.81×10^{-9}	
		0.4364-0.1418	1.28×10^{-9}	
	55	4.5248-1.9466	8.30×10^{-9}	4.47×10^{-9}
		1.9466-0.6574	3.87×10^{-9}	
		0.6574-0.1418	1.25×10^{-9}	
	60	4.5298-1.8729	1.06×10^{-8}	5.17×10^{-9}
		1.8729-0.5469	3.65×10^{-9}	
		0.5469-0.1418	1.27×10^{-9}	
	70	4.5248-1.5414	1.43×10^{-8}	7.27×10^{-9}
		1.5414-0.6206	6.15×10^{-9}	
		0.6206-0.1418	1.36×10^{-9}	



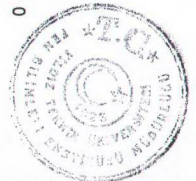
Tablo 6.13. (Devami)

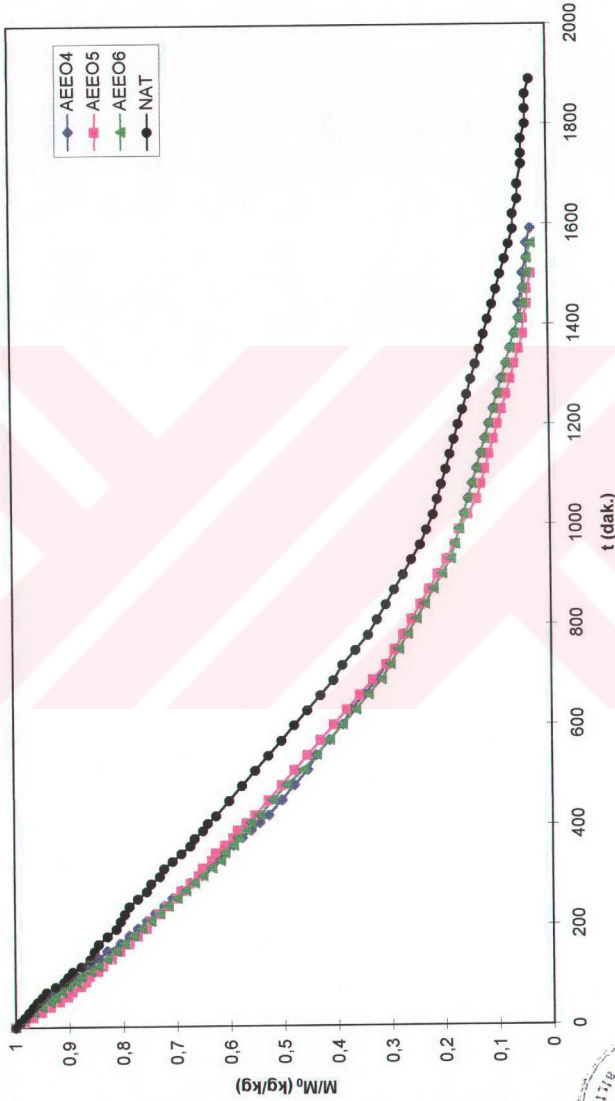
NAT	50	4.5248-1.9833 1.9833-0.3996 0.3996-0.1418	5.94×10^{-9} 2.13×10^{-9} 9.38×10^{-10}	3.00×10^{-9}
	55	4.5248-2.2412 2.2412-0.4364 0.4364-0.1418	7.27×10^{-9} 2.98×10^{-9} 9.38×10^{-10}	3.72×10^{-9}
	60	4.5248-2.1307 2.1307-0.6206 0.6206-0.1418	8.96×10^{-9} 4.52×10^{-9} 1.20×10^{-9}	4.89×10^{-9}
	70	4.5248-1.9094 1.9094-0.6574 0.6574-0.1418	1.31×10^{-8} 5.38×10^{-9} 1.22×10^{-9}	6.56×10^{-9}
PAR.AEEO	60	4.5248-1.5782 1.5782-0.3996 0.3996-0.1418	4.86×10^{-8} 2.67×10^{-8} 7.02×10^{-9}	2.74×10^{-8}
PAR.NAT	60	4.5248-1.6887 1.6887-0.3627 0.3627-0.1418	4.83×10^{-8} 1.51×10^{-8} 4.30×10^{-9}	2.25×10^{-8}
KAD1	70-50	4.5248-1.9465 1.9465-0.8784 0.8784-0.1418	1.57×10^{-8} 6.52×10^{-9} 1.43×10^{-9}	7.88×10^{-9}
KAD2	70-55	4.5248-1.6887 1.6887-0.6943 0.6943-0.1418	1.67×10^{-8} 6.70×10^{-9} 1.53×10^{-9}	8.31×10^{-9}





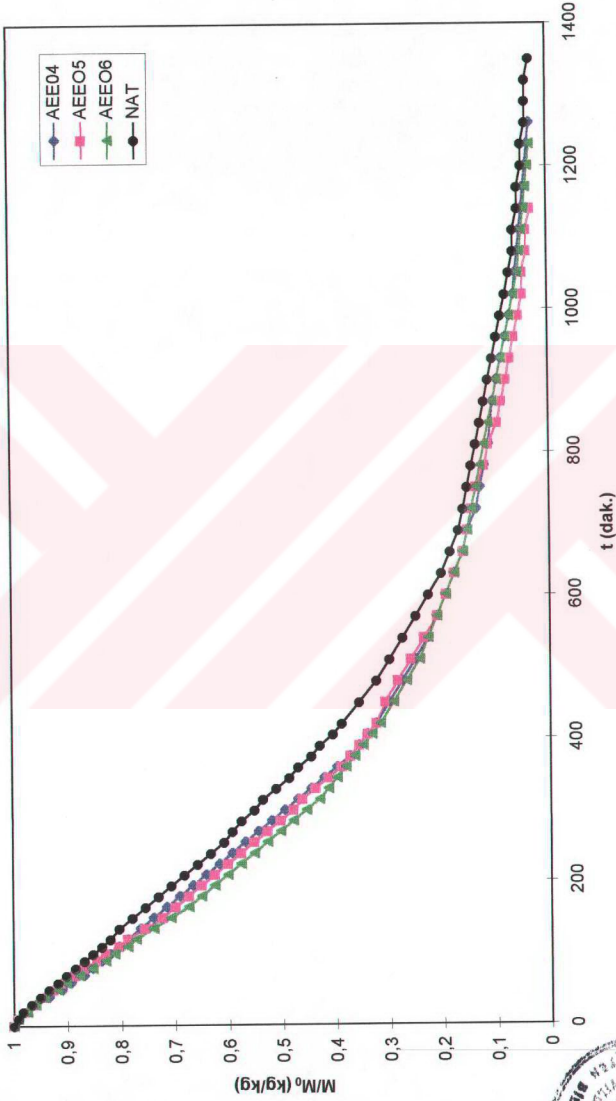
Şekil 6.16. Değişik ön işleme tabi tutulup 50°C'de kurutulan biberlerin kuruma eğrileri





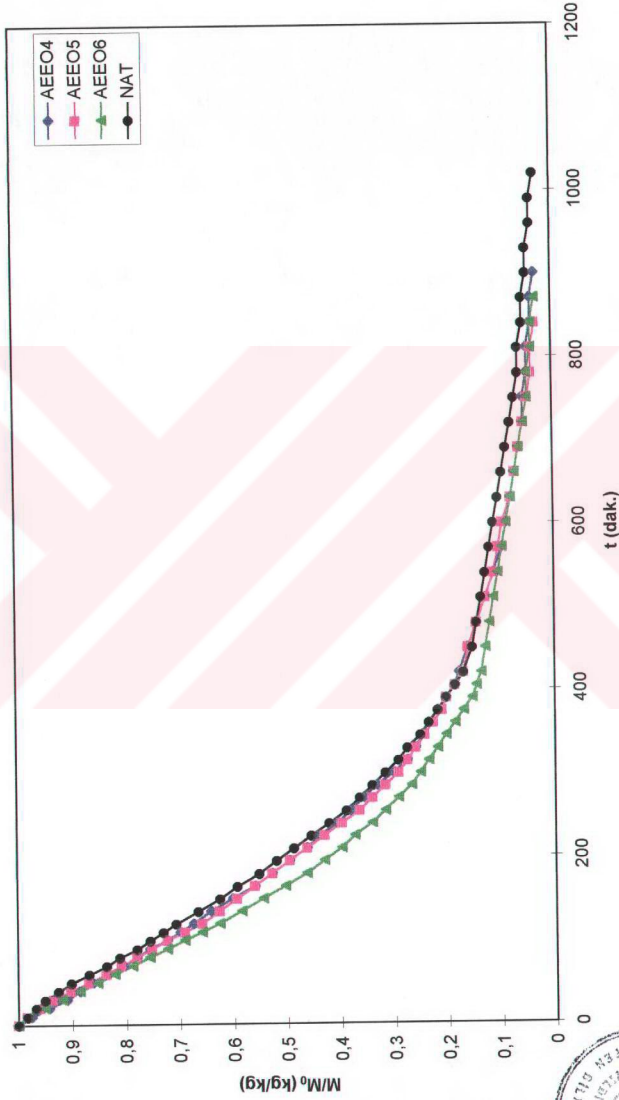
Şekil 6.17. Değişik ön işleme tabi tutulup 55°C'de kurutulan biberlerin kuruma eğrileri





