

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MALATYA'DA YETİŞEN DÖRT FARKLI KAYISI TÜRÜNÜN DOĞAL
ŞARTLARDA KURUTMA HIZ EĞRİLERİNİN OLUŞTURULMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Alper ASLAN

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Yrd.Doç.Dr. Yunus ÖNAL

**EYLÜL
2016**

Tezin Başlığı: **Malatya'da Yetişen Dört Farklı Kayısı Türünün Doğal Şartlarda
Kurutma Hız Eğrilerinin Oluşturulması**

Tezi Hazırlayan: Mehmet Alper ASLAN

Sınav Tarihi: 30.09.2016

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Kimya Mühendisliği Anabilim
Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi Üyeleri

Tez Danışmanı:

Yrd.Doç.Dr.Yunus ÖNAL.....
İnönü Üniversitesi

Prof.Dr. Dursun PEHLİVAN.....
Fırat Üniversitesi

Doç. Dr.Çiğdem SARICI-ÖZDEMİR.....
İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Halil İbrahimADIGÜZEL
Enstitü Müdürü

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Malatya’da Yetişen Dört Farklı Kayısı Türünün Doğal Şartlarda Kurutma Hız Eğrilerinin Oluşturulması**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mehmet Alper ASLAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MALATYA'DA YETİŞEN DÖRT FARKLI KAYISITÜRÜNÜN DOĞAL ŞARTLARDA KURUTMA HIZ EĞRİLERİNİN OLUŞTURULMASI

Mehmet Alper ASLAN

İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

x + 76

2016

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Yunus ÖNAL

Bu çalışmada, Malatya bölgesinde yetişen Çöloğlu,Hacıhaliloğlu,Kabaaşı ve Karacabey kayısı türleri, ön işleme tabii tutulanlar ve ön işlem uygulanmayanlar olmak üzere iki gruba ayrıldı. Ön işlem olarak, SO₂ ile kükürtleme işlemi uygulandı. Ön işlem uygulanmayan gruba herhangi kükürtleme işlemi yapılmamıştır, örnekler toplandıkları durumları ile deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Her iki gruptaki örneklerin farklı ortamlarda/sıcaklıklarda (güneşte,gölgede,etüvde) kurutulup dehidrasyon özellikleri araştırılıp kurutma hız eğrileri oluşturulmuştur.

Kurutma sıcaklığına göre kurutma süreleri de farklılık göstermiştir. Ortamın sıcaklığındaki artışa bağlı olarak kayısıların daha çabuk kuruduğu, özellikle kükürtlenme ön işlemine maruz kalanların ise kükürtlenmemiş olan türlerine göre daha hızlı kuruduğu anlaşılmıştır. Üç farklı sıcaklıkta da örnekler aynı kuruluk derecesine kadar kurutulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kayısı , Kurutma Eğrileri

ABSTRACT

Master Thesis

SETTING OFF DRYING RATE CURVES OF FOUR DIFFERENT TYPES OF APRICOTS GROWING IN MALATYA

Mehmet Alper ASLAN

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemical Engineering

x + 76

2016

Supervisor: Yrd.Doç.Dr.Yunus ÖNAL

In this study, four different apricot types that are grown in Malatya (Çöloğlu, Hacıhaliloğlu, Kabaşlı and Karacabey) were divided into two groups as the ones that are pre-processed and the ones that are not. For the first group, sulfuring with SO₂ was procedured. For the second group, there was not a sulfuring procedure, samples were used in experimental works, in the same condition they were picked up. Samples from both groups were dried in different environments/ temperatures (sunny, shady, in drying oven), their dehydration reactions were enquired and their drying curves were established.

In connection with drying temperatures, drying periods also showed difference. Being subjected to temperature increase in the environment, it was observed that the apricots, especially the ones that had the procedure of sulfuring, dried much faster than the ones that are not pre-processed. Samples were dried until identical level of drieness was achieved, in three different temperatures.

Key Words: Apricot, Drying Curve

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimde ve tezimi hazırlamamda katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Yrd.Doç. Dr.Yunus ÖNAL'a;

Tezimin materyallerinin temininde ve deneysel çalışmalarımındaki yardımlarından dolayı Malatya Kayısı Araştırma İstasyonu'na,

Tez yazım sürecinde bilgi ve deneyimlerini paylaşan Emir TOSUN ve Burçin KÖSE'ye

Bu çalışmayı gerçekleştirmemde 2012/184 nolu proje ile maddi olarak destek sunan İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ,

Tez çalışmalarım süresince benden desteklerini esirgemeyen değerli AİLEME,
TEŞEKKÜR EDERİM...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	2
2.1. Kayısının Yapısı	3
2.2. Kayısının Besin Değeri ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi.....	4
2.3. Kayısı Kullanım Alanları.....	4
2.4. Kayısının Orijini.....	5
2.5. Kayısı Çeşitleri	5
2.5.1. Yerli Kayısı Çeşitleri	5
2.5.1.1. Hacıhaliloğlu.....	5
2.5.1.2. Hasanbey.....	6
2.5.1.3. Kabaası.....	7
2.5.1.4. Soğancı.....	7
2.5.1.5. Çataloğlu	7
2.5.1.6. Çöloğlu.....	8
2.5.1.7. Alyanak	8
2.5.1.8. Şekerpare.....	9
2.5.1.9. Karacabey	9
2.5.2. Yabancı Kayısı Çeşitleri	9
2.5.2.1. Paviot	9
2.5.2.2. HungarianBest.....	9
2.5.2.3. Roksana.....	10
2.5.2.4. Ninfa	10
2.5.2.5. Cafona	10
2.5.2.6. Fracasso.....	11
2.6. Kayısının Ekonomik Boyutu ve Önemi	11

2.6.1. Türkiye Üretimi	11
2.6.2. Dünya Üretimi	12
2.6.3. Türkiye'nin Kuru Kayısı İhracatı	12
2.7. Kurutma.....	13
2.7.1. Kurutma Mekanizması.....	14
2.7.2. Kurutma Hızına Etki Eden Faktörler	15
2.7.2.1. Ürünün Kimyasal Bileşimi	15
2.7.2.2. Ürünün Boyutları	15
2.7.2.3. Sıcaklık	15
2.7.2.4. Havanın Hızı	155
2.7.2.5. Havanın Nemi	16
2.7.2.6. Atmosfer Basıncı	16
2.8. Kurutma Eğrilerinin Oluşturulması.....	16
2.9. Kayısının Kükürtlelenmesi.....	19
2.10. Literatür Özeti	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Etüvde Kurutma Yöntemi.....	26
3.2.2. Güneşte Kurutma Yöntemi	27
3.2.3. Gölgede Kurutma Yöntemi.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
4.1. Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları	31
4.1.1. Kükürtsüz Bütün Kayısların Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları	31
4.1.2. Kükürtsüz İki Parçaya Bölünmüş Kayısların Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları	34
4.1.3. Kükürtlü Bütün Kayısların Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları	37
4.2. Güneşte Kurutma Yöntemi Sonuçları	40
4.2.1. Kükürtsüz Bütün Kayısların Güneşte Kurutma Yöntemi Sonuçları	40
4.2.2. Kükürtlü Bütün Kayısların Güneşte Kurutma Yöntemi Sonuçları.....	45
4.3. Gölgede Kurutma Yöntemi Sonuçları	50
4.3.1. Kükürtsüz Bütün Kayısların Gölgede Kurutma Yöntemi Sonuçları	50
4.3.2. Kükürtlü Bütün Kayısların Gölgede Kurutma Yöntemi Sonuçları	55
4.4. Kurutma Kinetiğinin Modellenmesi.....	62

4.4.1. Etüvde Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi.....	63
4.4.2. Güneşte Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi....	63
4.4.3. Gölgede Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi...68	

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	71
6.KAYNAKLAR	72
7. ÖZGEÇMİŞ.....	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Yıllar itibariyle Türkiye-Malatya kayısı üretiminin karşılaştırılması	3
Şekil 2.2.	Serbest nem zaman grafiği	17
Şekil 2.3.	Serbest nem kurutma hızı grafiği	18
Şekil 2.4.	Farklı örneklere ait kurutma hız eğrileri	19
Şekil 2.5.	Kayısıyı kerevetlere yerleştirme	20
Şekil 2.6.	Kayısı iklim odası	21
Şekil 3.1.	Kayısının etüvde kurutulma görüntüsü	27
Şekil 3.2.	Kayısının güneşte kurutulma görüntüsü	28
Şekil 3.3.	Kayısının gölgede kurutulma görüntüsü	29
Şekil 4.1.	Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	31
Şekil 4.2.	Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği	32
Şekil 4.3.	Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	32
Şekil 4.4.	Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	33
Şekil 4.5.	Kükürtsüz Yarma Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	34
Şekil 4.6.	Kükürtsüz Yarma Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği	35
Şekil 4.7.	Kükürtsüz Yarma Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	35
Şekil 4.8.	Kükürtsüz Yarma Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	36
Şekil 4.9.	Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	37
Şekil 4.10.	Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği	38
Şekil 4.11.	Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	38
Şekil 4.12.	Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	39
Şekil 4.13.	Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	40
Şekil 4.14.	Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	41
Şekil 4.15.	Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	41
Şekil 4.16.	Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	42
Şekil 4.17.	Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	42
Şekil 4.18.	Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği	43
Şekil 4.19.	Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	43
Şekil 4.20.	Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği	44
Şekil 4.21.	Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	45
Şekil 4.22.	Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	46
Şekil 4.23.	Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	46
Şekil 4.24.	Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	47
Şekil 4.25.	Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında	47

	uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	
Şekil 4.26.	Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği	48
Şekil 4.27.	Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	48
Şekil 4.28.	Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği	49
Şekil 4.29.	Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	50
Şekil 4.30.	Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	51
Şekil 4.31.	Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	51
Şekil 4.32.	Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	52
Şekil 4.33.	Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	52
Şekil 4.34.	Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği	53
Şekil 4.35.	Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	53
Şekil 4.36.	Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği	54
Şekil 4.37.	Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	55
Şekil 4.38.	Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	56
Şekil 4.39.	Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	56
Şekil 4.40.	Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği	57
Şekil 4.41.	Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	57
Şekil 4.42.	Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği	58
Şekil 4.43.	Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği	59
Şekil 4.44.	Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği	59

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1.	Ülkeler İtibariyle Dünya Kuru Kayısı Üretimi	12
Tablo 2.2.	Kuru kayısı İhraç Edilen İlk 10 Ülke	13
Tablo 4.1.	Kurutma işlemlerine ait toplam nem, serbest nem ve kurutma hız değerleri	61
Tablo 4.2.	Bazı kayısı türlerine ait kimyasal bileşim değerleri	62
Tablo 4.3.	Matematiksel Modeller ve Eşitlikleri	62
Tablo 4.4.	Etüvde Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi	64
Tablo 4.5.	Güneşte Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi	66
Tablo 4.6.	Gölgede Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi	69

KISALTMALAR DİZİNİ

SÇKM: Suda çözüner kuru madde

1. GİRİŞ

Kayısı ülkemiz tarımı ve ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Türkiye, 760.000 ton'luk taze kayısı üretimi ile dünya üretiminde ilk sırada yer almakta olup 97 bin tonluk kuru kayısı üretimi ile dünya kuru kayısı üretiminin %80'ini tek başına karşılamaktadır (1). Malatya ise Türkiye taze kayısı üretiminin %60'ını, kuru kayısı üretiminin ise, %90'luk bir kısmını üretmektedir. Ayrıca, ülkemizde yer alan yaklaşık 15 milyon ağaç sayısının yaklaşık yarısı Malatya şehrimizde bulunmaktadır. Bu rakamlar gözönüne alındığında Malatya'nın tek başına dünya yaş kayısı üretiminde %12, dünya kuru kayısı üretiminde ise yaklaşık %65'lik bir kısmını karşıladığı görülmektedir. Malatya iline her yıl yaklaşık 250-300 milyon dolar döviz girişi sağlanmaktadır (1).

Kayısının kurutulması ise en hassas konudur. Kurutma yöntemleri çeşitlilik arz etsede en yaygın ve ekonomik olarak doğal şartlarda kurutma gelmektedir. Bu yöntemin bazı avantajları ve dezavantajları vardır.

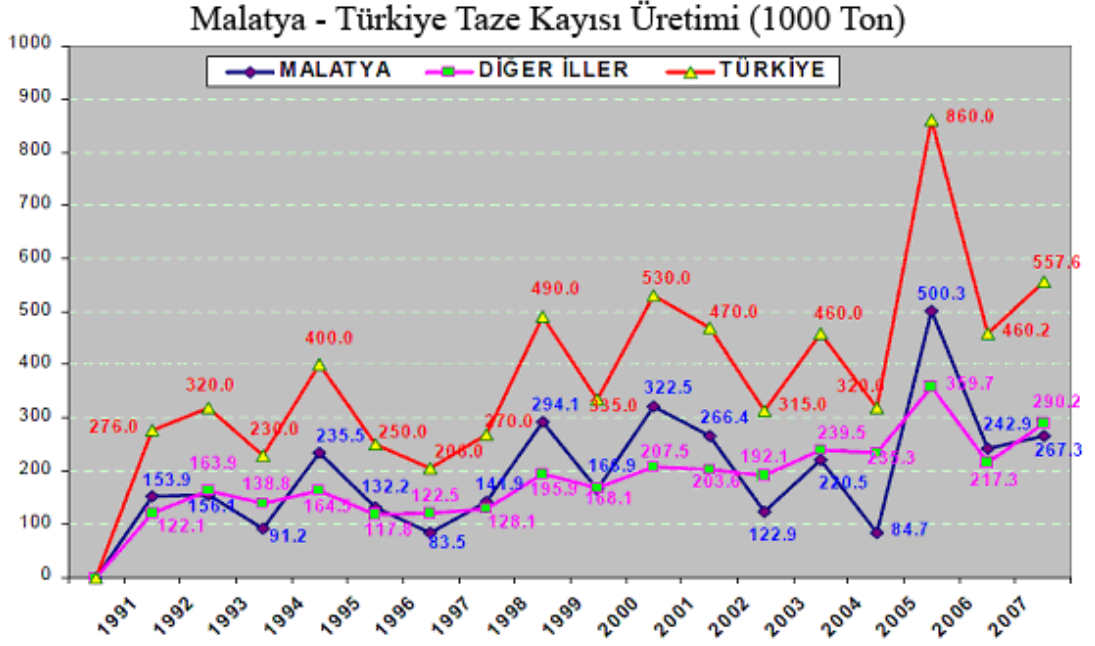
Bu amaçla çalışmamız kapsamında dört farklı kayısı türünde (Hacıhaliöglü, Kabaası, Karacabey ve Çöloöglü) farklı koşullarda kurutma hız eğrileri elde edilip, değerlendirilecektir. Elde edilen değerlerin matematiksel modellerle uygunluğu araştırılacak, kurutma hız eğrileri elde edilen matematiksel model verileriyle desteklenecektir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Tarım sektörü insanların temel ihtiyaçlarını karşılaması itibariyle tümü lkeler için stratejik bir öneme sahiptir. Türkiye, yeraltı ve yer üstü kaynakları, iklim ve toprak özellikleri bakımından çok zengin bir ülkedir. Türkiye'nin uygun ekolojik şartlarında çok sayıda sebze ve meyvenin yetiştirilip ihraç edilmesi bunun en güzel örneğidir. Nitekim ülkemiz gerek meyve türü ve çeşit sayısı gerekse üretim miktarı bakımından dünyanın en önemli meyve üreticisi ülkeleri arasında yer almaktadır. Ülkemizde yüz yıllardan beri üretilip ticareti yapılan meyvelerden biriside kayısıdır. Türkiye 500-800 bin ton ile dünya yaş kayısı üretiminde birinci sırada yer almaktadır (2).

Türkiye, dünya kuru kayısı üretiminin %60-80'ine ve dünya kuru kayısı ihracatının %80-85'ine sahiptir. Ülkemizde bazı yıllar sorunlarla karşılaşılsa bile urukayısı ihracatımız 1970'li yıllardan itibaren artış göstermekle birlikte son yirmi yılda pazardaki payını %80-85'lik çıkartarak himaye etmesini bilmiştir. Türkiye'nin 1977 yılında 5.789 ton olan kuru kayısı ihracatı 2012 yılında 102 bin tona yükselmiştir(3).

Dünya yaş kayısı üretiminin %20'si, dünya kuru kayısı ihracatının pazarlarına konu olan kuru kayısının ise %85-90'ı Türkiye tarafından sağlanmaktadır. Malatya, Türkiye taze kayısı üretiminde %60, kuru kayısı üretiminde ise, %90'lık bir paya sahiptir. Ayrıca, ülkemizde bulunan toplam 15milyon civarındaki ağaç sayısının yaklaşık yarısı ilimizde bulunmaktadır. Bu rakamlar dikkate alındığında Malatya'nın tek başına dünya yaş kayısı üretiminde %12, dünya kuru kayısı üretiminde ise yaklaşık %65'lik bir paya sahip olduğu görülür. İlimizde her yıl yaklaşık 100 bin ton kuru kayısı üretilerek ihraç edilmekte ve bundan yaklaşık 250-300 milyon dolar döviz girişi sağlanmaktadır (1). Şekil 2.1'de Yıllar itibari ile Türkiye-Malatya kayısı üretimin karşılaştırılması verilmektedir.



Şekil 2.1. Yıllar itibariyle Türkiye-Malatya kayısı üretiminin karşılaştırılması (4)

Ülkemizde kayısı ve zerdali yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmakla birlikte ekonomik olarak yetiştiriciliği bazı bölgelerimizde yoğunlaşmıştır. Malatya bölgesi, Elazığ-Erzincan-Sivas bölgesi, Akdeniz bölgesi, Kars-Iğdır bölgesi, Ege bölgesi, İç Anadolu bölgesi ve Marmara bölgesi farklı yoğunluk ve çeşit deseninde üretim yapmakta olup tüm üretimin yarısından fazlasını Malatya bölgesi karşılamaktadır(5). Üretimi yapılan kayısıların taze(sofralık) ve işlenmiş olarak değerlendirildiği, özellikle tatlı çekirdeklerin çerez, acı olanların ise kozmetik ve ilaç sanayinde kullanıldığı, ayrıca kayısı çekirdeğinin tohum ve kabuğundan badem yağı, yemeklik yağ, benzaldehit (aromaesansı), furfural, aktif karbon, amigdalin ve hidrosiyamik asit elde edildiği bildirilmiştir(4).

2.1. Kayısının Yapısı

Kayısı, sert çekirdekli meyveler grubunda yer almaktadır. Meyve görünüşü olarak sırt, karın, uç ve sap kısımlarından ve anatomik olarak en dış kısmında kabuk, meyve eti, çekirdek boşluğu ve çekirdekten oluşmaktadır. Çeşit, ekoloji ve bakıma göre meyvedeki su miktarı %70-88 ve kuru madde miktarı ise %12-30 arasında değişiklik göstermektedir. Kayısı yüksek miktarda şeker, protein, pektin ve organik maddeler içerir. Kayısı potasyum minerali ve A vitaminin öncül maddesi beta-karoten yönünden çok zengindir. Meyvedeki kuru maddenin yaklaşık %70-85'ini şeker ve şekerin önemli bölümünü ise sakkaroz, glikoz ve fruktoz oluşturur.

Kayısıdaki organik asit %0,3-1,3 arasında değişmekte olup önemli kısmını elma asidi oluşturmaktadır. Kayısıda çağla döneminde yüksek miktarda bulunan C vitamini olgunlaşmaya doğru azalır (2).

Kayısı, kurutmalık ve sofralık olarak değerlendirilmektedir. Kurutmalık çeşidinin özelliği kuru madde kütle oranının %24-30 arasında olmasıdır. Sofralık çeşidinde ise bu değer %12-20 arasında değişmektedir. Ortalama olarak 4 kg taze kayısıdan 1 kg kuru kayısı elde edilebilmektedir.

2.2. Kayısının Besin Değeri ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Kayısı; içerdiği düşük oranda yağ ve yeterli miktarda sükröz, glikoz, fruktoz ile yüksek oranda antioksidant bileşenler(β -karoten, A, E, vitamini) ve içerdiği mineraller(K, P, Mg) bakımından insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir(6). Kayısı, potasyum minerali ve sağlık açısından önemli etkileri bulunan A vitamini bakımından oldukça zengin bir meyvedir (7). Ayrıca kayısıda mevcut olan yüksek demirden dolayı iyi bir anti anemik özelliğe sahip olduğu, yağ ve yağda çözünen vitaminler ile mineraller bakımından zengin olduğu bilinmektedir. Eski Çin kaynaklarında ise kayısı çekirdeğinden elde edilen yağın; losyon ve krem imalatı ile kozmetik sanayisinde kullanıldığı, bu yağın kasları güçlendirici etkisinin olduğu bildirilmiştir (8, 9).

Kayısı tohumu önemli miktarda diyet proteini ile anlamlı düzeyde yağ ve lifde içermektedir (10,11). Kayısı tohumunun insan ve hayvan beslenmesinde kullanımının büyük kısıtlamalarından biri türe göre değişen ve bazı kayısı tohumlarında toksik olan siyanojenik glikozit olan amigdalin içermesidir. Siyanojenik glikozitler ve hidrolizi sonucu oluşan ürünler akut siyanür zehirlenmesi yada kronik merkezi sinir sistemi sendromuna neden olabilirler (12).

2.3. Kayısı Kullanım Alanları

Kayısı dünyada taze olarak tüketilmenin yanı sıra başka birçok kullanım alanına sahiptir. İşlenmiş kayısı, dondurulmuş kayısı, kayısı konservesi, kayısı pulpu, kayısı nektarı, kayısılu içecekler, kayısılu pulp konservesi, kayısı reçeli, kayısı marmelatı, kayısı jöle ve kreması, kuru kayısı, toz kayısı, kıyılmış kayısı, küp doğranmış kuru kayısı, ekstrüzyon kayısı mamulleri(pestil vb.), kayısı şekerlemeleri, kayısı ekstraktı ve esansı, kayısı likörü, kayısı jelâtin mamulleri, kayısı brendi, kayısılu pasta, kek, bar vb. mamüller bunlardan bazılarıdır(2).

Kayısının yaş ve kuru kullanımı dışında kayısı çekirdek ve tohumlarında farklı şekillerde kullanılmaktadır. Tatlı kayısı tohumları çerez olarak kullanılırken, acı tohumlar kozmetik ve ilaç endüstrisinde hammadde olarak kullanılmaktadır(13,14).

Kayısının tohumu ise, badem yağı, benzaldehit, furfural, aktif karbon, aroma esansı, amigdalin ve hidrosiyanikasit yapımında kullanılmaktadır(13). Kayısı tohumu çerez olarakda kullanılmaktadır. Kayısı ağacının gövde ve dalları ile kayısı çekirdeği kabuğu yakacak olarak, yaprakları hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.

İngiltere Newcastle Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada kayısı çekirdeği kabuklarının biyoyakıt ve biyogaz üretiminde de oldukça başarılı bir şekilde kullanılabilceği gösterilmiştir(1).

2.4. Kayısının Orijini

Kayısının kökeni konusunda araştırmalar yapan bilim adamlarının büyük kısmı, kayısının anavatanı olarak Çin ve OrtaAsya'yı işaret etmektedir. Kayısı ve kayısının yabani türleri, Orta Asya'dan Kuzey Çin'e kadar uzanan oldukça geniş bir coğrafik alanın doğal bitkisidir(15). Kayısı, bu anavatan bölgelerinden İran ve Kafkasya yoluyla Anadolu'ya, Romalılar zamanında ise İtalya ve diğer Avrupa ülkelerine yayılmıştır. İngiltere'ye XIII. yüzyılda, Amerika'ya ise 1700'lü yıllarda götürülmüştür. Araştırmalar, kayısının Anadolu'da ikibin yıldan fazla bir mazisinin olduğunu göstermektedir(1).

2.5. Kayısı Çeşitleri

Bugün dünyada 1750'nin üzerinde kayısı çeşidi ve melezi var olmakla birlikte üretimi olan ülkelerde ekonomik anlamda yetiştiriciliği yapılan kayısı çeşidi sayısı 5-10'u geçmemektedir(2).

2.5.1. Yerli Kayısı Çeşitleri

2.5.1.1. Hacıhaliloğlu

Malatya'nın en önemli kurutmalık kayısı türüdür. Malatya'daki kayısı ağacı, mevcudiyetinin yaklaşık %73'ünü oluşturur. Tahmini olarak 1900'lü yılların başında Malatya'nın 12 km kuzey doğusundaki Hacıhaliloğlu Çiftliğinde bir seleksiyon sonucu bulunmuştur (1).

Ağaçları dik, yüksek boylu, dalları geniş olan bu tür çok güçlü olup çabuk uzar. Sulanan ve kuvvetli topraklarda her yıl ürün verebilmektedir. Çiçekleri beyaz renklidir. Verimi orta düzeydedir. Dona, kurağa ve hastalıklara (monilya ve çil) karşı hassastır (3).

Meyve iriliği orta olup, 25-35g ağırlığındadır. Meyve şekli oval, simetrik; meyve kabuk ve et rengi sarı, kırmızı yanak oluşturma eğilimi yüksektir. Meyve kabuğu ince olmakla birlikte eti sert dokuludur. Meyvelerin yola mukavemeti iyidir. Meyvesi az sulu, çok tatlı, aromalı, pH4,5-4,8, suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) %24-28 ve toplam asitlik %0,20-0,40'tır. Çekirdek şekli oval, 1,7-2,2g ağırlığında, tatlı ve meyve etine yapışık değildir. Tohum ağırlığı 0,4g'dır. Malatya iklim şartlarında temmuz ayının ikinci haftasında olgunlaşır (16).

2.5.1.2. Hasanbey

Malatya'nın eski belediye başkanlarından Hasan Derinkök'ün bahçesinde 1930 yılında bulunan Malatya'nın sofralık kayısı çeşidi açısından ilk sırada yer almaktadır. Çeşidin SÇKM miktarı yüksek olması nedeniyle önceleri kurutularak değerlendirilmiş fakat daha sonra çeşidin turfanda, iri meyveli ve yola mukavemetinin iyi olması sebebiyle son zamanlarda sofralık tüketiminde bir hayli artış gözlenmiştir. Ayrıca meyvesinin heterojen olgunlaşması ve kükürt odasında diğer çeşitlere göre kükürtdioksidi daha geç absorbe etmesi gibi kurutma için olumsuz özelliklerinden dolayı kurutmalık olarak değerlendirme şekli günümüzde kalmamıştır(1). Meyvesi kalp şeklinde, iri, 40-55g ağırlığında, meyve eti sert dokulu ve tatlıdır. Meyvesinin et ve kabuğu sarı renklidir. SÇKM miktarı %18-22, pH4,9-5,1 ve toplam asitlik %0,10-0,20'dir. Çekirdeği uzun-oval olup 2,0-2,8g ağırlığında, tatlı ve meyve etine yapışık değildir. Tohum ağırlığı 0,8 g'dır(16). Malatya iklim şartlarında haziran sonu temmuz başında olgunlaşır. Diğer çeşitlere göre erkencidir. Meyvesinin iri, gösterişli ve yola mukavemetinin iyi olması sebebiyle büyük tüketim merkezlerine gönderilmeye uygun bir çeşit olup pazarda yüksek fiyatlardan alıcı bulmaktadır.

2.5.1.3. Kabaası

1970'li yıllarda Malatya'da yapılan bir seleksiyon çalışması sonucu bulunmuş kurutmalık kayısı çeşitlerinden biridir. Son zamanlarda Malatya ve çevresinde giderek artan miktarda yetiştirilmeye başlanmış, Hacıhaliloğlu çeşidinden sonra ağaç sayısı bakımından ikinci sırada yer almaktadır (3). Ağaçları dik-yayvan şekilli, orta büyüklükte olup verimliliği orta düzeydedir. Kurutmalık bir kayısı çeşidi olan Kabaası meyvesi iri olup, et dokusunun sert ve yola mukavemetinin iyi olması sebebiyle sofralık tüketimi son yıllarda giderek artmıştır (2).

Meyvesi orta irilikte, 30-35g ağırlığında, meyve oval şekilli, meyvesinin et ve kabuğu sarı renklidir. Tatlı bir meyveye sahip olup, pH3,8-4,6 ve toplam asitlik %0,30-0,45, SÇKM miktarı %24-26'dır. Meyve eti dokusu serttir. Çekirdeği oval şekilli olup, 1,9-2,4g ağırlığında, tatlı ve meyve etine yapışık değildir. Tohum ağırlığı 0,5 g'dır(16). Malatya iklim şartlarında temmuz ayının ortasında olgunlaşmaya başlar.

2.5.1.4. Soğancı

Malatya Kayısı Araştırma İstasyonu tarafından merkeze bağlı Tecde köyünde Tosunoğlu ailesinin bahçesinde yapılan bir seleksiyon çalışması sonucu bulunmuştur (1).

Ağaç yapısı iri, olup orta derecede verimlidir. Meyveleri 28-38g, yuvarlak yapılı, meyve kabuk ve et rengi sarıdır. Meyve tatlı, pH 4,5-4,7, SÇKM miktarı %23-26 ve toplam asitlik %0,28-0,35'tir. Meyve eti sert dokuludur. Çekirdek yuvarlak yapıda, 1,8-2,2g ağırlığında ve tatlı olup meyve etine yarı yapışiktir(16). Malatya iklim şartlarında temmuz ayının ikinci haftası olgunlaşır. Meyveleri parlak ve gösterişli olduğundan son yıllarda sofralık tüketimi artmıştır.

2.5.1.5. Çataloğlu

Malatya'da yetişen bir kayısı türüdür. Kurutulup gıda olarak tüketilmesi yaygındır. Bu kayısı orta büyüklükte, 25-35g, oval şekilde, meyvenin hem kabuk kısmı hemde et rengi sarı renklidir. Meyve eti sert, tatlı, az suludur. SÇKM miktarı %24-28, pH 4,5-4,9 ve toplam asitlik %0,10-0,25 arasında değişir. Çataloğlu çekirdeği oval şekilli, 1,7-2,1g ağırlığında, tatlı ve meyve etine yapışık değildir. Tohum ağırlığı 0,4g'dır(16). Hasanbey kayısı türünden sonra çiçek açar. Malatya iklim koşullarında temmuzun ikinci haftası olgunlaşmaktadır. Çataloğlu türü

Hacıhaliloğlu türüne çok benzemekle birlikte bazen karıştırıldıkları da olmuştur. Tek önemli farkları Çataloğlu meyvesinde daha az tüy bulunması olup bu nedenle meyvesi daha parlak görünüme sahiptir (3).

2.5.1.6. Çöloğlu

Malatya'nın sofralık ve kurutmalık olarak yetişen bir kayısı türüdür. Bu türün ağaçları orta büyüklükte olup dalları yayvan ve açık şekillidir. Ağaçları kurağa mukavemetli fakat çil ve monilya hastalıklarına karşı hassastır. Ağaç verimliliği orta düzeydedir (17).

Meyve yuvarlak yapılı, 25-35g, kabuğu ve eti sarı renklidir. Meyve çok tatlı ve yumuşak dokuludur. Çöloğlu çeşidinin pH4,7-5,1 ve SÇKM miktarı %22-25 arasında değişir. Çekirdeği yuvarlak yapılı, 1,9-2,3g, tatlı ve meyve etine yapışık değildir (18). Tohum ağırlığı 0,5g'dır (16). Malatya iklim koşullarında temmuz ayının ikinci haftası olgunlaşmaya başlar. Olgunlaşma zamanı meyveleri uç kısmından yumuşamaya başlar. Meyve hasat süresi kısa olup zamanında hasat edilmezse fazla döküm yapar. Uzak mesafelere taşınmaya dayanımı yoktur. Sofralık, reçel ve kabuk olarak tüketime uygundur (2).

2.5.1.7. Alyanak

1940 yılında Malatya Kayısı Araştırma İstasyonu tarafından "Kayısı Koleksiyon Bahçesi"nde bulunan ve "Bulga kayısı" isimli bir çeşide 1961 yılında Ziraat Yüksek Mühendisleri Zahit Günöve ve Ruhi Kadioğlu tarafından hazırlanan bir tutanakla "Alyanak" ismi verilmiştir (19).

Malatya'nın erkenci sofralık kayısı türüdür. Ağaç verimliliği yüksek olup yapısı yayvandır. Meyve 30-45g, oval yapılı, meyve kabuğu ve eti turuncu renklidir (3).

Meyveleri hafif ekşi, pH3,5-3,9, SÇKM miktarı %12-14 ve toplam asitlik %0,9-1,1'dir. Çekirdeği yassı-oval yapıda olup, 2,5-3,2g, acı ve meyve etine yapışık değildir. Tohum ağırlığı 0,6g'dır (16). Malatya iklim koşullarında haziran sonu temmuz ayının birinci haftasında olgunlaşır.

2.5.1.8. Şekerpare

Türün kökeni kesin olarak bilinmemekle birlikte 1941 yılında Malatya Kayısı Araştırma İstasyonunda kurulan “Don Seleksiyon Bahçesi’nde bulunan 64/19 numaralı” kayısıya daha sonra Şekerpare adı verilmiştir. Bugün farklı yerlerin adıyla anılan çok miktarda Şekerpare kayısı bulunmakla birlikte, en tanınmış olanı Iğdır Şekerparesidir. Iğdır ve çevresinde sofralık ve kurutmalık olarak yetiştirilmektedir (19).

Ağaçlarının verimliliği yüksektir. Meyvesi küçük, 25-30g, oval yapılı, meyve kabuğu ve eti sarı renktedir.(2).Meyvesi tatlı ve et dokusu orta sertliktedir. Çekirdeği yuvarlak yapılı 1,8-2,3g olup çekirdeği meyve etine yapışık değildir(16). SÇKM miktarı %20-25, pH 4,1-5,2 ve toplam asitlik %0,20-0,30’dur. Malatya iklim koşullarında temmuzun birinci haftasında olgunlaşmaya başlar (2).

2.5.1.9. Karacabey

Bursa’nın erkenci sofralık kayısı çeşididir. Ağaçları zayıf büyür ama verimliliği büyüktür. Meyve, 35-45g ağırlığında ve kalp şeklindedir. Meyve et rengi turuncu olan kayısının toplam asitlik oranı %0,9-1,4 arasındadır. Çekirdeği oval yapılı meyve etine yarı bağlıdır ve 2.6-3.1g ağırlığındadır. Malatya iklim şartlarında temmuzun başında olgunlaşır (2).

2.5.2. Yabancı Kayısı Çeşitleri

2.5.2.1. Paviot

Fransa’da tüketilen orta mevsim sofralık kayısı türüdür. Genetik orijini bilinmemektedir. Ağaçları yayvan yapıda, orta düzey verimlidir. Meyve yapısı yuvarlak, 35-50g ağırlığındadır. Meyve kabuğu ve eti turuncu renktedir. Meyve eti yumuşak dokulu, tatlı, sulu ve kokuludur. SÇKM miktarı %12-15, pH 3,5-4,2 ve toplam asitlik oranı %0,75-1,15 arasında değişmektedir. Çekirdek eliptik yapıda, 3,0-3,8g’dır. Malatya iklim koşullarında temmuz ayının ikinci haftası olgunlaşır (2).

2.5.2.2. Hungarian Best

Macaristan’ın sofralık kayısı türüdür. Eski adı Macar Kayısı’sı’dır. Macaristan’da 1868 yılında E. Lucas tarafından bulunmuştur.

Ağaçları yüksek verimlidir. Meyvesi kalp biçiminde, 35-45g ağırlığındadır. Tatlı ve aroması yüksek düzeyde meyvesi vardır. Meyvenin kabuğu ve eti turuncu renktedir. Çekirdeği oval yapıda, 2,2-2,6g ağırlığındadır. SÇKM miktarı %14-16, pH 3,6-4,0 ve toplam asitlilik oranı %1,20-1,50'dir. Malatya iklim koşullarında temmuz ayının ilk haftasında olgunlaşır (2).

2.5.2.3. Roksana

Kökünü net olarak bilinmemekte olup Afganistan'da şans fidanı olarak bulunup Ukrayna'daki (Yatla) Nikita Botanik Bahçesine götürüldüğü tahmin edilmektedir. Meyvesi eliptik yapıda, 60-100g ağırlığındadır. Meyvesi yumuşak dokuda ve meyve tadı hafif ekşidir. Meyvenin kabuğu ve eti turuncu renktedir. Çekirdekleri uzun şekilli, 3,5-5,5g ağırlığında, serbest tohumları tatlıdır. Tohum ağırlığı 1g'dır. SÇKM miktarı %13-15, pH 3,5-3,9 ve toplam asitlik %0,9-1,45 arasında değişir. Malatya'da temmuz ayının ilk haftası olgunlaşır (2).

2.5.2.4. Ninfa

İtalya'nın sofralık tüketim kayısı türüdür. 1981 yılında Bologna Üniversitesinde Ouardi Xtyrinte çeşitleri arasında yapılan melezleme çalışmaları sonucu elde edilmiştir (20). Meyveleri oval yapıda, 30-40g ağırlığındadır. Meyvesi tatlı, eti yumuşak dokuda olup az suludur. Meyve kabuğu ve eti sarı renklidir. Çekirdeği oval yapıda, 2,0-2,5g ağırlığındadır. SÇKM miktarı %9-11, pH 3,5-3,9 ve toplam asitlilik oranı %1,15-1,55 arasında değişmektedir. Malatya iklim koşullarında haziran ayının ikinci haftası olgunlaşır (2).

2.5.2.5. Cafona

İtalya'da yetişip tüketilen bir kayısı türüdür. Gevrek, tatlı ve turuncu renkte meyve eti vardır. Meyvesi yuvarlak yapıda ve 35-45 g ağırlığındadır. Çekirdeği 2,1-2,5 g arasında değişmekte olup meyve, etine yapışkındır. Toplam asitlik oranı %0,6-0,7 arasında değişmektedir.

2.5.2.6. Fracasso

İtalya'nın erkenci sofralık kayısı türüdür. Ağaçları yayvan ve orta kuvvettedir. Meyve yapısı ovaldır ve 30-40g ağırlığı arasında değişmektedir. Meyve eti yumuşak dokulu ve tatlıdır. Meyvenin kabuğu ve eti sarı rengindedir. Çekirdeği oval yapıda 2,0-2,5g ağırlığı arasında değişerek meyve etine yapışıkır. Toplam asitlik %1,20-1,40 arasında değişmektedir (2).

2.6. Kayısının Ekonomik Boyutu ve Önemi

Kayısı, ticari olarak dünyanın birçok yerinde yetiştirilebilen önemli meyve türlerinden birisidir. Kayısı üretimi Türkiye, İspanya, İtalya, Fransa, Yunanistan, Fas ve Cezayir gibi daha çok Akdeniz'e komşu ülkelerde çokça rastlanmaktadır. Önemli miktarda kayısı üretimi yapılan diğer ülkeler ise Bağımsız Devletler Topluluğu, İran, Pakistan, Çin, ABD, Avustralya ve Güney Afrika Cumhuriyeti'dir. Bu ülkelerden Fransa, İtalya, İspanya ve Yunanistan sofralık, Türkiye, İran, Pakistan, Avustralya, Cezayir, Fas ve Güney Afrika Cumhuriyetinde ise hem kurutmalık hem de sofralık amaca yönelik üretim yapılmaktadır.

2.6.1. Türkiye Üretimi

Ülkemizde kayısı başta Malatya olmak üzere, Elazığ, Erzincan, Sivas, Kars, Iğdır illeri ile Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde üretilmektedir. Üretilen kayısının önemli bir bölümü kurutulduktan sonra ihraç edilmekte geri kalanı büyük oranda sofralık olarak bir kısmı da meyve suyunda olduğu gibi sanayi üretiminde kullanılmaktadır. Malatya Türkiye'nin en önemli kayısı üretim merkezi olması itibarıyla, kuru kayısı ihracatımızda özel bir önemi bulunmaktadır. Türkiye yaş kayısı üretiminin yarısından fazlasını sağlayan bu ilimizde üretim yoğun olarak kuru kayısıcılığa yönelik olup, üretilen kayısının önemli bir bölümü kurutulmakta ve kurutulan kayısının yaklaşık %90-95'i ihraç edilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, gerek ağaç sayısı gerekse yaş ve kuru kayısı üretim miktarları ile Malatya ilimiz sadece ülkemizin değil bütün dünyanın kayısı üretim merkezi konumunda bulunmaktadır (21).

2.6.2. Dünya Üretimi

Türkiye, dünya kuru ve yaş kayısı üretiminde birinci sırada yer almaktadır. Uluslar arası Sert Kabuklu ve Kuru Meyve Konseyi'nin verilerine göre Türkiye'nin toplam kuru kayısı arzının 2012 yılı itibariyle 177 bin ton olarak gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Dünya kuru kayısı üretiminde yıllar itibarıyla sezon durumuna göre dalgalanmalar olabilmektedir. 2012 yılı dünya kuru kayısı üretiminin 239 bin ton civarında gerçekleştiği tahmin edilmekte olup, ülkemiz bunun %74'ünü tek başına karşılamaktadır. İran, Çin, Güney Afrika, ABD, Avustralya ve Tacikistan dünyada kuru kayısı üretimi yapan diğer ülkelerdir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Ülkeler İtibariyle Dünya Kuru Kayısı Üretimi (Ton) (21)

Ülkeler	2008	2009	2010	2011	2012
Türkiye	120.000	100.000	95.000	136.917	176.718
İran	18.000	25.000	24.000	23.500	24.000
Çin	4.500	5.000	5.500	5.700	6.000
G. Afrika Cum.	1.400	1.400	1.500	1.550	1.600
ABD	2.600	2.500	2.500	2.600	1.500
Avustralya	450	450	600	650	700
Tacikistan		30.000	30.000		
Diğer			30.000	28.000	28.500
Toplam	146.950	164.350	189.100	198.917	239.018

2.6.3. Türkiye'nin Kuru Kayısı İhracatı

Kuru kayısı, kuru meyve sektörümüzün önemli geleneksel ihraç ürünlerinden birisidir. Kuru kayısı ihracatımızda dikkati çeken bir diğer nokta ihracatımızın belirli ülkelere yoğunlaşmış olmasıdır. Dünyanın en önemli kuru kayısı ithal eden ülkeleri incelendiğinde, ülkemizin de en önemli ihraç pazarlarından olan ABD'nin ilk sırada yer aldığını ve bu ülkeyi sırasıyla Rusya Federasyonu, Fransa, Almanya ve İngiltere'nin izlediği görülmektedir. En fazla ihracat yapılan ilk 10 ülkenin bütün kuru kayısı ihracatımızdaki payı %68'dir. (Tablo 2.2)

Tablo 2.2.Kuru kayısı ihraç edilen ilk 10 ülke (21)

Ülke	2011		2012		Değişim	Pay
	Miktar (Ton)	Değer (Bin\$)	Miktar (Ton)	Değer (Bin\$)		
A.B.D.	13.032	55.502	14.314	44.564	-19,7%	15,0%
Rusya Federasyonu	11.471	38.797	13.532	32.908	-15,2%	11,1%
Fransa	6.370	29.456	7.311	26.997	-8,3%	9,1%
Almanya	8.035	36.497	7.146	24.787	-32,1%	8,4%
İngiltere	6.496	27.348	6.615	19.563	-28,5%	6,6%
Avustralya	4.857	20.608	5.291	16.192	-21,4%	5,5%
Brezilya	3.966	16.253	3.619	12.785	-21,3%	4,3%
Hollanda	2.910	12.025	2.623	8.111	-32,5%	2,7%
İspanya	1.828	7.756	2.241	8.080	4,2%	2,7%
Mısır	1.681	6.515	2.676	7.401	13,6%	2,5%
Toplam	90.321	360.907	101.569	296.558	-17,8%	100,0%

2.7. Kurutma

Kurutma gaz,sıvı ve katı malzemelerden az miktardaki suyun ve diğer organik sıvıların uzaklaştırılması işlemidir.Kurutma işlemi genelde katı malzemelerden ısı olarak su veya eritkenlerin uzaklaştırılması için yapılır.Nem alma genelde bir gazın kurutma ortamı aracılığıyla, genelde yoğuşma veya absorpsiyon (soğurma) işlemiyle kurutulmasıdır. Damıtma ise sıvıların kurutulması için yapılan bir işlemdir.Bir katının ısı yöntemlerle kurutulmasından önce, mekanik yöntemlerle içindeki suyun ayrıştırılması daha ekonomiktir.Filtreleme, eleme, sıkma, santrifüj veya süzme gibi mekanik yöntemler uzaklaşan suyun birim kütlesi başına çok daha az güç ve sermaye gerektirir (22).

Katıların kurutulması, özellikle gıdaların kurutulması geçmişten günümüze katı gıdanın daha uzun süre tüketimine olanak sağlamaktadır.Özellikle kışın orijinale yakın katı gıdaların tüketimi teknolojinin ortaya koyduğu bir tüketim getirisidir.Kurutma yöntemine, süresine, uygulanan işleme, katılan katkı maddelerine bağlı olarak gıdanın tadı, aroması, besin öğeleri vb özellikleri orijinale yakın kalabilmektedir.

Türkiye’de üretilen kayısının büyük bir çoğunluğu kurutulmuş ürün olarak değerlendirilmekte ve kurutulan kayısının büyük bir çoğunluğu ise yurt dışına ihraç edilmekte ve ülke ekonomisine büyük oranda katkı sağlamaktadır.Kurutma genel

olarak basit bir işlem olarak görülse de elde edilecek kuru kayısı ürünün kalitesi ve ulusal ve uluslar arası standartlara uygunluğu açısından önem taşımaktadır.Dünya’da kayısı ve diğer meyve yada bitkilerin kurutulması, kurutma teknikleri açısından önem kazanmaktadır.Kurutma yöntemlerinin tartışılmasından önce kurutma teorilerinin açıklanması, kurutma yöntemlerinin daha iyi algılanması açısından faydalı olacaktır.Bu nedenle bir sonraki bölümde kurutma mekanizması hakkında bilgiler sunulmuştur.

2.7.1. Kurutma Mekanizması

Bir katı kururken, iki süreç oluşur.Sıvıyı buharlaştırmak için gerekli olan ısı transferi ile buhar ve iç sıvı kütlelerinin transferi. Bu iki süreç eşzamanlı olarak gerçekleşir. Her bir işlemin oranını belirleyen faktörler kurutma hızını da belirler. Ticari kurutma işleminin en temel amacı, işlem için gerekli ısıyı verimli bir şekilde sağlamaktır.

Kurutma yöntemleri genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır:

Birinci grup kurutmada yöntemlerinin esasını, kurutulacak maddedeki suyun uzaklaştırılması için gerekli ısının transfer şekli oluşturmaktadır. Buna göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- ✓ Konveksiyon kurutma; ısının taşınım yolu ile kurutulacak maddeye iletilmesidir.
- ✓ Kondüksiyon kurutma; kurutulacak maddeye ısının iletim yolu ile gerçekleştirilmesi
- ✓ Radyasyon kurutma; ısının ışınım yolu ile maddeye iletilmesi

İkinci grup kurutmada ise, ısıtma işlemi, güneş enerjisinin kullanım şekline göre sınıflandırılmıştır:

- ✓ Doğal sistemler; meyve, sebze ve tahıl ürünlerinin direkt güneş ışınları altında serilerek kurutulması
- ✓ Pasif sistemler; sistemde ek enerji olmadan kurutma
- ✓ Aktif sistemler; kurulan sisteme ek enerji verilerek kurutma (22).

2.7.2. Kurutma Hızına Etki Eden Faktörler

2.7.2.1. Ürünün Kimyasal Bileşimi

Ürünün kimyasal bileşimi kuruma boyunca değişir. Tuz, şeker gibi küçük moleküllü erimiş maddelerce zengin ürünler, bu maddeleri hiç içermeyen ürünlerden daha zor kurur. Çözünmüş maddeler suyun buhar basıncını düşürmektedir. Bu durum suyun buharlaşmasını güçleştirir.

Ortamda yağ bulunması da kuruma hızını sınırlar. Nişasta ve pektince zengin maddelerin kurutulması da oldukça güçtür. Bunun nedeni; nişasta, pektin ve diğer gam maddelerini oluşturan kolloidal jel içinde tutulan suyun ortamdan daha zor uzaklaşmasıdır. Glikoz içeren ürünler de geç kurur (23).

2.7.2.2. Ürünün Boyutları

Kurutma hızı, parçacıkların yüzey alanıyla doğru, kalınlıklarıyla ters orantılıdır. Bu nedenle kurutulan parçacıklar ne kadar küçükse yüzey alanı fazla, kalınlığı az olur. Böylece kuruma hızı olumlu yönde etkilenir. Ancak kurumunun hızlandırılması amacıyla, ürünün parçacıklar halinde kıyılması her zaman mümkün değildir. Tüketim alanı bakımından bazı ürünlerin bütün halde kurutulması gerektiği gibi kıyılan ürünlerde de tüketici belli bir irilik bekler. Bu nedenle doğranarak kurutulan ürünlerde parça iriliğini, tüketici isteklerini ve kuruma hızını beraberce değerlendirerek karar vermek gerekir (23).

2.7.2.3. Sıcaklık

Kurutma ortamının sıcaklığı ve gıdanın kurutulmadan önceki sıcaklığı önemlidir. Gıdanın sıcaklığı ne kadar düşük ve kurutma sıcaklığı ne kadar yüksek olursa ısı transfer hızı o kadar etkili olur. Ayrıca ortamdaki havanın sıcak oluşu su tutma kapasitesini artırır (23).

2.7.2.4. Havanın Hızı

Havadaki hareket varlığı ve bu hareketin hızlı oluşu kurutmayı olumlu yönde etkiler (23).

2.7.2.5. Havanın Nemi

Havanın nisbi nemi, aynı zamanda kurutmanın hangi seviyeye kadar yapılacağını tayin eder. Kurutulmakta olan gıdalla hava nemi arasında bir denge oluşuncaya kadar kurutma işlemi devam eder (23).

2.7.2.6. Atmosfer Basıncı

Çevre hava basıncı düştükçe kurutma, yani buharlaşma yükselir.

2.8. Kurutma Eğrilerinin Oluşturulması

Deneyel olarak elde edilen veriler; genellikle kurutma süresi içerisinde farklı “t” zamanlarında ıslak katının toplam ağırlığı “W” (Kuru katı +nem) olarak edilir. Serbest nem miktarı eşitlik (1) ile bulunur.(24).

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} ; \frac{\text{kg su}}{\text{kg kuru katı}} \dots \dots \dots (1)$$

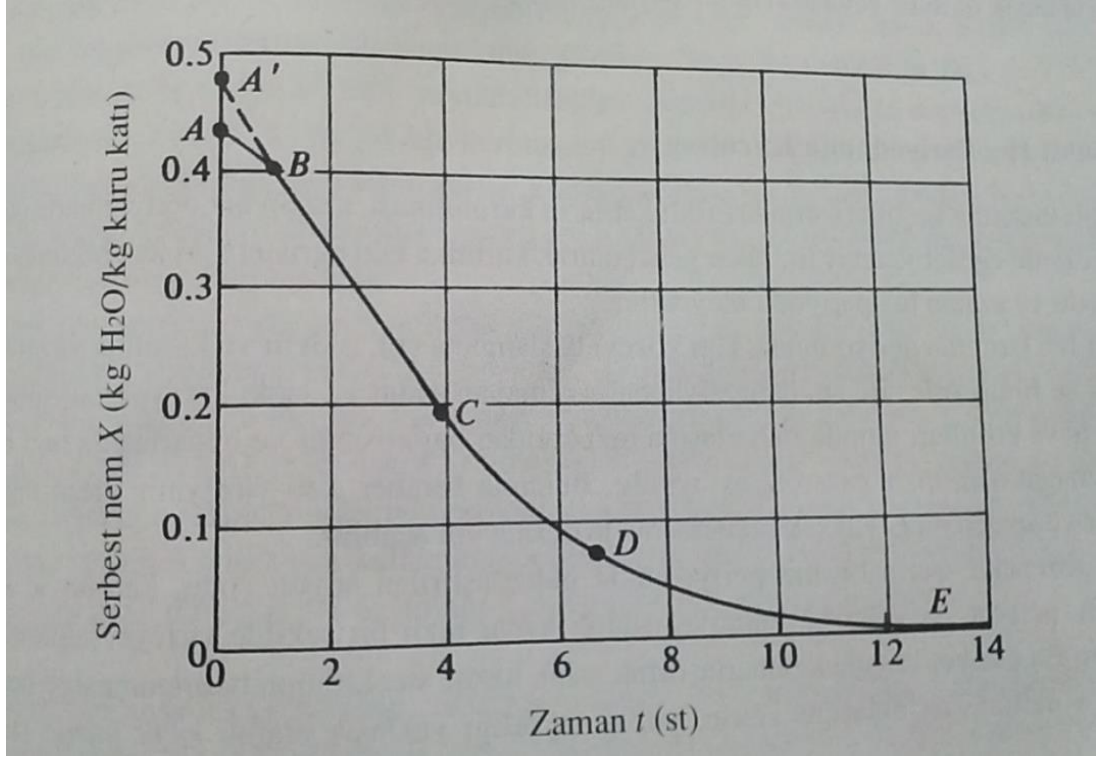
Belirtilen sabit kurutma koşulları için denge nem içeriği (X*) eşitlik (2) ile belirlenir.

$$X^* = \frac{\text{kg denge nem}}{\text{kg kuru katı}} \dots \dots \dots (2)$$

Serbest nem içeriği X , her X_t değeri için eşitlik (3) ile hesaplanır.

$$X = X_t - X^* ; \frac{\text{kg serbest su}}{\text{kg kuru katı}} \dots \dots \dots (3)$$

Zamana (t) karşı serbest nem içeriği (X) grafiği hazırlanır (Şekil 2.2)



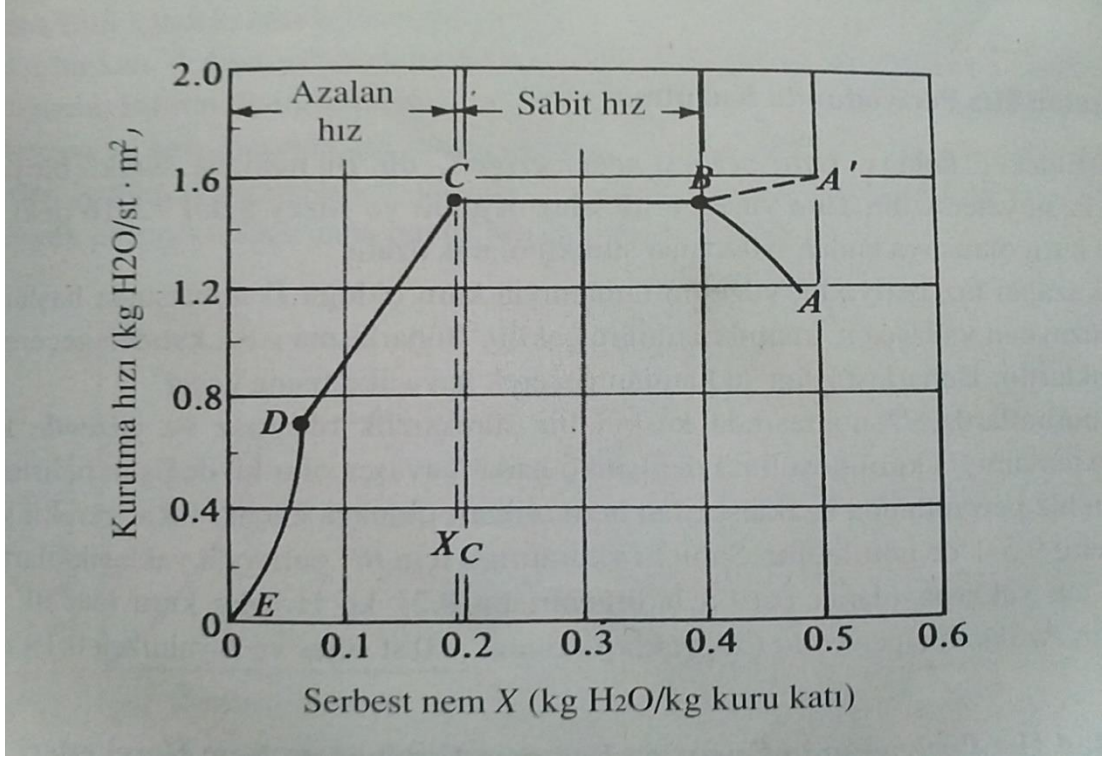
Şekil 2.2. Serbest nem zaman grafiği

Bu grafikteki eğrileri çizen teğetlerin eğimleri hesaplanarak belirtilen “t” değerindeki dx/dt değerleri hesaplanır. Herbir nokta için kurutma hızı (R) değeri eşitlik (4) ile hesaplanır.

$$R = -\frac{L_s}{A} * \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots(4)$$

- R: Kurutma hızı , kg H₂O/st.m²
- Ls: Kullanılan kuru katı, kg
- A: Kurutmaya maruz kalan yüzey alan, m²

Kurutma hızına karşılık serbest nem içeriği grafiği çizilerek kurutma hız eğrisi elde edilir (Şekil 2.3).