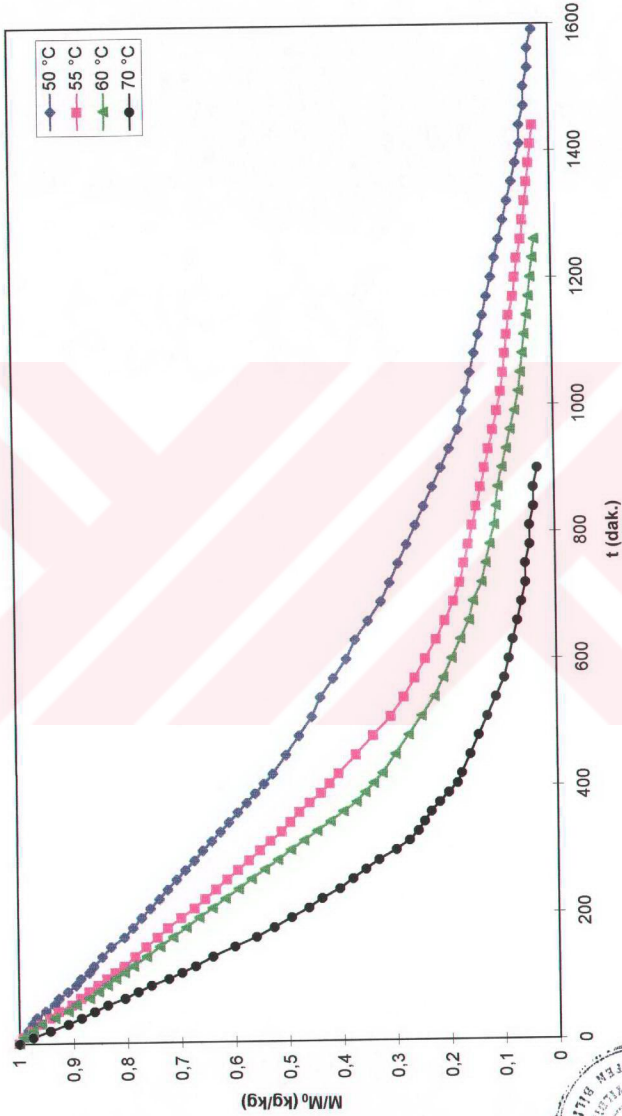
Şekil 6.18. Değişik ön işleme tabi tutulup kurutulan biberlerin 60°C sıcaklıktaki kuruma eğrileri



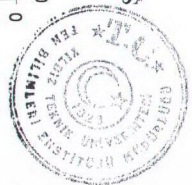


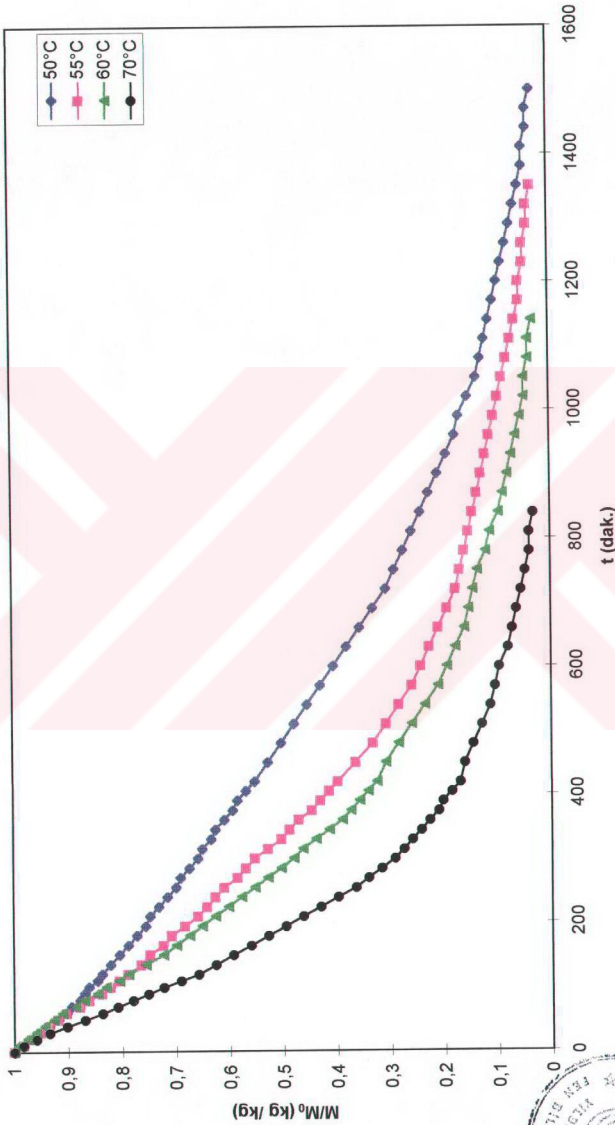
Şekil 6.19. Değişik ön işleme tabi tutulup 70°C'de kurutulan biberlerin kuruma eğrileri



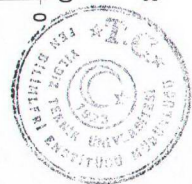


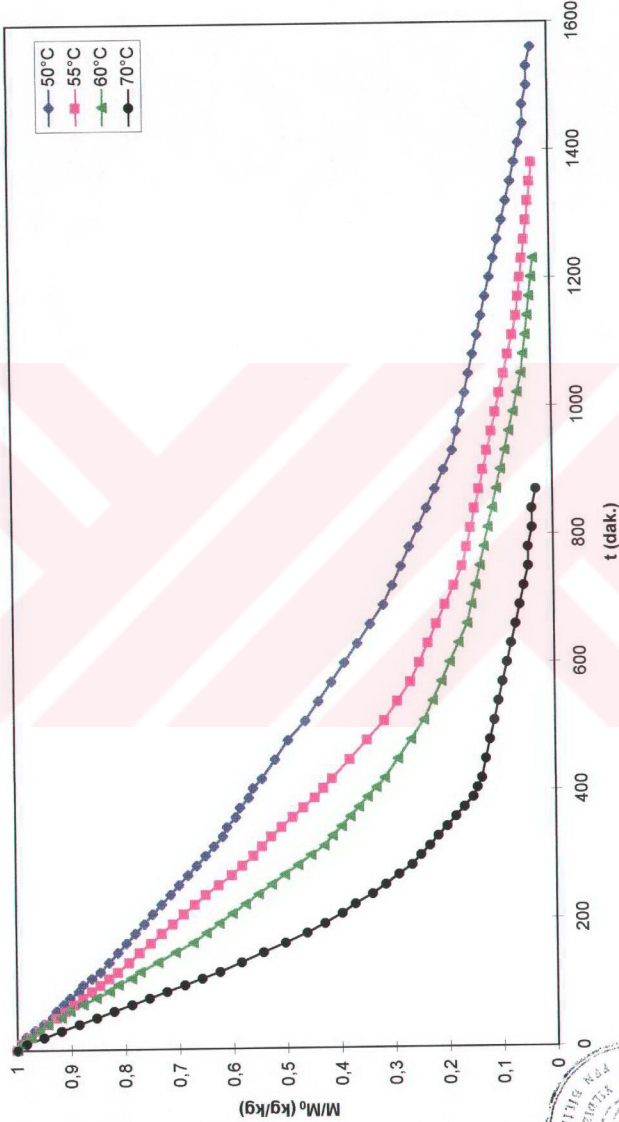
Şekil 6.20. AEE04 kodlu biberlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri



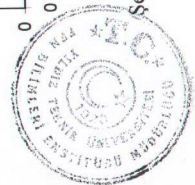


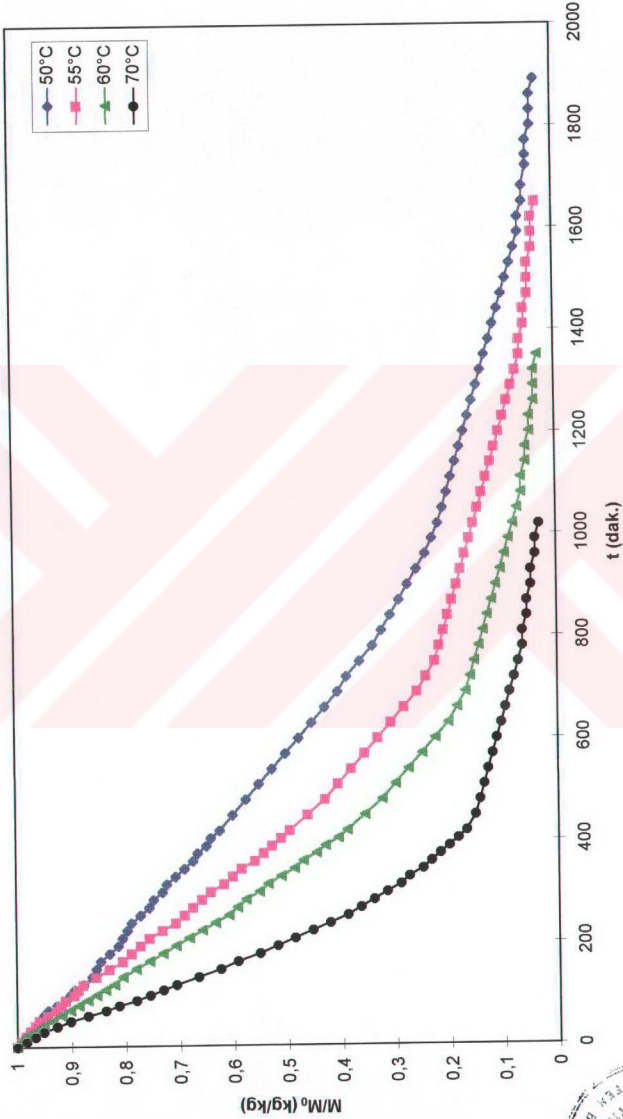
Şekil 6.21. AEE05 kodlu biberlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri



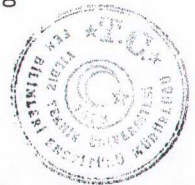


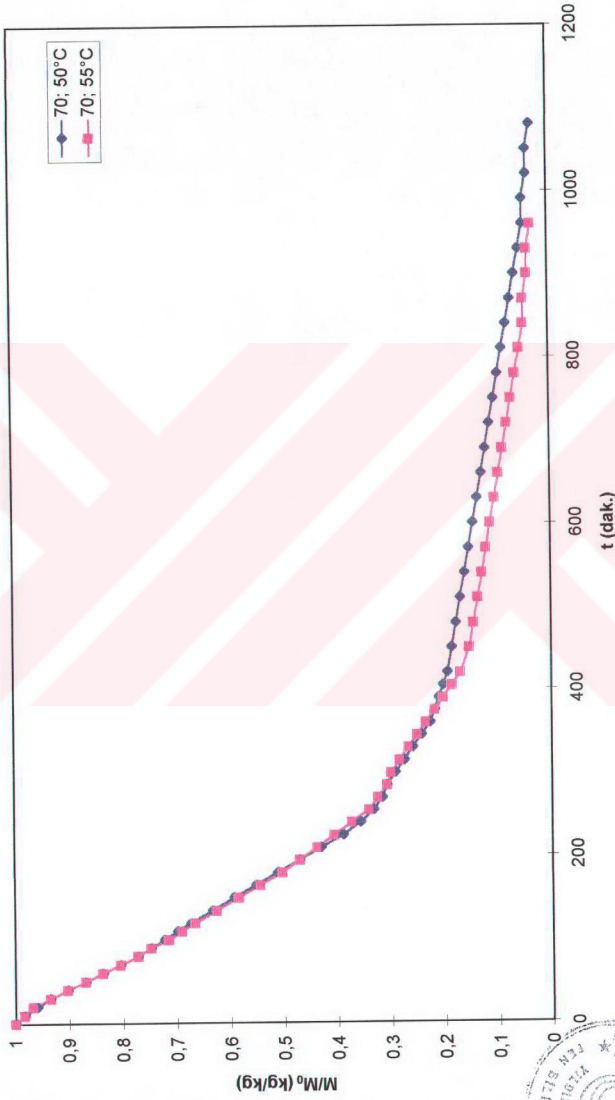
Şekil 6.22. AEE06 kodlu biberlerin değişik sıcaklardaki kuruma eğrileri



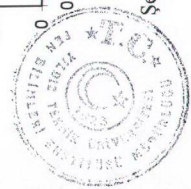


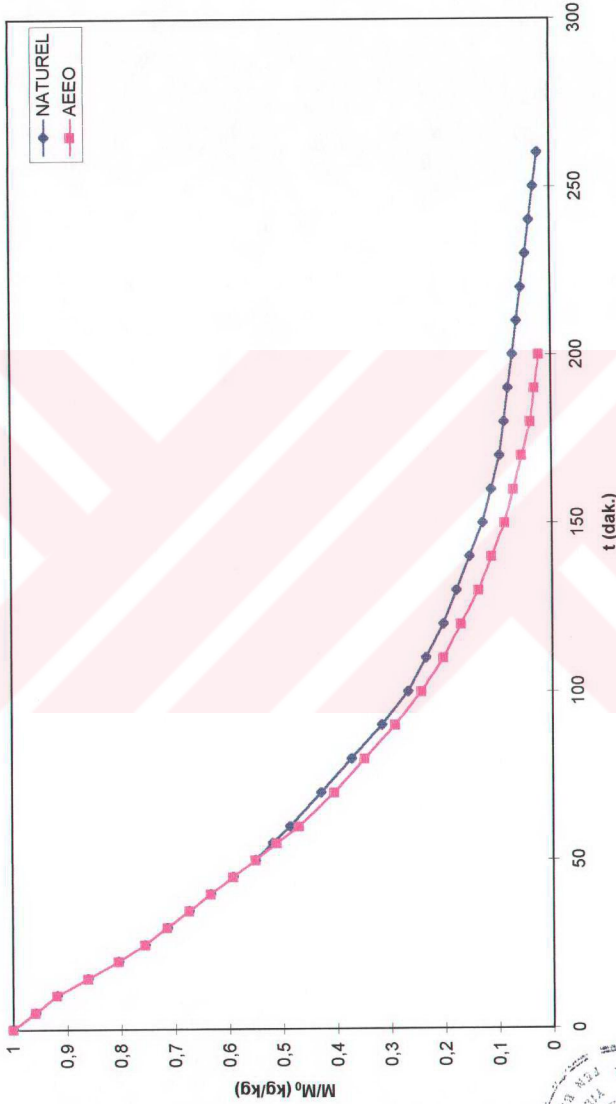
Şekil 6.23. NAT kodlu biberlerin değişik sıcaklıklardaki kuruma eğrileri