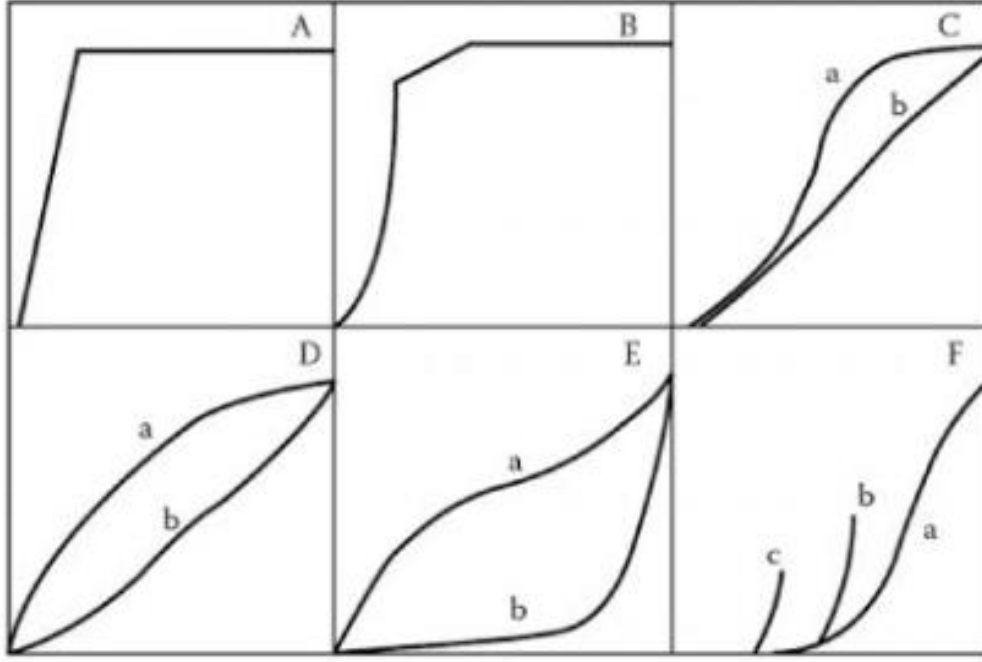


Şekil 2.3. Serbest nem kurutma hızı grafiği

Sıfır anında, A noktasındaki başlangıç serbest nem içeriğidir. Başlangıçta katı genellikle son sıcaklıktan daha soğuk bir sıcaklıktadır ve buharlaşma hızı artacaktır. B noktasında, yüzey sıcaklığı denge nem değerine ulaşır. B-C arası kurutma hızı sabittir. C-D arasında kurutma hızı azalan hız periyodunda azalmaya başlar ve bu ilk azalan hız periyodu genellikle doğrusaldır.

X_c , C noktasındaki kritik serbest nem içeriğidir. Bu noktada, sürekli bir su filminin korunması için su yetersizdir. Tüm yüzey ıslak değildir. Yüzey D noktasında tamamiyle kuru oluncaya kadar ıslak alan sürekli olarak azalır. Buharlaşma ısısı, katıdan geçerek buharlaşma bölgesine aktarılır. Buharlaştırılan su katıdan geçerek hava akıntısına geçer (24).

Katılarda kurutma hız eğrileri her zaman tek bir şekilde oluşması beklenemez. Nitekim aşağıdaki kurutma hız eğrisi örneklerinde görüleceği üzere gözenekli olan ve gözenekli olmayan yapıların durumu farklıdır (25).



Şekil 2.4. Farklı örnekler için kurutma hız eğrileri A) kum, kil, silika jel , hamur kağıdı ,deri ; B) kum,plastik-kil karışımı , seramik levha ; C) [a] köknar ağacı odunu ve [b] kıbrıs ağacı odunu; D) [a] kağıt, yün ve [b] patates ,pirinç unu E) [a] çavdar ekmeği ,maya ve [b] tereyağı ,margarin F) [a] buğday [b] ve [c] başlangıçtaki düşük nem değerlerini temsil etmektedir.

2.9. Kayısının Kükürtlenmesi

Kayısı meyvesi, kurutma sırasında rengi en çok değişen meyvelerden biri olarak sayılmaktadır. Kurutma sırasında kararırma şeklinde ortaya çıkan renk değişikliğini önleyerek kayısının doğal rengini korumak ve depolama sırasında mikroorganizmaların neden olacağı zararın önüne geçmek ve daha uzun süre depolamak amacıyla yaş meyveler kükürtlendikten sonra kurutulmaktadır. Kükürt dioksit (SO_2), sebze ve meyvelerde hem enzimatik hem de enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının oluşumunu önlemektedir. Koruyucu olarak ya doğrudan SO_2 gazı veya parçalandığı zaman SO_2 veren çeşitli kükürt tuzları (sulfitler) kullanılmaktadır (26).

Kayısılarına nüfuz eden SO_2 miktarı: sıcaklığa, kükürtleme zamanına, kükürtdioksit konsantrasyonuna, meyvelerin olgunluk derecesine ve boyutlarına göre farklılık gösterir. Kayıılarda bulunması gerekli SO_2 miktarı, depolama sıcaklığına göre değişir. Kükürtlemede en önemli sorun kükürt oranının ayarlanmasıdır. Ancak Malatya'da

kayısının meyve renginin açılmadan 3-4 yıl ve daha uzun süre saklayabilmek amacıyla kükürt oranı yüksek tutulmaktadır. Bu da kayısının tat ve kalitesini olumsuz etkilemektedir. Kuru Kayısı Standardı'na göre kükürtlenmiş kuru kayısılar, kurutmadan önce veya kurutmadan sonra kükürtlenmiş olmalı, bunlarda SO₂ oranı 2500 mg/kg'ı geçmemelidir (TS 485).

Kayısı kükürtlenmesinde toz kükürdün yanı sıra kükürdün suda çözünebilen bileşiklerinden sodyum meta bi sülfid, sodyum bi sülfid ve sodyum sülfid de kullanılmaktadır. Sodyum meta bi sülfidin %6, %8 ve %10'luk hazırlanan çözeltilerine 20, 25, 30 dakika süreyle yaş kayısıların bandırılması ile kükürtleme işlemi yapılmaktadır. Fakat bu yöntem ile kayılara daha yüksek miktarda kükürt verilmek istendiğinde daha yüksek kükürt konsantrasyonu sahip çözelti hazırlanması veya kayıların çözelti içerisinde daha uzun süre bekletilmesi gerekmektedir (27).



Şekil 2.5. Kayısıyı kerevetlere yerleştirme (28)



Şekil 2.6. Kayısı islim odası (28)

2.10. Literatür Özeti

Akbaba (1985), yaptığı çalışmada *Prunus armeniaca* L türü kayısıların içinde yer alan Royal ve Tokaloğlu çeşitlerini ön işlemsiz ve ön işlem uygulayarak bütün olarak, %2'lik SO₂ çözeltisine 5 dakika süreyle bırakmıştır. Çözeltiden alınan kayısılar ikiye bölünüp çekirdek çıkartıldıktan sonra %1'lik SO₂ çözeltisinde bir dakika süreyle tutulmuşlardır. Yarım kayısılar 4 dakika süreyle 100 °C'deki su buharına tutulduktan sonra kurutucuda kayısıların kuruması sağlanmıştır. Kurutucu olarak infrared ışını ile kurutma cihazı kullanılmıştır. Tokaloğlu ve Royal kayısı çeşitlerini 50, 60 ve 70 °C derecelerdeki sıcaklıklarda kurutmuştur. Sonuç olarak kayısıların kurutulması sırasında oluşan tüm değişimlerin kurutma sıcaklığı, kurutma zamanı meyve tipi, olgunluk, şeker ve nem içeriği gibi etmenlere bağlı olduğunu belirtmiştir. Tokaloğlu çeşidinin hızlı kurumasına rağmen, kuruyan kayısının duyusal kalitesinin düşük olduğunu ve Royal çeşidinin yavaş kurduğunu, ama iyi duyusal nitelik taşıdığını tespit etmiştir (29).

Özel ve Özil (1987) yaptıkları çalışmasında, doğal şartlar altında güneş enerjisiyle sergide ve sıcak hava akımlı indirekt tip dolaplı bir güneşli kurutucu kullanarak kayısı, üzüm ve biber kurutmuşlardır. Yapıldığı denemeler sonucunda doğal şartlarda kayısı 7, üzüm 10-15 ve biber 5-10 günlerde kurutulduğunu, kontrollü

şartlarda güneşli kurutucuda kayısının 2, üzümün 5 ve biberin 3 günde istenilen nemliliğe düşürüldüğünü tespit etmişlerdir (30).

Güner (1991) yaptığı çalışmada, raf tipi güneşli meyve kurutucu kullanarak kayısı kurutmada 10, 20, 40, 60, 80, 100, 200 ve 400 L/s hava debisi değerlerinde, kayısının kuruma zamanı, kuruma hızı ve kuruma için ihtiyaç olan hava ve sıcaklık miktarlarını belirlemeye çalışmıştır. Deneme sonucunda; kuruma zamanının hava sıcaklığı arttıkça azaldığını, hava debisi arttıkça kütle transferinin arttığını ve kuruma zamanının azaldığını, kuruma hızının arttığını, raflı kurutucularda güneş ışınımından çok hava akımının özelliklerinin etkili olduğunu tespit etmiştir (31).

Pala vd. (1996) kayısı örneklerini CO₂ + etil oleat bandırma çözeltisine bandırdıktan sonra güneşte kurutmuşlar. Kayıların kuruma sırasında nem içeriği vehacminde meydana gelen değişimleri takip ederek incelemişler. Çalışma sonucunda kayıların kuruma öncesi çözeltiye bandırılmasının kuruma hızını etkileyerek arttırdığını ve rengi üzerinde önemli etki gösterdiğini tespit etmişler (32).

Mengeş'in (1999) yaptığı çalışmada Konya'da yetiştirilen kayısı, elma, vişnelerin kuruma karakteristiklerini belirlemeye çalışmıştır. Denemelerde hava sıcaklığı olarak 60, 70, 80 °C, hava hızı olarak 1,0 m/s, 2,0 m/s, 3,0 m/s kullanılmıştır. Elma, kayısı ve vişne örnekleri hiçbir ön işlem uygulamadan, erik örnekleri %2'lik NaOH çözeltisine bandırılıp sonra kurutulmuşlar. Çalışmada kurutmada kullanılacak hava şartlarını kontrollü olarak düzenleyebilen ve değişik özellikteki ürünlerin kuruma mekanizmalarının incelenebilmesine imkan veren deney düzeneğini oluşturmuştur. Deneme düzeni 3 bölümden oluşturulmuştur: kurutma havasını sağlayan fan ve hava debisi ayar düzeni, kurutma hava sıcaklığını düzenleyen elektriksiz ısıtıcıların ve sıcaklık kontrol ünitesinin bulunduğu kısım, kurutma bölümü. Denemeleri sonucunda, hava sıcaklığının, hava hızının ve ön işlemin, ürünlerin kuruma hızı üzerine olan etkisini belirlenmiştir (33).

İpek (2001), çalışmada Elazığ bölgesinde yetişen kayıların o bölge şartları altında güneş enerjisi yardımıyla kurutulmasında kayısı yüzey sıcaklığını deneysel olarak tespit etmiş. Deneylerinde havalı güneş kolektörü ve dikey konumlu, tepsili kurutucu kullanmış. Deney düzeneği havalı güneş kolektöründen, şartlandırma odasından (tepsili kurutucu), hava akımını sağlayan radyal fan, sıcaklık ölçebilmek için kanal seçicisi termokupllar ve mikro voltmetreden oluşturulmuştur. Çalışmada havalı güneş kolektör olarak ondülin yüzey profilli yeni bir tip kolektör tasarlamıştır. Kurutma ortamındaki hava sıcaklığı, hava debisinin ayarlanması ile değiştirilerek tepsili

kurutucuya girişte hava sıcaklığı 27°C ile 49°C aralığında değiştirilmiştir. Deneyle boyunca kayısıları sürekli tartarak kayısındaki nem kaybını tespit etmiş ve kurutulan ürünün renk, koku ve tat değişimlerini sürekli kontrol altında tutmuştur (34).

Koç (2001), araştırmasında Kabaası kayısı çeşidi kullanarak mikrodalga ve endüstriyel kurutma metotları uygulamış. Püre ve bütün haldeki kayısının iki farklı metotla kurutarak fiziksel ve kimyasal incelemeler yaparak kurutma yöntemlerinin etkisini incelemeye çalışmıştır. Endüstriyel kurutma metodu ile kurutulmuş püre halindeki kayısındaki nem miktarının mikrodalga ile kurutulmuş püre halindeki kayısındaki nem miktarına göre daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Araştırmada kayısı çekirdeği çıkartılmış ve kükürtlenmiş olup fabrikasyon (endüstriyel) kurutma ve ev tipi (20 L iç hacimli) mikrodalga fırında kurutma tekniklerine uygun olarak kurutmuştur. Metotlarında mikrodalga kurutma ile SO₂ ve nem miktarlarında endüstriyel kurutmaya göre daha fazla azalma olduğunu tespit etmiş. Sonuç olarak mikrodalga ve endüstriyel yöntemlerle kurutulan kayısının fiziksel ve kimyasal olarak genelde benzer sonuçlar aldığı ve mikrodalga uygulamasının kayısılar üzerinde olumsuz etkisinin olmadığını saptamıştır (35).

Çelik (2001), çalışmasında Malatya'da üretilen, kükürtlü ve kükürtsüz olarak saklanan kayısılarda aflatoxin kontaminasyonunun varlığını araştırmıştır. Farklı hasat, kurutma ve depolama yöntemleri uygulanmış örnekler ile bazı kayısı işletmeleri ve bölgeden toplanan kuru kayısı örneklerinden, toprak üzerinde kurutulan kükürtsüz kuru kayısı örneklerinde bez üzerinde kurutulmuş kuru kayısı örneklerinden daha fazla aflatoxin bulunduğu tespit edilmiştir (36).

Sarsılmaz C., Yıldız C., Pehlivan D., (2000), kayısı kurutmanın genellikle geniş toprak zeminler üzerine serilerek gerçekleştirilmesinde kuruma süresinin uzadığını, homojen kuruma sağlanmadığını, ürün kaybına ve kalite düşümüne sebep olduğunu belirterek, çalışmasında belirtilen olumsuzlukları ortadan kaldırmak için özel dizayn edilen, konveksiyon etkisi artırılmış havalı güneş kolektörü ve döner sütunlu silindirik kurutucu geliştirmiştir. Sistem; üfleme (fan), havayı ısıtma bölgesi (kolektör) ve kurutma bölgesi (kurutucu odası) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Böylece kurutucuda kurutulan kayısıların nem değişimleri karşılaştırılmış, deneyler sonucunda açıkta kurutulan kayısıların yaş bazda nem oranının 4 gün içerisinde %25'e düştüğünü ve buna karşılık döner sütunlu silindirik kurutucuda ise aynı nem oranının yaklaşık 2 günde elde edildiği görülmüştür (37).

İ.Toğrul ve D.Pehlivan (2002), İnce tabaka halinde kayısının güneşli kurutulmasının matematiksel modellenmesi konulu çalışmada aşağıdaki bilgileri vermişlerdir. “Çalışmada zorlamalı akımlı güneş enerjili kurutucu bir ısı pompası ve kurutma kabininden oluşmuştur. Kurutucuda sıcak hava için ısı pompası kullanılmıştır. Kayıların kütleindeki değişiklik ve kuruma parametreleri her bir test gününde sürekli olarak kayıt altında tutulmuştur. Bu veriler ile elde edilen değerler, çeşitli matematiksel modellere uygulanmış ve hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve bağıl nemin model katsayılarına ve sabitlerine etkisi çoklu regresyon yöntemi ile araştırılarak, literatürde geçen matematiksel modeller ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, logaritmik model, 0,994 korelasyon 22 katsayısı ile zorlamalı akımlı güneş enerjili kurutucuda, kayısının kuruma davranışını en iyi açıklayan model olmuştur”(38).

Midilli ve arkadaşları (2002), literatürde bulunana tek tabaka kurutma modellerinden farklı olarak tek tabaka kurutma işlemi için yeni bir model literatüre kazandırmışlardır (39).

Kadam M. Ve arkadaşları (2011) , nane yapraklarının kurutma kinetiği; nem içeriği, nem oranı, kurutma süresi ve hızı, ve etkili nem yayılma açısından araştırıldı. Bunun için 30 rpm bir hızda bir laboratuvar modeli tünel kurutucu 45, 50, 55, 60 ve 65 ° kurutma davranışını incelemek için kullanılmıştır. Kurutma verileri yedi farklı kurutma modelinde incelenmiş ve etkili nem yayılım hızının (Deff) hava sıcaklığının artışı ile arttığı ve $2.6568 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ 1.2325×10^{-10} arasında değişmekte olduğu tespit edilmiştir(40).

Ertekin ve Yıldız (2001), patlıcan kurutmada kurumanın çeşitli modeller ile açıklanması konulu çalışmalarında aşağıdaki sonuçlara ulaşmışlardır. “Bu çalışmada bir laboratuvar kurutucusunda patlıcanın kuruma süresinin belirli bir anındaki nem içeriğini belirlemek amacı ile Newton, Page, Geliştirilmiş Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik, İki terimli, İki terimli eksponansiyel, Wang ve Singh, Thompson, difüzyon yaklaşımı, Geliştirilmiş Henderson ve Pabis ve Verma ve ark. modelleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Kuruma olayını en iyi açıklayan modelde bulunan katsayılar, kuruma havası sıcaklığı ve hızındaki değişimin etkileri çoklu regresyon yöntemi ile incelenmiştir. Tahminin standart hatası (RMSE) ve khi-kare (X2) değerleri kullanılarak en uygun model saptanmış ve bunlara ilaveten modelin modelleme yeterliliği (EF) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Page modelinin patlıcanın kuruma davranışını diğerlerinden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir”(41).

İ.Toğrul ve D.Pehlivan (2003), bir kayısının kurutucu içerisindeki kuruma davranışları incelenmiştir. Bunun için deneylerde, hava akış hızı (0.2, 0.5, 1.0 ve 1.5 m / s) ve sıcaklık (50, 60, 70 ve 80 ° C) değiştirilerek çeşitli ortamlar yaratılmıştır. Kurutma verileri elde etmek için, kayısı kütlesi ve iç sıcaklık değişiklikleri, kurutma havası özellikleri kaydedilmiştir. Ondört farklı kurutma modeli içerisinden, yeni bir model geliştirilmiştir ve bu logaritmik modelin kayısı kurutma davranışını açıklamak için en iyisi olduğu bulunmuştur. Bu yeni modelin %99,9 doğruluk içerisinde tek kayısının kurutma kinetiğini temsil edebileceği belirlenmiştir(42).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmalarımızda kullandığımız Çöloğlu, Hacıhaliloğlu, Kabaası ve Karacabey kayısı türleri, Malatya Kayısı Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve bunların bir kısmı kükürlenerek bir kısmı ise kükürtlenme işlemine maruz bırakılmadan kullanılmıştır. Kükürlenecek taze kayısılar, "Malatya Kayısı Araştırma İstasyonu Müdürlüğü"nde, "geleneksel yöntemle kükürtleme" olarak adlandırılan yöresel isimlendirme ile "islîm odası" ya da "islîm damı" denen ve bu amaç için özel olarak yapılmış, gaz sızdırmayan bir odada (kükürtleme odası) elementer kükürdün yakılmasıyla oluşan SO₂ atmosferinde tutularak kükürtlenmiştir.

Kayısılar, kavak ağacından yapılmış kerevetlere tek sıra halinde serilerek kükürtleme odasına alınmış ve yaklaşık 1,5-2 kg/ton hesabı ile toz kükürt yakılarak oluşturulan SO₂ gazı atmosferinde kayısılar tutularak kükürtleme işlemi yapılmıştır. Kurutma işlemi için belli ölçü ve aralıklarda ahşap kerevetler imal edilmiştir. Etüvde kurutma işlemi içinse Mikrotest marka MKD-250D model etüv kullanılmıştır. Tartımlar için 15 kg kapasiteli ve 0,1 g hassasiyetinde Desis marka JW-15 model terazi kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Kurutma deneyleri üç farklı yöntemle gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Etüvde Kurutma Yöntemi

Bu bölümde kabaası ve hacihaliloğlu kayısı türlerinin kükürtsüz ve kükürtle muamele edilmiş ile beraber iki parçaya bölünmüş (yarma) çeşitleri kullanılmıştır. Sıcaklık 50°C olarak sabit alınmıştır. Terazide darası alınan 55*45cm boyutlarındaki metal raflara toplanan kayısı numuneleri dizilmiştir. Kurutma işlemi için etüvün çalışma sıcaklığı 50°C sabit sıcaklığa geldikten sonra kayısı numunelerimizi dizmiş olduğumuz metal raflar etüv içerisine yerleştirilmiştir. Kurutma tepsisine dizilen kayısı numuneleri ilk saatlerde ölçümler sık olmakla birlikte ilerleyen saatlerde daha geniş zaman aralıklarında tartımlar alınarak kaybedilen nem miktarları not alınmıştır. Kayısılar sabit tartıma gelinceye kadar bu işlem devam etmiştir. Elde edilen deneysel veriler eşliğinde 2010 windows excel ile birlikte origin lab 9 programı kullanarak kurutma hız eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 3.1. Kayısının etüvde kurutulma görüntüsü

3.2.2. Güneşte Kurutma Yöntemi

Bu bölümde kayısının kabaası, hacihaliloğlu, çöloğlu ve karacabey türleri hem kükürlü hem de kükürtsüz olarak kullanılmıştır. Hazırlanan kayısı numuneleri deney öncesinde özel imal ettirilmiş olan 60*60cm boyutlarında 0,5cm aralıklı boşluklardan oluşan ahşap kerevetler üzerine yerleştirilmiş ve güneşte kurutulmuşlardır. Kayıılardan belli zaman aralıklarında terazi vasıtasıyla tartımlar alınarak kaybedilen nem miktarları not alınmıştır. Kısmen kurutulan kayııların çekirdekleri, tek tek elle çıkarılarak, kayıılara şekil verilmiş ve şekil verilen kayıılar sabit tartıma gelinceye kadar sürekli güneşte kurutulmaya devam edilmiştir. Gün içerisinde sıcaklık ölçümleri yapılmış ve 30-50°C aralığında değerler elde edilmiştir.



Şekil 3.2. Kayısının güneşte kurutulma görüntüsü

3.2.3. Gölgede Kurutma Yöntemi

Bu bölümde kayısının kabaası, hacihaliloğlu, çöloğlu ve karacabey türleri hem kükürlü hem de kükürtsüz olarak kullanılmıştır. Hazırlanan kayısı numuneleri deney öncesinde özel imal ettirilmiş olan 60*60cm boyutlarında 0,5cm aralıklı boşluklardan oluşan ahşap kerevetler üzerine yerleştirilmiş ve gölgede kurutulmuşlardır. Kayıılardan belli zaman aralıklarında terazi vasıtasıyla tartımlar alınarak kaybedilen nem miktarları not alınmıştır. Kısmen kurutulan kayııların çekirdekleri, tek tek elle çıkarılarak, kayıılara şekil verilmiş ve şekil verilen kayıılar sabit tartıma gelinceye kadar gölgede kurutulmaya devam edilmiştir (Şekil 3.3).Gün içerisinde sıcaklık ölçümleri yapılmış ve 20-30°C aralığı elde edilmiştir.



Şekil 3.3. Kayısının gölgede kurutulma görüntüsü

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Kurutmanın temel mekanizmaları; gözenekli yapılardan yüzey veya sıvı difüzyonu veya nem konsantrasyonlarındaki farklılıklar nedeniyle sıvı veya buhar difüzyonu ve yüzey kuvvetleri nedeniyle granüler ve gözenekli gıdalar içerisinde kapiler olarak şekliindedir. Bunlara ilaveten termal difüzyon sonucu oluşan bir dizi buharlaşma-kondenzasyon sonucu oluşan su akışı ve kurumanın olabileceği bölgede oluşabilen büzülme ve basınç gradient sonucu oluşan su akışı olarak tanımlanan hidrodinamik akış şeklinde olabilir.(38,39)

Tüm bu kurutma mekanizmalarının bazıları ve/veya çoğu ile gerçekleşen kurutma kinetiği; kurutma ortamı ile katı arasında gerçekleşen termal iletkenlik, termal difüzyon, nem difüzyonu ve arayüzeydeki ısı ve kütle transferlerini içeren taşınım özelliklerinin tümü ile tanımlanır. Bu tanımlamalar ışığında kurutulacak katının biyolojik-kimyasal-dokusal yapısı kurutma prosesinde temel faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.(40,41,42,43)

Katıların kurutulmasında deneysel sonuçların grafiksel değerlendirilmesinde kullanılan serbest nem – zaman eğrileri farklı kayısılar ve tüm kurutma şartları için benzer çıkmıştır. Bu beklenen bir sonuç olup katının yapısı ne olursa olsun kurutmada serbest nem – zaman değişiminin benzer olduğu bilinmektedir.

Malatya ilimize özgü kayısılar genel olarak aroma içermeyen, tane büyüklüğü ortalamaların üzerinde, dış zarı parlak ve pürüzsüz (geçirimsiz), yüksek karbonhidrat oranı nedeniyle nem içeriği diğer tür kayısılarla oranla daha düşük meyve türüdür. Kayısı meyvesinin doku yapısı bütün ve parçalara ayrıldığında (ikiye ayrıldığında) bir bütün olarak kurutma işleminde farklılıklar olacağı açıktır.

Deneylerde kullanılan kayısılar için geometrik şekil ve ortalama tane ağırlığı değerleri; çöloğlu yuvarlak şekilde olup tane ağırlığı 25-35 gram, hacihaliğolu oval simetrik şekilde olup tane ağırlığı 25-35 gram, kabaaşı oval şekilli olup tane ağırlığı 30-35 gram ve karacabey kalp şeklinde ve tane ağırlığı 35-45 gram değerlerine sahiptir.

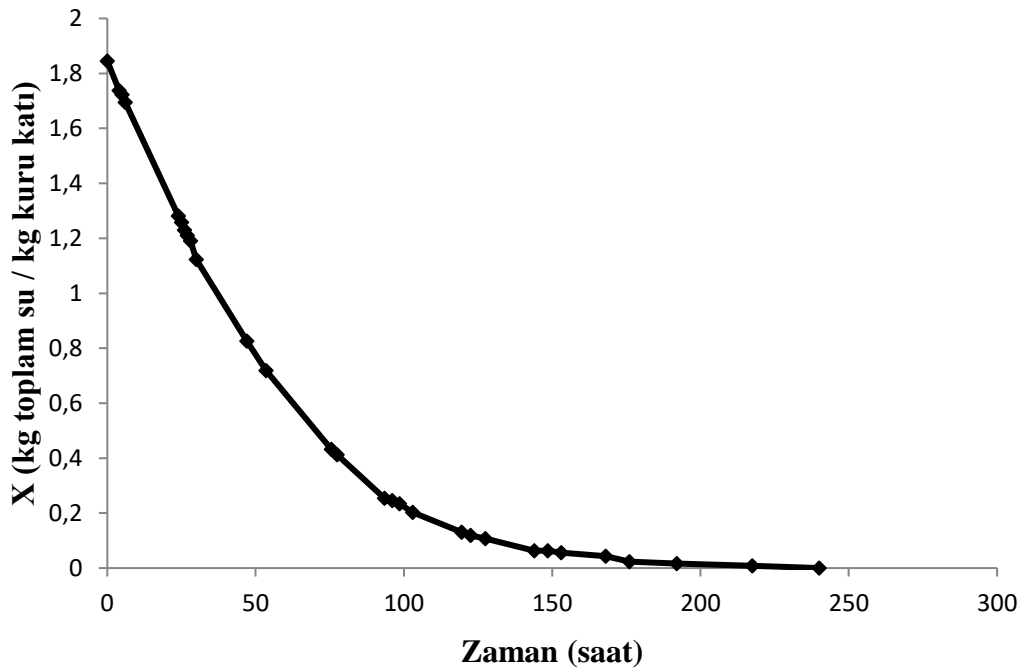
4.1. Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde Kabaası ve Hacıhaliloğlu türlerinin etüvde kurutulması sonucu elde edilen deneysel veriler kullanılarak serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Kükürtsüz Bütün Kayısların Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları

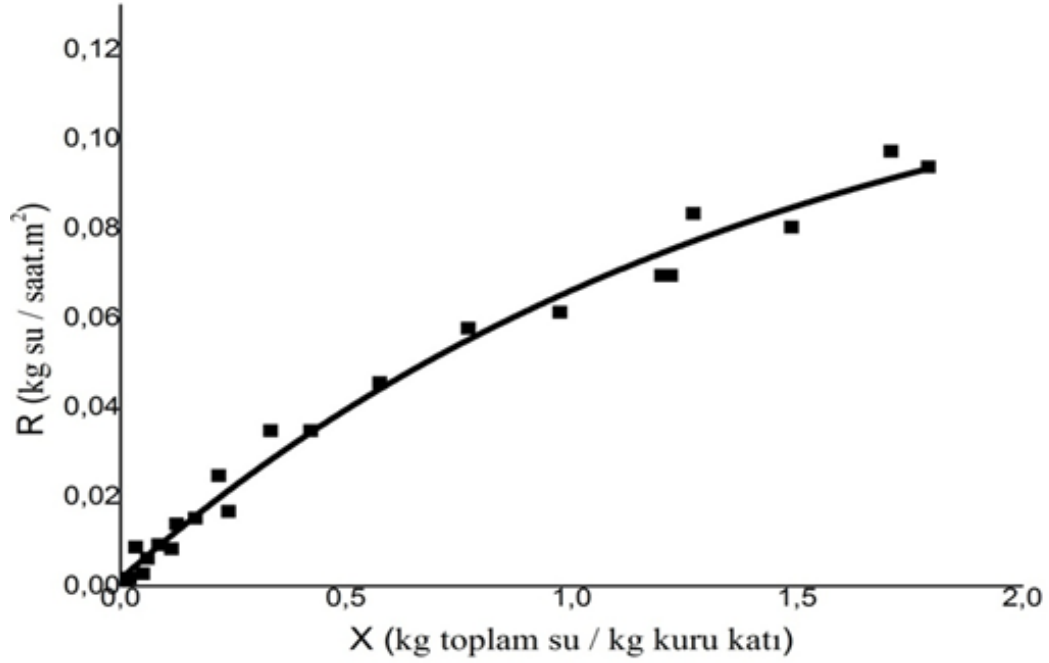
Kükürtsüz bütün kayısların etüvde kurutulmasına ait deneysel sonuçlara ilişkin elde edilen serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

Kükürtle muamele edilmemiş kabaası kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.1'de ve kurutma hız grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir.

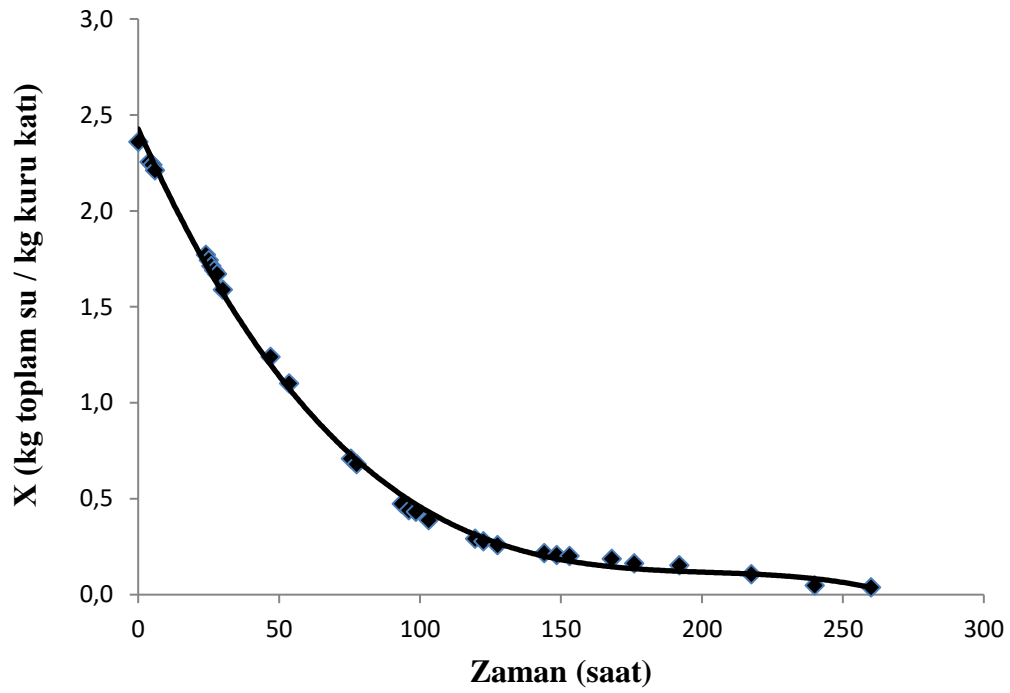


Şekil 4.1. Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 3600 g olarak alınan numunemiz 240 saat sonunda 1260 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz kabaası kayısı türünden yaklaşık %65 oranında nem uzaklaştırılmıştır.

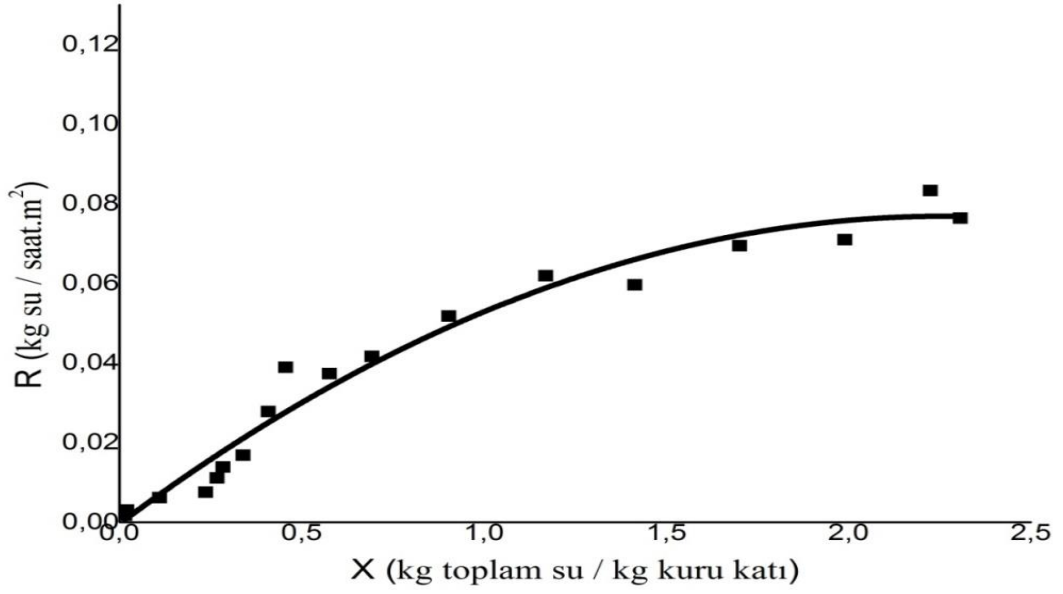


Şekil 4.2. Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği



Şekil 4.3. Kükürtsüz Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 3510 g olarak alınan numunemiz 240 saat sonunda 1195 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz hacihaliloğlu kayısı türünden yaklaşık %66 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.4. Kükürtsüz Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

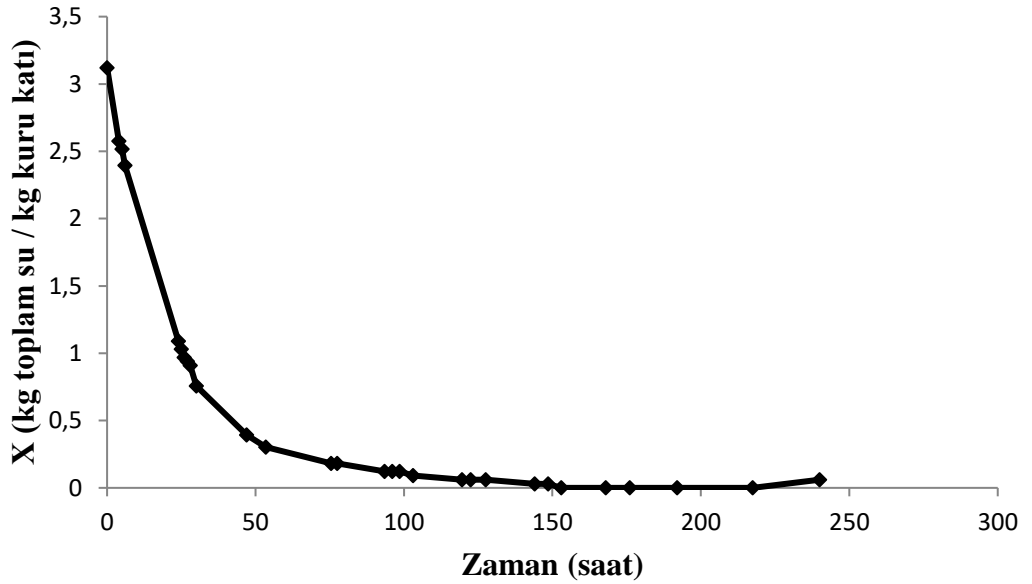
Şekiller incelendiğinde gerek kabaaşı gerekse hacihaliloğlu kayısı türlerinin her ikisi içinde serbest nem – zaman grafiğinde kurumanın 250 saat süresi üzerinde sona erdiği görülmektedir. Her iki şekildeki eğri birbirine benzerlik göstermektedir. Kayıların kimyasal yapısı ve nem içerikleri sonucu kurutma hız eğrilerinde benzerlik göstermektedir. Ancak kurutma hız eğrisinde kabaaşı için serbest nem – debi değerleri 1,85-0,095 değerlerinde başlarken hacihaliloğlu türü için bu değerler 2,40 – 0,08 değerlerinde başlamaktadır. Kabaaşı kayısının hacihaliloğlu türüne göre meyve tane ağırlığı ve büyüklüğü açısından daha büyük olduğundan yukarıda verilen değerler beklenen sonuçlardır.

Her iki numunenin kurutma hız eğrisi gözeneksiz katıların difüzyonla kurumasına ait eğriye benzemektedir. Kurutma hız eğrisinde değişimin parabolik çıkması kısmende olsa gözlenen sabit debi periyodunda dış zar doku kısmında kuruma sonucu gözenekliliğin oluşması ve azalan debi periyodunun lineere yakın gerçekleşmesi şeklinde yorumlanabilir.

4.1.2. Kükürtsüz İki Parçaya Bölünmüş Kayıların Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları

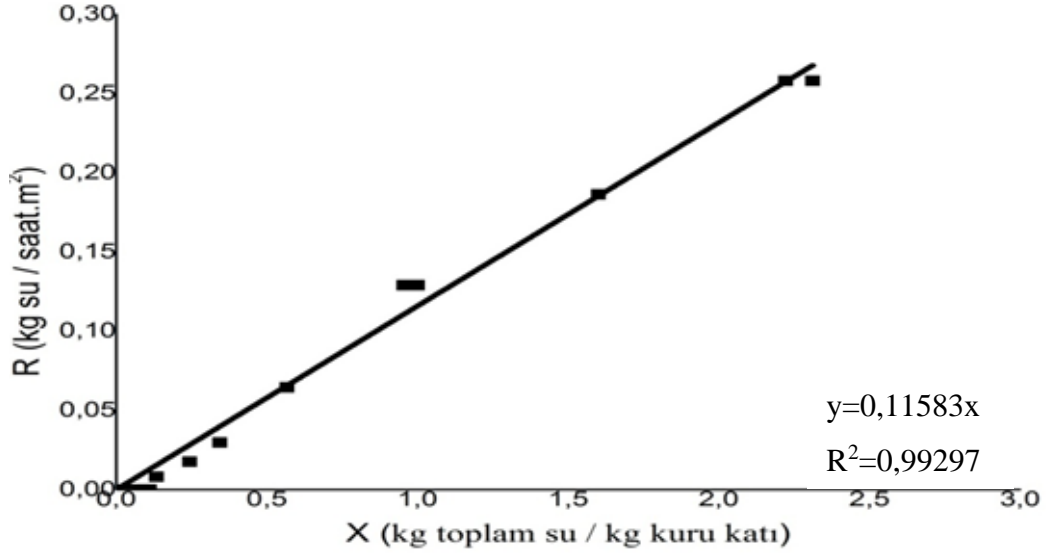
Kükürtsüz iki parçaya ayrılmış kayıların etüvde kurutulmasına ait deneysel sonuçlara ilişkin serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

Kükürtle muamele edilmemiş iki parçaya ayrılmış (yarma) Kabaası kayısı türünün kurutulması esnasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği Şekil 4.5'te ve hız grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



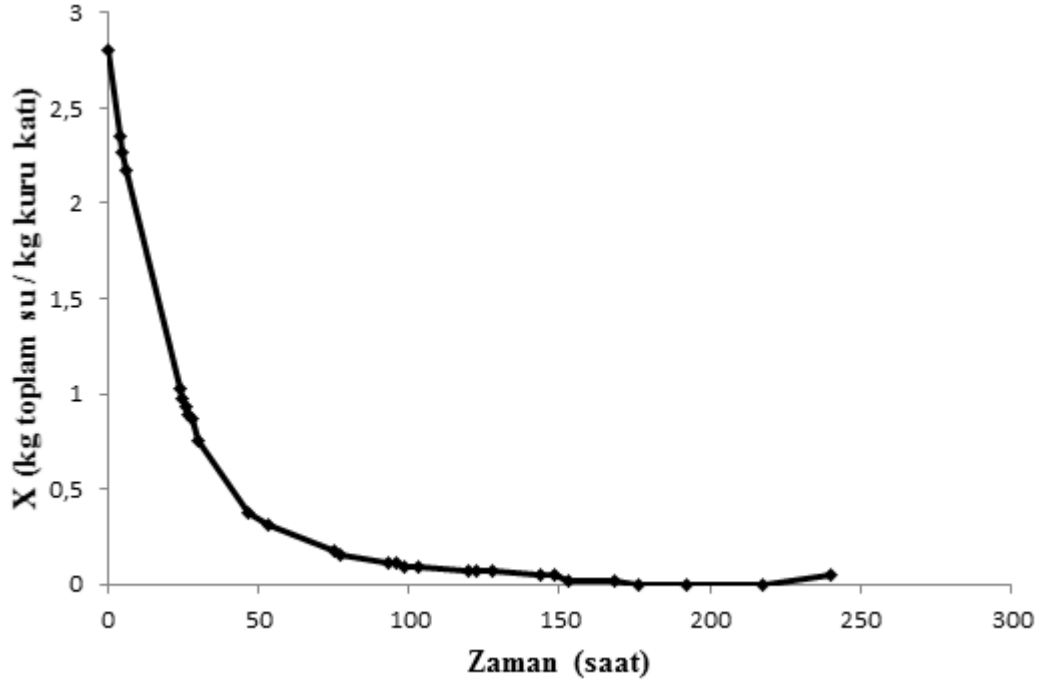
Şekil 4.5. Kükürtsüz Yarma Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 855 g olarak alınan numunemiz 240 saat sonunda 225 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz yarma kabaası kayısı türünden yaklaşık %73,7 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



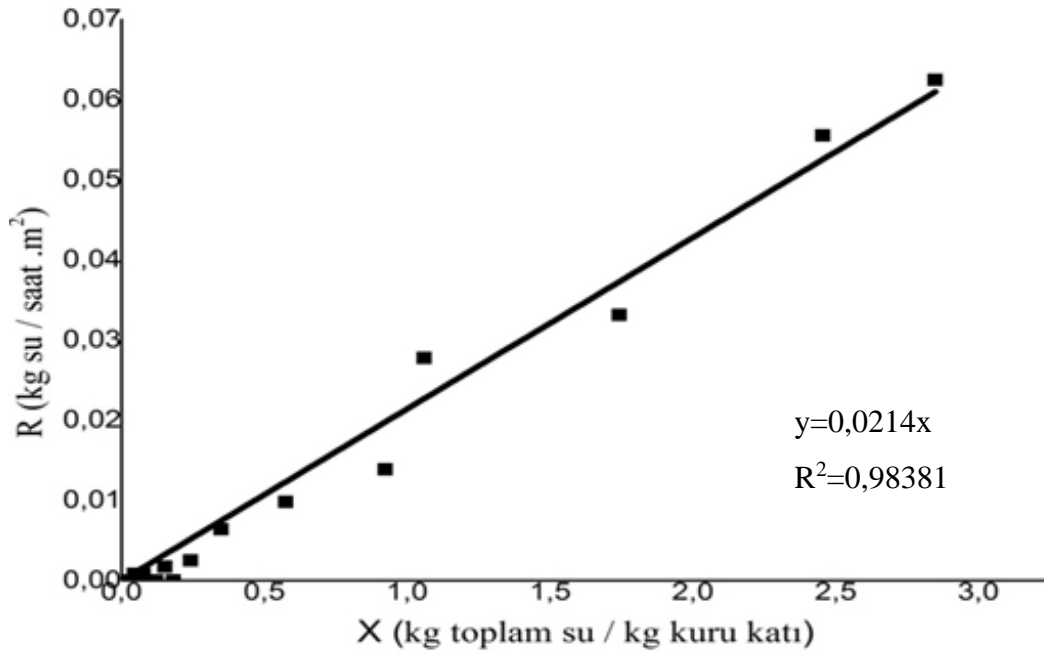
Şekil 4.6. Kükürtsüz Yarma Kabaşıkayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtle muamele edilmemiş yarma Hacıhaliloğlukayısı türünün kurutulması esnasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği Şekil 4.7’de ve hız grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Kükürtsüz Yarma Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 680 g olarak alınan numunemiz 240 saat sonunda 165 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz yarma hacihaliloğlu kayısı türünden yaklaşık %76 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.8. Kükürtsüz Yarma Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

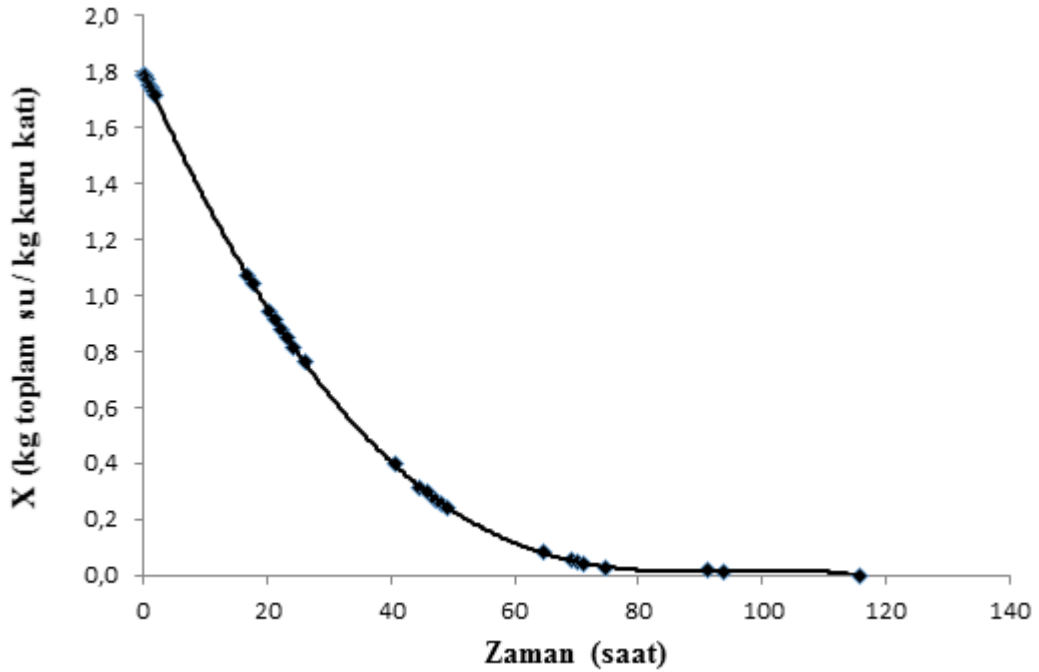
Kabaaşı ve Hacihaliloğlu kayısılarının ortadan ikiye bölünerek çekirdekleri çıkarıldıktan sonra kurutulmalarına ait Şekil 4.5 ve 4.7 incelendiğinde her iki kayısı için kurumanın 150.saatte sona erdiği görülmektedir. Her iki kayısının bütün kurutulmasına ait sonuçlarla kıyaslandığında sürenin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bu beklenen sonuç olup kayısı iki parçaya ayrıldığında kuruma dış zarın yer aldığı dış bölge yerine zarın olmadığı suyun uzaklaşması için direncin bulunmadığı iç yüzeyde olmaktadır. Direncin olmaması ısı transferi hızını artırdığından suyun uzaklaşmasına ait kütle transfer hızını artırmaktadır. Meyve iki parçaya ayrıldığı için kurutma yüzey alanı artmış olacaktır. Bunun sonucu kuruma süresi azalacaktır.

Kurutma hızına ait Şekil 4.6 ve 4.8 incelendiğinde her ikisi içinde lineer olarak gerçekleştiği görülmektedir.Sabit debi periyodunun olmaması hariç gözenekli katılara ait debi eğrisine benzemektedir. Nitekim zarın olmaması, kurumanın hızlı olması yapının kısmende olsa gözenekli yapı kazanması ile açıklanabilir.

4.1.3. Kükürtlü Bütün Kayısların Etüvde Kurutma Yöntemi Sonuçları

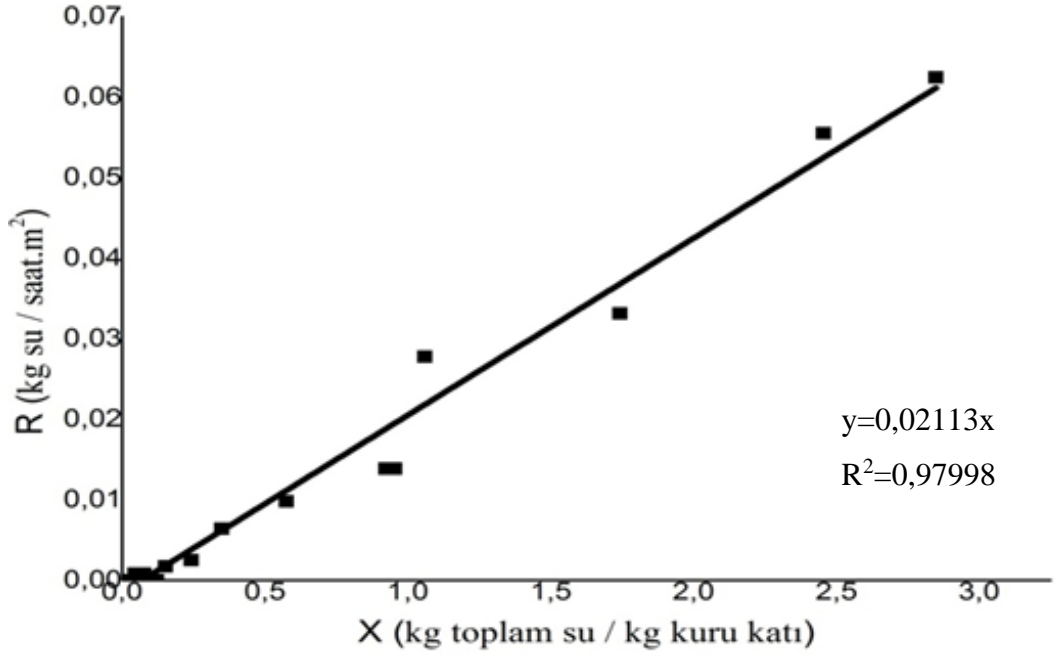
Kükürtlü bütün kayısların etüvde kurutulmasına ait deneysel sonuçlara ilişkin serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir. İlişkin serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

Kükürtle muamele edilmiş Kabaası kayısı türünün kurutulması esnasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği Şekil 4.9.'da ve hız grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir.



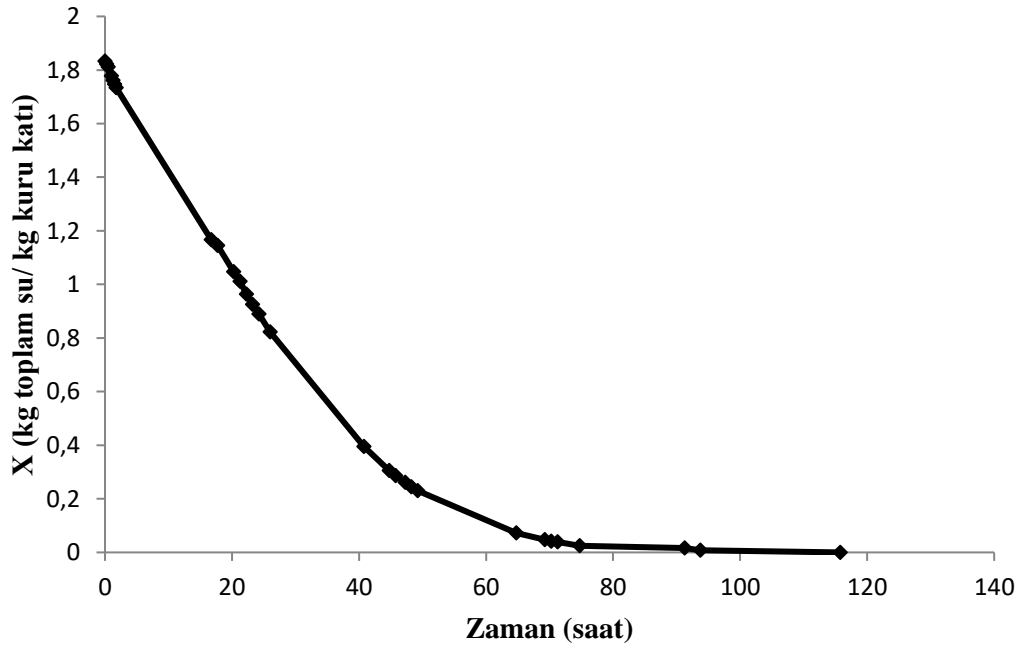
Şekil 4.9. Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 4650 g olarak alınan numunemiz 116 saat sonunda 1630 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü kabaası kayısı türünden yaklaşık %65 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



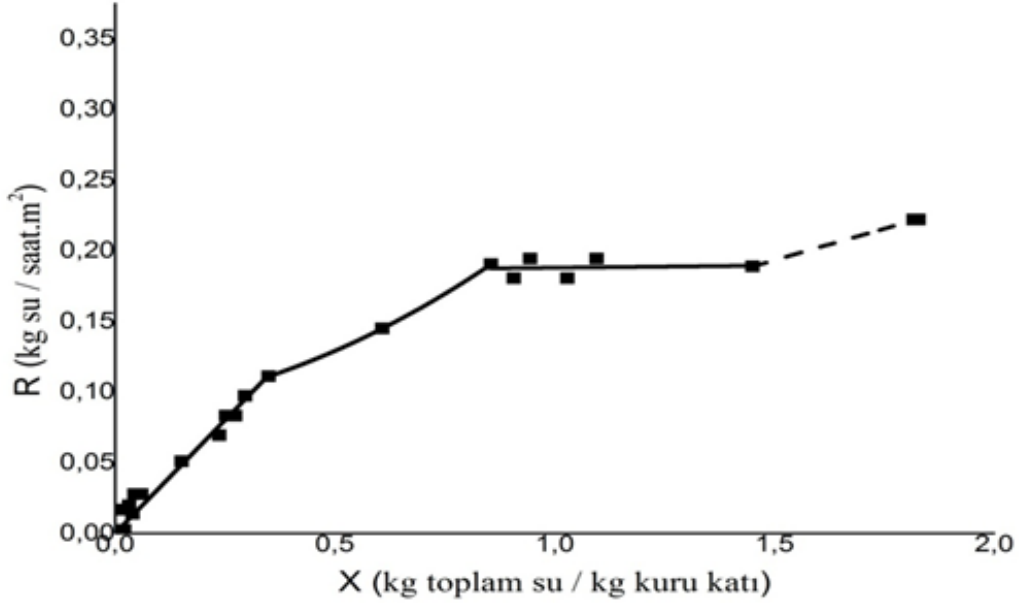
Şekil 4.10. Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtle muamele edilmiş Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması esnasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği Şekil 4.11'de ve hız grafiği Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Kükürtlü Hacıhaliloğlukayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 5100 g olarak alınan numunemiz 116 saat sonunda 1800 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü hacihaliloğlu kayısı türünden yaklaşık %65 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.12. Kükürtlü Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtlü kabaş ve hacihaliloğlu türleri için serbest nem – zaman değişimine ait Şekil 4.9 ve 4.11 incelendiğinde kurumanın 80. saatte tamamlandığı görülmektedir. Diğer kurutma işlemleri ile kıyaslandığında daha kısa sürede kurumanın tamamlanması beklenen bir sonuçtur. Kükürtleme işlemi sırasında sıcaklığın etkisi ile dış zar genişlemekte ve dışarıdan içeriye SO₂ difüze olmaktadır. Sıcaklığın etkisi ile dış zar kısmında deformasyona uğramaktadır. Ayrıca bu işlem sırasında dış zarda sıcaklık ve şişme etkisi sonucu mekaniksel yırtılmalar olabilmektedir. Bunun sonucu ısı transfer hızı artmakta ve suyun kütle transfer hızıda artmaktadır.