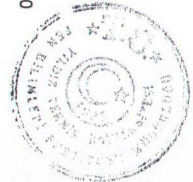


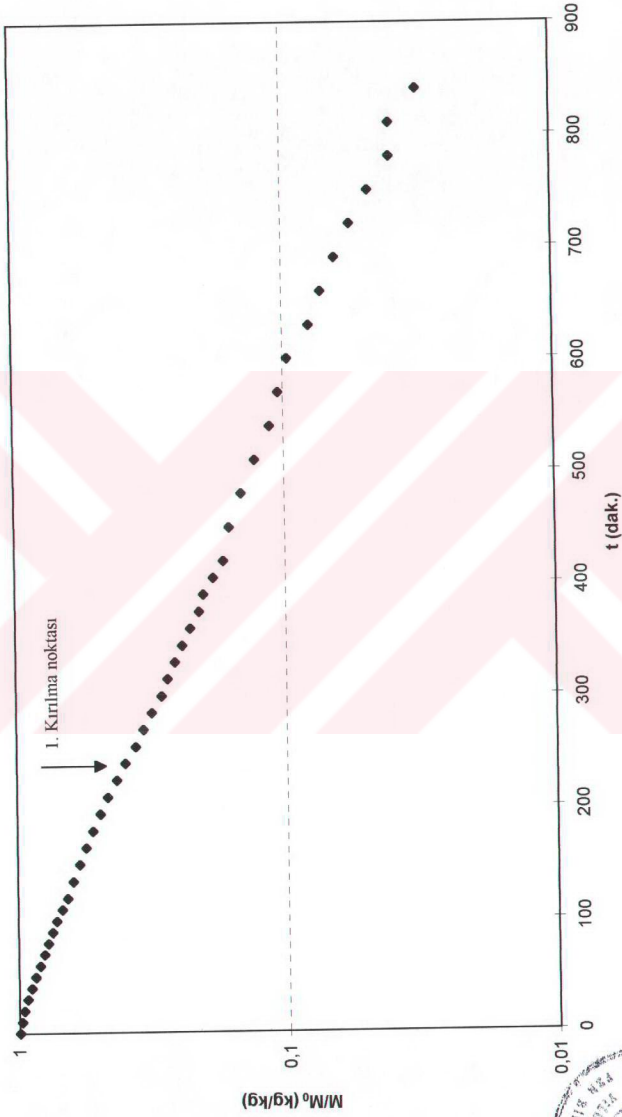
Şekil 6.24. Aşamalı biber kurutma deneylerinin kuruma eğrileri



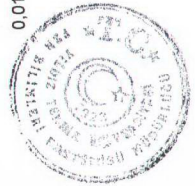


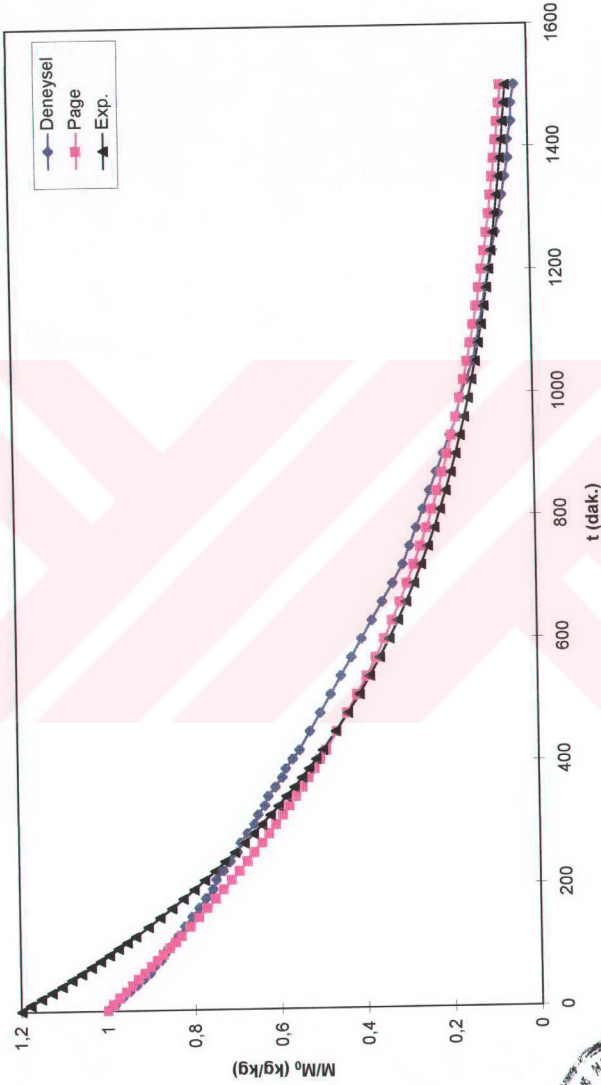
Şekil 6.25. 60°C'de kurutulan parçalanmış biberlerin kuruma eğrileri



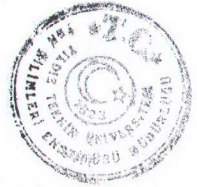


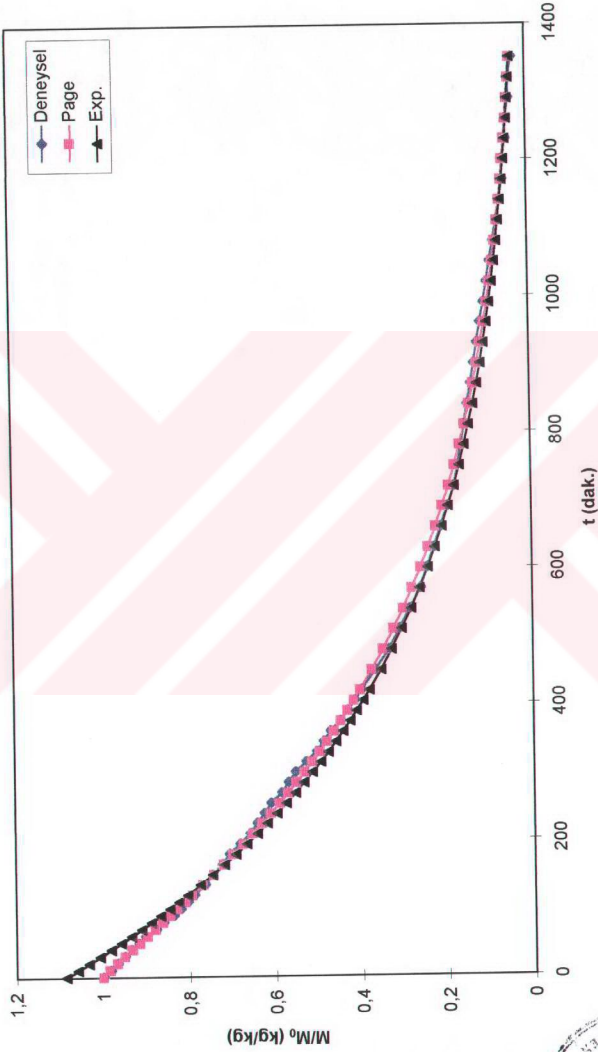
Şekil 6.26. AEE05 kodlu biberlerin 70°C'deki kuruma eğrisi





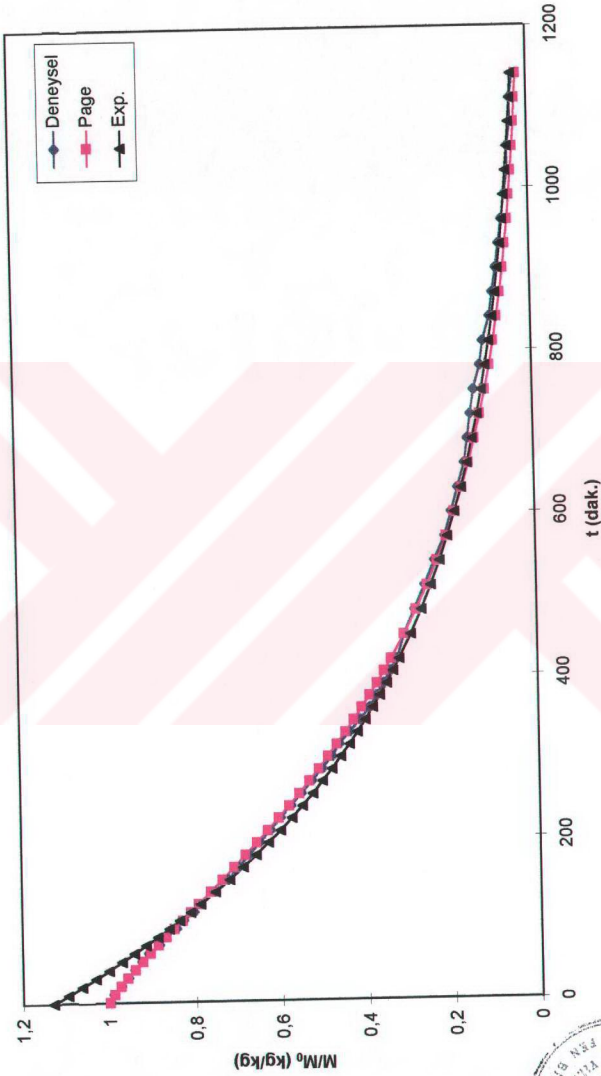
Şekil 6.27. 50°C'de kurutulan AEE05 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi



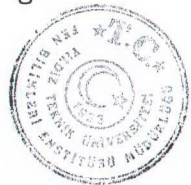


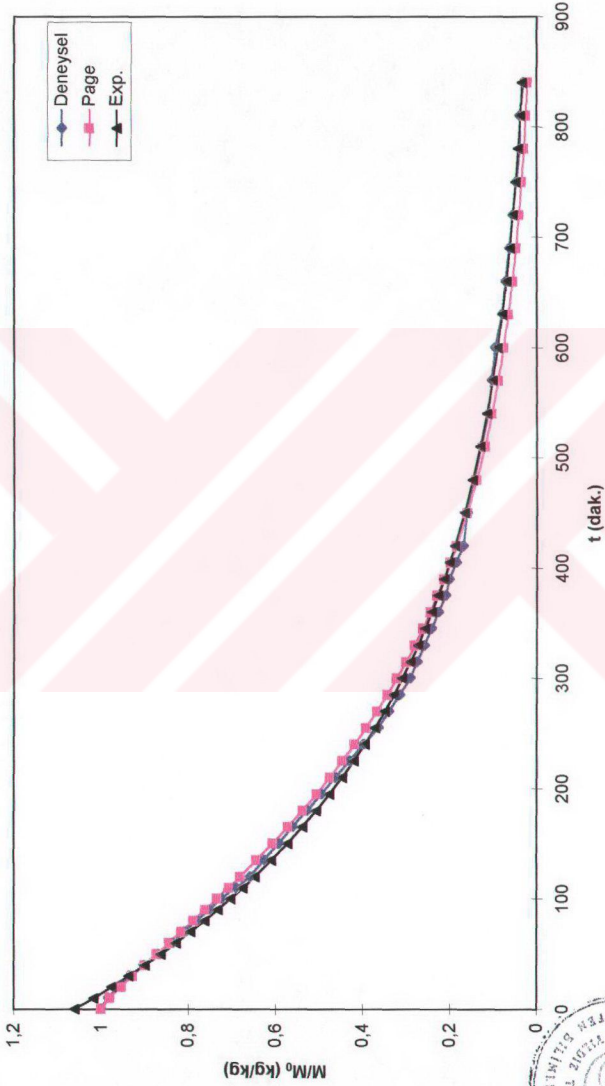
Şekil 6.28. 55°C'de kurutulan AEE05 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi



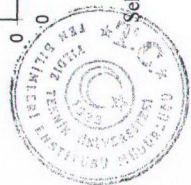


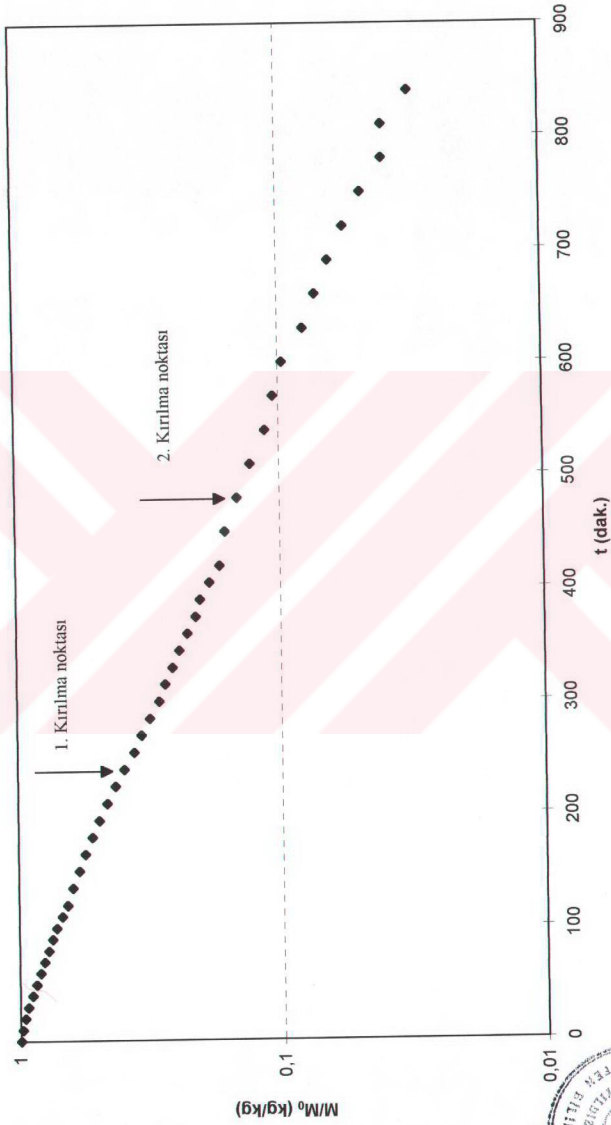
Şekil 6.29. 60°C'de kurutulan AEO5 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi



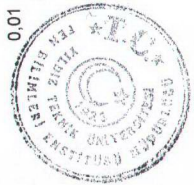


Sekil 6.30. 70°C'de kurutulan AEO5 kodlu biberlerde nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi





Şekil 6.31. 70°C hava sıcaklığında kurutulan AEE05 kodlu biberlerin kuruma eğrisi



6.2.5. Kahramanmaraş Biberi Kurutma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

1) Biberler, daha önce de ifade edildiği gibi, üç değişik bileşimde hazırlanan çözeltilere daldırılmış ve kurutulmuştur. Bu üç daldırma çözeltisindeki AEEO miktarı (%2) sabit tutulmuş, K_2CO_3 miktarı ise değiştirilmiştir. Tablo 6.7'de görüleceği gibi, bu çözeltilerle muamele edilmiş ve kurutulmuş biberlerin kuruma süreleri bakımından bir karşılaştırma yapıldığında, bütün sıcaklıklarda şu sonuca varılmıştır: $AEEO4 > AEEO6 > AEEO5$ 'dir. Buna göre %2AEEO+%4 K_2CO_3 çözeltisindeki K_2CO_3 miktarını %1 oranında artırmakla, kuruma süresi üzerinde olumlu bir etki yaptığı görülmüş, buna karşılık %2 oranındaki bir artışın, %1 artışın etkisi kadar olmasa da olumlu etkisinin devam ettiği sonucuna varılmıştır. Buna dayanarak biber kurutma çalışmaları daldırma çözeltileri açısından değerlendirildiğinde en iyi sonucu %2AEEO+%5 K_2CO_3 çözeltisinin verdiği söylenebilir.

2) Biberler, kurutulmadan önce parçalanırsa çok daha kısa sürede kuruduğu bilinmektedir. Çünkü biberlerin geometrik yapıları küçülterek, sıcak hava ile temas eden yüzey alanı artırılmakta ve hücrelerin parçalanması kurumayı hızlandırmaktadır. Bu sonucu gözlemek amacıyla 60°C'de iki deneme gerçekleştirilmiştir.

AEEO5 çözeltisine daldırılan parçalanmış biberinin 60°C'deki kuruma süresi 200 dakika olmasına karşılık (Tablo 6.8), aynı sıcaklıkta kurutulan AEEO5 kodlu biberin kurutma süresi 1140 dakika olmuştur (Tablo 6.7). Buna göre, biberlerin parçalanmasıyla kurutma zamanı %470 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu da önemli ölçüde enerji tüketimini azaltmakta ve kurutucunun günlük kapasitesini artırmaktadır.

Biberler, kurutulmadan önce parçalanır ve AEEO5 çözeltisine daldırıldıktan sonra kurutulursa, herhangi bir çözeltiye daldırılmadan parçalanarak kurutulan örneklerle göre daha kısa sürede kuruduğu belirlenmiştir. PAR.AEEO kodlu biberler 200 dakikada, PAR.NAT kodlu biberler ise 260 dakikada kurumaktadır. Buna göre biberlerin, kurutulmadan önce AEEO5 çözeltisine daldırılır ve kurutulursa, doğrudan kurutulan biberlere (PAR.NAT kodlu) göre %30 oranında daha kısa sürede kuruduğu saptanmıştır.



Herhangi bir çözeltiye daldırılmadan yani doğrudan doğruya kurutulan parçalanmış biberler (PAR.NAT kodlu), parçalanmamış biberler (NAT kodlu) 60°C'de karşılaştırıldığında; PAR.NAT biberlerin 260 dakikada, NAT biberlerin ise 1350 dakikada kuruduğu belirlenmiştir. Buna göre biberler parçalanır ve doğrudan kurutulursa, kuruma zamanında %419 oranında kısalma olduğu bulunmuştur.