Kurutma hızına ait Şekil 4.10 ve 4.12 incelendiğinde kabaş için lineer bir kurutma hız eğrisi ortaya çıkarken hacihaliloğlu türü için sabit debi ile iki tür azalan hız eğrisi ortaya çıkmaktadır. Kabaş kayısısında kurutma hızı 0,06 gibi daha düşük değerden başlarken hacihaliloğlu türünde 0,20 gibi yüksek değerden başlamaktadır. Başlangıç nem değerlerinin aynı olduğunu düşünürsek kurutma hızının yaklaşık 3,5 kat artması dış zarın doku yapısı ile ilgilidir.

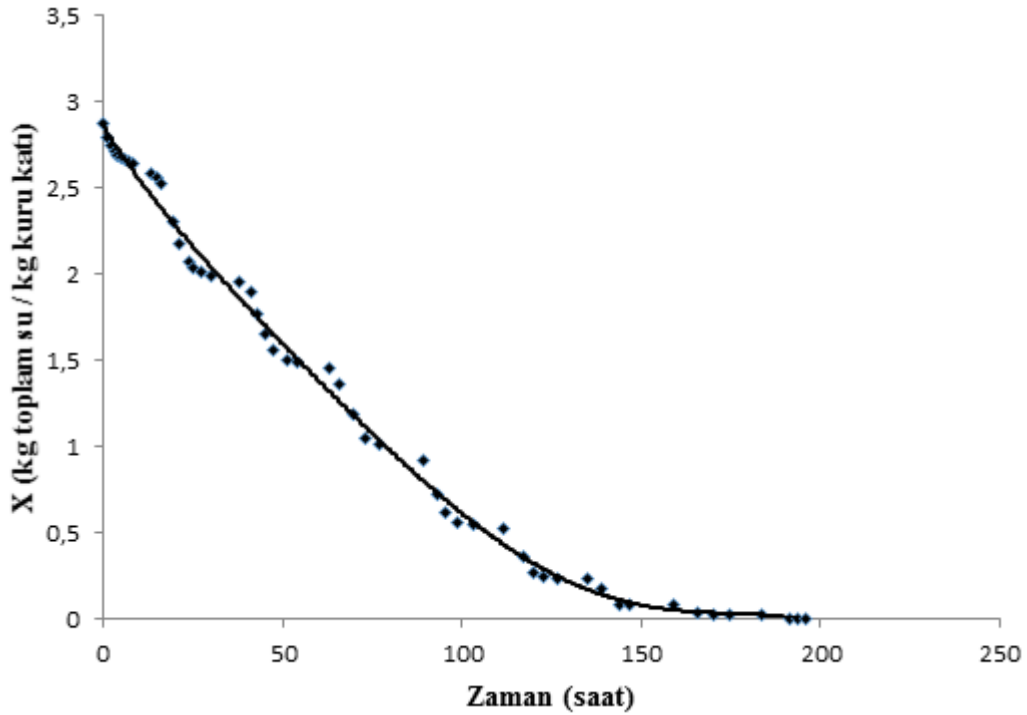
4.2. Güneşte Kurutma Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde kükürtle muamele edilmiş ve edilmemiş olarak Kabaası, Hacihaliloğlu, Çöloğlu ve Karacabey kayısı türlerinin güneşte kurutulması sonucu zamana karşı uzaklaşan su miktarının ve uzaklaşan su miktarına karşı hızın grafikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

4.2.1. Kükürtsüz Bütün Kayısların Güneşte Kurutma Yöntemi Sonuçları

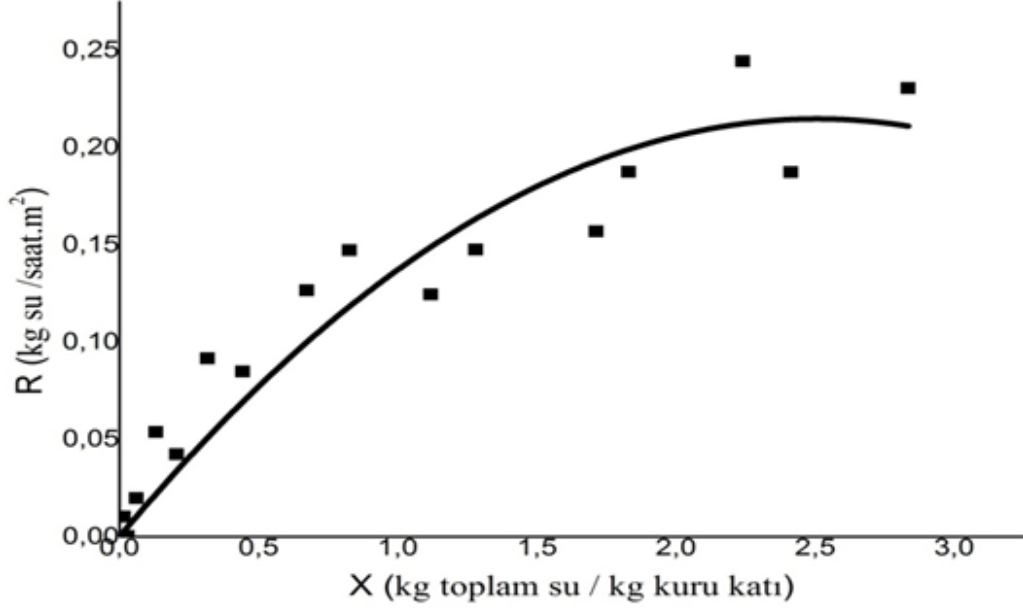
Kükürtsüz bütün kayısların güneşte kurutulmasına ait deneysel sonuçlara ilişkin serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

Kükürtle muamele edilmemiş Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.13’de verilmiştir.



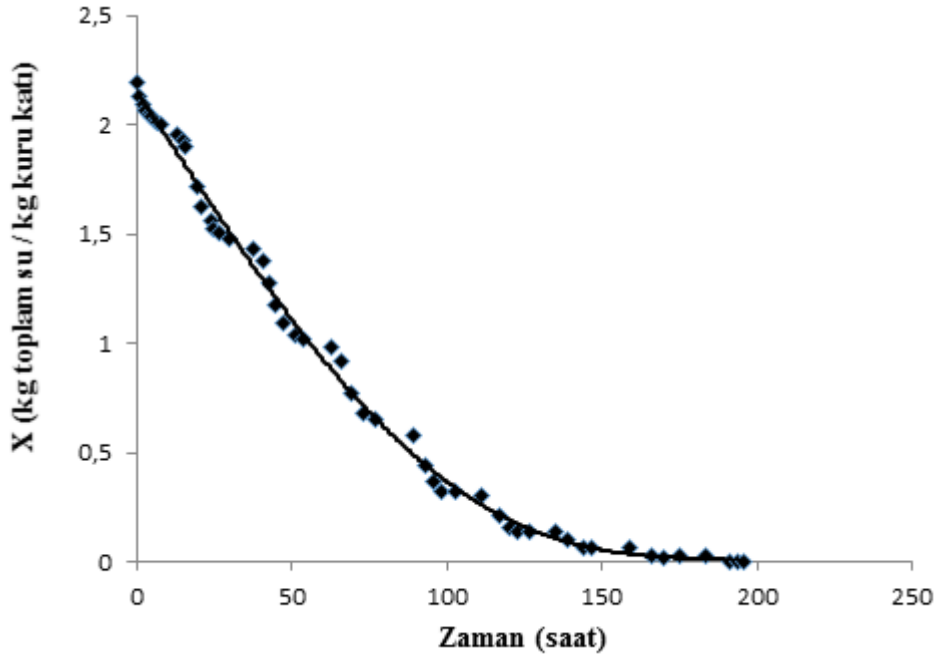
Şekil 4.13. Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 4115 g olarak alınan numunemiz 196 saat sonunda 1062 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz çöloğlu kayısı türünden yaklaşık %74,2 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



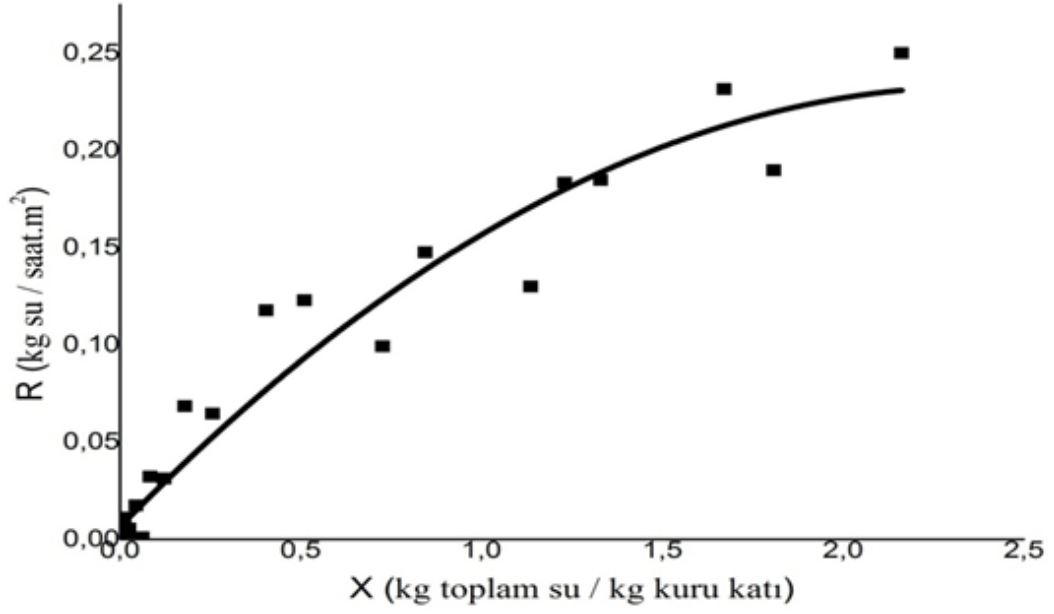
Şekil 4.14. Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması esnasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği Şekil 4.15’de ve hız grafiği Şekil 4.16’da verilmiştir.

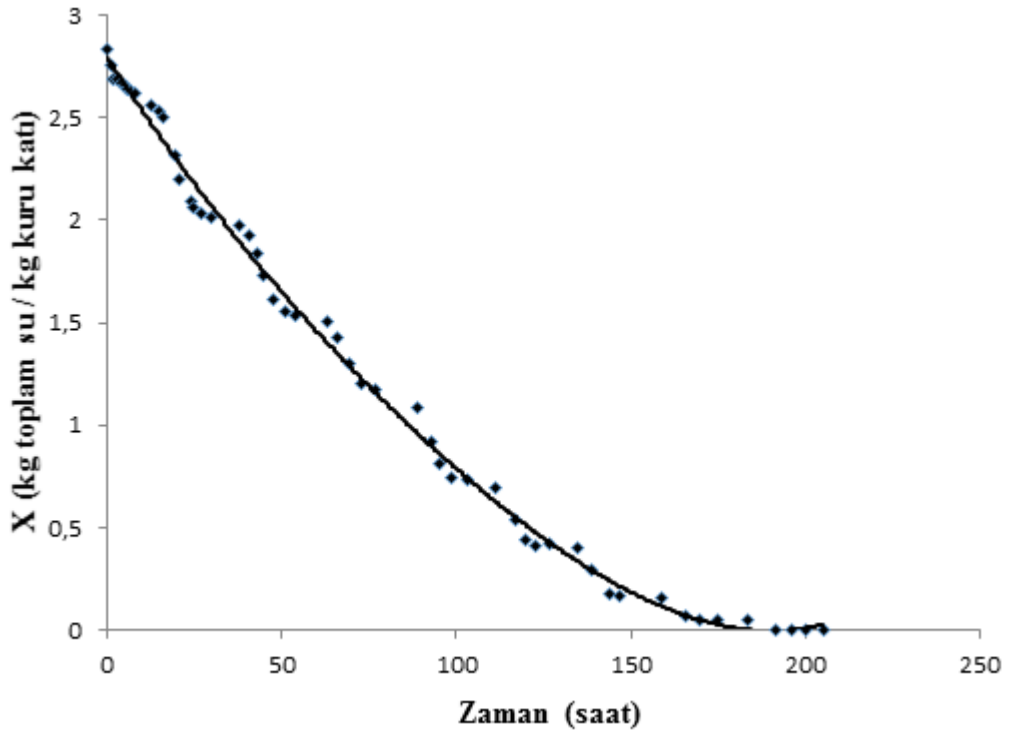


Şekil 4.15. Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 4245 g olarak alınan numunemiz 196 saat sonunda 1328 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz hacihaliloğlu kayısı türünden yaklaşık %68,7 oranında nem uzaklaştırılmıştır.

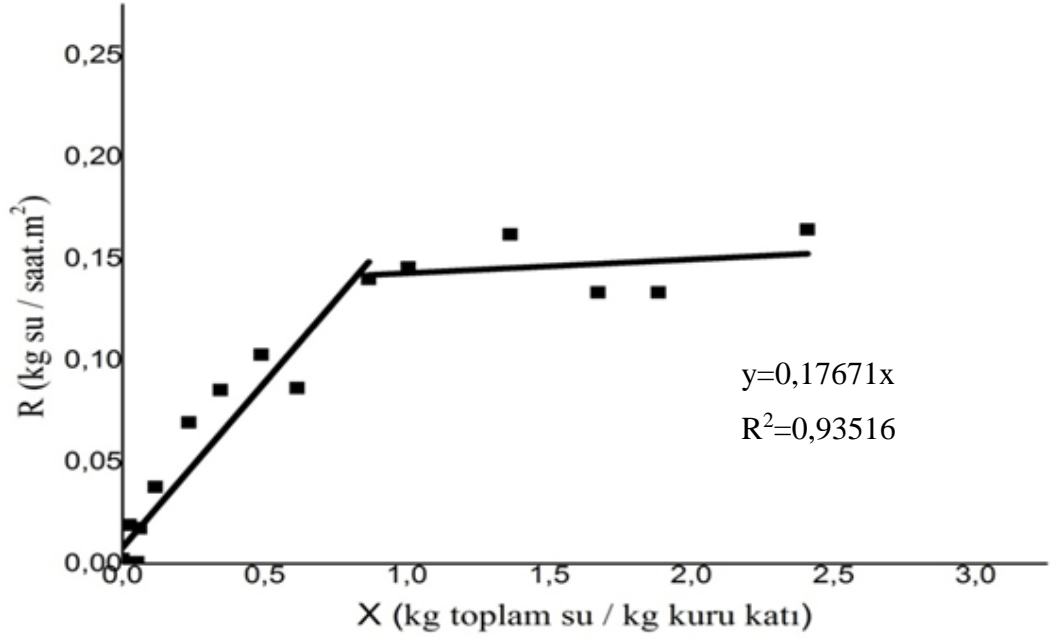


Şekil 4.16. Kükürtsüz Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

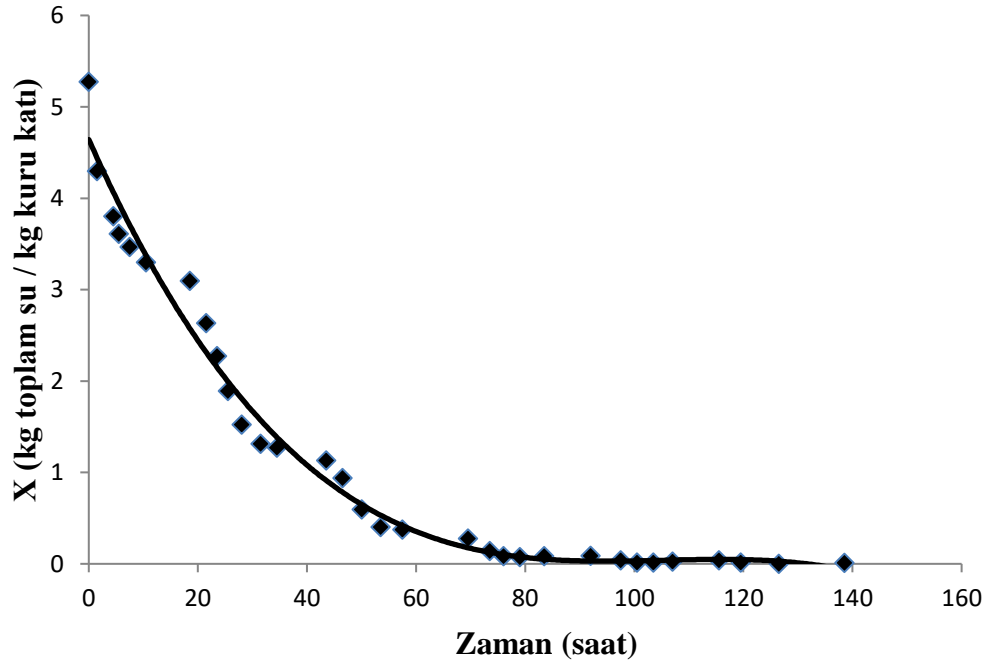


Şekil 4.17. Kükürtsüz Kabaşlı kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 4236 g olarak alınan numunemiz 205 saat sonunda 1100 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz kabaşlı kayısı türünden yaklaşık %74 oranında nem uzaklaştırılmıştır.

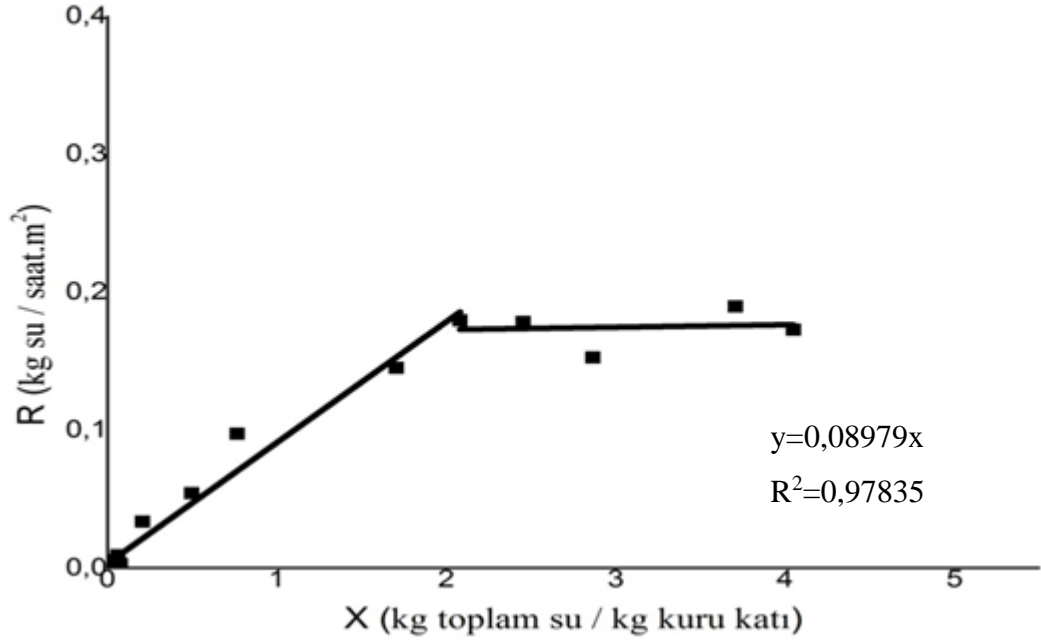


Şekil 4.18. Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği



Şekil 4.19. Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 2220 g olarak alınan numunemiz 139 saat sonunda 355 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz karacabey kayısı türünden yaklaşık %84 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.20. Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği

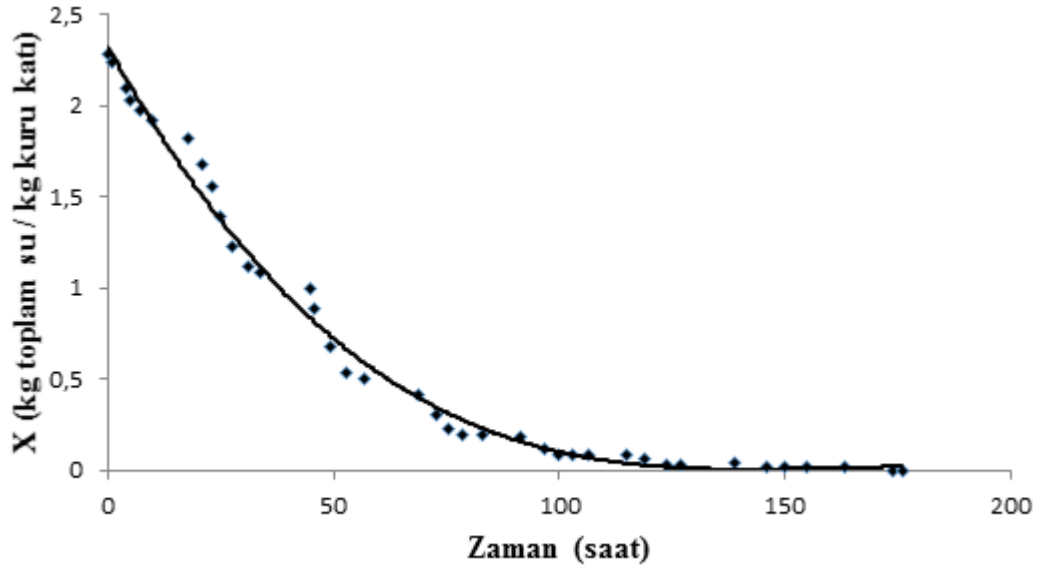
Kükürtsüz bütün çöloğlu, hacihaliloğlu, kabaası ve karacabey türlerinin güneşte kurutulmaları için serbest nem – zaman değişimine ait Şekil 4.13-19 incelendiğinde kurumanın karacabey kayısı hariç 175. saatte tamamlandığı ancak karacabey kayısı için 80. saatte tamamlandığı görülmektedir. Karacabey hudayi (zerdali – yabani) ve erken olan kayısı olması biyolojik doku yapısının farklı olması ile açıklanabilir. Daha öncede belirtildiği üzere meyve şekli diğerlerinden farklı (kalp) ve tane ağırlığı daha fazla olması (35-45 gram) kuruma yüzey alanını artırmaktadır.

Kükürtsüz çöloğlu, hacihaliloğlu, kabaası ve karacabey türlerinin güneşte kurutulmalarına ait kurutma hızı için Şekil 4.14 – 4.20 incelendiğinde; çöloğlu ve hacihaliloğlu türleri için eğriler benzer olup, kabaası ile karacabey kayısılarının sabit debi periyodu ve tek bir azalan debi periyodu şeklinde çıkmıştır. Kurutma hızı – serbest nem değerleri çöloğlu için 0,21-2,9 , hacihaliloğlu için 0,23-2,25, kabaası için 0,15-2,75 ve karacabey için 0,18-4,5 kg su/saat m² – kg su/ kg k.k.değerlerinden başlamıştır. Diğer kurutma değerlerine göre oldukça farklı çıkan bu değerler açık havada güneşte kurutmanın kurutma hızı açısından daha hızlı gerçekleştiği bunun temel nedeninin sıcaklığın daha yüksek değerlerde olması ile açıklanabilir. Güneşte kurutmada kayısının şeker içeriğinin bozunarak form değiştirmesi (karamelize) etken olabilir. Nitekim güneşte kalma süresi arttıkça kükürtsüz kayısı renginin siyaha yakın renge dönüştüğü bilinmektedir.

4.2.2. Kükürtlü Bütün Kayısların Güneşte Kurutma Yöntemi Sonuçları

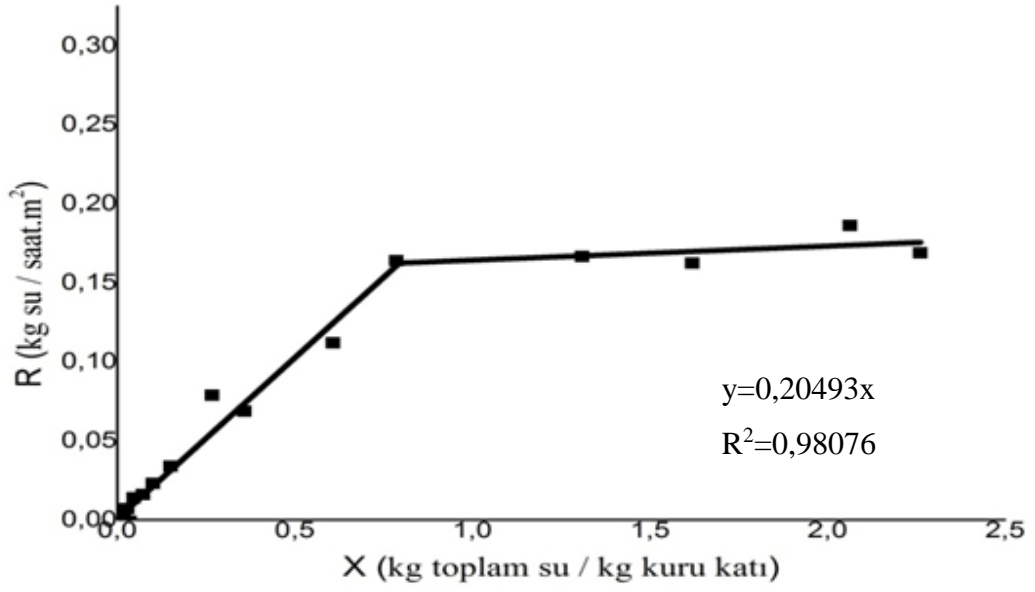
Kükürtlü bütün kayısların güneşte kurutulmasına ait deneysel sonuçlar serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

Kükürtle muamele edilmiş Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.21'de verilmiştir.



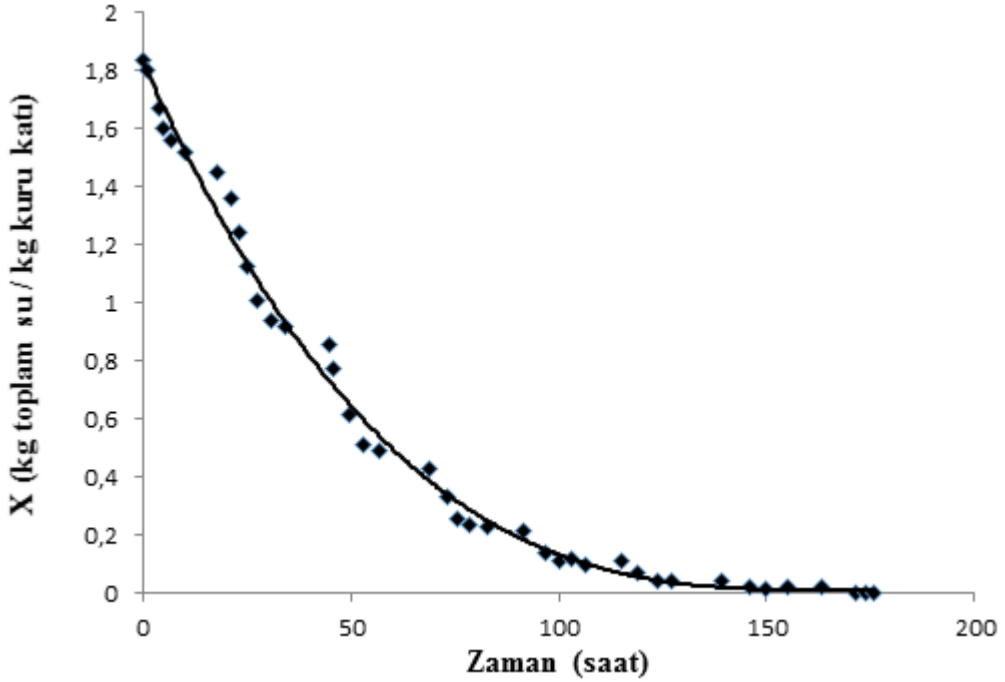
Şekil 4.21. Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 3150 g olarak alınan numunemiz 176 saat sonunda 943 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü çobanoğlu kayısı türünden yaklaşık %70 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



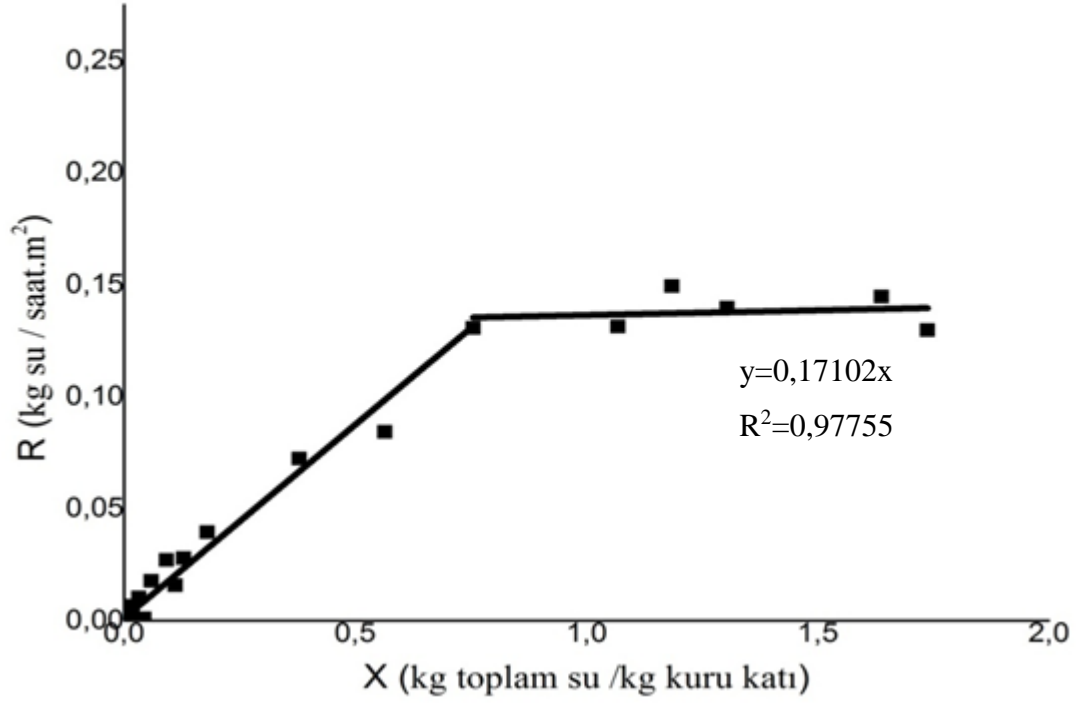
Şekil 4.22. Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

KükürtlüHacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.23’de , hız grafiği Şekil 4.24’de verilmiştir.



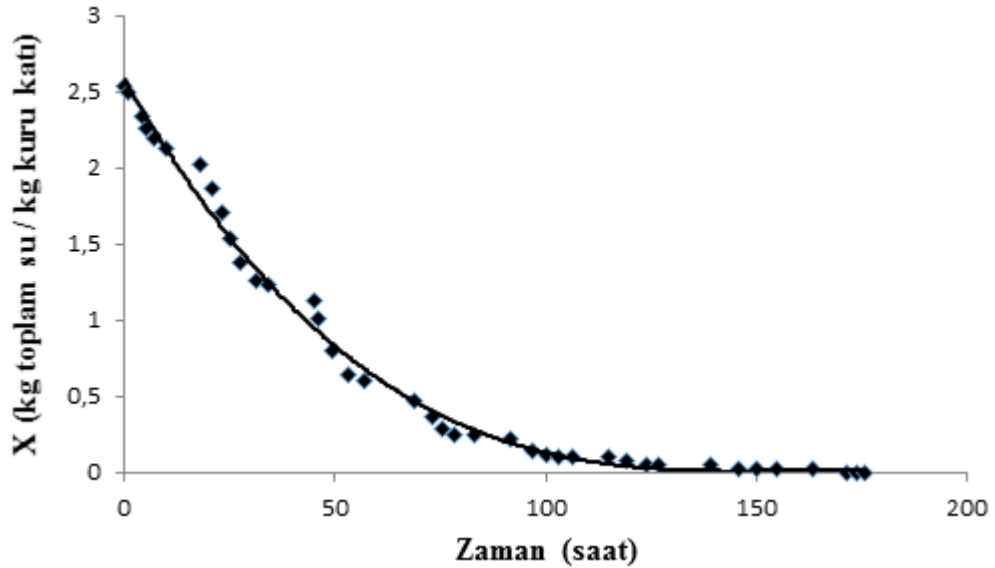
Şekil 4.23. Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 2990 g olarak alınan numunemiz 176 saat sonunda 1052 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü hacıhaliloğlu kayısı türünden yaklaşık %64,8 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



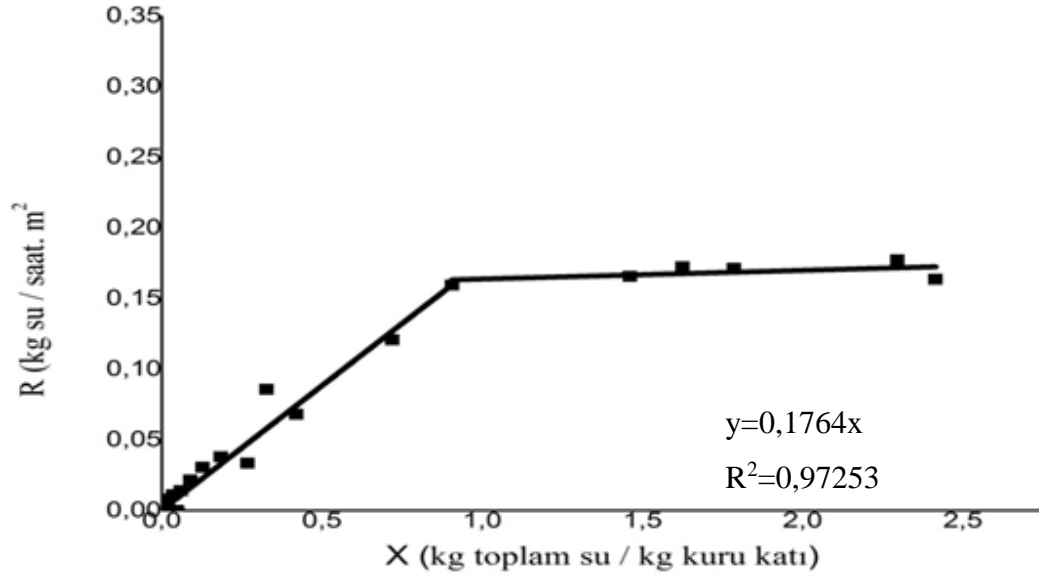
Şekil 4.24. Kükürtlü Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtle muamele edilmiş Kabaası kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.25'de , hız grafiği Şekil 4.26'da verilmiştir.



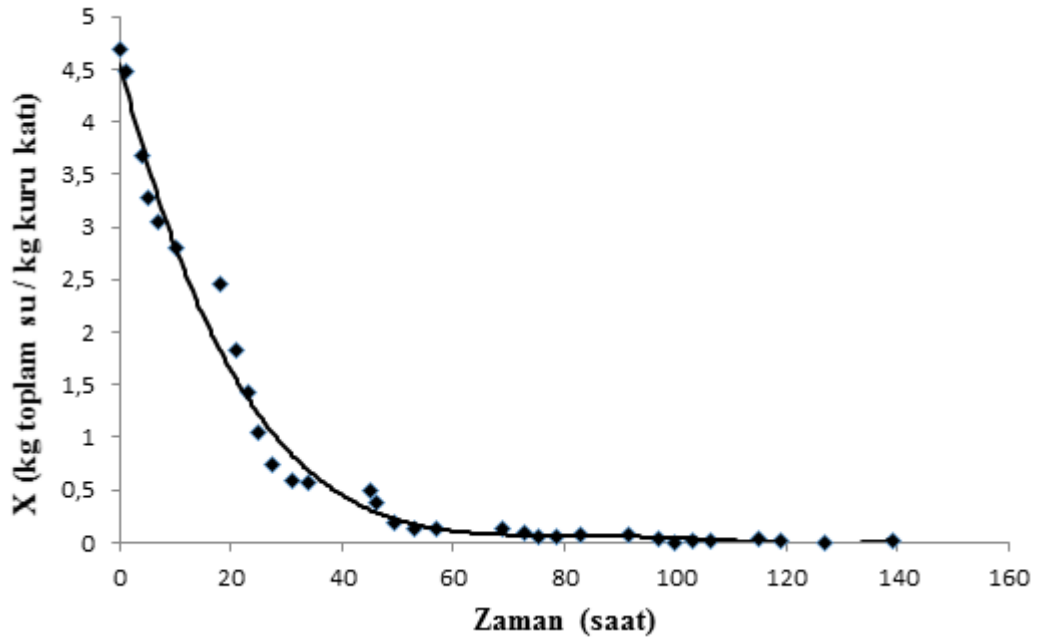
Şekil 4.25. Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 3345 g olarak alınan numunemiz 174 saat sonunda 946 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü kabaası kayısı türünden yaklaşık %71,7 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



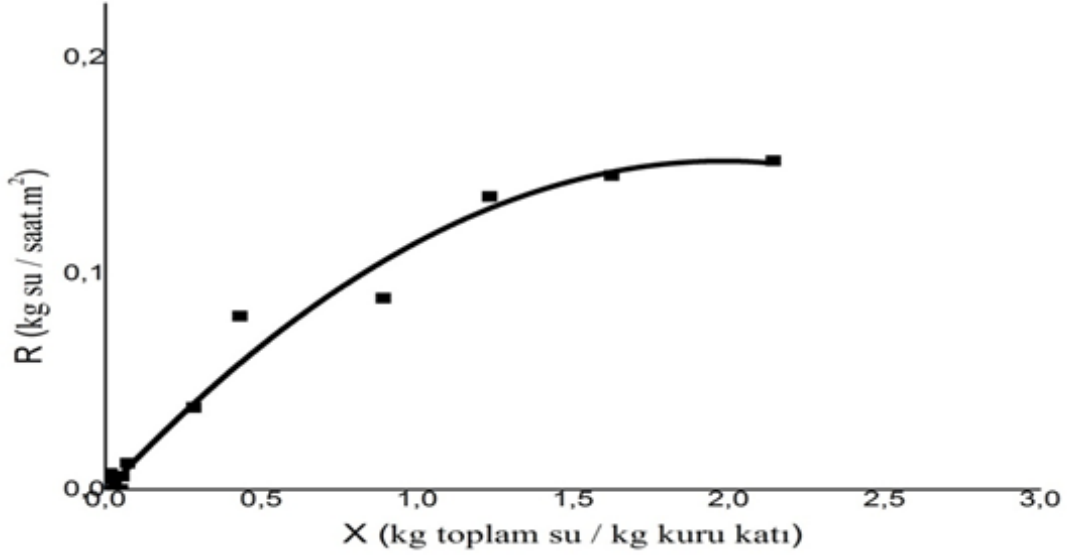
Şekil 4.26. Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtle muamele edilmiş Karacabey kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.27'de , hız grafiği Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.27. Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 1480 g olarak alınan numunemiz 139 saat sonunda 260 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü kabaşlı kayısı türünden yaklaşık %82,4 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.28. Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtlü bütün çöloğlu, hacihaliloğlu, kabaşlı ve karacabey türlerinin güneşte kurutulmaları için serbest nem – zaman değişimine ait Şekil 4.21-25 incelendiğinde kurumanın çöloğlu için 125. saatte, hacihaliloğlu için 150. saatte, kaba aşlı için 110. saatte ve karacabey kayısı için 80. saatte tamamlandığı görülmektedir. Karacabey hudayi (zerdali – yabani) ve erken olan kayısı olması biyolojik doku yapısının farklı olması ile açıklanabilir. Belirtildiği üzere meyve şekli diğerlerinden farklı (kalp) ve tane ağırlığı daha fazla olması (35-45 gram) kuruma yüzey alanını artırmaktadır.

Kükürtlü çöloğlu, hacihaliloğlu, kabaşlı ve karacabey türlerinin güneşte kurutulmaları için kurutma hızı için Şekil 4.22–4.28 incelendiğinde; çöloğlu, hacihaliloğlu ve kabaşlı türleri için eğriler benzer olup, sabit debi periyodu ve tek bir azalan debi periyodu şeklinde çıkmıştır. Kurutma hızı – serbest nem değerleri çöloğlu için 0,17-2,35, hacihaliloğlu için 0,14-1,82 , kabaşlı için 0,17-2,5 ve karacabey için 0,15-4,5 kg su/saat m² – kg su/ kg k.k.değerlerinden başlamıştır. Kurutma hızı eğrisinde serbest nem değerlerinin kükürtsüz ve güneşte kurutma değerlerine göre düşük çıkması kükürtleme sırasında dış zarın deformasyonu sonucu suyun uzaklaşması ile açıklanabilir.

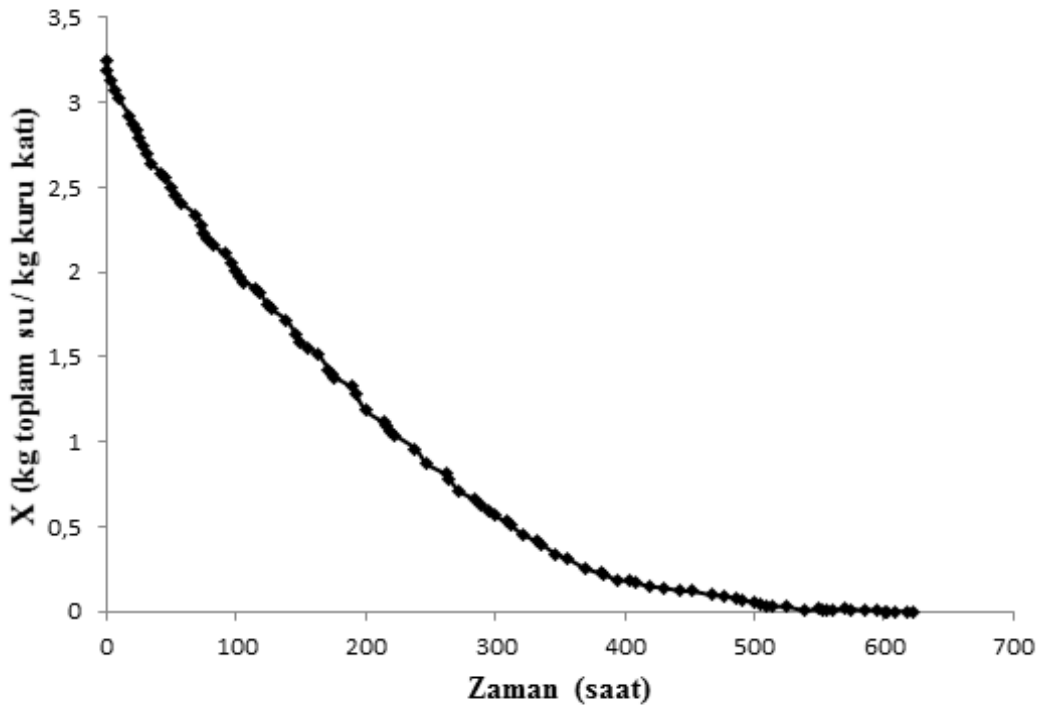
4.3. Gölgede Kurutma Yöntemi Sonuçları

Bu bölümde kükürtle muamele edilmiş ve edilmemiş olarak Kabaası , Hacıhaliloğlu, Çöloğlu ve Karacabey kayısı türlerinin gölgede kurutulması sonucu zamana karşı uzaklaşan su miktarının ve uzaklaşan su miktarına karşı hızın grafikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

4.3.1. Kükürtsüz Bütün Kayısların Gölgede Kurutma Yöntemi Sonuçları

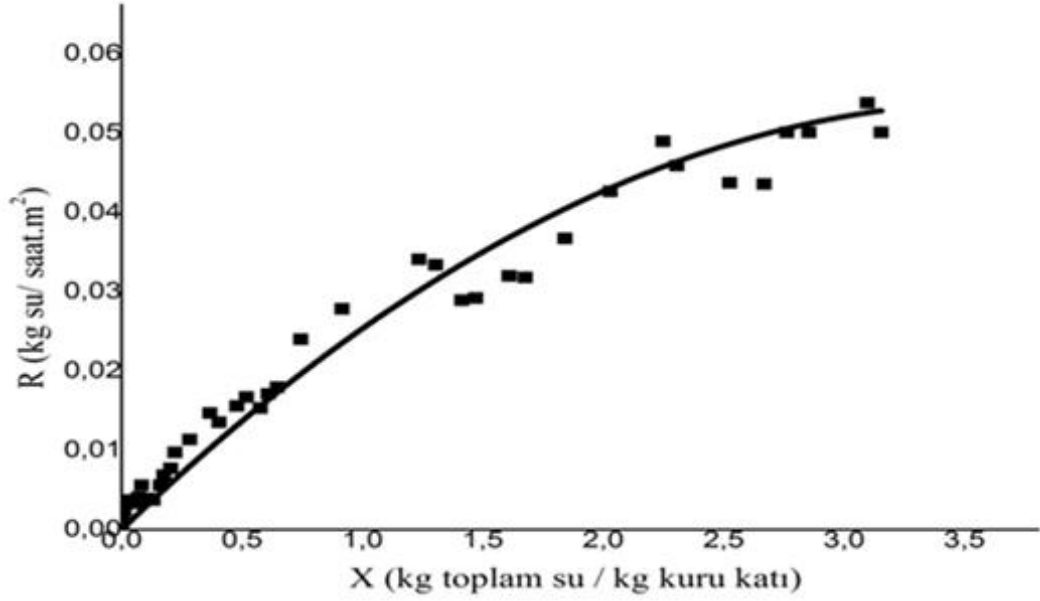
Kükürtsüz bütün kayısların gölgede kurutulmasına ait deneysel sonuçlar ilişkin serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

Kükürtle muamele edilmemiş Çöloğlukayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.29'da, hız grafiği Şekil 4.30'da verilmiştir.



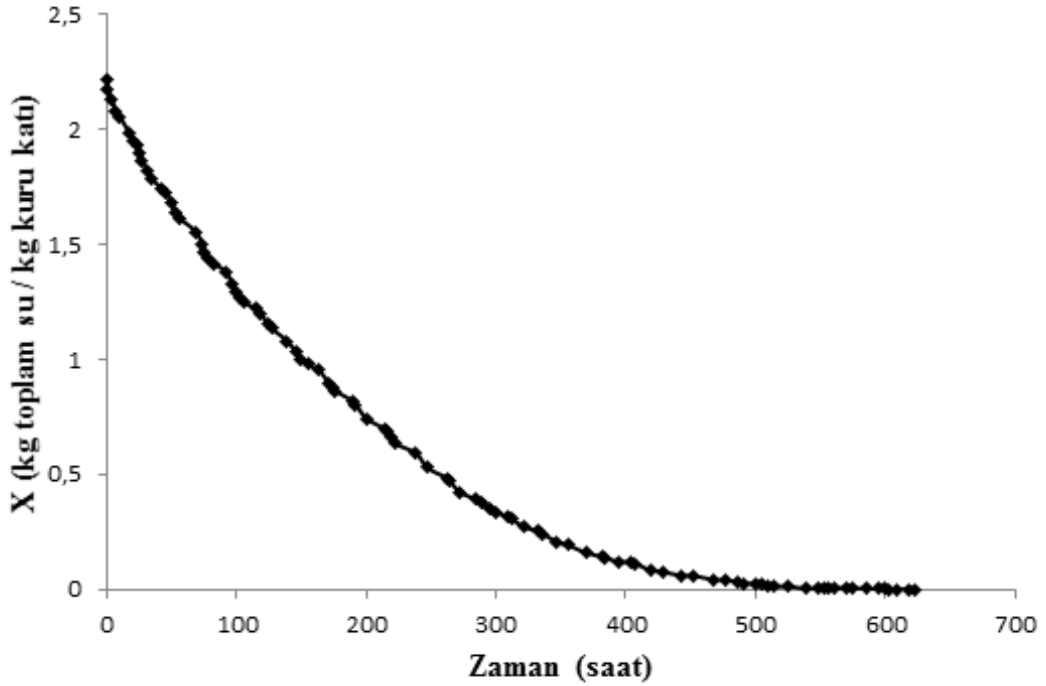
Şekil 4.29. Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 4080 g olarak alınan numunemiz 623 saat sonunda 960 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz çöloğlu kayısı türünden yaklaşık %76,5 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



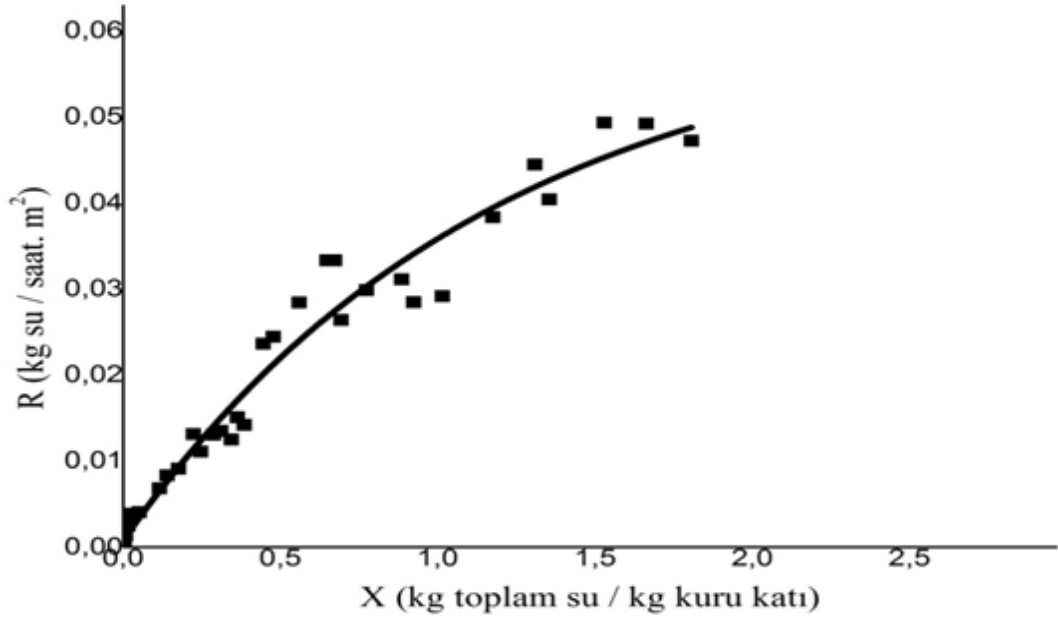
Şekil 4.30. Kükürtsüz Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.31’de , hız grafiği Şekil 4.32’de verilmiştir.



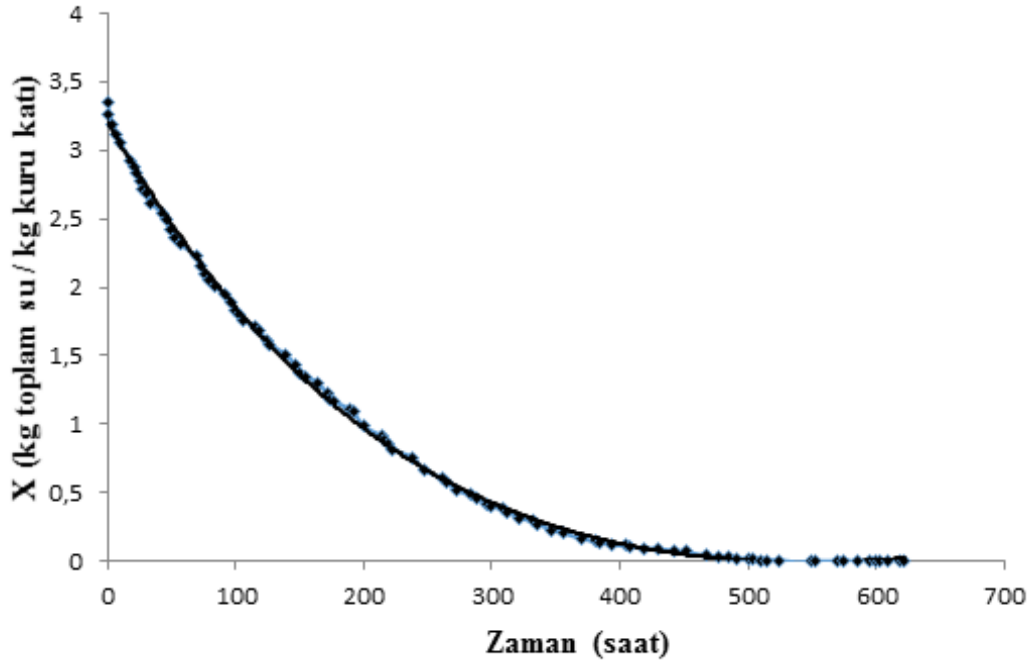
Şekil 4.31. Kükürtsüz Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 4540 g olarak alınan numunemiz 623 saat sonunda 1412 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz hacihaliloğlu kayısı türünden yaklaşık %68,9 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



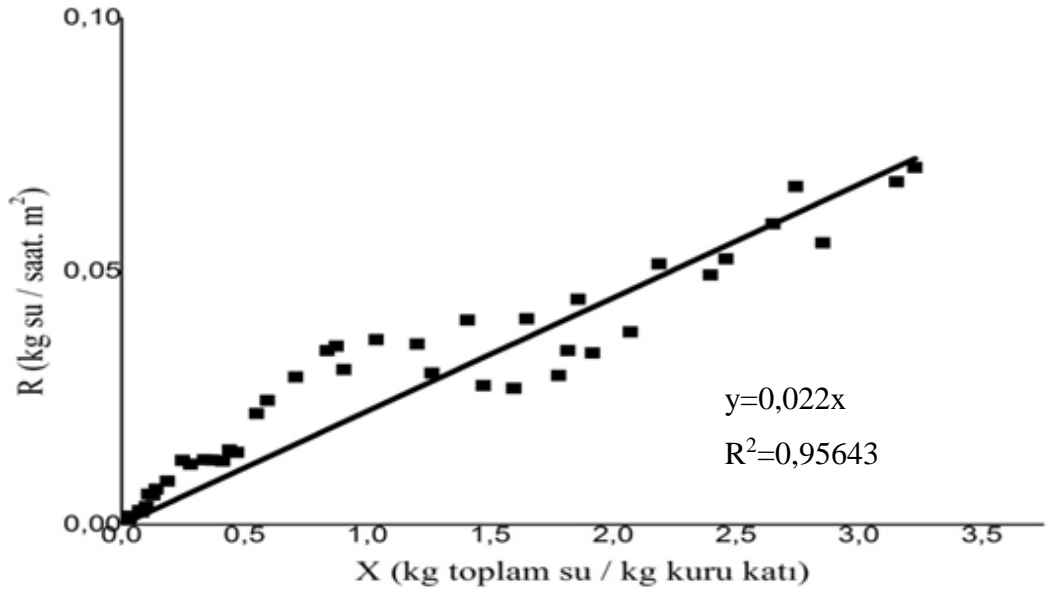
Şekil 4.32. Kükürtsüz Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.33'de, hız grafiği Şekil 4.34'de verilmiştir.