3) Değişik ön işlemlere tabi tutulan kırmızı biberler kurutulduktan sonra (AEEO4, AEEO5, AEEO6 ve NAT kodlu biberler) kurutma havasının sıcaklık programını saptamak amacıyla kritik nem değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kritik nem değeri, sabit debi periyodunun sonu azalan debi periyodunun başlangıç nem değeridir. Sabit debi periyodu boyunca kurutma havasının sıcaklığı yüksek olabilir. Bu periyod süresince verilen ısı, maddenin yüzeyindeki suyun buharlaşması için harcadığından, yüzey sıcaklığı sabit kalmaktadır. Bu periyodun sonunda yüzeydeki nem konsantrasyonu düşer ve yüzey sıcaklığı artmaya başlar. Yüzeydeki sıcaklığın artışıyla birlikte enzimatik olmayan renk esmerleşmeleri (ısıdan kaynaklanır) meydana gelir. Bu nedenle kritik nem değerlerinden sonra kurutma havasının sıcaklığı düşürülmelidir. Bu yöntemle kurutma önemli sayılabilecek bir zaman ve enerji kazancı elde edilmiş olmaktadır.

Bu bilgilerin ışığında iki aşamalı kurutma denemesi gerçekleştirilmiştir. KAD1 kodlu biberlerin toplam 1080 dakikada, KAD2 kodlu biberlerin ise 960 dakikada kuruduğu saptanmıştır. 50°C'de AEEO5 kodlu biberlerle KAD1 kodlu biberler kuruma süresi yönünden karşılaştırıldığında KAD1 kodlu biberlerin %38.88 oranında; 55°C'de kurutulan AEEO5 kodlu biberler ile KAD2 kodlu biberler karşılaştırıldığında ise KAD2 kodlu biberlerin %40.62 oranında daha kısa sürede kurudukları belirlenmiştir.

4) Biberler, yapılan denemelerle öncelikle daldırma çözeltilerine daldırılmış ve daha sonra kurutulmuşlardır. AEEO çözeltilisine daldırılan biberlerin naturel olarak kurutulan biberlere göre L ve a değerleri daha yüksektir. Örneğin 50°C'de AEEO5 kodlu biberlerin L ve +a değerleri, 26.20 ve 20.09 olmasına karşılık NAT kodlu biberlerin bu değerleri



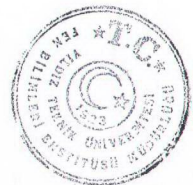
sırasıyla 22.59 ve 11.11'dir. Bu değerlere göre AEEO çözeltisine daldırılan biberlerin renginin daha parlak ve açık olduğunun bir ifadesidir.

50°C'de AEEO5 çözeltisine daldırılan biberlerin renk analiz sonuçlarına göre, kırmızı rengin ölçüsü olan +a değeri 20.09 iken, naturel biberlerde bu değer 11.11 olarak bulunmuştur. Buna göre AEEO5 çözeltisine daldırılan örneklerde kırmızı rengin naturel olarak kurutulan örneklerle göre %80.8 oranında daha yoğun olduğu görülmüştür.

Elde edilen veriler göstermektedir ki, etiloleat, işlem sonucunda biberlerin renginin daha parlak ve kalitesinin daha iyi duruma gelmesini sağlamıştır. Etiloleat, biberin yüzeyinde bulunan mum tabakasını uzaklaştırmakta ve böylece kuruma sırasında biberdeki suyun kolayca biber yüzeyinden difüzyonuna olanak sağlamaktadır. Etiloleat kullanılarak kurutulan biberlerin albenisi ve kalitesi yükselmekte, ayrıca kurutma sezonundaki kuruma süresi kısaltılarak kullanılan kurutucunun kapasitesinin artması sağlanmaktadır.

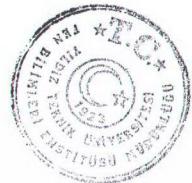
5) Nem içeriğinin kurutma süresinin bir fonksiyonu olarak tahmin etmek (kestirmek) için empirik olan Page ve Exponential denklemler denenmiş ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Page denkleminin vermiş olduğu r^2 değerleri, Exponential denklemin vermiş olduğu r^2 değerlerine göre yüksektir. Page denkleminin r^2 değerleri 0.979-0.999 arasında, Exponential denklemin ise 0.976-0.999 arasında değişmektedir. Her iki denklemin nem içeriğinin zamanla olan ilişkisini iyi ifade ettiği açıkça söylenebilir.

6) AEEO5 kodlu biberlerin D_{eff} katsayıları, AEEO4, AEEO6 ve NAT kodlu biberlere göre yüksektir. Örneğin 60°C hava sıcaklığında kurutulan biberlerin D_{eff} katsayıları sırasıyla 6.09×10^{-9} , 5.21×10^{-9} , 5.17×10^{-9} ve 4.89×10^{-9} m²/s olduğu Tablo 6.13'de verilmiştir. Bu da, kuruma hızını en fazla artıran daldırma çözeltisi %2AEEO+%5K₂CO₃ (AEEO5 kodlu) olduğu açıkça görülmektedir.



KAYNAKLAR

- Anon, 1986. Biber, Ana Britannica Genel Kültür Ansiklopedisi, Ana Yayıncılık A.Ş. ve Encyclopedia Britannica, Inc., Cilt. 4, s. 124.
- Anon, 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist, Colour Analysis, P. Heldrich (Editor), 15 th. ed., pp. 1298.
- Abak, K., ve Pakyürek, Y., 1995. K.Maraş'ta Kırmızı Biber Tarımında Dikkat Edilmesi Gerekli İşlemler, K.S.Ü. Rektörlüğü Yayınları, No. 11, s. 5-6.
- Abdelhaq, E.H., and Labuza, T.P., 1987. Air Drying Characteristics of Apricots, Journal of Food Science, Vol. 52, No. 2, pp. 342-345.
- Aguerre, R.J., Gabitto, J.F., and Chirife, J., 1985. Utilization of Fick's Second Law for the Evaluation of Diffusion Coefficients in Food Processes Controlled by Internal Diffusion, Journal of Food Technology, 20, pp. 623-629.
- Aguilera, J.M., Oppermann, K., and Sanchez, F., 1987. Kinetics of Browning of Sultana Grapes, Journal of Food Science, Vol. 52, pp. 990-993.
- Alvarez, P.I., and Legues, P., 1986. A Semi-Theoretical Model for the Drying of Thompson Seedless Grapes, Drying Technology, 4(1), pp. 1-17.
- Alzamora, S.M., Chirife, J., and Voillaz, P., 1979. A Simplified Model for Predicting the Temperatures of Foods During Air Dehydration, Journal of Food Technology, 14, pp. 369-380.



Artık, N., 1988. Isıl İşlemin Meyvelerde Neden Olduğu Değişikler, Gıda, 13(4), s. 245-252.

Atagündüz, G., Karagülle, N., 1977. Güneş Enerjisi ile Kırmızı Biberin Kurutulması, Isı Bilimi ve Tekniği, Cilt 2, Sayı 21, s. 21-26.

Atagündüz, G., Gürses, A.Ç., 1979. Panjurlu Güneş Kollektörleri ile Çekirdeksiz Üzüm Kurutulması, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 2, Sayı 8, s. 33-37.

Ateş, N., 1991. Takviyeli Güneş Kollektörü ile Pilot Bazda Bazı Meyvelerin Kurutulması Üzerine Kurutulması Üzerine Araştırmalar, Bursa II. Uluslararası Gıda Sempozyumu, s. 259-274.

Balaban, M., and Pigott, G.M., 1988. Mathematical Model of Simultaneous Heat and Mass Transfer in Food with Dimensional Changes and Variable Transport Parameters, Journal of Food Science, Vol. 53, No. 3, pp. 935-939.

Balaban, M., 1989. Effect of Volume Change in Foods on the Temperature and Moisture Content Predictions of Simultaneous Heat and Moisture Transfer Models, Journal of Food Process Engineering 12, pp. 67-88.

Bolin, H.R., Petrucci, V., and Fuller, G. 1975. Characteristics of Mechanically Harvested Raisins Produced by Dehydration and by Field Drying, J. Food Science, 40, pp. 1036.

Bolin, H.R., 1980. Relation of Moisture to Water Activity in Prunes and Raisins, Journal of Food Science, Vol. 45, pp. 1190-1192.

Bosland, P.W., 1994. Chiles: History, Cultivation, and Uses, Spices, Herbs Edible Fungi, Charalambous (Editor), Elsevier Science B.V., pp. 347-366.



Bowser, T.J., and Wilhelm, L.R., 1995. Modeling Simultaneous Shrinkage and Heat and Simultaneous Shrinkage and Heat and Mass Transfer of a Thin Nonporous Film During Drying, *Journal of Food Science*, Vol. 60, No. 4, pp. 753-757.

Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D., and Lilly, A.E.V., 1976. Dehydration, *Food Engineering Operations*, Applied Science Publishers Limited, London, pp. 313-360.

Cemeroğlu, B., ve Acar, J. 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, *Gıda Teknolojisi Derneği*, Yayın No. 6, Ankara, s. 364-434.

Charm, S.E., 1971. Dehydration of Foods, *The Fundamentals of Food Engineering*, The Avi Publishing Company, Inc., pp. 293-321.

Chun, J.K., and Kim, K.H., 1974. The Characteristics of Hot Air Drying of Red Pepper, *J. Korean, Agricultural Chemical Society*, Vol. 17, No. 1, pp. 42.

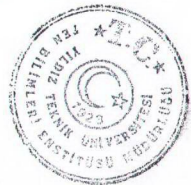
Çataltaş, İ., 1975. Kurutma, *Kimya Mühendisliğine Giriş 2*, *İnkılap ve Aka Koll. Şti.*, İstanbul, s. 573-629.

Diamante, L.M., and Munro, P.A., 1993. Mathematical Modelling of the Thin Layer Solar Drying of Sweet Potato Slices, *Solar Energy*, Vol. 51, No. 4, pp. 271-276.

Dittman, F.W., 1977. Classifying a Drying Process, *Chemical Engineering*, January 17, pp. 106-108.

Düzbastılar, M., 1996. Çekirdeksiz Kuru Üzüm Üretim ve Arzında Sorunlar, *Gıda Teknolojisi*, Sayı 7, s. 80-82.

Eissen, W., Mühlbauer, W., Kutzbach, H.D., 1985. Solar Drying of Grapes, *Drying Technology*, 3(1), pp. 63-74.



Evranoz, Ö., 1988. Gıda Maddelerinin Kurutulması Sırasında Kuruma Kinetiğinin Kontrol Eden Faktörler ve Kalite Üzerine Etkileri, Gıda, No. 1, s. 51-58.

Evranoz, Ö., ve Çataltaş, İ., 1989. Gıdaların Kurutulması, Gıda İşleme Mühendisliği, Inkılap Kitabevi, İstanbul, s. 262-334.

Fagrell, E.A. 1990. Some Quality Comparisons of Raisins from Around the World, Cereal Foods World, Vol. 35, No. 10, pp. 1016-1018.

Geankoplis, C.J., 1983. Transport Processes and Unit Operations, Allyn and Bacon, Inc., Boston, pp. 508-657.

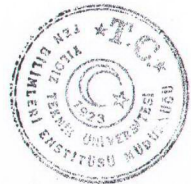
Guadagni, D.G., and Stafford, A.E. 1979. Factors Affecting the Threshold of Methyl and Ethyl Oleate Emulsions in Raisins and Raisin Paste, Journal of Food Science, 44, pp. 782.

Heldman, D.R., and Singh, R.P., 1981. Food Dehydration, Food Process Engineering, Second Edition, New York, pp. 261-323.

Hutchinson, D., and Otten, L., 1983. Thin Layer Air Drying of Soybeans and White Beans, Journal of Food Technology, 18, pp. 507-522.

Jayaraman, K.S., and Das Gupta, D.K., 1995. Drying of Fruits and Vegetables, Handbook of Industrial Drying, Arun S. Mujumdar (Editor), Marcel Dekker, Inc., New York, Vol.1 pp. 663-665.

Kahveci, N., Erdalli, Y., ve Dinçer, İ., 1992. Güneş Enerjili Kurutma Sistemleri ve Kullanım Olanakları, TÜBİTAK-MAM, Makina ve İmalat Sistemleri Araştırma Bölümü, s. 1-80.



- Kallel, F., Galanis, N., Perrin, B., and Javelas, R., 1993. Effects of Moisture on Temperature During Drying of Consolidated Porous Materials, *Trans. ASME.*, 115, pp. 724-733.
- Kim, D.Y., Rhee, C.O., and Shin, S.C., 1982., Changes in Colour of Red Pepper During Drying and Milling, *Journal of the Korean Agricultural Chemical Society*, 25 (1), pp. 1-7.
- Kiranoudis, C.T., Maroulis, Z.B., and Kouris, D.M., 1992. Drying Kinetics of Onion and Green Pepper, 10 (4), pp. 995-1011.
- Kostaropoulos, A.E., Saravacos, G.D., 1995. Microwave Pre-Treatment for Sun-Dried Raisins, *Journal of Food Science*, Vol. 60, No. 2, pp. 344-347.
- Labuza, 1980. The Effect of Water Activity on Reaction Kinetics of Food Deterioration, *Food Technology*, 34(1), pp. 36-59.
- Laul, M.S., Giradkar, J.R., 1980. Fluidized Bed Drying of Chillies (*Capsicum annum* Linn), *Development in Drying*, Drying 80, Vol. 1, pp. 475-480.
- Lewicki, P.P., and Wolf, W., 1995. Rheological Properties of Raisins: Part II. Effect of Water Activity, *Journal of Food Engineering* 26, pp. 29-43.
- Liapis, A.I., and Bruttini, R., 1995. Freeze Drying, *Handbook of Industrial Drying*, Arun S. Mujumdar (Editor), Vol. 1, pp. 309-315.
- Lomauro, C.J., Bakshi, A.S., and Labuza, T.P., 1985. Moisture Transfer Properties of Dry and Semimoist Foods, *Journal of Food Science*, Vol. 50, pp. 397-400.



Luning, P.A., Yüksel, D., De Vries, R.V.D.V., and Roozen, J.P., 1985. Aroma Changes in Fresh Bell Peppers (*Capsicum annuum*) after Hot Air Drying, *Journal of Food Science*, Vol.60, No. 6, pp. 1269-1276.

Mahmutoğlu, T., Pala, M., and Ünal, M., 1995. Mathematical Modelling of Moisture, Volume and Temperature Changes During Drying of Pretreated Apricots, *Journal of Food Processing and Preservation*, 19, pp. 467-490.

Mahmutoğlu, T., Emir, F., and Saygı, Y.B., 1996. Sun/Solar Drying of Differently Treated Grapes and Storage Stability of Dried Grapes, *Journal of Food Engineering*, 29, pp. 289-300.

Malchev, E., Ghenov, N.S., Ioncheva, N.I., Tanchev, S.S., and Kalpakchieva, K.K., 1989. Identification and Changes in the Higher Fatty Acids of Dried Red Pepper and Red Pepper Powder, *Z. Lebensm Unters Forsch*, 189, pp. 229-231.

Maroulis, Z.B., Kiranoudis, C.T., Kourin, D.M., 1995. Heat and Mass Transfer Modelling in Air Drying of Foods, *Journal of Food Engineering*, 26, pp. 113-130.

Masi, P., and Riva, M., 1988. Modelling Grape Drying Kinetics, In: *Preconcentration and Drying of Food Materials*, S. Bruin (Editor), Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 203-212.

Mazza, G., and Lemaquer, M., 1980. Dehydration of Onion: Some Theoretical and Practical Considerations, *J. Food Technol.*, 15, pp. 181-194.

Minguez-Mosquera, M.I., Jaren-Galan, M., and Garrido-Fernandez, J., 1994a. Competition between the processes of Biosynthesis and Degradation of Carotenoids During the Drying of Peppers, *J. Agric. Food Chem.*, 42, pp. 645-648.



Minguez-Mosquera, M.I., Jaren-Galan, M., Garrido-Fernandez, J., 1994b. Influence of the Industrial Drying Processes of Pepper Fruits (*Capsicum annum* Cv. Bola) for Paprika on the Carotenoid Content, *J. Agric. Food Chem.* 42, pp. 1190-1193.

Minolta, Chroma - Meter - Cr - 300, Instruction Manual.

Molnar, K., 1995. Experimental Techniques in Drying, *Handbook of Industrial Drying*, Arun S. Mujumdar (Editor), Vol. 1, pp. 53-55.

Özay, G., Pala, M., and Saygı, B., 1993. Bazı Gıdaların Su Aktivitesi (a_w) Yönünden İncelenmesi, *Gıda*, 18(6), s. 377-383.

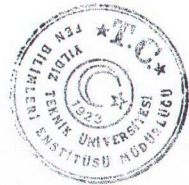
Pala, M., ve Saygı, B., 1983. Su Aktivitesi ve Gıda İşlemedeki Önemi, *Gıda*, No.1, s. 33-39.

Pala, M., 1987. Kurutma Tekniği ve Meyve-Sebzelerin Kurutulmaları, TÜBİTAK-MAM, s. 1-42.

Pala, M., ve Evranuz, Ö., 1990. Gıda İşleme Muhafazasında Suyun Fonksiyonel Özellikleri ve Kalite Değişimine Etkileri, *Gıda Sanayii*, Cilt. 3, Sayı. 6, s. 9-14.

Pala, M., Wetherilt, H., and Saygı, B., 1990. Improvement of Processing Conditions and Establishment of Efficient Quality Control Systems for Major Turkish Export Food Commodities, Progress Report 7, pp. 1-83.

Pala, M., Wetherilt, H., and Saygı, B., 1991. Improvement of Processing Conditions and Establishment of Efficient Quality Control Systems for Major Turkish Export Food Commodities, Progress Report 8, pp. 1-53.



Pala, M., Saygi, Y.B., and Sadıkoğlu, H., 1993. A Study on the Drying of Sultane Grapes by Different Techniques and Effective Parameters, G. Charalambous (Editor), Food Flavors, Ingredients and Composition, Amsterdam, pp. 473-444.

Pala, M., Wetherilt, H., and Saygi, B., 1995. Improvent of Processing Conditions and Establishment of Efficient Quality Control Systems for Major Turkish Export Food Commodities, Final Project Report , pp. 1-13, 94-107.

Pala, M., Mahmutoğlu, T., and Saygi, B., 1996. Effects of Preatreatments on Quality of Open-Air and Solar Dried Apricots, Nahrung 40, No. 3, pp. 137-141.

Patil, R.T., 1989. Drying Studies on Black Pepper (*Piper Nigrum* L), J. Food. Science Technology, Vol. 26, No. 4, pp. 230-231.

Pazir, F., ve Wolf, W., 1991. Kuru İncirlerin Farklı Kısımlarının Adsorpsiyon İzotermeleri, Gıda Sanayii, 24, s. 42-48.

Perry, J.H., 1973. Drying , Chemical Engineers' Handbook, Mc Graw-Hill Co., Inc., New York, Section 15, pp. 33-50.

Rahman, Md.S., and Lamb, J., 1991. Air Drying Behavior of Fresh and Osmotically Dehydrated Pineapple, Journal of Food Processing Engineering, 14, pp. 163-171.

Raouzeos, G.S., and Saravacos, G.D., 1986. Solar Drying of Raisins, Drying Technology, 4(4), pp. 633.

Riva, M., and Peri, C., 1986a. Kinetics of Sun and Air Drying of Different Varieties of Seedles Grapes, Journal of Food Technology, 21, pp. 199-208.



Riva, M., Peri, C., and Lovino, R., 1986b. Effects of Pretreatments on Kinetics of Grapes Drying, Food Engineering and Process Application, L. Naguer (Editor), pp. 461-472.

Rossello, C., Canellas, J., Sanatiesteban, I., and Mulet, A., 1993. Simulation of the Absorption Process of Sulphur Dioxide in Apricots, Lebensm. Wiss.u.Technol., 26, pp. 322-328.

Saldamlı, İ., ve Saldamlı, E., 1990. Kurutma İşlemi ve Dehidratörler, Gıda Endüstrisi Makinaları, Ankara, s. 226-280.

Saravacos, G.D., and Marousis, S.N., 1988. Effect of Ethyl Oleate on the Rate of Air-Drying of Foods, Journal of Food Science, 7, pp. 263.

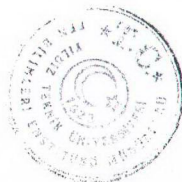
Shepherd, H., and Bhardwaj, R.K., 1988. Thin Layer Drying of Pigeon Pea, Journal of Food Science, Vol. 53, No. 6, pp. 1813-1817.

Simal, S., Mulet, A., Catala, P.J., Canellas, J., Rosello, C., 1996. Moving Boundary Model for Simulating Moisture Movement in Grapes, Journal of Food Science, Vol. 61, No. 1, pp. 157-160.

Sokhansanj, S., and Jayas, D.S., 1987. Drying of Foodstuffs, Handbook of Industrial Drying, Arun S. Mujumdar (Editor), Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 517-570.

Sokhansanj, S., and Jayas, D.S., 1995. Drying of Foodstuffs, Handbook of Industrial Drying, Arun S. Mujumdar (Editor), Marcel Dekker, Inc., New York, Vol. 1, pp. 589-625.

Suzuki, M., 1980. Prediction of Critical Moisture Content, Drying'80, A.S. Mujumdar (Editor), pp. 116-127.



Tolaba, M.P., and Suarez, C., 1988. Simulation of The Thin-Layer Drying of Corn by Means of The Diffusional Model, *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, No. 21, pp. 83-86.

Tolaba, M.P., Suarez, C., and Viollez, P.E., 1991. Diffusion Coefficient Estimation for Shelled Corn, *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, No. 24, pp. 303-306.

Trenning, A., 1971. Maraş'ta Acı biber Üzerine Bir İnceleme, Rapor 1, Bursa Konservecilik Enstitüsü, s. 1-50.

Trim, D.S., and Ko, H.Y., 1982. Development of a Forced Convection Solar Dryer for Red Peppers, *Tropical Agriculture*, 59 (4), pp. 319-323.

Tsami, E., Marinos-Kouris, D., and Maroulis, Z.B., 1990. Water Sorption Isotherms of Raisins, Currants, Figs, Prunes, and Apricots, *Journal of Food Science*, Vol. 55, No. 6, pp. 1594-1597.

TSE, 2419. Kırmızı biber-Öğütölmüş (toz), Devlet İstatistik Enstitüsü.

Tulasidas, T.N., Raghavan, G.S.V., Norris, E.R., 1996. Effects of Dipping and Washing Pre-Treatments on Microwave Drying of Grapes, *Journal of Food Process Engineering*, 19, pp. 15-25.

Tunçer, İ.K., 1995. Kahramanmaraş Kırmızı Biberi İç Pazara ve İhracata Yönelik Nasıl İşlenmeli?, K.S.Ü. Rektörlüğü, Yayın No:11, s. 26-30.

Tütöncü, A.M., and Labuza, T.P., 1996. Effect of Geometry on the Effective Moisture Transfer Diffusion Coefficient, *Journal of Food Engineering* 30, pp. 433-447.



Uddin, M.S., Hawlader, M.N.A. and Rahman, M.S. 1990. Evaluation of Drying Characteristics of Pineapple in The Production of Pineapple Powder, J. Food Process., Preservation, 14, pp. 375.

Vaccarezza, L.M. and Chirife, J., 1978. On the Application of Fick's Law for the Kinetic Analsis of Air Drying of Foods, Journal of Food Science, 43, pp. 236-238.

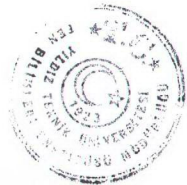
Van Arsdel, B.W., Copley, M. J., and Morgan, A.I., 1973. Food Dehydration, The AVI Publishing Company, Inc., Second Edition, Vol. 2, pp. 1-83.

Wedzicha, B.L., 1987. Chemistry of Sulphur Dioxide in Vegetable Dehydration, Journal of Food Science and Technology, No. 22, pp. 433-450.

Yao, J., Nair, M.G., and Chandra, A., 1994. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Scotch Bonnet (*Capsicum annum*) and Quantification of Capsaicin and Dihydrocapsaicin, J. Agric. Food. Chem., 42, pp. 1303-1305.

Yavuzcan, G. 1974. Değişik Kurutma Metotlarının ve Depolama Koşullarının Bazı Kırmızı Biber Çeşitlerinin Önemli Kalite Faktörlerinin Etkisi, Doktora Tezi, A.Ü. Ziraat Fak., Ankara.

Yiğit, V., 1983. Gıdalarda Su Aktivitesi ve Önemi, TÜBİTAK-MAM, Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü, s. 1-17.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 15 Temmuz 1963
 Doğum yeri : İskenderun
 İlk/Orta Öğrenim : Üçgüllük İlkokulu, İskenderun Atatürk Ortaokulu, İskenderun Cumhuriyet Lisesi
 Üniversite Eğitimi : Yıldız Üniversitesi (1982-1986)
 Yüksek Lisans Eğitimi: Yıldız Üniversitesi (1986-1989)
 Görevi : Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
 DOKÜMANTASYON MERKEZİ