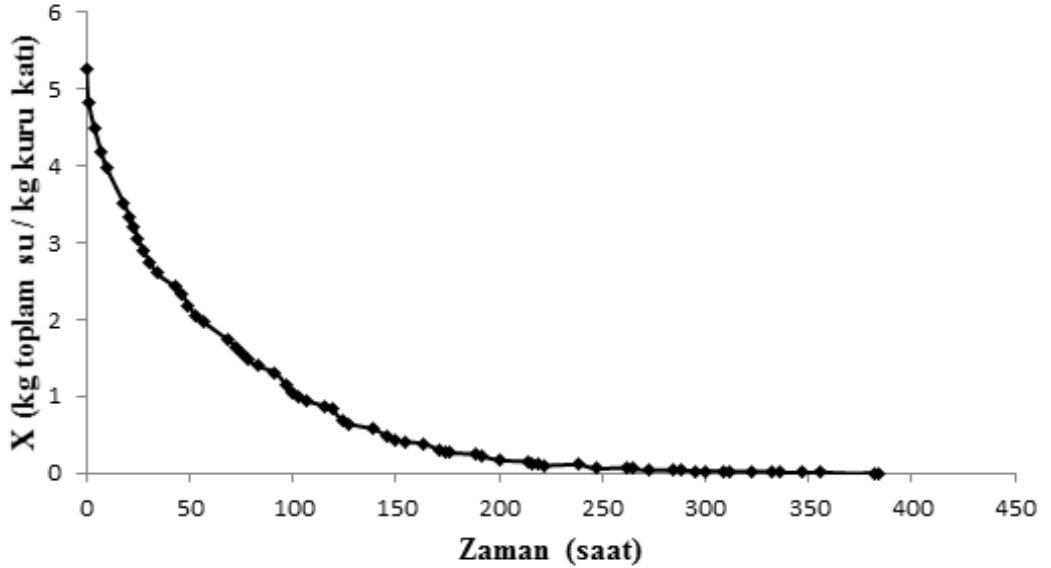
Şekil 4.33. Kükürtsüz Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 4330 g olarak alınan numunemiz 623 saat sonunda 996 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz kabaası kayısı türünden yaklaşık %77 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



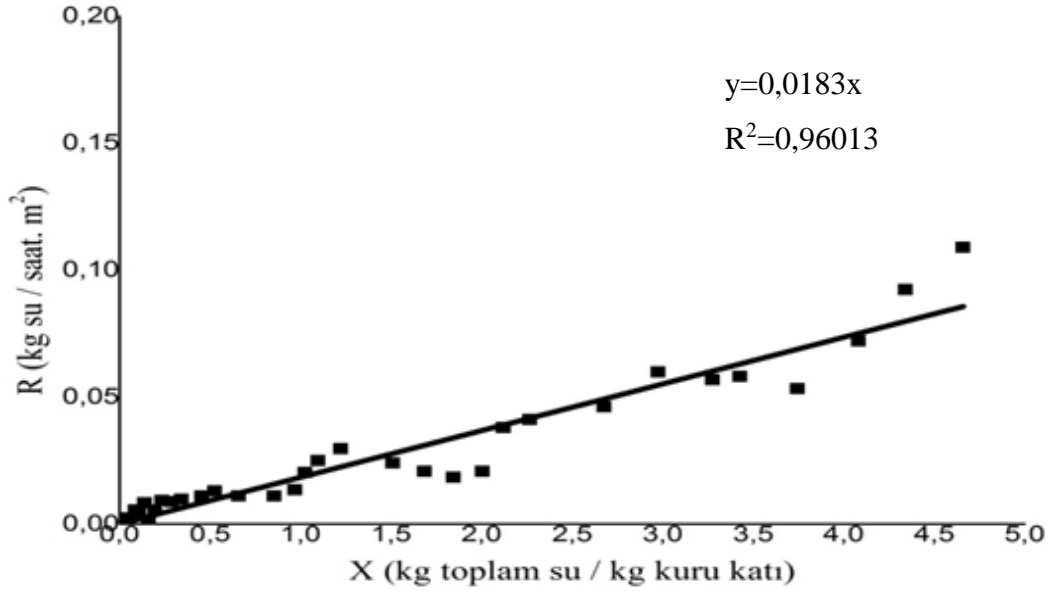
Şekil 4.34. Kükürtsüz Kabaaş kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtle muamele edilmemiş Karacabey kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.35'de, hız grafiği Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.35. Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 2150 g olarak alınan numunemiz 384 saat sonunda 344 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtsüz çöloğlu kayısı türünden %84 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.36. Kükürtsüz Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği

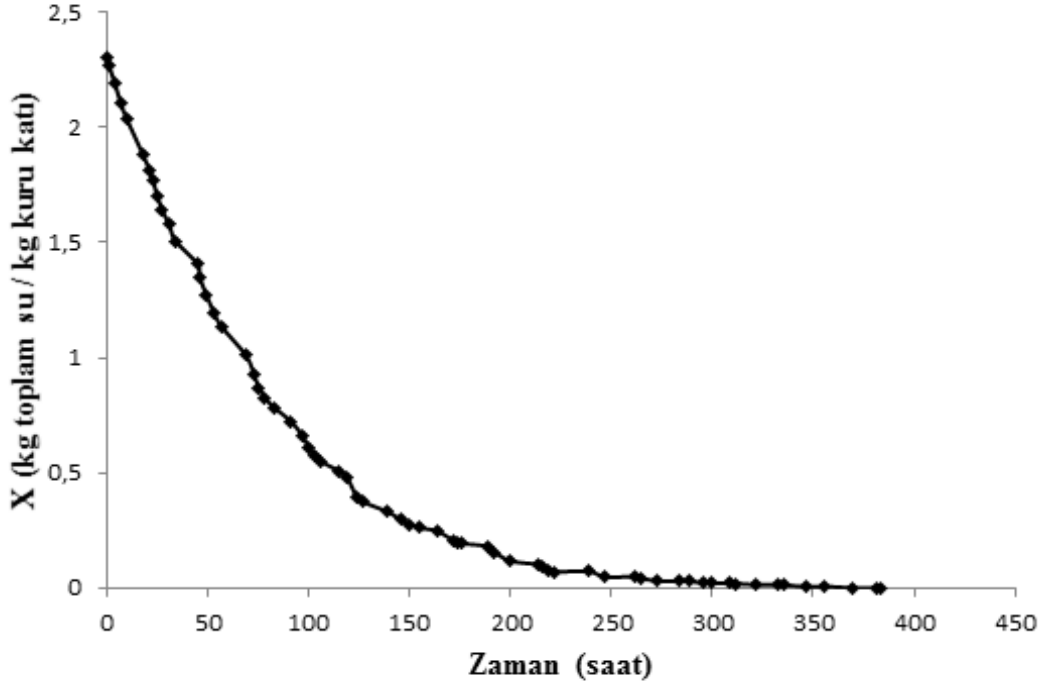
Kükürtsüz bütün çöloğlu, hacihaliloğlu, kabaası ve karacabey türlerinin gölgede kurutulmaları için serbest nem – zaman değişimine ait Şekil 4.31-35 incelendiğinde kurumanın çöloğlu, hacihaliloğlu, kaba aşı için 500. saatte ve karacabey kayısı için 300. saatte tamamlandığı görülmektedir. Karacabey hudayi (zerdali – yabani) ve erken olan kayısı olması biyolojik doku yapısının farklı olması ile açıklanabilir. Daha öncede belirtildiği üzere meyve şekli diğerlerinden farklı (kalp) ve tane ağırlığı daha fazla olması (35-45 gram) kuruma yüzey alanını artırmaktadır.

Kükürtsüz çöloğlu, hacihaliloğlu, kabaası ve karacabey türlerinin güneşte kurutulmaları ait kurutma hızı için Şekil 4.30 – 4.36 incelendiğinde; çöloğlu ve hacihaliloğlu türleri için eğriler benzer olup, parabolik bir eğri elde edilmiştir. Kabaası ve karacabey türleri için lineer kurutma hızı eğrisi elde edilmiştir. Kurutma hızı – serbest nem değerleri çöloğlu için 0,05-3,3 , hacihaliloğlu için 0,045-2,25 , kabaası için 0,07-3,40 ve karacabey için 0,10-5,00 kg su/saat m² – kg su/ kg k.k.değerlerinden başlamıştır. Kurutma hızı eğrisinde serbest nem değerlerinin kükürtsüz ve güneşte kurutma değerlerine göre düşük çıkması gölgede kurutmada sıcaklığın düşük olması ile açıklanabilir. Nitekim serbest nem-zaman eğrisinde süreler diğerlerine oranla oldukça yüksek çıkmıştır.

4.3.2. Kükürtlü Bütün Kayısların Gölgede Kurutma Yöntemi Sonuçları

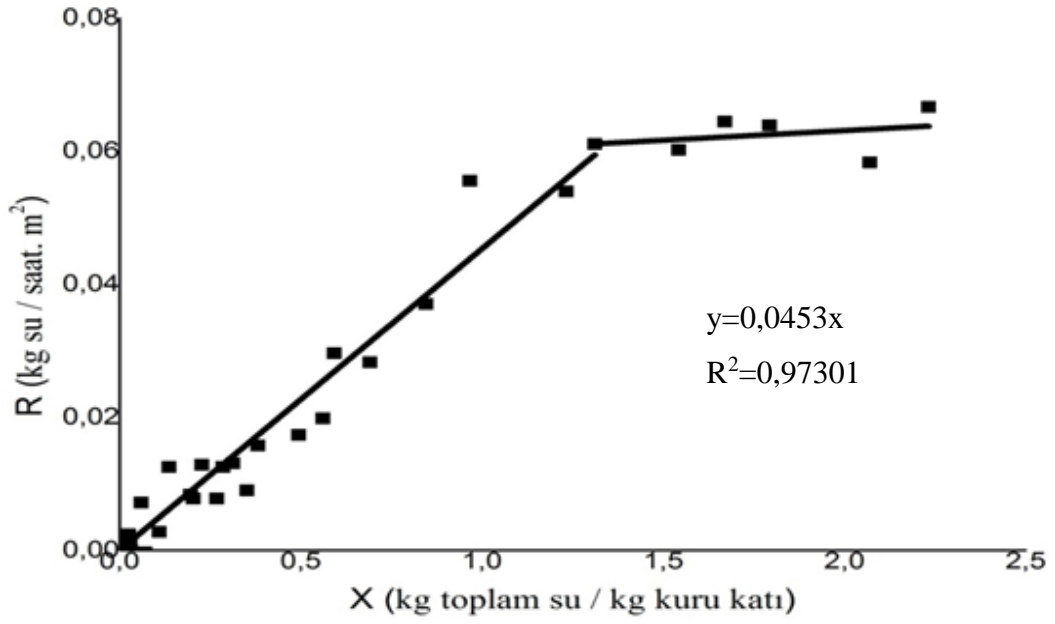
Kükürtlü bütün kayısların gölgede kurutulmasına ait deneysel sonuçlara ilişkin serbest nem-zaman ve kurutma hızı (debi) eğrileri aşağıda verilmiştir.

Kükürtle muamele edilmiş Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.37’de , hız grafiği Şekil 4.38’de verilmiştir.



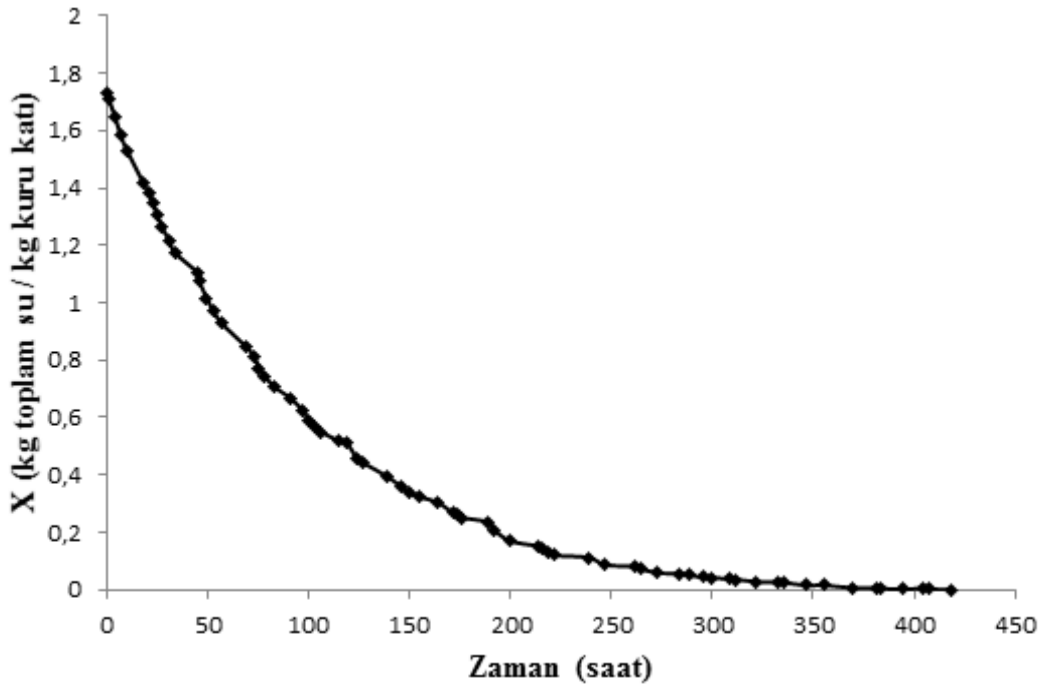
Şekil 4.37. Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 3044 g olarak alınan numunemiz 383 saat sonunda 922 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü çöloğlu kayısı türünden yaklaşık %69,7 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



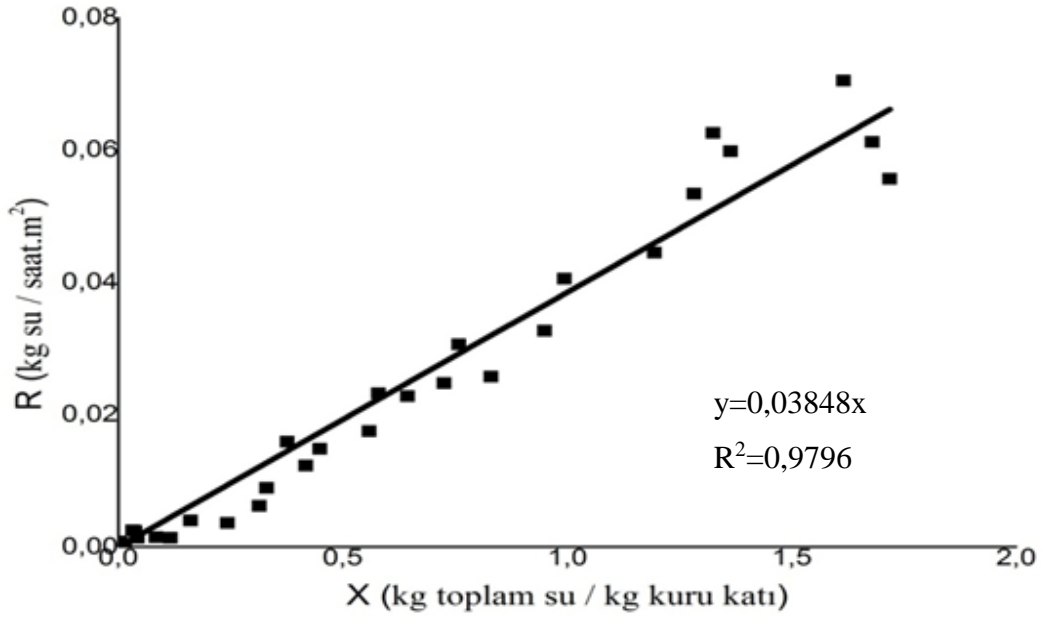
Şekil 4.38. Kükürtlü Çöloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtle muamele edilmiş Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.39'da, hız grafiği Şekil 4.40'da verilmiştir.



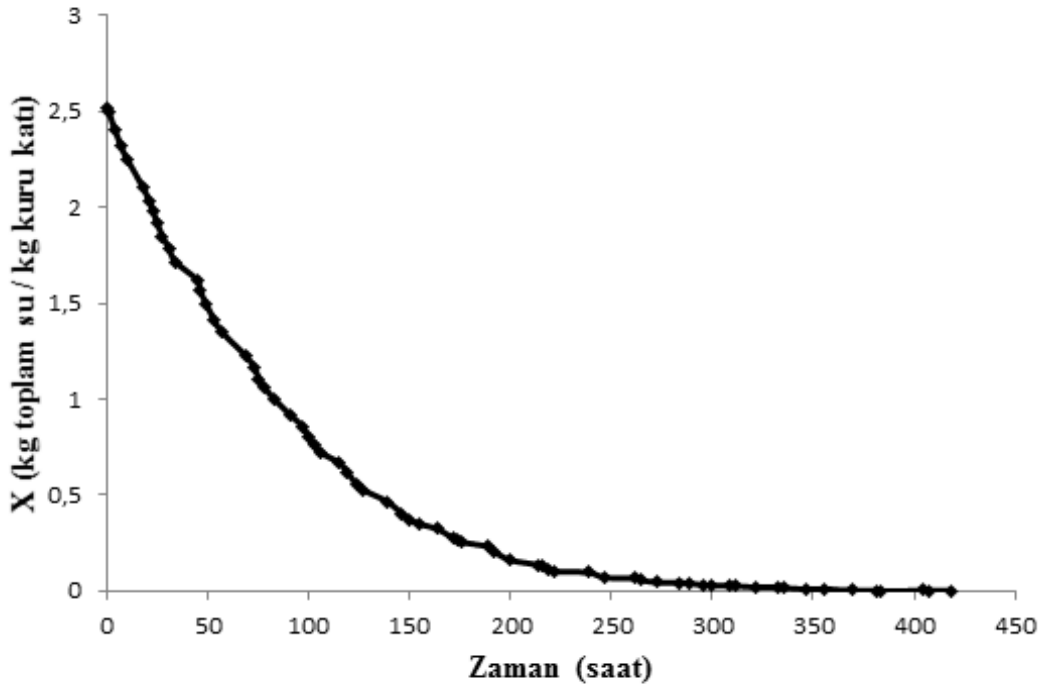
Şekil 4.39. Kükürtlü Hacıhaliloğlu kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 3030 g olarak alınan numunemiz 419 saat sonunda 1112 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü hacihaliloğlu kayısı türünden yaklaşık %63,3 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



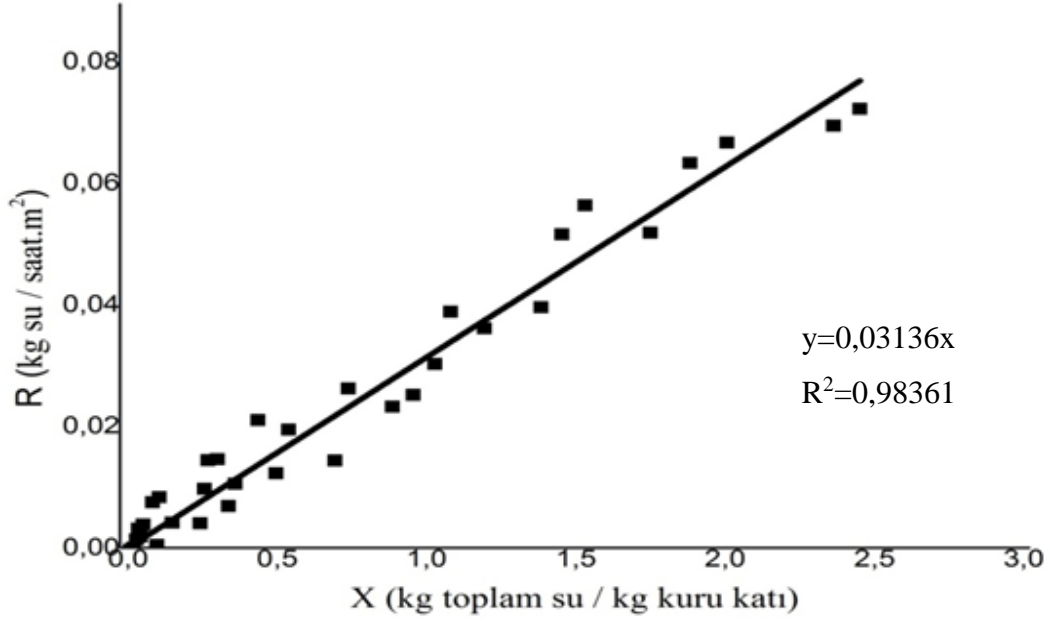
Şekil 4.40. Kükürtlü Hacihaliloğlu kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.41’de, hız grafiği Şekil 4.42’de verilmiştir.



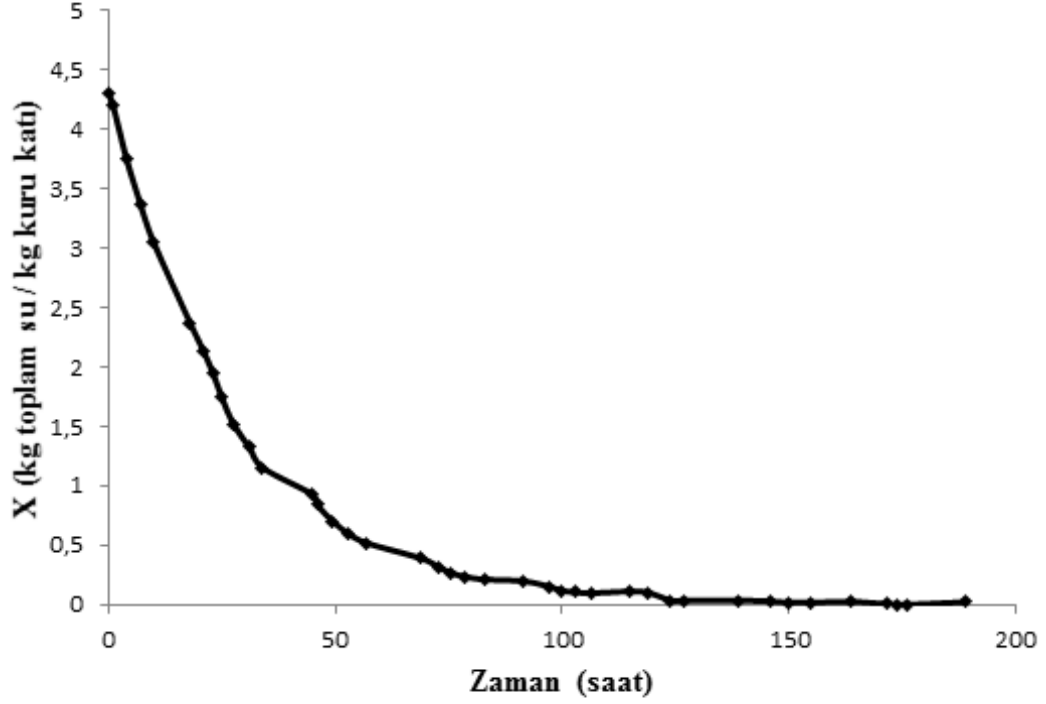
Şekil 4.41. Kükürtlü Kabaası kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 3065 g olarak alınan numunemiz 419 saat sonunda 870 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü kabaş kayısı türünden yaklaşık %71,6 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



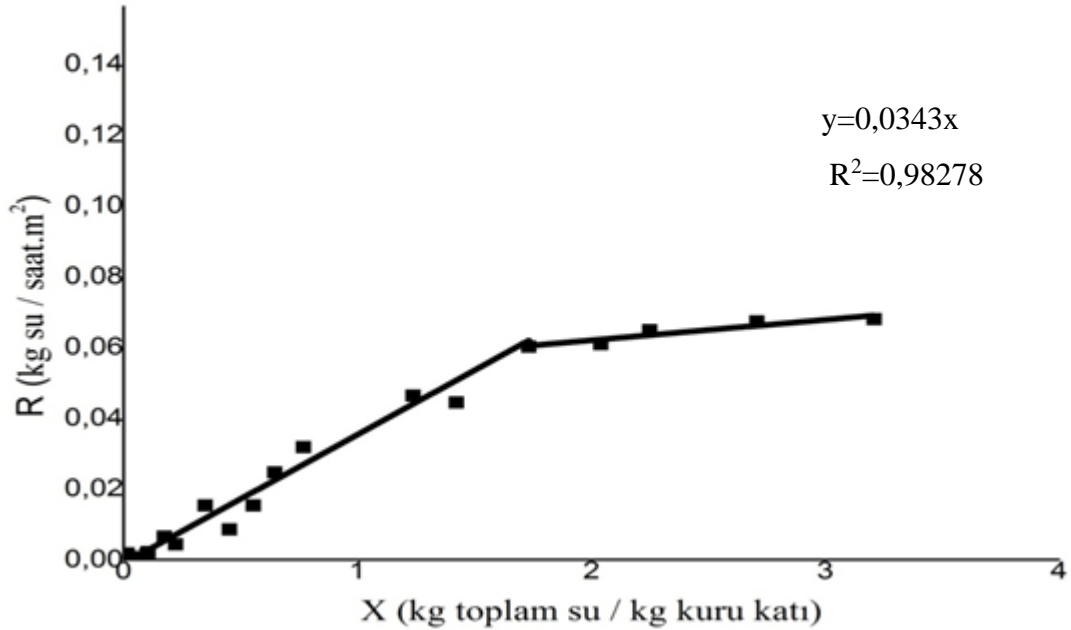
Şekil 4.42. Kükürtlü Kabaş kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtle muamele edilmiş Karacabey kayısı türünün kurutulması sonucu uzaklaşan su miktarının zamana karşı grafiği Şekil 4.43'de, hız grafiği Şekil 4.44'de verilmiştir.



Şekil 4.43. Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutulması sırasında uzaklaşan suyun zamana karşı grafiği

Başlangıç anında 1528 g olarak alınan numunemiz 188 saat sonunda 290 g kalmış bu işlem sonucunda kükürtlü karacabey kayısı türünden yaklaşık %81 oranında nem uzaklaştırılmıştır.



Şekil 4.44. Kükürtlü Karacabey kayısı türünün kurutma hızı grafiği

Kükürtü bütün çöloğlu, hacıhaliloğlu, kabaası ve karacabey türlerinin gölgede kurutulmaları için serbest nem – zaman değişimine ait Şekil 4.37-43 incelendiğinde kurumanın çöloğlu için 300. saatte hacıhaliloğlu için 350. saatte, kaba aşı için 300. saatte ve karacabey kayısı için 125. saatte tamamlandığı görülmektedir. Kükürtlenme işlemi sonucu dış doku yapısının şişmesi ve gözeneklerinin açılması sonucu tüm örnekler kükürtsüz numunelere kıyasla daha kısa sürede kurumuşlardır. Daha öncede belirtildiği üzere meyve şekli diğerlerinden farklı (kalp) ve tane ağırlığı daha fazla olması (35-45 gram) kuruma yüzey alanını artırmaktadır.

Kükürtlü çöloğlu, hacıhaliloğlu, kabaası ve karacabey türlerinin gölgede kurutulmaları ait kurutma hızı için Şekil 4.38 – 4.44 incelendiğinde; çöloğlu ve kabaası türleri için eğriler benzer olup, sabit debi periyodu ve azalan debi periyodu içermektedir. Hacıhaliloğlu ve karacabey türleri için lineer kurutma hızı eğrisi elde edilmiştir. Kurutma hızı – serbest nem değerleri çöloğlu için 0,06-2,30 , hacıhaliloğlu için 0,06-1,75, kabaası için 0,07-2,50 ve karacabey için 0,06-4,30 kg su/saat m² – kg su/ kg k.k. değerlerinden başlamıştır. Kurutma hızı eğrisinde serbest nem değerlerinin kükürtlü ve güneşte kurutma değerlerine göre düşük çıkması gölgede kurutmada sıcaklığın düşük olması ile açıklanabilir. Nitekim serbest nem-zaman eğrisinde süreler diğerlerine oranla oldukça yüksek çıkmıştır.

Tablo 4.1.Kurutma işlemlerine ait toplam nem, serbest nem ve kurutmamız değerleri

Kayısının Türü	Kurutma Ortamı	Toplam Nem % kg su	Serbest Nem $\frac{\text{kgsu}}{\text{kgkurukatı}}$	R:Kurutma hızı (kg H₂O/st.m²)
Kükürtsüz Kabaası	Etüv	65	1,85	0,095
Kükürtsüz Hacihaliloğlu	Etüv	66	2,40	0,080
Kükürtsüz Yarma Kabaası	Etüv	73,7	3,2	0,250
Kükürtsüz Yarma Hacihaliloğlu	Etüv	76	2,8	0,062
Kükürtlü Kabaası	Etüv	65	1,8	0,060
Kükürtlü Hacihaliloğlu	Etüv	65	1,82	0,200
Kükürtsüz Çöloğlu	Güneşte	74,2	2,9	0,210
Kükürtsüz Hacihaliloğlu	Güneşte	68,7	2,25	0,230
Kükürtsüz Kabaası	Güneşte	74	2,75	0,150
Kükürtsüz Karacabey	Güneşte	84	4,50	0,180
Kükürtlü Çöloğlu	Güneşte	70	2,35	0,170
Kükürtlü Hacihaliloğlu	Güneşte	65	1,82	0,140
Kükürtlü Kabaası	Güneşte	71,7	2,50	0,170
Kükürtlü Karacabey	Güneşte	82,4	4,50	0,150
Kükürtsüz Çöloğlu	Gölgede	76,5	3,30	0,050
Kükürtsüz Hacihaliloğlu	Gölgede	68,9	2,25	0,045
Kükürtsüz Kabaası	Gölgede	77	3,40	0,070
Kükürtsüz Karacabey	Gölgede	84	5,00	0,100
Kükürtlü Çöloğlu	Gölgede	69,7	2,30	0,060
Kükürtlü Hacihaliloğlu	Gölgede	63,3	1,75	0,060
Kükürtlü Kabaası	Gölgede	71,6	2,50	0,070
Kükürtlü Karacabey	Gölgede	81	4,30	0,060

Tablo 4.2.Bazı kayısı türlerine ait kimyasal bileşim değerleri (46)

The kinds of apricot	Energy (kcal/100 g)	Protein (%)	Oil (%)	Carbohydrate (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Cellulose (%)	pH (%)	Total acid (g/100 g)
Hasanbey	77.56	0.53	1.26	18.12	79.47	0.62	1.23	4.99	0.20
Aprikoz	59.60	0.19	0.09	16.17	82.92	0.63	1.21	4.40	0.37
Hungarish	55.46	0.47	0.36	14.13	84.54	0.50	1.23	3.53	1.42
Best									
Tokaloğlu	62.80	0.67	0.31	16.10	82.29	0.63	1.27	3.64	1.38
Erzincan									
Hacıhalil	80.22	0.78	0.97	19.30	78.26	0.69	1.63	4.66	0.35
Çataloğlu	80.03	0.54	0.21	21.24	77.22	0.79	1.15	4.78	0.34
Kabaası	63.14	0.29	0.18	16.85	82.03	0.65	1.42	4.60	0.31
Çöloğlu	78.17	0.41	0.90	19.24	78.74	0.71	1.20	4.94	0.23
İsmailağa	67.26	0.51	0.46	17.14	81.30	0.59	1.34	5.38	0.12
Soğancı	87.91	0.47	1.08	21.47	76.29	0.69	1.18	4.68	0.28
Şekerpare	70.34	0.40	0.58	17.82	80.59	0.61	1.20	4.97	0.20
Average	71.16	5.47	0.58	17.98	80.33	0.64	1.27	4.59	0.47

4.4. Kurutma Kinetiğinin Modellenmesi

DeneySEL veriler, kurutma kinetiğini ifade etmek amacıyla yaygın olarak kullanılan beş farklı matematiksel modele uygulanmıştır. Model parametrelerinin belirlenmesinde etkin bir optimizasyon yöntemi olan ‘Sequential Quadratik Programming (SQP)’ yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucu bulunan model parametreleri ve model performans değerleri aşağıdaki tablodaverilmiştir.

Tablo 4.3. Matematiksel Modeller ve Eşitlikleri (44)

No	Model Adı	Model Eşitliği
1	Newton	$MR = \exp(-kt)$
2	Page	$MR = \exp(-kt^n)$
3	Geliştirilmiş Handerson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$
4	Difüzyon yaklaşım	$MR = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kbt)$
5	Midilli ve ark.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$

Yukarıdaki tabloda (MR) nem oranı, (t) zaman, [a, b, c, g, k, n] kuruma sabiti ve katsayılarını ifade etmektedir. Kayısların kurutulması sırasında nem içeriği, nem oranı (MR) olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (45).

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Burada M, ortalama kayısı nem içeriği; M_0 , başlangıç nem içeriği; M_e , denge nem içeriğidir. M_e değeri, M_0 ve M ile karşılaştırıldığında oldukça küçüktür bu yüzden M_e ihmal edilebilir ve nem oranının sadeleştirilmiş şekli aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$MR = \frac{M}{M_0} \quad (2)$$

Beş farklı kurutma modelleri denenmiştir. Uygun model belirlenirken korelasyon katsayısının (R) yüksek olması, % MAPE (Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi) ve RMSE (Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü) değerlerinin düşük olması dikkate alınmıştır. Bu model performans değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (46,47).

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{i,t} - MR_{i,d})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\%MAPE = \frac{100}{N} \left[\sum_{i=1}^N \frac{|MR_{i,d} - MR_{i,t}|}{MR_{i,d}} \right] \quad (4)$$

Burada, $MR_{i,d}$ deneysel nem oranı, $MR_{i,t}$ tahmini nem oranı, N, deneysel veri sayısıdır.

4.4.1. Etüvde Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

Deneysel veriler beş farklı modele uygulanmış ve etüvde bütün kayısılarda genelde Midilli Modeline uyduğu, ikiye ayrılmış (yarma) kayısılarda ise Geliştirilmiş Handerson Pabis modeline uyduğu belirlenmiş olup deneysel veriler Tablo 4.4' de verilmiştir.

4.4.2. Güneşte Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

Deneysel veriler beş farklı modele uygulanmış ve güneşte kurutulan bütün kayısıların genelde Midilli Modeline uyduğu, belirlenmiş olup deneysel veriler Tablo 4.5' te verilmiştir.

Tablo 4.4. Etüvde Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

ETÜV KÜKÜR TLÜ KABA AŞI											
	A	ak	B	c	g	h	k	n	MAPE	RMSE	R
Page							0.0126	1.3005	12.4428	0.0088	0.9998
Newton							0.0357		26.1939	0.0357	0.9972
Midilli		0.9912	0				0.0118	1.3184	12.3005	0.0079	0.9998
Gel.Handerson Pabis	0.2737		0	0.7528	0.0439	0.0366			25.4304	0.0334	0.9967
Difüzyon	0		0.4353				0.0820		26.1939	0.0357	0.09972
ETÜV KÜKÜR TSÜZ KABA AŞI											
Page							0.0077	1.2147	8.0238	0.0071	0.9998
Newton							0.0185		27.0744	0.0329	0.9980
Midilli		0.9849	0				0.0067	1.2445	7.1014	0.0055	0.9999
Gel.Handerson Pabis	0.2661		0.2291	0.5547	0.0195	0.0195	0.0195		24.1811	0.0274	0.9973
Difüzyon	0		0.1938				0.0954		27.0744	0.0329	0.9980
ETÜV KÜKÜR TLÜ HACIHALİLOĞLU											
Page							0.0072	1.4503	11.1730	0.0131	0.9996
Newton							0.0344		30.6740	0.0502	0.9934
Midilli		0.9788	0				0.0060	1.4952	69.9000	1.0285	0.9936
Gel.Handerson Pabis	0		0	1.0261	0.0967	0.0353	0.5585		30.4574	0.0486	0.9927
Difüzyon	0		0.4286				0.0804		30.6740	0.0502	0.9934
ETÜV KÜKÜR TSÜZHACIHALİLOĞLU											
Page							0.0049	1.3240	9.1389	0.017	0.9972
Newton							0.0152		18.3050	0.0348	0.9966
Midilli		0.9878	1,913e-004				0.0046	1.2926	9.0979	0.0123	0.9993
Gel.Handerson Pabis	0.1085		0.3020	0.6414	0.0162	0.0162	0.0162		18.8718	0.0285	0.9964
Difüzyon	0		0.0948				0.1608		18.3050	0.0348	0.9966

Tablo 4.4. Etüvde Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi (Devamı)

ETÜV KÜKÜRTSÜZİKİYE BÖLÜNmüş KABAASI (YARMA)											
Page							0.0487	0.9529	87.1832	0.0110	0.9995
Newton							0.0418		154.331	0.0123	0.9996
Midilli		1.0063					0.0470	0.9705	18.4151	0.0075	0.9997
Gel.Handerson Pabis	0.6383		0.0684	0.2980	0.0110	0.0464	0.0464		11.5167	0.0051	0.9999
Difüzyon	0.9405		0.2208				0.0458		11.7589	0.0052	0.9998
ETÜV KÜKÜRTSÜZİKİYE BÖLÜNmüş HACİHALİLOĞLU (YARMA)											
Page							0.0517	0.9504	72.1326	0.0129	0.9993
Newton							0.0441		125.992	0.0143	0.9994
Midilli		1.0053					0.0493	0.9720	18.8336	0.0097	0.9995
Gel.Handerson Pabis	0.6265		0.0856	0.2929	0.0129	0.0500	0.0500		12.1961	0.0075	0.9997
Difüzyon	0,9261		0.2408				0.0491		12.5206	0.0076	0.9997

Tablo 4.5. Güneşte Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

GÜNEŞTE KÜKÜRTSÜZ ÇÖLOĞLU											
	A	ak	b	C	g	h	k	N	MAPE	RMSE	R
Page							0.0036	1.3190	21.3444	0.0355	0.9955
Newton							0.0143		27.9358	0.0589	0.9910
Midilli		0.9506	0				0.0018	1.4680	19.1544	0.0306	0.9964
Gel.Handerson Pabis	0.1627		0.2449	0.6388	0.0151	0.0151	0.0151		27.1679	0.0552	0.9893
Difüzyon	0		0.0934				0.1532		27.9358	0.0589	0.9910
GÜNEŞTE KÜKÜRTSÜZ HACİHALİOĞLU											
Page							0.0046	1.2950	19.6509	0.0301	0.9968
Newton							0.0157		28.2393	0.0529	0.9930
Midilli		0.9553	0				0.0025	1.4218	16.7611	0.0256	0.9975
Gel.Handerson Pabis	0.1581		0.2478	0.6391	0.0165	0.0165	0.0165		27.2918	0.0492	0.9917
Difüzyon	0		0.1137				0.1382		28.2393	0.0529	0.9930
GÜNEŞTE KÜKÜRTSÜZKABAAŞI											
Page							0.0038	1.2785	18.4528	0.0358	0.9951
Newton							0.0128		22.9029	0.0552	0.9911
Midilli		0.9514	0				0.0019	1.4222	17.0877	0.0310	0.9961
Gel.Handerson Pabis	0		0.1861	0.8525	0.0135	0.0135	0.2674		22.4164	0.0523	0.9896
Difüzyon	0		0.0785				0.1637		22.9029	0.0552	0.9911
GÜNEŞTE KÜKÜRTSÜZKARACABEY											
Page							0.0577	0.9016	41.0476	0.0473	0.9876
Newton							0.0412		34.7421	0.0495	0.9879
Midilli		0.8817	0				0.0223	1.1371	31.4822	0.0409	0.9901
Gel.Handerson Pabis	0.1997		0.2512	0.4677	0.0376	0.0376	0.0376		38.8260	0.0421	0.9898
Difüzyon	0.1135		0.0046				7.7943		39.7410	0.0387	0.9917
GÜNEŞTE KÜKÜR TLÜ ÇÖLOĞLU											
Page							0.0067	1.3248	24.8783	0.0290	0.9965
Newton							0.0236		36.4682	0.0505	0.9924
Midilli		0.9635	2.0025e-005				0.0044	1.4228	20.6478	0.0271	0.9968
Gel.Handerson Pabis	0		0.1898	0.8664	0.0249	0.0249	0.4991		34.3272	0.0465	0.9915
Difüzyon	0		0.3276				0.0719		36.4682	0.0505	0.9924

Tablo 4.5. Güneşte Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi (Devamı)

GÜNEŞTE KÜKÜRTLÜ HACİHALİLOĞLU											
Page							0.0091	1.2214	18.1922	0.0291	0.9963
Newton							0.0218		30.5043	0.0425	0.9940
Midilli		0.9619	0				0.0062	1.3058	17.2666	0.0270	0.9967
Gel.Handerson Pabis	0		0.1642	0.8725	0.0227	0.0227	0.3613		29.2207	0.0404	0.9934
Difüzyon	0		0.1763				0.1239		30.5043	0.0425	0.9940
GÜNEŞTE KÜKÜRTLÜ KABAAŞI											
Page							0.0073	1.2962	20.5131	0.0277	0.9968
Newton							0.0231		34.5997	0.0476	0.9966
Midilli		0.9666	9.2867e-006				0.0051	1.3795	20.7521	0.0259	0.9971
Gel.Handerson Pabis	0		0.1654	0.8881	0.0243	0.0243	0.3234		32.4766	0.0438	0.9925
Difüzyon	0		0.3229				0.0714		34.5997	0.0476	0.9933
GÜNEŞTE KÜKÜRTLÜ KARACABEY											
Page							0.0523	1.0138	84.4155	0.0374	0.9923
Newton							0.0546		72.8882	0.0375	0.9922
Midilli		0.9755	1.8899e-006				0.0443	1.0588	89.6523	0.0371	0.9924
Gel.Handerson Pabis	0.2810		0.2258	0.4853	0.0541	0.0541	0.0541		69.7459	0.0374	0.9923
Difüzyon	0.4704		1.0000				0.0546		72.8881	0.0375	0.9922

4.4.3. Gölgede Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

Deneysel veriler beş farklı modele uygulanmış ve gölgede kurutulan bütün kayısların genelde Midilli Modeline uyduğu , belirlenmiş olup deneysel veriler Tablo 4.6' da verilmiştir.

Tablo 4.6. Gölgede Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

GÖLGEDE KÜKÜR TSÜZ ÇÖLOĞLU											
	A	ak	b	C	g	h	k	N	MAPE	RMSE	R
Page							0.0022	1.1682	26.6784	0.0279	0.9968
Newton							0.0054		31.4762	0.0381	0.9952
Midilli		0.9272	0				7.9966e-004	1.3415	23.0554	0.0203	0.9982
Gel.Handerson Pabis	0		0.1715	0.8486	0.0056	0.0056	0.1480		31.1733	0.0374	0.9946
Difüzyon	0		0.1365				0.0398		31.4762	0.0381	0.9952
GÖLGEDE KÜKÜR TSÜZ HACİHALİLOĞLU											
Page							0.0030	1.1294	27.2993	0.0237	0.9977
Newton							0.0058		31.3285	0.0311	0.9968
Midilli		0.9383	0				0.0014	1.2618	24.4837	0.0179	0.9986
Gel.Handerson Pabis	0		0.1701	0.8444	0.0059	0.0059	0.1639		38.6103	0.0620	0.9988
Difüzyon	0		0.1731				0.0337		31.3285	0.0311	0.9968
GÖLGEDE KÜKÜR TSÜZ KABAAŞI											
Page							0.0041	1.0858	29.2506	0.0244	0.9974
Newton							0.0064		31.7269	0.0279	0.9970
Midilli		0.9345	0				0.0019	1.2194	26.5624	0.0187	0.9984
Gel.Handerson Pabis	0		0.2317	0.7686	0.0064	0.0064	0.1161		31.7228	0.0279	0.9970
Difüzyon	0		0.1375				0.0468		31.7269	0.0279	0.9970
GÖLGEDE KÜKÜR TSÜZ KARACABEY											
Page							0.0361	0.8301	29.1823	0.0179	0.9980
Newton							0.0176		19.3125	0.0319	0.9966
Midilli		0.9455	0				0.0257	0.8962	25.9190	0.0149	0.9985
Gel.Handerson Pabis	0.1275		0	0.8592	0.0376	0.0148	0.3192		20.8941	0.0105	0.9993
Difüzyon	0.1366		0.0347				0.4282		20.5451	0.0107	0.9992

Tablo 4.6. Gölgede Kurutma Yöntemi Verilerinin Matematiksel Modellenmesi (Devamı)

GÖLGEDE KÜKÜRTLÜ ÇÖLOĞLU											
Page							0.0081	1.1067	9.4253	0.0090	0.9996
Newton							0.0130		21.8598	0.0178	0.9991
Midilli		0.9852	0				0.0071	1.1328	7.8832	0.0083	0.9996
Gel.Handerson Pabis	0		0.0906	0.9362	0.0134	0.0134	0.1560		19.7977	0.0157	0.9989
Difüzyon	0		0.0843				0.1546		21.8598	0.0178	0.9991
GÖLGEDE KÜKÜRTLÜ HACİHALİLOĞLU											
Page							0.0096	1.0271	17.7424	0.0105	0.9995
Newton							0.0108		19.4447	0.0114	0.9995
Midilli		0.9816	0				0.0082	1.0565	16.6590	0.0097	0.9995
Gel.Handerson Pabis	0		0.1840	0.8169	0.0109	0.0109	0.1328		19.4087	0.0114	0.9995
Difüzyon	0		0.0690				0.1572		19.4448	0.0114	0.9995
GÖLGEDE KÜKÜRTLÜ KABAAŞI											
Page							0.0066	1.1261	20.2100	0.0114	0.9994
Newton							0.0117		30.5020	0.0213	0.9988
Midilli		0.9755	0				0.0052	1.1721	17.5455	0.0100	0.9995
Gel.Handerson Pabis	0		0	1.0286	0.0308	0.0121	0.0906		29.0238	0.0193	0.9985
Difüzyon	0		0.0747				0.1565		30.5020	0.0213	0.9988
GÖLGEDE KÜKÜRTLÜ KARACABEY											
Page							0.0328	1.0259	33.8336	0.0098	0.9994
Newton							0.0358		25.5042	0.0103	0.9994
Midilli		1.0035	2.1125e-005				0.0328	1.0276	17.4248	0.0096	0.9995
Gel.Handerson Pabis	0.2387		0.1548	0.6165	0.0362	0.0362	0.0362		26.7767	0.0099	0.9994
Difüzyon	0		0.3914				0.0916		25.5042	0.0103	0.9994

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Güneşte, gölgede ve etüvde olmak üzere farklı kurutma ortamlarında farklı tür kayısıların (kabaası, hacıhaliloğlu, çöloğlo ve karacabey) bütün kükürtlü, kükürtsüz ve iki parçaya ayrılmış şekilde kurutulmalarına ait dnyysel sonuçların değerdendirilmesinde aşğıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Tüm örneklerin serbest nem-zaman eğrileri benzer değışim göstermiştir. Ancak kayısı türüne göre denge nem değerine ulaşma süreleri farklılık göstermektedir. Kayısının büyüklüğü ve nem içeriğine göre bu değerlerin farklılık göstermesi beklenen bir sonuçtur.
2. Kuruma sürecinde ısı transfer hızı ve kütle transfer hızı doğal materyaller için maddenin kimyasal ve biyolojik yapısına önemli ölçüde bağlıdır. Dört kayısında gerek kimyasal yapısı gerekse biyoloji yapısı benzer olmamakla beraber elde edilen dnyysel sonuçlarla uyum içerisindedir. Karacabey kayısının karbonhidrat içeriğı düşük iken nem içeriğı yüksektir, aksine hacıhaliloğlu türünün karbonhidrat içeriğı yüksek nem içeriğı düşüktür. Her iki kayısı türü için kuruma süre değerleri farklı çıkmıştır.
3. Bütün ve iki parçaya ayrılmış kayısı türlerinin tüm kurutma deneylerinde kurutma yüzey alanı arttığı için süre azalırken tane büyüklüğü ile de sonuçlar paralellik göstermiştir.
4. Tüm kayısı türleri için kükürtlü ve kükürtsüz durumları için sürelerin değışmesi kükürtleme işlemleri sırasında SO₂'nin yapı içerisine difüzyonunda gözeneklerin, sıcaklığında etkisi ile genişlemesi sonucu kuruma süresinde azalma gözlenmiştir.
5. Tüm örneklerin kurutma hızı-serbet nem grafiklerinde nem içeriğı-yapılan işlem-kurutma ortamına bağlı olarak değışik eğriler elde edilmiştir. Bunlara bağlı olarak kurutma hız değerleri değışkenlik göstermiştir.
6. Kurutma hızları kükürtlü ve kükürtsüz türlerin güneşte kurutulmalarında 0,150-0,225 kg su/ saat m² aralığında çıkmıştır. Gölgede kurutmada bu değerler 0,049-0,080 kg su/ saat m² aralığında elde edilmiştir.
7. Çoklu lineer regresyon analizi sonuçlarına göre beş (5) model arasında Midilli modeli kükürtlü ve kükürtsüz bütün kayısıların kurutulmasına uyarken Gel. Handerson Pabis modeli iki parçaya ayrılmış (yarma) kayısıların kurutulmasına uymaktadır.

6.KAYNAKLAR

1. Gezer İ, Pektekin T, Aygöl H, Polat H. BİLSAM Malatya Kayısı Raporu Malatya 2009.
2. Asma BM. Her Yönüyle Kayısı, Ankara:Uyum Ajans; 2011.
3. Demirtaş MN, Öztürk K, Fidan Ş, Çolak S, Şahin S, Yılmaz KU ve Gökalp K. Kayısı yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No:2. Malatya:2006.
4. Yıldız F. New technologies in apricot processing. Journal of Standard (Apricot Special Issue) Ankara 1994; 67–9.
5. Ercişli, S.A Short Review of the Fruit Germplasm Resources of Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution 2004;55:419-35
6. Karatas F, Kamyşlı F. Variations of vitamins (A, C and E) and MDA in apricots dried in IR and microwave. J Food Eng 2007;78:662-8.
7. Hacı seferoğulları H, Gezer İ, Özcan MM, Asma BM. Post harvest chemical and physical-mecanical properties of some Apricot varieties cultivated in Turkey. J of Food Eng 2007;79:364-373.
8. Ruiz D, Egea J, Gil ML, Francisco ATB. Characterization and quantitation of phenolic compounds in new Apricot (*Prunusarmeniaca*L.) varieties. J Agric Food Chem 2005;53(24):9544–9552.
9. Yılmaz İ. Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres. İnönü İniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 2010;17(2):143-53.
10. Nout MJR, Tuncel G. Brimer L Microbial degradation of amygdalin of bitter apricot seeds (*Prunusarmeniaca*). Int J Food Microbiol 1995;24:407-12
11. Femenia A, Rosello C, Mulet A, Canellas J. Chemical composition of bitter and sweet apricot kernels. J Agric Food Chem 1995;43:356-61.
12. Poulton JE. Cyanogenesis in plants, Plant Physiol 1990;94(2):401-5.
13. Asma BM ve Mısırlı A. Kayısı Çekirdeği. Hasad 2007;261:55–8.
14. Dwivedi DH, Ram RB. Chemical Composition of Bitter Apricot Kernels from Ladakh, INDIA. Acta Hort (ISHS) 2008;765:335-8.
15. Gulcan R, ve ark. Properties of Turkish apricot land races. Acta Hort 701, 2016; 1: 191-8.

16. Asma BM and Ozturk K. Analysis of morphological, pomological and yield characteristics of some apricot germplasm in Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution 2005;305-13.
17. Ülkümen L. Malatya'nın mühim meyve çeşitleri üzerinde morfolojik, fizyolojik ve biyolojik araştırmalar.Yüksek Ziraat Enstitüsü Çalışmaları 1938;65:439.
18. Uslu N, Akın A, Halitligil MB Cultivar, weed and row spacing effect on some agronomic characters of safflower (*Carthamus tinctorius*L.) in spring planting. Tr J of Agriculture of Forestry 1996;22:533-6.
19. Asma BM, Birhanlı O. Mişmiş. Malatya:EvinOfset;2004.
20. Hepaksoy S, Eroglu D, Sen F, Aksoy U. Antioxidant activity and total phenolic content of some turkish pomegranate varieties. Acta Horti 2009;818:241-8.
21. T.C. Ekonomi Bakanlığı ,Tarım Ürünleri Daire Başkanlığı ,Sektör Raporlar “ Kuru Kayısı ” 2013:5
22. <http://www.ttmd.org.tr/userfiles/dergi/ek36.pdf> (mart-nisan 2005 sayı 36)
23. MEGEP- Gıda Teknolojisi-Ankara-2007
24. Yapıcı Sinan, “ Taşınma Süreçleri ve Ayırma Süreci İlkeleri” , Güven Kitabevi Yayıncılık- İzmir-2011
25. Arun S. Mujumbar (2014) , “Handbook of Industrial Drying, Fourth Edition by CRC Press” 18-19
26. Asma BM, Kayısı Yetiştiriciliği. Malatya:Evin Ofset; 2000
27. Asma BM, Kayısı Yetiştiriciliği. Malatya:Evin Ofset; 2005
28. MEGEP-Gıda Teknolojisi-Ankara-2008
29. Akbaba H.,(1985), Kayısıların Kurutma Karakteristikleri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, FBE , İzmir.
30. Özel S.,Özil E. (1987), “Kurutmada Güneş Enerjisinin Kullanılması”, TMMOB MMO Müh. ve Mak. Dergisi, Ankara.
31. Güner B., (1991), “Raf Tipi Güneşli Bir Meyve Kurutucusunun Matematiksel Modellenmesi ve Optimizasyonu” Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 451-460
32. Pala M., Mahmutoğlu T., Saygı B., (1996) “Effect of Pretreatments on the Quality of Open-air and Solar Dried Apricots”, Nahrung, 40(3):137.

33. Mengeş H., (1999), “Konya Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Meyvelerin Kontrollü Şartlar Altında Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi” , Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya
34. İpek B., (2001), “Yeni Tasarlanan Havalı Kollektör Yardımı ile Elazığ Yöresi Kayıplarının Kurutulmasında, Kayısı Yüzey Sıcaklığının Tespiti” , Malatya Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Yayınları
35. Koç K., (2001), “Mikrodalga ve Endüstriyel Kurutma Metotlarının Kayısının Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi” Yüksek Lisans Tezi, Malatya
36. Çelik K., (2001), “Kuru Kayısıda Muhtemel Aflatoksin Oluşumu ve Düzeylerinin Tespiti” Yüksek Lisans Tezi, Malatya
37. Sarsılmaz C., Yıldız C. Pehlivan D., (2000), “Drying of Apricot in a Rotary Column Cylindrical Dryer Supported With a Solar Energy” , Renewable Energy 21, 117-127
38. Toğrul İ., Pehlivan D. “Mathematical Modelling of Solar Drying of Apricots in Thin Layers”. Journal of Food Engineering.2004;65 : 413-425
39. Midilli A., Kucuk H. & Yapar Z.(2002) “ A New Model For Single-Layer Drying, Drying Technology, 20:7, 1503-1513
40. Luis M.M.N.Castro, M.N.Coelho Pinheiro(2016) "A Simple Data Processing Approach for Drying Kinetics Experiments", Chemical Engineering Communications,203:2, 258-269
41. Zafer Erbay, Filiz İcier (2010) "A Review of Thin Layer Drying of Foods: Theory ,Modeling, and Experimental Results,Critical Reviews in Food" Science and Nutrition, 50:5,441-464
42. Toğrul İ., İspir A."Osmotic dehydration of apricot:Kinetics and the effect of process parameters" Chemical Engineering Research and Design. 2009;87 :166-180
43. Muhmmmed Hussain Riadh,Siti Anom Binti Ahmad ve ark. (2015) ,Infared Heating in Food Drying : An Overview,Drying Technology, 33:3,322-335
44. Mirzaee E., Rafiee S., Keyhani A.(2010) “Evaluation and selection of thin-layer models for drying kinetics of apricot” Agric Eng. Int: CIGR Journal , 12(2): 111-116
45. Kadam M. ve arkadaşları (2011) “Thin Layer Convective Drying of Mint Leaves” journal of medicinal plant research .5(2):164-170

46. Ertekin C., Yıldız O. 2001. Patlıcan Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modeller İle Açıklanması. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi. (13–15 Eylül 2001), 399-404s, Şanlıurfa
47. Toğrul İ., Pehlivan D. “Modelling of Drying Kinetics of Single Apricot”Journal of Food Engineering.2003;58 : 23-32

7. ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Mehmet Alper ASLAN

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara/ 27.07.1982

Adres: İnönü Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Malatya

E-Posta: alperaslan82@gmail.com

Lisans: İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
(2000-2004)

Yüksek Lisans: İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği
Anabilim Dalı (2011-2016)

Mesleki Deneyim ve Ödüller: 2005 yılından itibaren özel sektörde sorumlu
yöneticilik

Yayın Listesi: